

MathCoach und LaplaceScript: Ein programmierbarer interaktiver Mathematiktutor mit XML-basierter Skriptsprache

Barbara Grabowski, Susanne Gäng, Jörg Herter, Thomas Köppen

Hochschule für Technik und Wirtschaft des Saarlandes, Fachbereich GIS
Göbenstraße 40
66117 Saarbrücken, Germany
{ grabowski | sgaeng | pi.joerg.herter | ki.thomas.koeppen }@htw-saarland.de

Abstract: MathCoach ist eine webbasierte und interaktive Trainingsumgebung für Mathematik, die den Lernenden Übungen und Experimente inklusive individueller Hilfestellung und Bewertung zur Verfügung stellt. Im Gegensatz zu anderen Systemen, die einen ähnlichen Ansatz verfolgen, die den Lernenden aber meist nur eine statische Sammlung von Aufgaben zur Bearbeitung anbieten, ist MathCoach in der Lage, beliebig viele Übungen und die dazugehörigen Interaktionen, Hilfen und Bewertungen zu generieren.

MathCoach verfügt über serverseitige Schnittstellen zu dem Computeralgebrasystem MuPAD für Termumformungen, zu dem Statistikpaket R für die statistische Datenanalyse und Grafikerzeugung, sowie PROLOG zur Generierung und Nachverfolgung von Lösungswegen.

LaplaceScript ist die XML-basierte Autorensprache zur Formulierung der interaktiven Übungsaufgaben. Es stehen eine ganze Reihe verschiedener Interaktionstypen zur Verfügung, die unterschiedliche didaktische Ziele verfolgen.

1 Motivation

Der Alltag in der mathematischen Lehre an Hochschulen ist vielfach geprägt durch zu unterschiedliche Eingangsvoraussetzungen der Studierenden, zu große Gruppen, zu geringe Tutorkapazitäten, zu wenig Übungsmaterial und nicht zuletzt durch fehlende individuelle Rückmeldung und Bewertung bezüglich der Leistungen der Studierenden. Die Folge ist in erster Linie eine sinkende Motivation bei den Studierenden, aber auch bei den Dozenten: die Studierenden arbeiten nicht genug, die Ausfallquote vor allem in den ersten Semestern steigt und dies wiederum führt zu einer Absenkung des Leistungsniveaus insgesamt, womit kein Dozent zufrieden sein kann.

Vielleicht hilft ja E-Learning?

Das Internet könnte hier ein Mittel sein, um diesen Problemen entgegenzuwirken, doch noch immer wird es an manchen Hochschulen weniger als Wissensquelle genutzt, sondern eher als Ablageort für Vorlesungsskripte und Übungsblätter und als elektronischer Aushang.

In den letzten Jahren sind eine Reihe interessanter E-Learning-Werkzeuge speziell für die Mathematik entstanden, wie z. B. ActiveMath, math-kit, e-stat, mit dem Anspruch, die oben genannten Probleme abzuschwächen. Im Rahmen des BMBF-Förderprogramms "Neue Medien in der Bildung"(1/2001 - 3/2004) arbeiteten wir gemeinsam mit der Universität des Saarlandes und dem DFKI im Projekt In2Math ([BGOM04]). Ergebnis war die Lernplattform ActiveMath. An der HTW des Saarlandes sind dabei Teile von Benutzerinteraktionen entstanden. Außerdem wurde Content zu einem Grundkurs zur mathematischen Statistik produziert.

Da ActiveMath bei Projektende keine ausreichenden Interaktionsmöglichkeiten mit integrierter Hilfe und Bewertung enthielt, begannen wir in 4/2004 mit dem Projekt MathCoach die Entwicklung eines eigenständigen E-Learning-Werkzeugs. Das Ziel des Projekts ist die Schaffung möglichst allgemeiner Klassen von Interaktionswerkzeugen, die von jedem Autor mit beliebigem Inhalt gefüllt werden können. MathCoach entstand außerdem aus der Absicht heraus, die Einführung neuer Formen des Studiums, wie etwa das Projektstudium und die damit verbundene Forderung nach aktivem und selbstgesteuertem Lernen durch ein modernes und zeitgemäßes Werkzeug zu unterstützen.

