

Alexander Caspar, Damian Miller

## **MC-LaTeX-Weblikationen: Online-Multiple-Choice-Aufgaben in der mathematischen Grundausbildung der ETH Zürich**

### **Zusammenfassung**

Online-Multiple-Choice-Aufgaben sind fester Bestandteil des Curriculums in den mathematischen Grundvorlesungen der ETHZ mit sehr grossen Studierendekohorten. Dieser Aufgabentyp und die Neuen Medien erlauben, den Studierenden ein wirkungsvolles Instrumentarium zum Üben und zum Self-Assessment anzubieten. Die Anforderungen der Disziplin sowie die institutionellen Rahmenbedingungen erforderten auch einige technische Neuentwicklungen, da etablierte Learning Management Systeme die gewünschte Funktion nicht erfüllen.

### **1. Anforderungen und Rahmenbedingungen**

An der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich (ETHZ) nimmt die Mathematikausbildung eine zentrale Rolle ein: Nahezu alle Studierenden besuchen mathematische Vorlesungen in den ersten Studienjahren. Das Erreichen der Lernziele entscheidet über das weitere Studium. Das Departement Mathematik der ETHZ (D-MATH) ist für die Mathematikausbildung verantwortlich. Angesichts der stark gestiegenen Studierendenzahl steht es vor der Herausforderung, die mathematische Ausbildung nach wie vor auf dem anspruchsvollen Niveau sicherzustellen. Die Dozierenden waren sich einig, die Ressourcen der Neuen Medien zu nutzen und die Lehrveranstaltungen vermehrt nach zeitgemässen didaktisch-methodischen Prinzipien zu gestalten. Es musste garantiert werden, dass die neuen didaktischen Szenarien die Qualität des Unterrichts in Lehrveranstaltungen

mit insgesamt mehr als 7'000 Studierenden sicherten. Unter Berücksichtigung der Disziplin, der unterschiedlichen fachlichen Voraussetzungen der Studierenden, Lernorte, Stundenpläne, Spezialisierungen usw. (vgl. Niegemann et. al., 2004, S. 71ff.) wurde entschieden, Multiple-Choice-Aufgaben (MC) als (Self-) Assessment-Format einzusetzen (vgl. Kerres, 2001, S. 207). Dazu bedurfte es der Entwicklung mathematikspezifischer Standards und Designs von Multiple-Choice-Aufgaben und der Definition von Umsetzungsszenarien, die sich den Bedürfnissen der Studierenden und Dozierenden anpassen.

Da bestehende Learning Management Systeme diese Anforderungen nur unzureichend umsetzen, entwickelt das D-MATH eigene Systeme. Es bedurfte einer individuellen und pragmatischen Lösung (vgl. Kerres & de Witt 2004, S. 77ff.). Die Neuentwicklung ermöglicht eine optimale Passung zwischen Konzept und Nutzungskontext (vgl. Reinmann, 2004, S. 111f.).

### **1.1 Mehrwert der Online-Multiple-Choice-Aufgaben**

Den Studierenden fehlten bis anhin während des eigenständigen Lernens, adaptive sowie interaktive Instrumente zur Selbsteinschätzung und zum wiederholten Üben und Vertiefen ihrer Kompetenzen. Die virtuellen Lernangebote erlauben ihnen, ihren Wissensstand und das Verständnis des Lerninhalts nach Bedarf zu überprüfen, zu vertiefen und Defizite zu beheben. Solide mathematische Grundkenntnisse der aufeinander aufbauenden Objekte und Methoden entscheiden über den erfolgreichen Studienverlauf. Die Studierenden rekrutieren sich aus unterschiedlichen Gymnasien mit divergenten disziplinären Profilen. Daraus resultieren heterogene Eingangsvoraussetzungen. Im Verlaufe des Studiums dienen MC-Aufgaben dazu, einen inhaltlichen Standard zu konkretisieren und um Transparenz der Anforderung zu sichern. Der Einsatz der MC-Aufgaben schafft für Studierende und Dozierende einen Mehrwert.

