



Ende der Kreidezeit? Die Zukunft des Mathematikunterrichts

von Raúl Rojas, Lars Knipping, Ulrich Raffel,
Gerald Friedland und Bernhard Frötschl

Die gute alte Kreidetafel hat ausgedient. An ihre Stelle werden in den nächsten Jahren große Flach-Bildschirme treten, die gut lesbar sind und auf denen auch Animationen gestartet werden können. Die lebendige Unterrichtstafel wird die heutige Kreidetafel ersetzen, womit der Mathematikunterricht revolutioniert wird.

Die Kreidetafel ist im Mathematikunterricht und bei vielen anderen Fächern seit Jahrhunderten unübertroffen. Man kann auf schwarzem oder grünem Hintergrund mit einem Kreidestück malen, wobei der Kontrast so stark ist, dass auch in großen Hörsälen die Schrift noch aus zehn oder mehr Metern Entfernung gut lesbar ist. Schreibtafeln aus Kunststoff, auf die mit Filzstiften geschrieben wird, bieten dagegen keinen guten Kontrast und sind schon in einem mittelgroßen Raum schlecht lesbar.

Die Kreidetafel hat einen wichtigen pädagogischen Vorteil gegenüber anderen Unterrichtsmedien wie Overhead-Projektoren oder Power-Point-Präsentationen. Mathematiker arbeiten gerne mit der Kreidetafel, weil diese ein Unterrichtstempo erzwingt, das angemessen zum Stoff der Vorlesung ist. Es kann geschrieben und laut nachgedacht werden. Die Studenten haben auch genug Zeit, eine Entwicklung nachzuvollziehen und Fragen rechtzeitig zu stellen. Unter didaktischen Gesichtspunkten ist die Kreidetafel nach wie vor das zu bevorzugende Unterrichtsmedium in der Mathematik und anderen Naturwissenschaften wie Physik oder Chemie. Auch Sozial- und Geisteswissenschaftler bevorzugen die Kreidetafel und arbeiten selten mit Folien. Ein Spaziergang durch eine beliebige Universität zeigt, dass in kleinen und mittelgroßen Räumen die meisten Vorlesungen mit Kreidetafel gehalten werden.

In unserem Projekt haben wir uns vorgenommen, alle pädagogischen Vorteile der Kreidetafel zu behalten, sie jedoch auf den aktuellen technischen Stand zu bringen. Wir wollen die elektronischen Medien benutzen, ohne langweilige und inhaltsleere Vorlesungen zu produzieren, bei denen „flashy“ Technologie und nicht der Inhalt im Vordergrund steht [Gold-

man et al. 1999]. Wir denken dabei primär an den Präsenzunterricht, also an die Studenten und Studentinnen im Hörsaal. Den Studierenden kann eine weitaus interessantere Vorlesung angeboten werden, wenn interaktive Software auf der Tafel lauffähig ist. Wir möchten aber nicht einfach einen Computerbildschirm mit einem Projektor zeigen: Die Präsenz des Dozenten an einer Tafel hilft, die Aufmerksamkeit der Studenten auf die wichtigsten Aspekte zu lenken. Außerdem möchten wir auch nicht einfach nur vorgefertigte Folien verwenden. Viele Dozenten haben leider die Tendenz die Folien viel zu schnell zu zeigen, da sie selber das Thema gut kennen. Doch oft sind die besten Vorlesungen gerade solche, die spontan in der Unterrichtsstunde entstehen.

Wir möchten die Vorlesungen dauerhaft speichern. Daher haben wir ein System entworfen, das mit Hilfe eines berührungsempfindlichen Plasmabildschirms eine Kreidetafel simuliert. Wir haben einen Plasmabildschirm verwendet, weil diese Geräte einen hervorragenden Kontrast mit leuchtenden Farben auf tiefschwarzem Hintergrund bieten. Der an den Bildschirm angeschlossene Rechner erlaubt, die Farbe des Stiftes und die Breite der Linien nach Bedarf zu ändern. Der Dozent lehrt zwar direkt an der Tafel, das Tafelbild wird aber elektronisch generiert. Natürlich kann das Tafelbild über das Internet übertragen und auf diese Weise für alle Netzteilnehmer zugänglich gemacht werden. Guter Präsenzunterricht führt ohne Umwege direkt in den Fernunterricht. Erkrankte oder verhinderte Studenten können so die Vorlesung von zu Hause aus verfolgen.

