

Ein e-Lecture-System für die Theoretische Informatik

Philipp Rohde und Wolfgang Thomas
RWTH Aachen
Lehrstuhl für Informatik VII
{rohde, thomas}@informatik.rwth-aachen.de

Abstract: Es wird ein e-Lecture-System für die Theoretische Informatik vorgestellt, das seit drei Semestern an der RWTH Aachen für Vorlesungen der Automatentheorie erfolgreich eingesetzt wird. Grundlegende Zielsetzung war, eine einfach zu bedienende und flexible Infrastruktur zu schaffen. Im Zentrum stand dabei eine integrierte und flexibel einsetzbare Technik zur Vorbereitung und Präsentation des Kursmaterials, die sich durch sparsamen Einsatz von personellen und technischen Ressourcen auszeichnet. Wir stellen dieses System vor und diskutieren Erfahrungen und Perspektiven.

1 Einführung

Ein grundlegendes Problem bei der Erstellung von elektronischem Kursmaterial im Universitätsbetrieb besteht im Mangel an personellen und technischen Ressourcen. Die Entwicklung e-Learning-tauglicher Kurse wird im allgemeinen durch die technischen Kapazitäten und die verfügbaren Arbeitskräfte stark eingeschränkt. Das betrifft sowohl den Dozenten, der erhebliche Zeit benötigt, um eine e-Learning-Kurseinheit zu konzipieren, als auch die Infrastruktur, die für Programmierarbeiten und für die Präsentation selbst zur Verfügung stehen muss.

Daraus ergibt sich als für den Erfolg von e-Learning wesentliche Fragestellung, wie eine derartige Infrastruktur beschaffen sein muss, damit der regelmäßige (und über Jahre hin zu leistende) Arbeitsaufwand zur Erstellung und Präsentation möglichst gering gehalten und die Bedienung der Technik für Ersteller und Nutzer des Kursmaterials möglichst unkompliziert wird.

Wir sahen für die Entwicklung einer Infrastruktur die folgenden Anforderungen als zentral an:

- Vorbereitung und Präsentation eines Kurses müssen von höchstens zwei Personen realisiert werden können.
- Insbesondere muss es möglich sein, vorhandenes Material (etwa aus Skripten) direkt einzubinden.
- Das System muss in der Lage sein, den gesamten Inhalt eines Kurses abzudecken. Anwendungen, die nur ausgewählte Kapitel der Vorlesungen erfassen, sind nicht

ausreichend.¹

- Die Präsentation des Kurses muss in jedem Vorlesungssaal mit Stromanschluss und Projektionsfläche möglich sein.
- Die Nutzer müssen in der Lage sein, das Kursmaterial mit Standard-PC's ohne aufwändige Installationen zu nutzen. Außerdem sollten sie in der Lage sein, die nötigen Dateien mit den üblichen Geschwindigkeiten privater Internetverbindungen herunterzuladen zu können.

In diesem Artikel berichten wir über die Lösung für diese Problemstellung, wie sie der Lehrstuhl für Informatik VII der RWTH Aachen entwickelt hat. Die Infrastruktur wurde innerhalb des vom BMBF unterstützten Projektes ULI („Universitärer Lehrverbund Informatik“², vgl. außerdem [KM01], [LTZ02]) realisiert und ist nun seit drei Semestern erfolgreich im Einsatz. Im Rahmen des Projektes bietet Aachen elektronisch verfügbare Kurse aus dem Bereich der Theoretischen Informatik, speziell zur Automatentheorie an. Diese Kurse wurden nicht nur von Aachener Studierenden, sondern jeweils auch von 10 bis 20 externen Studierenden anderer deutscher Universitäten gehört. Bisher wurden auf der Basis dieser Infrastruktur die folgenden Kurse angeboten:

- Vorlesung „Automatentheorie und Formale Sprachen“ (Sommersemester 2002, Grundstudium Informatik, 3-stündig)
- Vorlesung „Automata and Reactive Systems“ (Wintersemester 2002/03, Hauptstudium Informatik, 4-stündig)
- Vorlesung „Angewandte Automatentheorie“ (Sommersemester 2003, Hauptstudium Informatik, 4-stündig)