### 1.1.1 MC-Aufgaben als Mehrwert für Studierende

Die MC-Aufgaben regen die Studierenden an, mathematische Probleme eigenständig zu lösen (vgl. Ballstaedt, 1997, S. 83) und bei Bedarf kreative Lösungswege zu finden (vgl. Edelmann, 2000, S. 216ff.). Als zentraler Mehrwert gilt, dass die Online-MC-Aufgaben den Studierenden ein unmittelbares und eindeutiges Feedback auf ihre Lernleistungen geben. Sie können ihren Leistungsstand einschätzen und das weitere Lernen planen (vgl. Bransford et. al., 2000, S. 140f.). Die Aufgaben werden so konzipiert und aktualisiert, dass sie ein kontinuierliches Repetieren und Überprüfen der Lerninhalte mit zunehmendem Schwierigkeitsgrad erlauben. Die unmittelbaren Feedbacks unterstützen den Lernprozess und sind so differenziert, dass die Studierenden erkennen können, wo Vertiefungs- und Nachholbedarf bestehen (vgl. Bransford et. al., 2000, S. 77). Diese formativen Prüfungen zeigen den Vergleich der Leistungen zu den Mitstudierenden, was mit Blick auf die summative Prüfung bedeutsam ist.

### 1.1.2 MC-Aufgaben Mehrwert für Dozierende

Die Dozierenden erhalten detaillierte statistische Auswertungen über die Kompetenzen der Studierenden. Sie ersehen, bei welchen Aufgaben typische und/oder systematische Probleme auftreten und können anhand dieser Kenntnisse die Lehrveranstaltung adaptiv planen, modifizieren und bei Bedarf verbessern. Unklarheiten, fehlende Denkschritte usw. können aufgegriffen und geklärt werden. Mit MC erreichen Dozierende eine höhere Effizienz: Der umsichtig geplante und konzipierte Einsatz der Neuen Medien entlastet die Lehrverantwortlichen von Routinearbeiten (vgl. Kerres, 2001, S. 133). Es entsteht freie Zeit für anspruchsvollere Lehrtätigkeiten und die Betreuung der Studierenden. Die neuen Ressourcen erlauben, anspruchsvollere und komplexere Themen zu bearbeiten. Damit wird ein Beitrag zur Quali-

tätssicherung und -entwicklung in der mathematischen Grundausbildung geleistet.

## 2. Mathematikspezifisches Design der Aufgaben

### 2.1 Aufgabentypen

Zur Konstruktion und Standardisierung der MC-Aufgaben werden sie (vgl. Niegemann et. al., 2007, S. 316ff.) klassifiziert und nach den vier Typen Repetition, Rechnung, Verständnis, und Transfer differenziert. Es entstanden vier Aufgabentypen:

<b>Typ</b>	<b>Beispiel</b>
Repetition	"Unter welchen Bedingungen gilt die Aussage?"
Rechnung	"Bestimmen Sie das korrekte Resultat!"
Verständnis	"Welche Eigenschaften kann ein Objekt haben?"
Transfer	"Welche Aussagen sind nicht äquivalent?"

### 2.2 Einsatzszenarien

Es werden drei Szenarien definiert, die in den virtuellen Lernangeboten zum Einsatz gelangen: Testat/Prüfung, Einschätzung und Quiz. Die Entwicklung der Lernszenarien orientiert sich am Vier-Komponenten-Instruktionsdesign-Modell (4c/ID) für das Training komplexer Fertigkeiten (vgl. Niegemann et. al., 2004, S. 39ff.).

**Szenario Testat/Prüfung:** Der Modus besteht aus dem einmaligen Abschicken aller Aufgaben bis zum Einsendeschluss. Dabei erfolgt die Bearbeitung mit oder ohne Zeitlimit. Die Studierenden erhalten Lösung, Rückmeldung und eine personalisierte Auswertung nach Einsendeschluss. Es kommt jeder Aufgabentyp oben vor. Die Auswertung liefert eine detaillierte Statistik der Antworten für Studierende und Dozierende mit einer prozentualen Verteilung der Abgaben auf die Antworten der einzelnen

Aufgaben, der Verteilung der Gesamtpunktzahl und Auswertung pro Tutorium.