Da Plasmabildschirme noch teurer und kleiner als Projektionssysteme sind (die kommerziellen Systeme haben eine 50 Zoll Diagonale), verwenden wir

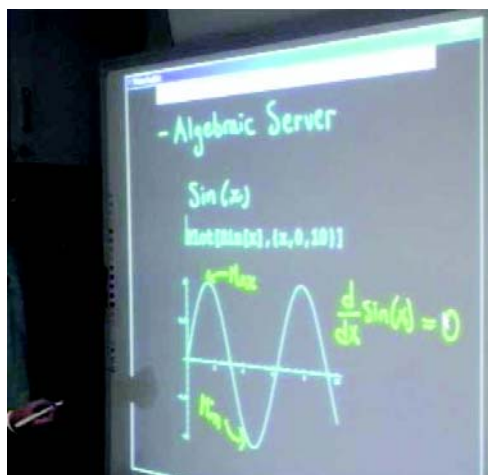


Abbildung 1. E-Kreide in Verbindung mit einem Projektions-system

auch eine preiswertere Kombination von Projektion und kontaktsensitiver Projektionswand (Abbildung 1). Der Nachteil der Projektionssysteme ist jedoch, dass der Raum etwas abgedunkelt werden muss. Sie bieten aber zur Zeit noch eine größere Arbeitsfläche als Plasmabildschirme.

Bei den ersten Experimenten mit Videoübertragungssystemen war die Qualität nicht ausreichend, um das Tafelbild noch richtig zu erkennen. Ein Beispiel dafür sind die ersten Mbone-Experimente zwischen den Universitäten Berkeley und Stanford im Jahr 1996. Heutige Mbone-Übertragungen über schnelle Datenleitungen, wie sie in Deutschland von mehreren Universitäten durchgeführt werden, sind zwar viel besser, aber solche schnellen Netze stehen den Studenten zu Hause noch nicht zur Verfügung. Die alleinige Übertragung von Folien spart deutlich an Bandbreite und liefert eine Anzeige ohne Verluste, aber die Faszination der lebendigen Entwicklung einer Vorlesung geht dabei verloren.

Abbildung 2 zeigt ein Fenster, wie es der Betrachter an einem externen Rechner empfangen kann. Die mit dem E-Kreide-System erstellte Skizze zeigt die Konzeption der elektronischen Tafel: Ein Dozent schreibt vor den versammelten Studenten Gleichungen an die Tafel, die an mehrere externe Internet-Rechner übertragen werden.

Da wir ausschließlich Java-Software verwenden, kann ein Internet-Benutzer ohne zusätzliche Software (nur ein Internet-Browser ist notwendig) das Tafelbild in Echtzeit empfangen. Auch Audio und ein kleines Videobild werden gesendet. Das Fenster mit dem Videobild kann bei Bedarf geschlossen werden, um



Abbildung 2. Applet-Fenster des E-Kreide-Systems mit einer Skizze

Übertragungskapazität zu sparen. Wie in der Skizze angedeutet, gehen wir davon aus, dass in nächster Zukunft große Bildschirme (Plasmabildschirme oder Bildschirme aus organischen Polymeren) mit mehreren Metern Diagonale (zum Beispiel 1,5 × 3 Meter) produziert werden¹. Da alle Daten gespeichert werden, kann ein Benutzer später, z. B. um 8:30 und ein anderer um 12:00 (wie in der Skizze), eine Vorlesung hören und sehen, die um 8:15 angefangen hat. Die Vorlesung steht natürlich auch in anderen Ländern zur Verfügung. Studenten mit einem Laptop oder sogar nur mit einem Java-fähigen Handy können Tafelbild und Audio bzw. ausschließlich Audio empfangen. Ohne den Präsenzunterricht umzugestalten kann gleichzeitig Fernunterricht stattfinden.