Studierende können individuell so viele interaktive Aufgaben lösen, wie sie zum Verständnis des Stoffs benötigen und erhalten auf Wunsch Bewertung und Hilfen für jeden Bearbeitungsschritt. Ein wesentlicher Aspekt ist hierbei, dass sie die Musterlösungen nicht mehr sofort erhalten, ohne sich je mit dem Stoff auseinandergesetzt zu haben. Sie müssen sich die Lösungen statt dessen grundsätzlich selbst erarbeiten.

2 Was ist MathCoach?

MathCoach ist ein webbasiertes E-Learning-Werkzeug für mathematische Übungen und Experimente, welches on-demand individuelle Hilfen und Bewertungen erzeugt und so die Tutoren im Übungsbetrieb unterstützt und dadurch entlastet und die Studierenden dazu anleitet und motiviert, selbstgesteuert und individuell zu lernen.

MathCoach ist als schlanke Client-Server-Applikation konzipiert. Grob gesagt besteht das System aus einem Repository mit Autorenskripten, einer Verarbeitungseinheit für diese Skripte und Schnittstellen zu externen Systemen (MuPAD, R, PROLOG). Auf Clientseite wird lediglich ein adäquater Webbrowser benötigt.

LaplaceScript ist die Autorensprache für MathCoach. Mit Hilfe von LaplaceScript be-

schreibt ein Autor den Typ der Aufgabe, modelliert die möglichen Interaktionen mit dem Lernenden und definiert Regeln für die Erzeugung von Hilfen und Bewertungen. LaplaceScript basiert auf XML und stellt einfache und leicht verständliche Sprachelemente für mathematische Ausdrücke und grundlegende Programmierstrukturen bereit, die es dem Autor ermöglichen, mit minimalem Aufwand attraktive, interaktive Übungsaufgaben zu kreieren.

