



Praxis der Informationsverarbeitung und Kommunikation 23/3 (2000) 164-168.

Entwicklung und Einsatz multimedialer Werkzeuge für die Internet-unterstützte Lehre

Katrin Borcea, Hannes Federrath, Olaf Neumann, Alexander Schill

TU Dresden, Fakultät Informatik

Kurzfassung

An der Technischen Universität Dresden wurden in den letzten Jahren umfassende neue Möglichkeiten der Online-Unterstützung in der Lehre entwickelt und praktisch erprobt. Die Konzepte decken verschiedene Lehrszenarien ab und sind interdisziplinär angelegt. Sie werden in Zusammenarbeit mit anderen Partnern, u.a. den Universitäten Berkeley, Göttingen, Hannover und Kiel sowie der DaimlerChrysler AG und der SAP AG erprobt.

Die Verwendbarkeit der entwickelten Lösungsansätze beschränken sich nicht nur auf die Bereiche der Präsenzstudiengänge Informatik und Wirtschaftsinformatik der TU Dresden, sondern spielen auch für die Lehramtsausbildung sowie für andere Fakultäten (z.B. Fachrichtung Psychologie, Fachrichtung Medizin) und im Schulbereich eine wichtige Rolle.

Konkret werden drei wesentliche Szenarien der Online-Unterstützung praktisch umgesetzt: (1) Asynchrone Verteilung von Online-Lehrmaterialien (statische, dynamische, interaktive) und Übungen verbunden mit dem Angebot verschiedener Möglichkeiten der Interaktion mit Systemnutzern und dem System selbst; (2) Live-Verteilung von Vorlesungen über das Internet; (3) Online-Kooperation in Kleingruppen.

Asynchrone Verteilung von Online-Lehrmaterialien mit unterstützenden interaktiven Komponenten

Der Bereich der asynchronen Verteilung von Lehrmaterialien über das Internet basiert auf der Ergänzung von realen Studienabläufen durch Abbildung geeigneter Teilprozesse auf Internetkomponenten.

Dies beinhaltet einerseits die Bereitstellung von Lehr-, Übungs- und Praktikumsmaterialien via Internet. Studierende haben somit die Möglichkeit, Aufgaben schrittweise interaktiv anzugehen und schließlich Lösungsvorschläge direkt (online) vom System auswerten zu lassen bzw. sie an den Übungsleiter zu versenden. Dadurch ist eine rasche Rückmeldung mit Korrekturvorschlägen möglich. Gleichzeitig wird eine Förderung der Motivation der Studierenden durch den explorativen Lernstil erreicht, d.h. die Lehrmaterialien werden in einer strukturierten Form angeboten, die u.a. auch das freie "Browsen" durch den Lehrstoff ermöglicht. Andererseits wird das kooperative Arbeiten der Studierenden in besonderem Maße gefördert, um z.B. größere Aufgaben in virtuellen oder vernetzten Arbeitsgruppen in Teamarbeit zu lösen. Auch hier spielen interaktive Werkzeuge in Verbindung mit Online-Kooperationstechniken eine entscheidende Rolle.

Die inzwischen recht umfassende, zum Teil auch direkt im Rahmen der bisherigen Arbeiten realisierte Vernetzung der Dresdner Studentenwohnheime fördert die skizzierten Online-Arbeitsformen in besonderem Maße [4].

Dipl.-Inform. Katrin Borcea

arbeitet seit 1997 als wissenschaftliche Mitarbeiterin am Lehrstuhl für Rechnernetze der Technischen Universität Dresden. Ihre Forschungsinteressen konzentrieren sich vorwiegend auf dem Gebiet des Teleteaching/Telelearning, und damit verbundenen mit der Entwicklung und Evaluierung geeigneter Umgebungen für das Internet.

Dr. Hannes Federrath

Diplom-Informatiker, Promotion zur Sicherheit in Mobilkommunikationsnetzen, Oberingenieur an der Fakultät Informatik der TU Dresden, derzeit Gastwissenschaftler am International Computer Science Institute (ICSI) in Berkeley/Kalifornien. Arbeitsgebiete und Forschungsinteressen: Sicherheit im Internet, Kryptographie, Mobile Computing, Sicherheit in eCommerce.