Die Grundstudiumsvorlesung wurde von ca. 400 Teilnehmern besucht, die Hauptstudiumsvorlesungen von ca. 150 Teilnehmern. Bei allen drei Kursen konnte darauf verzichtet werden, die wöchentlichen Übungsstunden durch elektronische Varianten zu ersetzen. Für die Aachener Studierenden wurden die Übungen in Kleingruppen oder als Globalübung (durch Assistenten oder studentische Hilfskräfte) angeboten. Die geringe Zahl externer Teilnehmer erlaubte es, diese durch intensive E-Mail-Kommunikation zu betreuen. Es wurden web-basierte Foren eingerichtet, die von Aachener und externen Studierenden genutzt werden konnten. Für die externen Teilnehmer wurde zusätzlich ein wöchentlicher, 45-minütiger Chat geführt, um den fehlenden persönlichen Kontakt auszugleichen.

Die Vorlesungsinhalte selbst wurden in Form elektronischer Folien erstellt, die durch einen DV Projektor präsentiert werden konnten. Während der Präsentation wurde die Stimme des Dozenten und die Folieninhalte zusammen mit elektronischen Illustrationen und Anmerkungen aufgezeichnet.

Die technische Infrastruktur (mit Hardware- und Softwarekomponenten) wird in Abschnitt 2 genauer erläutert. Die abschließenden Abschnitte befassen sich mit einem interaktiven

¹Diese Einschränkung gilt z.B. für das System *Exorciser* von Tschertter und anderen, vgl. [TLN02].

²Vgl. www.uli-campus.de



Abbildung 1: Portables e-Lecture-System: Aufbau während einer Vorlesung

Übungssystem, das als Ergänzung entwickelt wurde, mit der Resonanz bei den Nutzern, sowie mit einem Ausblick auf laufende Arbeiten und Weiterentwicklungen.

2 Technische Infrastruktur

Während der Vorlesung werden die zuvor erstellten, elektronischen Folien durch einen DV Projektor dargestellt und durch eine Screen Recording Software aufgezeichnet. Dabei wird die Stimme des Dozenten zusammen mit den präsentierten Folien sowie Anmerkungen und Illustrationen, die der Dozent während der Vorlesung elektronisch mit Hilfe eines Stiftes auf einem entsprechenden Display erstellt, als Audio- und Videostrom aufgenommen. Im Durchschnitt sind etwa drei Viertel des Materials vorab erstellt, während etwa ein Viertel während der Vorlesung hinzugefügt wird (hauptsächlich Figuren, Skizzen und kurze Beweise). Auf ein eigenes Videobild des Dozenten wird dabei verzichtet, da dessen Aufzeichnung wesentlich mehr personellen und technischen Aufwand erfordert und zu deutlich größeren Dateien führt, die den Studierenden übermittelt werden müssen. Die Auswertung mehrerer Umfragen unter den Studierenden hat ergeben, dass das Fehlen eines Videobildes des Dozenten selbst nicht als störend empfunden wurde. Im Gegenteil scheint es so zu sein, dass die Reduzierung auf die wesentlichen Aspekte eine erhöhte Konzentration und Aufnahmefähigkeit beim Verfolgen der Aufzeichnung fördert.

Um der Anforderung der uneingeschränkten Mobilität gerecht zu werden, wurde eine integrierte Hardware-Lösung entwickelt. Dabei wurde versucht, sowohl für die Soft- wie auch Hardware weitgehend auf handelsübliche Standard-Komponenten zurückzugreifen. Das Ziel war es, die eigene Entwicklungsarbeit und den damit verbundenen Zeit- und Kos-



Abbildung 2: E-Lecture-System: Die PC-Komponenten sind im unteren Teil „versteckt“

tenaufwand gering zu halten. Dadurch war es möglich, sich auf die Erstellung der Kursinhalte selbst zu konzentrieren. Dieser Ansatz steht im Kontrast zu anderen Lösungen, die im Rahmen des ULI-Projektes entwickelt wurden.³ Die entscheidenden Vorteile sind, sich auf technisch ausgereifte und stabile Systeme verlassen zu können sowie auf den Support der Hersteller zurückgreifen und von professionellen Weiterentwicklungen profitieren zu können.