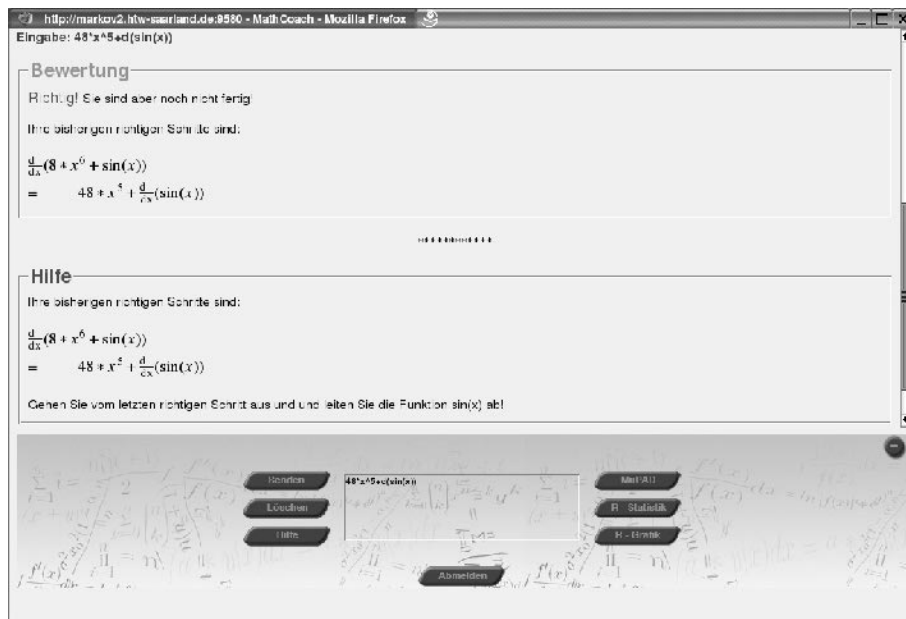


Abbildung 1: Screenshot der Weboberfläche des MathCoach Ableitungstrainers

Das System kann als Standalone-Produkt eingesetzt werden oder auf einfache Weise in E-Learning-Plattformen ergänzend als Webapplikation integriert werden und hilft damit eine Lücke zu schließen, die bisherige E-Learning-Systeme aufweisen. MathCoach wird von Mathematikern und Softwarespezialisten der HTW des Saarlandes entwickelt und wird in Zukunft fachbereichsübergreifend an der gesamten Hochschule in der mathematischen Lehre im Bachelor- und Masterstudium eingesetzt.

3 Was ist das Besondere an MathCoach?

In der Vergangenheit sind eine ganze Reihe ähnlicher Produkte entstanden, von denen sich MathCoach in einigen wesentlichen Punkten unterscheidet.

Flexibilität

MathCoach ist keine statische Aufgabensammlung. Die eigens entwickelte Autorensprache erlaubt die Erstellung ganz individueller Übungsaufgaben zu verschiedensten Themen und Interaktionstypen. Das System lässt sich außerdem problemlos in bestehende E-Learning-Plattformen integrieren. An der HTW wird MathCoach derzeit sowohl als Standalone-System, als auch in ActiveMath ([MAB⁺01]) integriert betrieben.

Wiederverwendbarkeit der Inhalte

Ein Autor muss eine Aufgabe zu einem Typ nur einmal definieren, der Lernende kann aber so viele Aufgaben dieses Typs lösen, wie er möchte. Dies ist möglich, da weitere Aufgaben mit veränderten Parametern (einschließlich Hilfe und Bewertung) automatisch generiert werden, ohne dass der Autor etwas dazu tun muss. Die Autorenskripte sind, eventuell mit kleinen Anpassungen an einen veränderten Kontext, wieder verwendbar. Im Idealfall wächst das Repository an Übungsaufgaben ständig, da viele Autoren an der Entwicklung beteiligt sind.

Dynamische Hilfgenerierung

MathCoach bedient sich einer Anbindung an PROLOG. In dieser Sprache wird Regelwissen über das entsprechende Fachgebiet formuliert, um adaptive Hilfestellung und Bewertung passend zum aktuellen Bearbeitungsschritt on-demand zu generieren. Neu ist, dass MathCoach zu beliebigen Eingaben des Lernenden Hilfen und Bewertungen generiert, wo hingegen andere Systeme meist nur statische Hilfetexte anbieten. Während des Lösens einer Aufgabe können Zwischenergebnisse eingegeben werden. Diese Zwischenergebnisse werden nachverfolgt und evaluiert. Das System gibt dem Lernenden eine adäquate Hilfestellung für den nächsten Lösungsschritt, die auf dem verfügbaren Regelwissen und der letzten korrekten Eingabe des Lernenden basiert.

Einfache Autorensprache

Die Autorensprache LaplaceScript ist sehr leicht zu erlernen. Sie ist schrittweise erlernbar, d. h. schon mit wenigen Befehlen kann ein Autor sehr wirkungsvolle Übungsaufgaben definieren. Die Entwicklung eines Autorentools zur weiteren Vereinfachung der Erstellung von Aufgabenskripten ist zur Zeit ebenfalls in Arbeit.

Erweiterbarkeit

Der Anwendungsbereich von MathCoach ist beliebig erweiterbar und beschränkt sich nicht nur auf Mathematik. Ebenso kann MathCoach selbst um neue Funktionen ergänzt werden. Dies wird über ein Pluginkonzept erreicht.