Dipl.-Inform. Olaf Neumann

arbeitet als Mitarbeiter im Projekt "JaTeK 2001 — Java Based Teleteaching Kit" am Lehrstuhl Rechnernetze der Technischen Universität Dresden. Er legte sein Diplom im Bereich "Konstruktion der Hauptspeicherverwaltung eines Mikrokernbetriebsystems" ab. Er ist Autor und Co-Autor verschiedener Artikel über den Einsatz von Teleteaching und Telelearning. Seine Hauptinteressen liegen in der Konstruktion verteilter Applikationssysteme und der Integration von Multimedia sowie der Nutzung objektorientierter Datenbanken in applikationsorientierten und netzwerkbasierenden Systemen.

Prof. Dr. Alexander Schill ist seit 1993 Professor für

Rechnernetze und Institutsdirektor an der Technischen Universität Dresden. Seine Arbeitsschwerpunkte sind Hochleistungsnetze, multimediale Teledienste, verteilte Systeme und Mobile Computing. Zwischen der Promotion und der Habilitation an der Universität Karlsruhe arbeitete er für ein Jahr als Post-doc am IBM Thomas J. Watson Research Center, Yorktown Heights, New York. Prof. Schill ist Autor bzw. Koautor von mehr als 100 Publikationen und 4 Fachbüchern. Seine Forschungsprojekte werden in enger Kooperation mit der Industrie durchgeführt.

Die genannten Bereiche werden durch das JaTeK-System (Java Based Teleteaching Kit) umfassend und integriert unterstützt. JaTeK wurde im Rahmen eines Forschungsprojektes entwickelt, welches durch die Förderung des BmBF-"Vereins zur Förderung eines Deutschen Forschungsnetzes e.V." (DFN) ermöglicht wurde. Dieses System wurde in der Lehre bereits an verschiedenen Standorten eingehend erprobt.

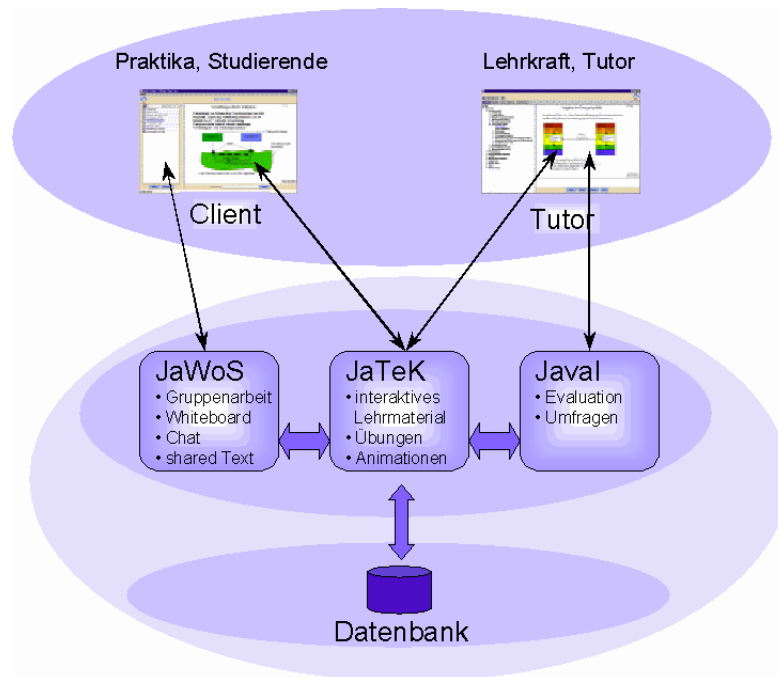
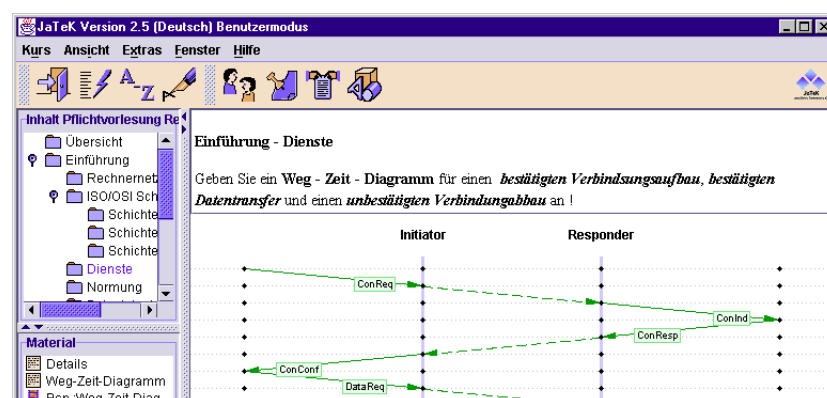