**Szenario Einschätzung:** Der Modus ist ähnlich wie beim Szenario oben. Zudem ist ein wiederholtes Abschicken möglich und die Veröffentlichung der Lösung, Rückmeldung und Auswertung erfolgt nach dem Absenden. Die Teilnahme ist anonym und/oder personalisiert. Es treten vor allem die Aufgabentypen Repetition, Verständnis, Rechnung auf. Die Auswertung ist wie oben, ergänzt um sequenzielle Empfehlungen für das weitere Lernen und adaptive Aufgabenfolgen in Abhängigkeit der Erfolgsquote.

**Szenario Quiz:** Im Unterschied zu den beiden Szenarien oben werden die einzelnen Aufgaben wiederholt abgeschickt mit einer sofortigen Rückmeldung. Bei jedem Aufruf des Quiz ist die Aufgabenfolge jeweils zufällig mit einer zufälligen Reihenfolge der Antworten jeder Aufgabe. Ein Quiz ist anonym auf offenen oder geschützten Seiten und kann auch offline bearbeitet werden. Aufgabentypen und Auswertung sind in der Regel wie im Szenario Einschätzung.

### **3. Praktische Umsetzung und Anwendung**

Vor der Planung, Entwicklung und Implementierung des Online-Lernangebots wurde eine differenzierte Zielgruppenanalyse vorgenommen, um die Vorkenntnisse der Studierenden zu erfassen (vgl. Kerres, 2001, S. 135ff.). Bei der Konstruktion der Aufgaben und deren Schwierigkeitsgrade wurden die divergierenden Lernvoraussetzungen berücksichtigt. Es galt, das Vorwissen und die Aufgaben möglichst genau aufeinander abzustimmen, denn die Passung zwischen Eingangsvoraussetzungen und den zu erwerbenden Fähigkeiten ist für das Engagement sowie für die weiteren Lernfortschritte entscheidend (vgl. Mietzel, 2001, S. 154f.). Bei Seminarveranstaltungen werden Feinanpassungen in Tempo, Inhaltsdifferenzierung, Anleitung und Übungsformaten vorge-

nommen und neben den fachlichen ebenso überfachliche Kompetenzen, wie Methodenkompetenz, gefördert, gefordert und geübt. Solche Adaptationen und Feinjustierungen zwischen Lehren und Lernen erfolgen in der Regel implizit und werden in seltenen Fällen expliziert. Beim Einsatz von technikbasierten Lernumgebungen werden solche Passungsprozesse bewusst wahrgenommen, berücksichtigt und ggf. kommuniziert. Selbst heute haben viele Studienanfänger/innen in ihrer bisherigen Schullaufbahn einen ungenügenden gezielten Umgang mit den Neuen Medien und erfahren anfänglich unterschiedliche Schwierigkeiten bei der Anwendung technikbasierter Lernressourcen im universitären Lehr-/Lernbetriebs. Gemäss unseren Erfahrungen zeigt sich,

- dass Studierende Lernressourcen mit intuitiver Usability brauchen, die über einfach lernbare Funktionalitäten verfügen (vgl. Niegemann et. al., 2004, 316ff.),
- Passwort-geschützte Seiten die Hemmschwelle erhöhen,
- eine unzureichende Darstellung mathematischer Symbole den Mehrwert des Lernangebots substanziell mindert,
- dass Studierende Offline-Materialien in Form von Druckversionen wünschen und
- diejenigen Studierenden mit mehr Computerpraxis das Angebot schneller akzeptieren und mehr davon profitieren.