4 Technische Umsetzung

MathCoach ist als schlanke, javabasierte Webanwendung konzipiert. Das Herzstück ist ein Servlet, das die Kommunikation zwischen den Clients und dem Server koordiniert und die Sitzungsdaten verwaltet. Dahinter liegt ein Framework bestehend aus Javaklassen, das die Schnittstellen zu den externen Mathematiksoftwarepaketen und PROLOG, sowie Mechanismen zur Verarbeitung der Autorenskripte implementiert. Derzeit existieren folgende Schnittstellen:

- MuPAD (Computeralgebrasystem) für Termumformungen
- R für statistische Berechnungen und Grafikerzeugung
- PROLOG als Expertensystem für die Hilfgenerierung

Abbildung 2 zeigt die vereinfachte Systemarchitektur von MathCoach.

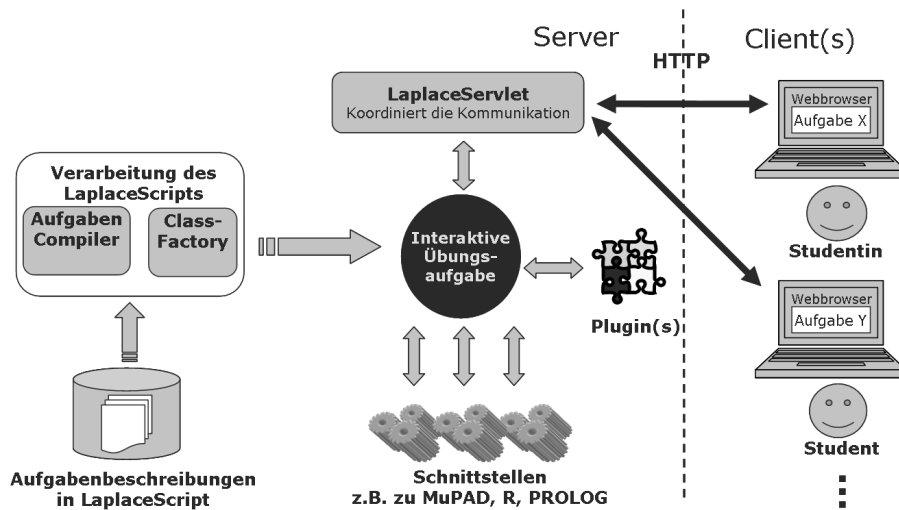


Abbildung 2: Vereinfachte Systemarchitektur von MathCoach

Die Autorensprache LaplaceScript ist eine XML-Anwendung zur Beschreibung von Übungsaufgaben, die speziell auf die Bedürfnisse von Mathematikern zugeschnitten ist. Sie enthält beispielsweise mathematische Datentypen wie Vektoren und Matrizen. Mit LaplaceScript lassen sich aber auch Übungsaufgaben für andere Fachgebiete formulieren. Die Sprache bietet alle wesentlichen Merkmale einer Programmiersprache wie Verzweigungen und Schleifen zur Modellierung der Interaktionen. Innerhalb von LaplaceScript können XHTML, MathML, sowie die jeweilige Syntax der angeschlossenen externen Systeme verwendet werden. Abbildung 3 zeigt ein Beispiel zu LaplaceScript.