Abbildung 1 - Architektur des JaTeK-Systems

Das JaTeK-System ist durchweg auf der Basis moderner Internet-Techniken realisiert und in der Programmiersprache Java implementiert. Die Systemumgebung ermöglicht eine einheitliche Gestaltung und Verwaltung von Lehrmaterial, die Definition und Kooperation von Lerngruppen, das interaktive Online-Lernen, die Integration multimedialer Objekte (z.B. Vorlesungsvideos oder Animationen), die Erstellung und Auswertung von Umfragen (z.B. für Veranstaltungsevaluation) sowie Realisierung von verschiedenen Formen von Tests [1]. Auf der Basis der Internet-Techniken ist ein campusweiter (wobei Campus hier nicht ortsbezogen zu verstehen ist, sondern sich auf die Teilnehmer von Lehrveranstaltungen bezieht) Zugang unter Berücksichtigung spezieller zugriffsbeschränkender Mechanismen zu den Materialien möglich (Abbildung 1).

JaTeK ist durch eine integrierte Toolunterstützung für Autoren und Lernende innerhalb eines Systems gekennzeichnet (siehe Abbildung 2). Dies ermöglicht einerseits für die Kursautoren ein einfacheres Handling beim Kurs-Design und andererseits bietet es den Nutzern eine einheitliche Oberfläche für die Lehre sowie die verschiedenen Kommunikations- und Kooperationsszenarien zwischen Lernenden und Tutoren [2].



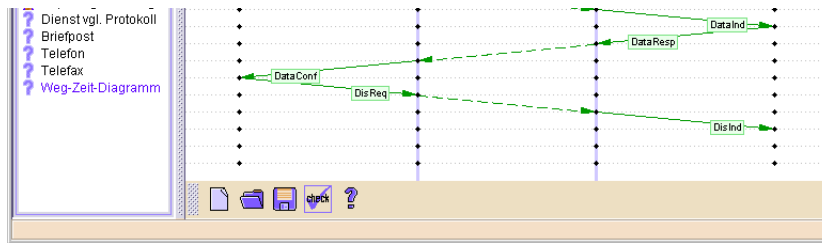


Abbildung 2 - Lernumgebung mit einem Beispiel aus der Vorlesung Rechnernetze

Neben der Bereitstellung neuer interaktiver Teleteaching-Werkzeuge spielt auch die Evaluierung von Akzeptanz und Lehrpotential eine entscheidende Rolle. Daher wurden bereits mehrere interaktive Befragungen der Studierenden durchgeführt. Diese führten zu einschlägigen technischen Verbesserungsvorschlägen, die auch direkt in die Praxis umgesetzt wurden. Insgesamt zeigte sich eine deutliche Akzeptanz der neuen Techniken, die nach Meinung eines beträchtlichen Teils der Studierenden auch direkt zum Lernerfolg und zur weiteren Verbesserung der Qualität in der Lehre beitragen (siehe Abbildung 3).

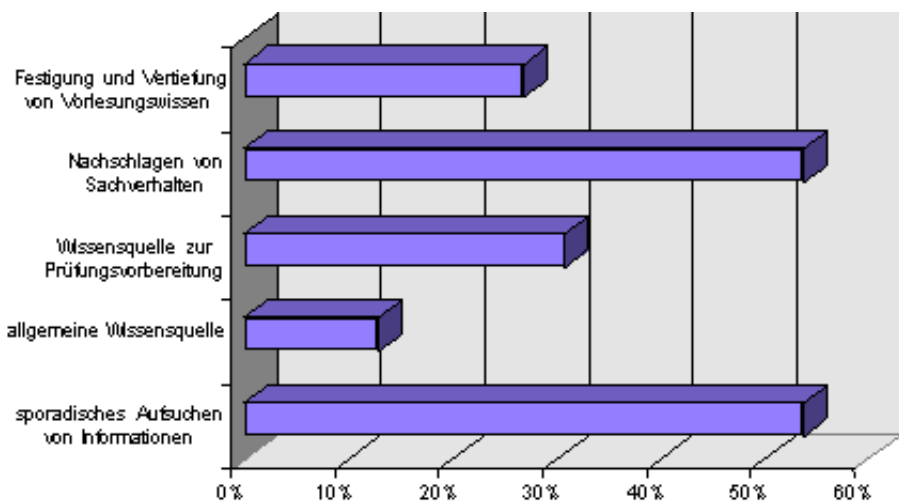


Abbildung 3 - Welche Ziele verfolgen Sie bei der Arbeit mit JaTeK?