## **3.1 MC-LaTeX-Weblikationen**

### 3.1.1 Das Autorenwerkzeug LaTeX

Das Standardwerkzeug für das Schreiben naturwissenschaftlicher und mathematischer Texte ist das Satzsystem LaTeX. Interaktive Webseiten lassen sich bisher mit LaTeX nur eingeschränkt und oft mit unbefriedigenden Resultaten erstellen. Das entwickelte LaTeX-Weblikationen-System unterstützt das Arbeiten der Dozierenden und Studierenden unter anderem folgendermassen:

- Die Autoren/innen verfügen damit über ein ihnen vertrautes, plattformunabhängiges und flexibles Werkzeug zur Erstellung von Lehrmaterial und dessen Veröffentlichung in unterschiedlichen Szenarien.
- Dozierende konzentrieren sich auf ihre didaktischen Konzepte, auf den mathematischen Inhalt und das aufgabentypische Design z. B. Distraktoren.
- LaTeX-Quellen werden übersetzt und auf interaktiven Webseiten veröffentlicht, mit der Darstellung der mathematischen Symbole in der von LaTeX gewohnten Qualität.
- LaTeX erzeugt ohne Mehraufwand eine Druckversion des Lehrmaterials für die unterschiedlichen Szenarien.
- Die Quellen stehen als reine Textdateien zur Verfügung. In einer Sammlung mit Metadaten sind sie nach didaktischen und thematischen Gesichtspunkten aufgearbeitet und nach einer mathematikbasierten Ontologie auf Grundlage eines Standardlehrbuchs des jeweiligen Gebiets einsortiert.

### 3.1.2 Distribution und Evaluation

Für die Veröffentlichung, Bearbeitung und Auswertung standen bisher allein offene anonyme Webseiten oder personalisierte Seiten in einem Learning Management System (LMS) zur Verfügung. Aufgrund der Skepsis der Studierenden gegenüber Passwort-geschützten Seiten kommunizieren die Studierenden mit dem System via E-Mail. Dabei ist ein anonymes oder ein personalisiertes Szenario erlaubt. Personalisiert bedeutet zunächst nicht, dass Studierende namentlich bekannt sind, sondern dass jede(r) die Online-Aufgaben auf einer eigenen Seite via SHA-Link erhält. In der Regel erhält ein/e Studierender pro MC-Aufgaben-Serie drei E-Mails: für eine Einladung zur Bearbeitung, für eine Quittung als Bestätigung und eine für Lösung und Auswertung:

- Die Einladungs-E-Mail enthält alle wichtigen Links (je nach Szenario personalisiert als SHA-Link) und Informationen, sowie die MC-Aufgaben als pdf-Dokument im Anhang.
- Nach Abgabe erhält die/der Studierende eine E-Mail mit einer Bestätigung und einem pdf der Eingaben als Quittung.
- Nach Ablauf der Bearbeitungszeit erhält sie/er eine E-Mail mit Lösungen und Auswertungen, wieder als pdf.

Neben dem Vergleich zur Distribution und Evaluation mit Hilfe eines LMS stellen wir Vorteile (+) und Nachteile (-) von LaTeX-Weblikationen und offenen Seiten gegenüber:

#### **LaTeX-Weblikationen**

- + genau Kontrolle über Abgabe
- + Detaillierte Auswertung
- + Kein Zugang via Passwort
- + Zwischenspeichern möglich
- Erfordert E-Mail-Adressen

#### **Offene Seiten**

- + geringer Aufwand
- + schnell veröffentlicht
- Auswertung eingeschränkt
- Kein Zwischenspeichern
- Keine Zugangskontrolle

### **3.2 Einsatz an der ETHZ**

Im mathematischen Übungsbetrieb der ETHZ sind Online-MC-Aufgaben in 22 Lehrveranstaltungen für 12 Departemente mit über 7'000 Studierenden etabliert. Sie dienen sowohl als unterstützendes Zusatzangebot als auch als obligatorisches Übungselement. Sie ersetzen rund 40% der klassischen schriftlichen Aufgaben. Zu Beginn jedes Herbstsemesters werden ca. 90% aller ETHZ-Erstsemestrigen zu einem fakultativen Selbsteinschätzungstest über mathematisches Schulwissen eingeladen. Mehr als 60% davon nehmen an dieser Veranstaltung teil.