2.1 Hardware

Neben handelsüblichen PC-Komponenten besteht die Hardware aus einem professionellen Mikrofon und dem Grafiktablett *Wacom Cintiq 15X*.⁴ Dieses Grafiktablett besteht aus einem stiftsensitiven TFT-Bildschirm, das ursprünglich für Grafik-Design und CAD-Anwendungen konzipiert wurde. Es dient sowohl zur Anzeige der Folien für den Dozenten als auch zum Einfügen von Illustrationen und Anmerkungen während der Vorlesung, die ebenfalls elektronisch aufgezeichnet werden können.

Alle genannten Komponenten wurden in einen tragbaren Koffer integriert. Der Koffer selbst wurde von einer Firma gebaut, die auf die Produktion von Behältern für Audiogeräte wie Mischpulte etc. spezialisiert ist. Als Ergebnis erhielten wir die gewünschte mobile Lösung, die in nahezu jedem Hörsaal einsatzfähig ist. Der Koffer besteht aus zwei Hälften: Die obere Hälfte enthält alle Komponenten, die während der Vorlesung benötigt werden (und nur diese). Abbildung 1 zeigt den typischen Aufbau während einer Präsentation. Auf-

³Zum Beispiel das System *Authoring on the Fly* (AOF), vgl. [MO00] und [PW02].

⁴Vgl. www.wacom.com/lcdtablets/index_15x.cfm

bau und Initialisierung der Einheit nehmen nur einige wenige Minuten in Anspruch: Man muss lediglich den DV-Projektor anschließen, das Mikrofon einstecken und das Betriebssystem starten. Die PC-Komponenten und andere Technik sind im unteren Teil des Koffers „versteckt“, vgl. Abb. 2. Wir haben diesen Ansatz (Koffer mit PC-Komponenten) aus zwei Gründen gegenüber der alternativen Lösung bevorzugt, die aus der Kombination eines Laptops mit dem Grafiktablett besteht. Zum einen ist ein handelsüblicher Laptop nicht unmittelbar geeignet, um einen Beamer zusammen mit dem Grafiktablett anzusteuern. Er müsste daher um eine geeignete, für Laptops im allgemeinen recht teure Grafikkarte erweitert werden. Zum anderen besitzt ein Laptop Komponenten, die für diese Anwendung überflüssig sind (zusätzlicher Bildschirm, Tastatur, Batterie etc.). Besser geeignet wäre ein Tablet-PC, siehe dazu Abschnitt 4.2.

2.2 Software

An die Software wurden die folgenden Anforderungen gestellt:

1. Mathematische Formeln und Zeichensätze müssen einfach eingebunden werden können (vgl. Abb. 3).
2. Der Dozent soll in der Lage sein, bereits vorhandenes elektronisches Material aus Skripten vorheriger Vorlesungen und Veröffentlichungen wiederzuverwenden.
3. Es muss möglich sein, während der Vorlesung auf den Folien zu schreiben, um Illustrationen und Anmerkungen geben zu können (vgl. Abb. 4).
4. Die präsentierten Folien können zusammen mit der Stimme des Dozenten aufgezeichnet werden.
5. Die Aufbereitung des aufgezeichneten Rohmaterials muss so einfach wie möglich sein. Es müssen Video-Dateien produziert werden, die von jedem Standard-Player auf den üblichen Betriebssystemen ohne aufwändige Installationsanforderungen abspielbar sind.
6. Die Größe der angebotenen Dateien muss möglichst gering sein, damit sie von den Studierenden von zuhause aus heruntergeladen werden können.