Dabei wurde durch die Studenten vor allem die Interaktivität des neuen Mediums als besonders wichtig eingestuft (siehe Abbildung 4)

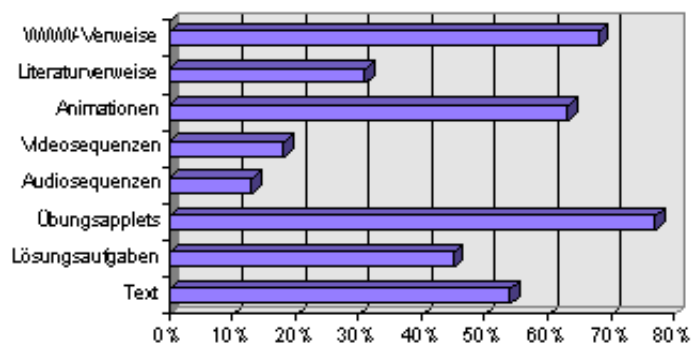


Abbildung 4 - Welche Medien schätzen Sie für Ihren Lernerfolg am förderlichsten ein?

Ferner zeigte sich, daß die neuen Online-Lösungen nicht als reiner Ersatz, sondern als sinnvolle und wirksame Ergänzung des traditionellen Studiums betrachtet werden. Daher ist es das Ziel der Autoren, zukünftig zahlreiche weitere Lehrveranstaltungen in die Online-Umgebung einzubinden und multimedial aufzubereiten. Die entwickelte Lernumgebung bietet dafür — gerade auch im Hinblick auf den interdisziplinären Einsatz durch Nicht-

Informatiker z.B. für die Lehrveranstaltung Interkulturelle Didaktik — eine wichtige Basis (siehe Abbildung 5).

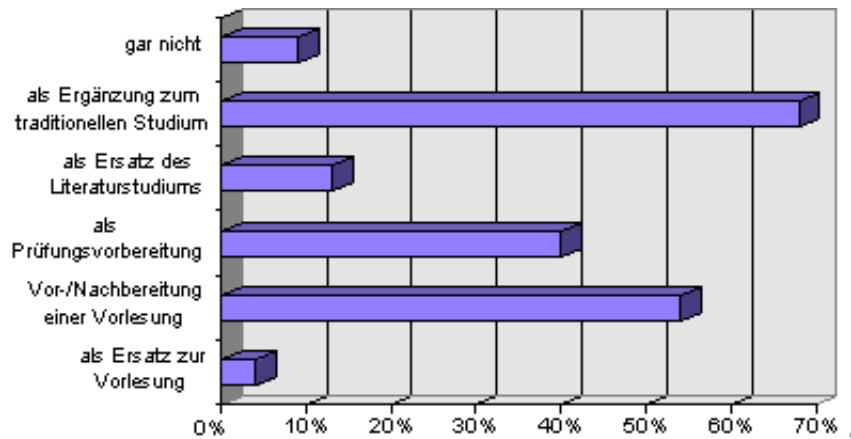


Abbildung 5 - Wie werden Sie das JaTeK-System nutzen?

Live-Verteilung von Vorlesungen über das Internet

Ein weiteres wichtiges Lehrszenario, das durch die Autoren an der TU Dresden realisiert wird, ist die synchrone (zeitgleiche) und asynchrone (zeitversetzte) Übertragung ausgewählter Vorlesungsteile in Form von digitalem Video und Audio, welche sowohl an anderen Standorten präsentiert (verteilt auf dem Campus der TU Dresden bis hin zur weltweiten Interaktion entfernter Standorte) als auch in den lokalen Hörsaal "importiert" wird.