Ähnlich wie kommerzielle Präsentationsprogramme kann das E-Kreide-System in zwei Modi verwendet werden: ein Vorbereitungsmodus, bei dem der Dozent Bilder und interaktive Programme auswählt und deren Internet-Adressen für den späteren Einsatz im Unterricht als Menü-Bookmarks ablegt (dieser Prozess nimmt wenige Minuten in Anspruch). Der Dozent kann auch schriftliche Bausteine bereits vorbereiten (z.B. die lange Formulierung eines Theorems), die dann einfach aufgerufen werden, wenn es keinen Sinn hat, zu viel Zeit mit ihrer Niederschrift im Unterricht zu verlieren. Wenn die Vorlesung startet, kann der Dozent die verschiedenen Bausteine im richtigen Moment aufrufen und weiterschreiben. Die Bausteine können augenblicklich als Bild oder in „Schrifttempo“ erscheinen, um die Aufmerksamkeit der Zuhörer zu steigern.

Die Alternative zu E-Kreide sind elektronische Whiteboards (elektronische weiße Kunststofftafeln,

¹ NEC bietet bereits seit diesem Jahr ein System bestehend aus vier Plasmabildschirmen mit insgesamt 2,5m Diagonale an. Die Bildschirme sind noch teuer, der Preis wird aber innerhalb weniger Jahre deutlich fallen.

die mit speziellen Stiften beschreibbar sind und z. B. eine Fotokopie des Tafelbildes drucken können), die oft für Brainstorming-Meetings eingesetzt werden. Solche Medien sind ursprünglich für statische Präsentationen konzipiert worden und bieten keinen vollwertigen Ersatz für unsere Unterrichtstafel. Es besteht keine Möglichkeit, neue Inhalte, inklusive Dynamik und Ton, zu erfassen und abzuspeichern, um diese z. B. dauerhaft im Internet zur Verfügung zu stellen. Sie sind auch nicht für Handschrifterkennung ausgelegt, mit der z. B. automatisch transkribiert werden könnte. Elektronische Whiteboards sind eher für das gemeinsame Arbeiten in kleineren Gruppen gedacht (Computer Supported Collaborative Work, CSCW). Es ist nicht möglich, die Tafelinhalte nachträglich zu editieren und mit dem Ton zu synchronisieren. Unsere Software kann aber auch mit dieser Art von Projektions-Whiteboards verwendet werden.

In unserem Projekt haben wir versucht, die geschilderten Nachteile aufzuheben, und wurden dabei von folgenden Zielen geleitet:

- ein leuchtstarkes, kontrastreiches Tafelmedium für den Präsenzunterricht zu verwenden;
- eine elektronische Tafel zu produzieren, die so einfach zu verwenden ist wie eine Kreidetafel. Der Dozent soll in der Lage sein, in den Hörsaal zu gehen und ohne vorherige mühsame Folien-Vorbereitung eine Vorlesung zu halten. Die Benutzerschnittstelle soll so einfach und intuitiv wie möglich sein;
- Ton und Bild der Vorlesung in Echtzeit zu speichern und über das Internet oder über ein sonstiges Netz abrufbar zu machen;
- die Vorlesung in ihrer transkribierten Form mit Ton und ursprünglichem Tafelbild zu speichern;
- nachträgliche Verbesserung des gespeicherten Materials zu ermöglichen;
- Computeranimationen (*unveränderte* Java-Programme aus dem Internet) in der Tafel im Unterricht (sogar spontan ohne vorherige Vorbereitung) automatisch starten zu können;
- den Lernenden die Teilnahme an der Vorlesung über eine Netzverbindung zu ermöglichen, entweder simultan zur Vorlesung oder zu einem späteren Zeitpunkt. Die Studenten sehen das Tafelbild und hören den Lehrenden;
- keine Installation spezieller zusätzlicher Software beim Teilnehmer erforderlich zu machen – ein Internetbrowser soll ausreichend sein;
- die notwendige Bandbreite so gering zu halten, dass ISDN-Anlagen benutzt werden können.