Die Punkte 1 und 2 wurden von der \LaTeX Publishing Umgebung erfüllt. Dazu kombinierten wir frei verfügbare \LaTeX -Pakete zur Erstellung elektronischer Folien mit einigen selbst entwickelten Makros und Zusätzen, um das gewünschte Erscheinungsbild zu erhalten. Die Folien wurden als *Adobe PDF* Dokumente erzeugt und durch *Adobe Acrobat 5* dargestellt.⁵ Obwohl in dieser Software bereits die Möglichkeit des Schreibens auf den Folien integriert ist, haben wir die Funktionalität durch Eigenentwicklungen und Plug-Ins erweitert, so dass ein schneller Zugriff auf die wesentlichen Funktionen möglich ist.

⁵Vgl. www.adobe.com/products/acrobat/

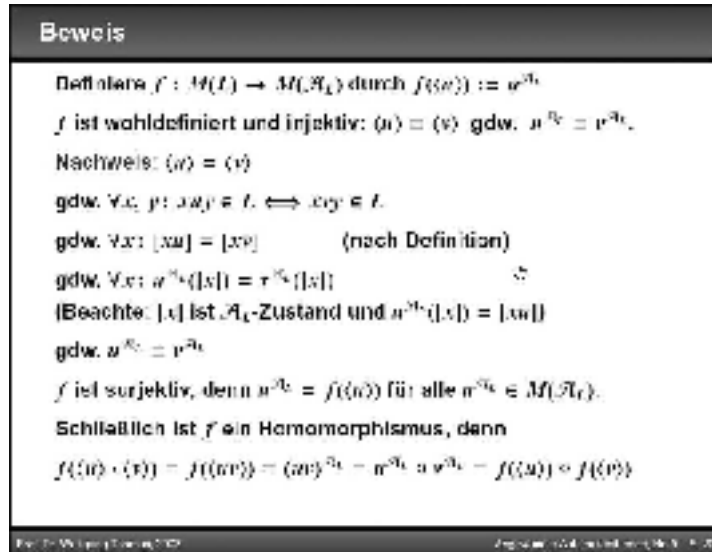


Abbildung 3: Unterstützung mathematischer Formeln

Als Screen-Recording-Software haben wir *Camtasia* von *TechSmith* ausgewählt, die ursprünglich für die Erstellung von Software-Demos und multimedialen Lernprogrammen entworfen wurde.⁶

Das Video-Rohmaterial wurde mit *Adobe Premiere 6* und *VirtualDub* geschnitten und editiert.⁷ Dabei wurden im wesentlichen unnötige Sequenzen herausgeschnitten. Es wurden zwei Video-Formate generiert: Das erste benutzt den Video-Codec *TSCC* von *TechSmith*, der speziell für Aufnahmen von Bildschirmhalten entwickelt wurde. Allerdings steht dieser Codec zur Zeit nur für *Windows* zur Verfügung.⁸ Um auch andere Betriebssysteme zu unterstützen, boten wir ein zweites Format unter Verwendung des Video-Codec *DivX* an.⁹ Beide Formate benutzen zur Kodierung der Audio-Inhalte den weitverbreiteten *MPEG Layer-3* Audio Codec, der eine hervorragende Kompressionsrate besitzt und für alle gängigen Systeme zur Verfügung steht.¹⁰ Durch eine Bildrate von lediglich 2 Bildern pro Sekunde konnte die Dateigröße der Videos auf ca. 10 MB für eine 45-minütige Vorlesung reduziert werden. Durch den kumulativen Aufbau der Folien sowie der Anmerkungen und Illustrationen genügte diese geringe Bildrate vollkommen, um die Wirkung eines nahezu flüssigen Filmes zu erzielen.