Dabei wurden besonders intensive Erfahrungen mit zwei Online-Veranstaltungen gemacht. Eine der Vorlesungen wurde von Herrn Dr. Federrath (derzeit auf einem Forschungsaufenthalt in den USA) zur Lehrveranstaltung "Sicherheit in der Mobilkommunikation" gehalten und live aus Berkeley übertragen. Eine zweite Vorlesung wird durch Herrn Dr. Held, Mitarbeiter bei DaimlerChrysler AG Ulm, zum Thema "Mobile Computing — Konzepte in der Verkehrstelematik" gehalten. Diese Veranstaltung gibt den Studenten der TU Dresden die Möglichkeit, in direkten Kontakt mit Ansprechpartnern der Industrie zu kommen und durch den Transfer von Inhalten industrieller Forschung eine unmittelbare Verbindung zur Praxis ziehen zu können.

Bei beiden Vorlesungen konnten völlig neue Szenarien der Diskussion und Präsentation sehr erfolgreich mit einer ausgewählten Gruppe von Studenten erprobt werden. Die zugehörige Videosoftware (VTToolkit) wurde ebenfalls an der TU Dresden entwickelt [3]. Sie bietet Unterstützung für die gängigen Online-Kommunikations-Szenarien (z.B. Gruppenkonferenzen für virtuelle Seminare und virtuelle Klassenräume, Punkt-zu-Punkt-Konferenzen für Helpdesk-Anwendungen oder Kooperationsszenarien für Teleworker). Das Transportsystem adaptiert sich an verschiedene Medientypen wie Internet, Intranet, ISDN, LAN, oder xDSL. Der besondere Vorteil des VTToolkit besteht darin, daß alle Kodier- und Dekodieraufgaben sehr effizient auf Standardhardware erbracht werden, was den Einsatz von Spezialhardware überflüssig macht. Diese Flexibilität ist die Grundlage dafür, daß VTToolkit auf breiter Basis erfolgreich bei weiteren Partnern und Kunden eingesetzt wird.

Für die Online-Vorlesungen werden im Hörsaal über je einen Videoprojektor die Folien und das Videobild projiziert. Weiterhin ist eine Videokamera und ein Hand-Mikrofon vorhanden. Als Vorlesungsmaterial werden PowerPoint-Folien verwendet. Über die Funktion Präsentationskonferenz von PowerPoint kann eine entfernt steuerbare PowerPoint-Präsentation gestartet werden.



Abbildung 6 - Live-Übertragung der Vorlesung "Sicherheit in der Mobilkommunikation" von Berkeley nach Dresden

In der Konferenzfunktion von PowerPoint ist es jedoch nicht möglich, in der entfernten Präsentation den Mauszeiger zu steuern, welches jedoch notwendig ist, um Stellen in den Folien zu markieren, die gerade Inhalt der Vorlesung sind. Ein Ausweichen auf die vorhandene Zeichenfunktion reduziert das dargestellte Problem, kann es jedoch nicht befriedigend lösen. Aus diesem Grund wurde ein entsprechendes Tool im Rahmen des bereits beschriebenen JaTeK-Systems (Java Based Teleteaching Kit, siehe nächster Abschnitt) entwickelt. Dieses ist Java-basiert und ersetzt die Konferenzfunktionalität von PowerPoint. Durch die eigenständige Entwicklung des Tools konnten neben der entfernten Maussteuerung eine Reihe weitere Funktionen integriert werden, die in einem Anforderungskatalog durch die Dozenten der Online-Vorlesungen definiert wurden.

Eine weitere Erfahrung war, daß es in einer Telesituation deutlich schwieriger ist, die Studenten zur Interaktion (Diskutieren und Hinterfragen von Sachverhalten) zu motivieren. Bedingt durch das relativ kleine Videobild (320x200 Pixel) und die fehlende "Geräuschkulisse" ist es für den Dozenten deutlich schwieriger zu analysieren, inwiefern die Qualität der Lehre stimmig ist, d.h. ob der Stoff gut aufgenommen wird bzw. zu schwer, unverständlich oder langweilig ist. Um akustische Rückkopplungen zu vermeiden, war das Mikrofon im Hörsaal abgeschaltet, solange sich keine Rückfragen seitens der Studenten notwendig machten. Auf Fragen, die mit "Ja" bzw. "Nein" zu beantworten sind, reagieren die Studenten durch deutliche Körpersprache. Dies ermöglichte den schnellsten Weg für eine Interaktion.