Alle diese Ziele, inklusive einer ersten Version der Handschrifterkennung, sind in der vorliegenden Version der Software realisiert worden. Wir können bereits das Tafelbild, das Tonsignal und sogar einen Videostrom in guter Qualität zu einem Browser über ei-

ne Verbindung mit doppelter ISDN-Bandbreite übertragen (64 Kbps für Tafelbild und Audio und 64 Kbps für Video). In lokalen Netzen sind die Ergebnisse noch besser.

Die E-Kreide-Software befindet sich in Gebrauch und wurde auf der CEBIT 2001 und der ACM1-Tagung in San Jose, Kalifornien, vorgestellt.

Aufbau des E-Kreide-Systems

Die Architektur unseres Systems wird in Abbildung 3 gezeigt. Auf dem Vorlesungsrechner, der an einem Plasmabildschirm und einer Videokamera angeschlossen ist, wird das Tafelprogramm von E-Kreide gestartet, das automatisch einen Server auf dem Vorlesungsrechner für das Tafelbild startet. Gleichzeitig dazu werden ein Audio- und ein Video-Server gestartet, über die der Ton und das Bild des Vortragenden aus dem Vorlesungssaal gesendet werden. Die drei Komponenten des Systems (Tafelbild-, Audio- und Videoserver) laufen parallel und synchronisieren die Aufzeichnung durch ein von uns definiertes Protokoll. Sofern die Vorlesung lediglich zur nachträglichen Betrachtung aufgezeichnet wird, genügt es, ein Programm zu starten, welches Tafelbild, Ton und Video in Dateien abspeichert.

Auf einer vorher angekündigten WWW-Seite kann sich dann ein Zuhörer die Vorlesung live oder zeitversetzt anhören. Der Betrachter sieht auf seinem Bildschirm zwei Fenster: auf einem erscheint das Tafelbild, auf dem anderen das Videobild. Das Videofenster kann geschlossen werden, wenn der Betrachter Bandbreite sparen will, ohne das Tafelbild zu verlieren. Der Leser findet abgespeicherte Vorlesungen unter der Internetadresse <http://www.e-kreide.de>

Der Betrachter einer Vorlesung kann über eine Steuerkonsole Tafel, Ton und Video anhalten, vor- und zurückspulen. Es ist auch möglich, während einer Live-Vorlesung zurückzuscrollen, um vorangegangene Tafelbilder zu betrachten.

Benutzerschnittstelle für Vortragende

Der Vortragende startet auf dem Vorlesungsrechner die E-Kreide-Software. Nach dem Programmstart ist zunächst eine leere Tafel zu sehen, die in der Hintergrundfarbe eingefärbt ist. Die Auflösung ist abhängig vom verwendeten Plasmabildschirm oder Projektionssystem (die maximal mögliche Auflösung wird automatisch benutzt). Ein Menü, über das der Benutzer Aktionen ausführen und Einstellungen vornehmen kann, ist über die Menüleiste sowie über ein Pop-upmenü, das bei Drücken der rechten Maustaste erscheint, zu erreichen.