Um die Möglichkeit zu gewährleisten, die Vorlesungsinhalte auch ohne die Video-Aufzeichnungen zu studieren, boten wir die Folien auch als reine PDF und *PostScript* Dokumente an. Beide Folien-Formate enthalten die während der Vorlesung erstellten Illustration

⁶Vgl. www.techsmith.com/products/studio/

⁷Vgl. www.adobe.com/products/premiere/ und www.virtualdub.org

⁸Vgl. www.techsmith.com/products/studio/

⁹Vgl. www.divx.com/about/

¹⁰Vgl. www.iis.fraunhofer.de/amm/techinf/layer3/

Baumautomat für T_3

$T_3 = \{t \in T_2 \mid \text{auf der Front von } t \text{ gibt es keine 1 vor einer 0}\}$

q_0 : nur 0 an Front
 q_1 : nur 1 an Front
 q_2 : erst 0, dann 1 an Front
 q_{error} : sonstige Fälle

$\delta(q_0, 0) = q_0$
 $\delta(q_1, 1) = q_1$
 $\delta(q_0, 1) = q_2$
 $\delta(q_2, 0) = q_2$
 $\delta(q_2, 1) = q_{\text{error}}$

Sonst
 Wert q_{error}

Abbildung 4: Folien mit Anmerkungen und Illustrationen

tionen und Anmerkungen.¹¹

Am Ende eines Semesters stand zusätzlich ein Video-Skript in Form eines PDF Dokumentes zur Verfügung, das alle Folien inklusive der Illustrationen und Anmerkungen sowie einen Index, ein Inhalts- und Literaturverzeichnis etc. enthält. Außerdem war es möglich, von jeder Folie aus über Navigationsbuttons direkt das zugehörige Video aufzurufen und zu dem Zeitpunkt zu springen, an dem die entsprechende Folien behandelt wird. Das Video-Skript wurde zusammen mit den Aufzeichnungen des gesamten Kurses eines Semesters auf einer einzigen CD-ROM angeboten.

3 Elektronisches Übungssystem

Als Ergänzung zu den Aufzeichnungen der Vorlesung, die von den Studierenden nur passiv verfolgt werden können, haben wir ein elektronisches Übungssystem entwickelt, um den Studierenden die Möglichkeit einzuräumen, ihr Verständnis der Vorlesungsinhalte durch das Lösen einfacher Probleme aktiv zu überprüfen. Wir erwähnen dieses System hier nur in Kürze; eine detailliertere Beschreibung und Diskussion ist in Vorbereitung.

Der Schwierigkeitsgrad der Übungen sollte oberhalb einfacher Multiple-Choice-Aufgaben liegen, aber unterhalb der üblichen Hausaufgaben, die eine komplexere Antwort erfordern oder bei denen umfangreichere Erklärungen nötig sind. Die elektronischen Übungen wurden zunächst nur als freiwilliger Selbsttest angeboten. Die Studierenden konnten sich das

¹¹Für Beispiele von Aufzeichnungen und Folien der aktuell laufenden Vorlesung siehe www-i7.informatik.rwth-aachen.de/d/teaching/ss03/angauto/

Übungssystem herunterladen und die Übungen offline bearbeiten. Nach dem Lösen mehrerer Aufgaben wurde zwar eine Zusammenfassung der erreichten Punkte angezeigt, aber das System speicherte die Daten nicht zentral ab. Diese Funktionalität müsste ergänzt werden, wenn das System auch zu Prüfungszwecken eingesetzt werden soll.

Die zentrale Anforderung an das System war, dass alle Lösungen interaktiv entwickelt werden sollten. Dabei sollten möglichst problemorientierte Hinweise zu falschen Antworten gegeben werden, unter Hinweis auf entsprechenden Erläuterungen etwa im Vorlesungsmaterial. Da Übungen aus dem gesamten Bereich der Automatentheorie gestellt werden sollten, musste eine Vielzahl an verschiedenen Datentypen bei der Implementierung berücksichtigt werden (z.B. Wörter, reguläre Ausdrücke, Automaten, Grammatiken, Ableitungen etc.) Die Entwicklung erfolgte im Rahmen einer Diplomarbeit (vgl. [Gia02]). Aktuell sind bereits mehr als 40 Übungsaufgaben verfügbar, die zur einführenden Vorlesung über Automatentheorie gehören.¹²