Befragungen der Studenten ergaben, daß die Situation der Online-Vorlesung nach einer kurzen Eingewöhnungsphase als weitgehend normal empfunden wurde. Lediglich das unbedingt notwendige Sprechen in ein Mikrofon beim Stellen von Rückfragen wurde von einigen Studenten als ungewohnt und hemmend eingestuft.

Online-Kooperation in Kleingruppen

Im Rahmen des Hauptseminars "Teleteaching" werden seit dem Wintersemester 1997/98 in Kooperation mit der Universität Hannover virtuelle Seminare durchgeführt [5].

Ziel des Seminars ist sowohl die Aneignung von grundsätzlichen objektorientierten Programmierkonzepten und -techniken als auch das Vertrautmachen mit dem Studium über das Medium "Internet" und der Auswertung von aktueller Literatur auf dem Gebiet. Als der Veranstaltung zugrundeliegende Programmiersprache dient Java. Begleitend zum Seminar

wird durch die Studenten eine Programmieraufgabe bearbeitet. Dieser praktische Teil erfolgt in Arbeitsgruppen zu je 3-4 Studenten.

Als Kommunikationsmittel zwischen den Studenten stehen hauptsächlich WWW-Browser, E-Mail und Newsgroups zur Verfügung. Für die Kommunikation mit den Tutoren in Hannover werden neben der E-Mail-Kommunikation 14-tägige Videokonferenzen durchgeführt. Dabei kommt das bereits in den erwähnten Online-Vorlesungen zwischen Berkeley-Dresden und Ulm-Dresden eingesetzte Videokonferenzsystem zum Einsatz (siehe Abbildung 7). Diese Konferenzen nutzen die Studenten dazu, dem Tutor Fragen zum erarbeiteten Lernstoff zu stellen und mit ihm spezielle Technologien zu erörtern. Außerdem können sie ihm die erstellten Lösungen zu den Programmieraufgaben vorstellen und diskutieren. Mittels Application Sharing werden dem Tutor die erreichten Ergebnisse präsentiert. Er kann die Programme von Hannover aus steuern und korrigieren. Des Weiteren ist es möglich, daß der Tutor und die Studenten gemeinsam am Programmcode arbeiten.

Die gesammelten Erfahrungen bewiesen, daß für diese Form des Seminars eine regelmäßige Betreuung durch den Tutor unerlässlich ist. Zyklische Befragungen unter den teilnehmenden Studenten und die Auswertungen der Testatergebnisse und der Programmieraufgaben zeigten, daß die Form der Betreuung (direkter Kontakt (Face-to-Face) bzw. über Videokonferenz) jedoch keine Auswirkungen auf die Lernergebnisse der Studenten hatten. Beide Studentengruppen benötigten für die Erfassung des Themengebiets eine gewisse Einarbeitungsphase. Diese konnte für die Studenten, die über Videokonferenz betreut wurden, mit dafür benutzt werden, sich mit dem Medium der entfernten Kommunikation vertraut zu machen.