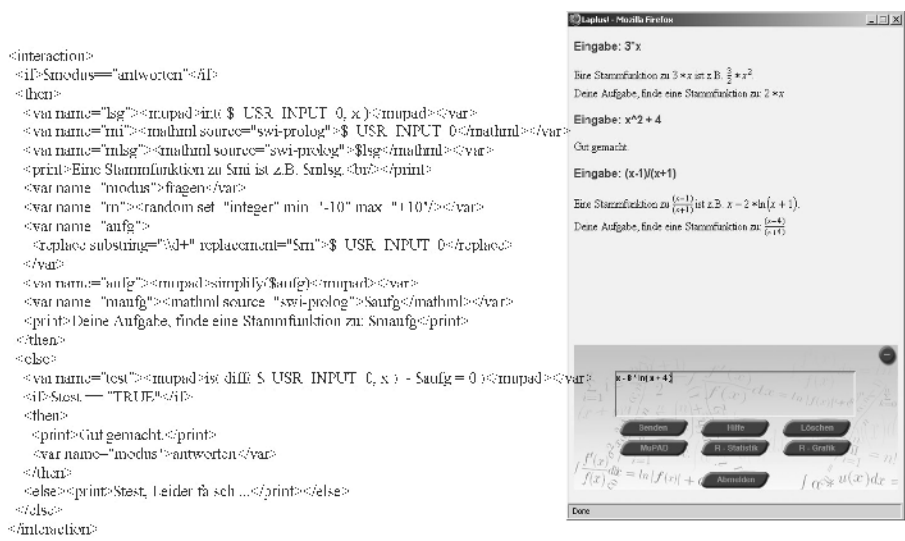


Abbildung 3: Beispiel zu LaplaceScript (nur *interaction*-Teil) mit integriertem MuPAD-Code und einer Ansicht der zugehörigen MathCoach Konsole

Die Autorenskripte werden in Contentrepositories auf dem Server gespeichert. Wird nun eine bestimmte Übungsaufgabe zum ersten Mal durch einen Client angefordert, dann erzeugt die Class-Factory mit Hilfe des Aufgaben-Compilers Javacode aus dem XML-Code des zugehörigen Aufgabenskripts. Dieser Code wird anschließend in eine Javaklasse übersetzt. Für jede Aufgabe wird so eine eigene Javaklasse erzeugt, mit welcher der Client bei der Bearbeitung über das Servlet interagiert („Interaktive Übungsaufgabe“). Die beschriebene Prozedur geschieht nur beim ersten Aufruf einer Aufgabe oder wenn sich etwas am Autorenskript geändert hat.

Da MathCoach als Webanwendung realisiert ist, benötigt der Lernende lediglich einen MathML-fähigen Browser als Clientsoftware, z. B. Mozilla Firefox. Das Frontend lässt sich optisch einfach durch Stylesheets anpassen, die jeder Autor frei definieren kann. Die Integration in bestehende E-Learning-Plattformen geschieht im einfachsten Fall einfach durch Verlinkung im Content dieser Systeme.

MathCoach kann über eine definierte Pluginschnittstelle um zusätzliche Funktionalitäten erweitert werden. LaplaceScript verfügt über Sprachelemente zur Verwendung dieser neuen Funktionen. Im Prinzip lässt sich somit auch LaplaceScript selbst erweitern, z. B. um einen Generator für Zufalls-Primzahlen. Es ist auch möglich, weitere externe Systeme, beispielsweise Maple, über ein solches Plugin an MathCoach anzubinden.

5 Didaktisches Konzept

MathCoach dient dem selbstgesteuerten Üben und Experimentieren. Dabei werden die Interaktionen, die mit MathCoach möglich sind, hinsichtlich der zu erwerbenden Fähigkeit bzw. des Lernziels klar in verschiedene Kategorien eingeteilt, die unterschiedliche Lerner-typen ansprechen. Das sind:

1. Multiple Choice Questions zur Festigung von Faktenwissen und zum schnellen Rekapitulieren des Stoffs.
2. Fill-In-Blank Aufgaben zum Trainieren der korrekten Verwendung von Schreibweisen und Symbolen, sowie zum Analogieschließen.
3. Zuordnungsaufgaben zur Festigung von Faktenwissen, zur Veranschaulichung und Festigung von Zusammenhängen.
4. Experimente zum explorativen Erarbeiten des Wissens und zum Üben des Bildens von Hypothesen, zur Veranschaulichung von Sachverhalten.
5. Übungsaufgaben, die mit Hilfe der angeschlossenen Mathematik- und Statistiksoftware gelöst werden können, wie z. B. Berechnungen mit mehreren Teilschritten durchführen, Terme umformen, Grafiken analysieren, Daten statistisch auswerten. Diese Aufgabentypen dienen vor allem dem Trainieren des abstrakten Denkens, also der Stärkung der Abstraktionsfähigkeit und (unter Nutzung des integrierten Hilfe-generators) dem Trainieren der Fähigkeit, komplexere Aufgaben systematisch durch Zerlegung in Teilprobleme zu lösen.