4 Erfahrungen und Ausblick

4.1 Evaluation

In jedem der drei genannten Kurse wurden detaillierte Umfragen auf der Basis von Fragebögen durchgeführt. Die rein deskriptive Auswertung der Daten kann allerdings nur als grober Indikator für die Bewertung und Zufriedenheit der Studierenden verstanden werden; auf eine ausführliche statistische Analyse und eine aussagekräftige Kontrolle des Lernerfolgs musste verzichtet werden. Die Auswertung lässt trotzdem gut erkennen, dass die Aufzeichnungen der Vorlesungen und das angebotene Übungssystem wurden durchweg als sehr willkommene Ergänzung zum Kurs empfunden wurde. Die überwiegende Mehrheit der Studierenden befürworteten dabei eine Kombination aus Präsenz- und elektronischer Vorlesung (Aufzeichnungen der Vorlesung und Bereitstellung von Skripten).¹³

Zwei weitere spezifische Effekte sind noch erwähnenswert. Erstens konnte die selbständige Gruppenbildung von drei bis vier Studierenden beobachtet werden, die sich trafen, um gemeinsam die Aufzeichnungen der Vorlesung zu hören. Zweitens reduzierten viele Studierende ihre Teilnahme an der Präsenzvorlesung zur Automatentheorie gegen Ende des Semesters – wenn Klausuren und Prüfungen bevorstanden – zugunsten einer intensiveren Prüfungsvorbereitung für die anderen Fächer. Dennoch war die Erfolgsquote in der Klausur zur Automatentheorie, die ca. sechs Wochen nach dem Ende der Vorlesung geschrieben wurde, erkennbar höher als in den vorherigen Jahren (für eine exakte Quantifizierung des Erfolgs fehlen leider langfristige Erhebungen). Es scheint so, dass das Angebot an Vorlesungsaufzeichnungen und elektronischen Übungsaufgaben es den Studierenden ermöglicht, ihre persönliche Zeitplanung bezüglich der Prüfungsvorbereitungen besser ab-

¹²Vgl. www.rwth-aachen.de/i7/atfs/practice/selbsttestaufgaben.html

¹³Zu den Umfragen und deren Ergebnisse vgl.

www-i7.informatik.rwth-aachen.de/d/teaching/ss02/atfs/ und www-i7.informatik.rwth-aachen.de/d/teaching/ws0203/ars/

stimmen zu können und dadurch zu einer höheren Erfolgsquote zu gelangen.

Neben dem außerordentlichen Zuspruch vonseiten der Studierenden gab es auch ein großes Interesse an unserer Lösung sowohl von anderen Lehrstühlen der RWTH Aachen und anderen Universitäten innerhalb und außerhalb Deutschlands als auch von nicht-universitären Einrichtungen.

4.2 Weitere Entwicklungen

Die technische Infrastruktur, wie sie in Abschnitt 2 beschrieben ist, wurde bereits Anfang 2002 entwickelt. Es hat sich herausgestellt, dass sie während der drei angebotenen Vorlesungen vollständig stabil läuft. Es gab zu keiner Zeit einen Ausfall oder sonstige Komplikationen. Allerdings ist der mobile Koffer nach wie vor ein Prototyp. Für zukünftige Systeme dieser Art sollten die Ausmaße und das Gewicht noch deutlich reduziert werden. Eine mögliche Alternative könnten die seit kurzem zur Verfügung stehenden Tablet-PCs sein, welche eine kompakte Kombination aus Laptop und stiftsensitivem Bildschirm darstellen. Aber in diesem Fall müsste man sich mit einem kleineren Bildschirm begnügen. Außerdem ist es noch nicht eindeutig geklärt, ob die aktuell angebotenen Systeme alle nötigen Voraussetzungen für eine Vorlesungsaufzeichnung erfüllen.