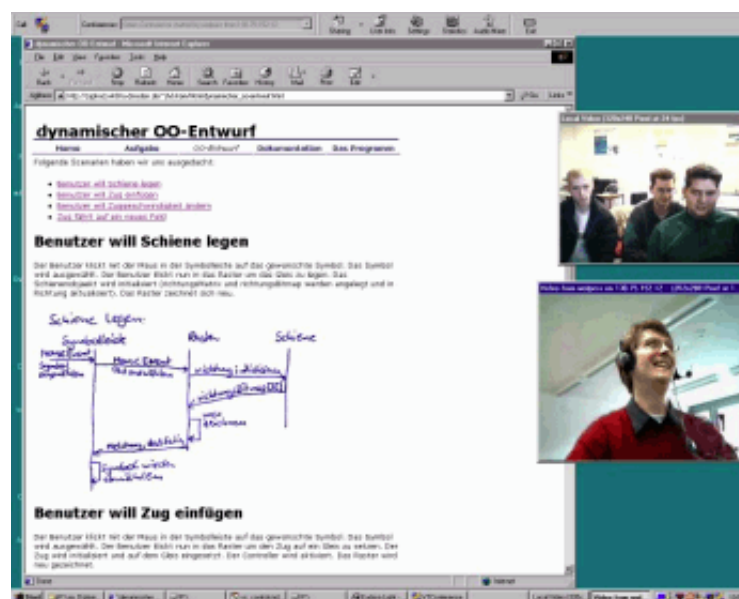


Abbildung 7 - Virtuelles Seminar mit Uni Hannover mittels Videokonferenz

Die guten Erfahrungen mit Teleseminaren haben die Autoren bewogen, das Angebot zu erweitern. So wird seit dem Wintersemester 1999/2000 ein weiteres Seminar durchgeführt, welches das JaTeK-System als Grundlage für die Lehrmaterialverteilung nutzt. Hier werden die Studenten an das Thema "Teleteaching" herangeführt und müssen im Rahmen eigenständiger Kursinhalte selbständig Material in das JaTeK-System einbringen, in welchem sie das Thema im allgemeinen sowie dedizierte Teleteaching-unterstützende Tools diskutieren. Der asynchrone Austausch zum Thema unter den Studenten erfolgt über das vom JaTeK angebotene Blackboard. Ad-hoc Kommunikation wird durch die JaTeK-Tools Chat und Whiteboard unterstützt.

Verwandte Ansätze

Der Bereich Teleteaching/Telelearning ist in den letzten Jahren deutlich gewachsen. Wo vor einigen Jahren noch wenige Projekte anzutreffen waren, sind nun eine Vielzahl von Aktivitäten zu verzeichnen. Doch die Ausprägung der einzelnen Projekte ist sehr unterschiedlich. Während die Industrie vorwiegend Produkte anbietet, sind in den Hochschulen mehr Aktionsprojekte anzutreffen. Darunter sind Projekte zu verstehen, die versuchen, Strukturen aufzubauen, Szenarios zu vertiefen und genauer zu untersuchen, Lösungen in Bereichen der Netzwerke zu erarbeiten, Seminare in Gruppen durchzuführen und dabei Werkzeuge zu evaluieren und vieles mehr. In diesem Abschnitt sollen die einzelnen Produkte und Projekte näher vorgestellt werden.

Viele der Forschungsprojekte im Bereich Teleteaching/-learning sind stark auf das synchrone Lehren und Lernen zugeschnitten. Andere Projekte stellen dagegen mehr die Bereitstellung von Systemen und Lernmaterial in den Vordergrund. So werden z.B. zwischen Erlangen und Nürnberg seit geraumer Zeit regelmäßige Vorlesungen synchron über Video übertragen [6]. Dieses Szenario wird durch Werkzeuge aus Mannheim, Heidelberg und Freiburg, wie z.B. das Authoring on the Fly [7] oder dem Digital Lecture Board [8] ergänzt. Ein ähnliches Werkzeug ist Vital [9], von der GMD IPSI, welches allerdings stärker auf Gruppenarbeit zugeschnitten ist. Mit dem Interactive-Home-Learning-Projekt arbeitet Mannheim u.a. im Bereich des asynchronen Lernens [10], wobei multimediale Lehrinhalte durch einen einheitlich strukturierten Rahmen, der in HTML realisiert wurde, präsentiert werden. Auch das Projekt Dialekt der FU Berlin für Wirtschaftswissenschaftler bereitet für das asynchrone Lernszenario Lehrmaterialien auf, die für die offline-Nutzung zum Einsatz kommen [11]. Außerdem bietet die FernUni Hagen [12] eine Reihe von HTML-basierten Online-Kursen an. Die Gruppe um Professor Mandl an der Universität München arbeitet verstärkt an Projekten, die Telelearning untersuchen, wie die Aspekte von Gruppen-basierten Lernszenarien untersucht [13].

Dieses ist sicherlich kein umfassender Ausschnitt aus der Vielzahl von Projekten. Fazit ist jedoch, daß im Gegensatz zu den in diesem Artikel beschriebenen Szenarien der Großteil der verwandten Ansätze asynchrone und synchrone Werkzeuge häufig noch getrennt betrachtet und integriert; meist sind Kommunikationskomponenten gar nicht vorhanden sind. Zudem stellt sich die überwiegende Mehrzahl der Werkzeuge nicht der Anforderung, den Prozeß der Inhaltserstellung zu integrieren bzw. tut dies nur sehr ungenügend. Es gibt neben dem JATeK-System wenige Produkte, die die Verwendung von Schablonen unterstützen bzw. dies nur auf sehr einfachem Niveau tun. So bleibt der Lernende oft nur Zuschauer im System und kann nicht genügend interaktiv eingreifen bzw. Ideen einbringen oder vorhandenes Lehrinhalte bearbeiten und verändern.