Jede Woche erhalten die Studierenden ein Übungsblatt mit schriftlichen und Online-MC-Aufgaben (Szenario Testat) mit einer Bearbeitungszeit von einer Woche. Insgesamt liegt die Beteiligung bei mehr als 50'000 Einladungs-E-Mails bei ca. 70% mit mehr als 830 veröffentlichten MC-Aufgaben. Im Laufe der



---

Lehrveranstaltung werden die Fragen aus dem Szenario Testat nach Bearbeitung im Szenario Quiz erneut veröffentlicht. Ein Katalog mit mehr als 1200 LaTeX-Quellen für Fragen mit ausführlichen Erläuterungen und Rückmeldungen aus mathematischen Grundlagengebieten steht zur Verfügung.

#### **4. Evaluation und Erfahrungen**

Um die Qualität des Lernangebotes kontinuierlich zu sichern und zu entwickeln, werden regelmässige formative Evaluationen durchgeführt, mittels Online-Befragung aller Studierende in der Mitte des Semesters sowie Besprechungen mit einem Studierenden- und einem Assistierendenbeirat. Die Rückmeldungen der letzten Jahre ergeben folgendes Bild:

- Die Studierenden sind insgesamt zufrieden. Sie schätzen die Multiple-Choice-Aufgaben als Alternative zu den klassischen schriftlichen Aufgaben.
- Sie akzeptieren und profitieren vor allem dann, wenn die Qualität des Inhalts und des Schwierigkeitsgrads einer Aufgabe zu ihrem aktuellen Wissensstand passt, die Lösungen möglichst ausdifferenziert sind und individuelle Rückmeldungen erlauben, die Aufgaben über ein didaktisch sinnvolles Designs verfügen und der Bewertungs-Modus eine klare Einordnung der eigenen Leistung erlaubt.
- Auf schriftliche Aufgaben möchten sie nicht verzichten. Die durch diese geübten Fertigkeiten bleiben weiterhin zentral.
- Teilweise besteht bei den Studierenden eine Unsicherheit über die Rolle der MC-Aufgaben in der Abschlussprüfung.

In einem nächsten Schritt wird die Aufgabenschwierigkeit systematisch erfasst, zum Beispiel durch die Erfolgsquote der Studierenden bei den einzelnen Aufgaben. Diese wird sodann in folgenden Lehrveranstaltungen dazu verwendet, durch genauere Passung das Lernen gezielt durch Zusammenstellung bestimmter Aufgabenfolgen zu fördern. Darüber hinaus können Fragen mo-

tivationalen Qualität des Lehr/Lernarrangements untersucht werden (vgl. Niegemann et al. 2004, S. 369ff.): Wie wirkt sich eine Veränderung motivationaler Parameter auf die Erfolgsquote aus? Zeigen Studierende eine verstärkte Ausdauer, ein verstärktes Interesse und damit bessere Leistungen?

## Literatur

- Ballstaedt, S.-P. (1997). *Wissensvermittlung, die Gestaltung von Lernmaterial*. Weinheim: Beltz, Psychologie Verlag Union
- Bransford, J. D. et al. (2000). *How People Learn*. Washington, D. C.: National Academy Press.
- Edelmann, W. (2000). *Lernpsychologie*. Weinheim: Beltz
- Kerres, M. (2001). *Multimediale und telemediale Lernumgebungen. Konzeption und Entwicklung*. München, Wien: Oldenbourg Verlag
- Kerres, M. & de Witt, C. (2004). *Pragmatismus als theoretische Grundlage für die Konzeption von eLearning*. In: Mayer, H. O. & Treichel, D. (Hrsg.), *Handlungsorientiertes Lernen und eLearning*. München: Oldenbourg Wissenschaftsverlag (S. 77-99)
- Mietzel, G. (2001). *Pädagogische Psychologie des Lernens und Lehrens*. Göttingen: Hogrefe, Verlag für Psychologie
- Niegemann, H.-M. et al. (2004). *Kompendium E-Learning*. Berlin: Springer Verlag
- Niegemann, H.-M. et al. (2007). *Kompendium multimediales Lernen*. Berlin: Springer Verlag
- Reinmann, G. (2004). *Die vergessenen Weggefährten des Lernens: Emotionen beim eLearning*. In: Mayer, H. O. & Treichel, D. (Hrsg.), *Handlungsorientiertes Lernen und eLearning*. München: Oldenbourg Wissenschaftsverlag (S. 101-118)