Das angebotene Video-Skript könnte in Hinsicht auf eine erweiterte, zugrundeliegende Struktur verbessert werden, so dass die Inhalte stärker untereinander in Beziehung gesetzt werden können. In diesem Zusammenhang ist die Entwicklung eines entsprechenden „Meta-Dokuments“ denkbar, z.B. in Form eines XML-Dokuments. Außerdem wäre es wünschenswert, die bestehenden elektronischen Hilfsmittel und Anwendungen zur Automatentheorie stärker in das System einzubinden. Hier sei z.B. das System *AMoRE* erwähnt, das von unserer Forschungsgruppe entwickelt wurde.¹⁴ Eine weitere Komponente könnte das sehr ansprechende, automatentheoretische Übungssystem *Exorciser* sein.¹⁵

Auch das Übungssystem mit interaktiv lösbaren Aufgaben, das hier nur skizziert wurde, könnte in mehrere Richtungen erweitert werden. Auf technischer Ebene könnte eine zentrale Infrastruktur entwickelt werden, um den Einsatz nicht nur für den Selbsttest, sondern auch für Prüfungszwecke zu ermöglichen. Auf inhaltlicher Ebene besteht eine große Herausforderung darin, Aufgaben mit interaktiver Lösungsstrategie auch für andere Vorlesungen als nur für die Einführungsvorlesung zu entwickeln. Wünschenswert hierfür wäre auch die Integration komplexerer mathematischer Beweise und Argumentationsmuster, wie z.B. Induktionsbeweise etc.

¹⁴Vgl. www-i7.informatik.rwth-aachen.de/d/research/amore.html

¹⁵Vgl. [TLN02]

5 Schlussbemerkung

Die in diesem Papier vorgestellte Lösung versucht, gegenüber einer Vielzahl von Projekten im Bereich e-Learning eine andere Balance zwischen technischem Aufwand und inhaltlicher Qualität zu finden. Dazu soll durch eine sehr einfach handhabbare Technik ermöglicht werden,

- dass die Inhalte im Vordergrund stehen und sich der Dozent vollständig darauf konzentrieren kann,
- dass ein großer Nutzerkreis erreicht wird.

Die damit verbundene Zurückhaltung im Einsatz medialer Techniken hat für den Dozenten insbesondere den Effekt, dass ein Kurs noch „leben“ kann, auch wenn er einmal gehalten ist: Der Dozent kann ihn sehr leicht ändern und mit anderem Material kombinieren. Dies ist besonders wichtig in einem Feld wie der Informatik, wo sich die Lehrinhalte selbst für Grundstudiumsveranstaltungen relativ häufig ändern können.

Die Einfachheit der technischen Lösung ist darüberhinaus entscheidend, wenn die Vorlesungsaufzeichnungen von Personen außerhalb der Universität genutzt werden sollen. So wenden sich die hier vorgestellten Vorlesungen auch an Lehrer im Schuldienst, die die Lehrbefähigung in Informatik erwerben wollen und dies vorwiegend im Distanzstudium realisieren müssen.

Literatur

- [Gia02] Giani, E.: Konzeption und Implementierung eines interaktiven Lernsystems für die Grundvorlesung über Automatentheorie. Diplomarbeit, Lehrstuhl für Informatik VII, RWTH Aachen, 2002.
- [KM01] Kandzia, P.-T.; Maass, G.: Course Production – Quick and Effective. In: Proceedings of the 3rd International Conference on New Learning Technologies (NLT / NETTIES), Fribourg 2001.
- [LTZ02] Lauer, T.; Trahasch, S.; Zupancic, B.: Virtualizing University Courses: From Registration till Examination. In: Proceedings of the 4th ICNEE, Lugano 2002.
- [MO00] Müller, R.; Ottmann, T.: The “Authoring on the Fly”-System for Automated Recording and Replay of (Tele)presentations. ACM / Springer Multimedia Systems, Vol. 8, No. 3, 2000.
- [PW02] Pomm, C.; Widmayer, P.: Developing Course Material with the “Authoring on the Fly” Concept – An Evaluation. In: Proceedings of the 4th ICNEE, Lugano 2002.
- [TLN02] Tschertner, V.; Lamprecht, R.; Nievergelt, J.: Exorciser: Automatic Generation and Interactive Grading of Exercises in the Theory of Computation. In: Proceedings of the 4th ICNEE, Lugano 2002.