Die Interaktionen unterscheiden sich weiterhin u. a. durch unterschiedlichen Schwierigkeitsgrad, nach Komplexität, Abstraktionsgrad und Hilfe-grad. Diese Daten werden jeder Aufgabe in Form von Metainformationen mitgegeben. Ganz wichtig ist dabei der Hilfe-grad zu einer Aufgabe. Darunter verstehen wir den Detaillierungsgrad einer Hilfe und die Anzahl der bei einer Hilfeanforderung auf einmal als Hilfestellung gegebenen Hinweise zu einer Eingabe des Studenten. Bei Aufgaben vom Typ 5 kann dieser Hilfe-grad durch den Studenten angefordert oder/und durch den Dozenten, bzw. Autor festgelegt werden.

Bei Bewertungen unterscheiden wir zwischen Bewertung der Eingabe des Studenten und Bewertung des Studenten nach Abschluss der Aufgabe. Die Interaktionen in MathCoach sind ebenfalls nach Grad der Bewertung des Studenten eingeteilt: mit oder ohne Bewertung, nur Punktebewertung oder Punktebewertung mit Zeitbegrenzung, einzelne Aufgabe oder Klausur (Zusammenfassung der Bewertung mehrerer Aufgaben). Dadurch kann der Student schrittweise die Anforderungen unter Klausurbedingungen trainieren.

6 Fazit und Ausblick

Mit MathCoach können den Studierenden eine Vielzahl abwechslungsreicher und interaktiver Elemente zum Üben und Experimentieren zur Verfügung gestellt werden. Die Studie-

renden werden dadurch zur aktiven Auseinandersetzung mit dem Lehrstoff angeregt, im Kontrast zu dem oft sehr passiven Verhalten in den Lehrveranstaltungen. Davon erwarten wir mehr Spaß beim Lernen und eine bessere Motivation für die mathematischen Fächer. MathCoach soll die Tutoren von zeitraubenden Routinearbeiten wie dem immer wieder neuen Zusammenstellen und Korrigieren von Übungsaufgaben entlasten. MathCoach ist nicht als Ersatz, sondern als Ergänzung des Lehr- und Übungsbetriebs gedacht.

Im Moment befindet sich das System noch im Entwicklungsstadium und ist noch nicht im Regelbetrieb der Lehre eingesetzt worden. MathCoach ist zu Teilgebieten der Mathematik bereits mit Inhalt gefüllt, z. B. zu den Themen Ableitung von Funktionen in einer Veränderlichen, Berechnung von Wahrscheinlichkeiten und Quantilen, Bruchrechnung und Rechnen mit Logarithmen. Erste Tests mit verschiedenen Gruppen von Studierenden haben durchweg positive Rückmeldungen gebracht. Der erste großflächige Einsatz ist im September 2005 zur Unterstützung des zweiwöchigen hochschulweiten und fachbereichsübergreifenden Propädeutikums zur Mathematik geplant.

Eine Demoversion und ausführliche Beschreibungen von MathCoach findet man unter folgenden URLs:

<http://markov2.htw-saarland.de/laplust>

<http://markov2.htw-saarland.de/mathcoach>

Literatur

- [BGOM04] P. Baumgartner, B. Grabowski, W. Oevel und E. Melis. In2Math – Interaktive Mathematik- und Informatikgrundausbildung. Publikation auf der Projekt-Homepage: <http://www.in2math.de>, 2004.
- [MAB⁺01] E. Melis, E. Andrés, J. Büdenbender, A. Frischauf, G. Goguadze, P. Libbrecht, M. Pollet und C. Ullrich. ActiveMath: A Generic and Adaptive Web-Based Learning Environment. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 12:385–407, 2001.
- [MB03] John Maindonald und John Braun. *Data Analysis and Graphics Using R*. Cambridge University Press, Cambridge, 2003. ISBN 0-521-81336-0.