Literatur

- [1] Neumann, O.; Franze, K.; Schill, A.: Flexible Werkzeugunterstützung für Teleteaching/Telelearning ; GI-Jahrestagung in Paderborn "Informatik '99 - Informatik überwindet Grenzen, Springer Verlag, Berlin, Oktober 1999
- [2] Neumann, O., Borcea, K., Schill, A.: Erstellung interaktiver Lehr-/Lerninhalte unter Verwendung von spezifischen Autorenwerkzeugen in vernetzten, multimedialen Lehr-/Lernumgebungen; Tagungsbeitrag auf der D-CSCL 2000, 23. - 24. März 2000, Darmstadt ; in Vernetztes Lernen mit digitalen Medien, Herausgeber: Stefan Uellner, Volker Wulf, Physica-Verlag Heidelberg
- [3] Benz, M., Hess, R., Hutschenreuther, T., Kümmel, S., Schill, A.: A Framework For High Quality/Low Cost Conferencing Systems ;International Workshop on Interactive Distributed Multimedia Systems and Telecommunication Services, Toulouse, Oktober 1999, Springer-Verlag, Berlin, LNCS 1718
- [4] Neumann, O., Schill, A., Seifert, T.: Campusnetz — Studentenwohnheime in Dresden finden Anschluss; Gateway, März

1998, pp. 110-114

- [5] Franze, K., Neumann O., Schill, A.: Java Based Teleteaching Kit: JaTeK - Systemumgebung für interaktive Lehr- und Lernumgebungen; DFN Spezial: Verteiltes Lehren und Lernen im Deutschen Forschungsnetz, März 1999
- [6] Langenbach, C., Bodendorf, F.: WWW-Based Learning - Multimedia-Oriented and Interactive"; in Proceedings "3rd IEEE International Conference on Multimedia Engineering and Education", Hong Kong, 1998
- [7] Bacher, Chr., Müller, R., Ottmann, Th., Will, M.: Authoring on the Fly; INFOS '97, Duisburg, September 1997
- [8] Geyer, Werner: Das digital lecture board - Konzeption, Design und Entwicklung eines Whiteboards für synchrones Teleteaching; Reihe DISDBIS, Bd. 58, Infix-Verlag, St. Augustin, Germany, 1999
- [9] Beck-Wilson, J., Pfister, H.-R., Schuckmann, C., Wessner, M: The CLear Approach: Designing Distributed Computer-Supported Cooperative Learning Environments; in: A. Eurelings et al. (Ed.): Integrating Information & Communication Technology in Higher Education, pp. 291-305, Deventer, the Netherlands, Kluwer, 1999
- [10] Geyer, W., Eckert, A., Effelsberg, W.: Multimedia in der Hochschullehre - TeleTeaching an den Universitäten Mannheim und Heidelberg; in: Studieren und Weiterbilden mit Multimedia, Reihe Multimediales Lernen in der Berufsbildung, BW Bildung und Wissen Verlag, Nürnberg, 1998
- [11] Caumanns, Jörg: A Bottom-Up Approach to Multimedia Teachware; in: Goettl, B.P., Halff, H.M., Redfield, C.L. and Shute V.J. (Eds.) "Intelligent Tutoring Systems" Proc. 4. Int. Conf. IST'98", Berlin, Heidelberg: Springer Verlag, 1998
- [12] Feldmann-Pempe, B.; Mittrach, S.; Schlageter, G.: Internet-based Seminars at the Virtual University: A Breakthrough in Open and Distance Education. ED-MEDIA/ED-TELECOM 99, Seattle, Juni 1999
- [13] Gräsel, C., Mandl, H., Manhart, P. & Kruppa, K.: Systematische Einbeziehung von Medien, Informations- und Kommunikationstechnologien in Lehr- und Lernprozesse; Forschungsberichte Nr. 121, München: Ludwig-Maximilians-Universität, Lehrstuhl für Empirische Pädagogik und Pädagogische Psychologie, 2000