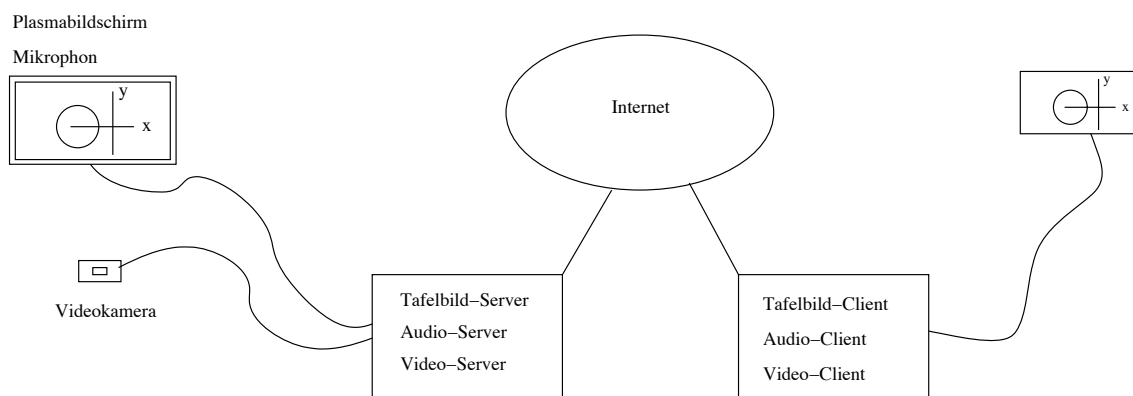


Abbildung 3. Architektur des Systems für Live- und zeitversetzte Betrachtung

Der Vortragende kann nun freihand auf die Tafel zeichnen, indem er einen Stift bewegt. Dies kann er am Bildschirm selbst oder an einem Digitalisier-tablett tun. Dabei wird zunächst die Farbe und die Linienstärke verwendet, die in der Konfigurationsdatei angegeben ist. Farbe und Linienstärke können jederzeit über das Menü geändert werden. Wir haben auch eine kabellose Tastatur an unser System angeschlossen. Dadurch ist es möglich, Menüoptionen direkt durch Tastenkombinationen auszuwählen.

Der Dozent kann auch durch einen Doppelklick am Stift ein lokales Menü öffnen, über das alle Optionen des Programms ansteuerbar sind. Abbildung 4 auf der folgenden Seite zeigt das lokale Menü. Farbe und Breite des Stiftes sowie die Größe des über das Tastatur eingegebenen Textes kann man durch Anklicken der Knöpfe im Menü verändern. Die Knöpfe in den oberen Leisten erlauben es, Bilder, Applets, Mathematica-Anfragen oder Tastatureingaben ins Tafelbild zu integrieren. Sollte als Werkzeug der *Schwamm* eingestellt sein, kann man durch Bewegung des Stiftes bei gedrückter linker Taste bereits Gemaltes wegwischen, wobei eine einstellbare *Schwammdicke* für das Wischen verwendet wird.

Zusätzlich zu Handschriftzeichnungen kann der Benutzer auch mit der Tastatur Text eingeben, indem er im Menü *Bearbeiten* den Menüpunkt *Text einfügen* auswählt. Zunächst erscheint ein kleines rechtwinkliges Symbol, das den Mausebewegungen des Benutzers folgt und somit ein Platzieren des Textes ermöglicht. Durch Eingabe über die Tastatur können nun Zeichen auf den Bildschirm geschrieben werden. Diese erscheinen in der einstellbaren *Farbe* und *Textgröße*, die ebenfalls im Menü *Bearbeiten* eingestellt werden können.

Es ist auch möglich, eine abgeschlossene Texteingabe einem anderen Programm zur Auswertung zu übergeben. Voraussetzung hierfür ist, dass das Programm über eine textuelle Schnittstelle verfügt. Hier

für erwies sich Mathematica (ein Computer-Algebra-System der Firma Wolfram Research) als besonders geeignet, so daß die Mathematica-Anbindung auch in E-Kreide implementiert wurde.

Wenn der Benutzer nun eine Anfrage an Mathematica stellen will, so wählt er aus dem Menü *Bearbeiten* den Menüpunkt *Mathematica-Anfrage einfügen*. Zunächst verhält sich das Programm wie bei der Texteingabe. Aber sobald die Eingabe abgeschlossen ist, wird der Text an Mathematica geschickt, das ihn auswertet und ein textuelles Ergebnis zurückliefert.

Sofern es sich um eine Anfrage für eine graphische Ausgabe handelt, erhält der Benutzer die Möglichkeit, diese auf dem Bildschirm zu platzieren. Dabei sind die Begrenzungen der Graphik zu sehen, die ähnlich wie bei der Platzierung eines Textes den Mausebewegungen des Benutzers folgen. Abbildung 6 zeigt ein Tafelbild mit einer Mathematica Graphik.

Unser System erlaubt auch das Laden von Bildern sowie die interaktive Arbeit mit Java-Applets aus dem Internet. Der Dozent kann über einen Dialog eine Internet-Adresse eingeben. Das dazugehörige Bild bzw. Applet wird in das Tafelbild integriert. Auf diese Weise kann der Dozent auf die wachsende Anzahl von Programmen für die Lehre zurückgreifen und sie im Unterricht einsetzen. Abbildung 7 auf S. 37 zeigt das Ergebnis des Ladens eines Geometrie-Applets (von der Seite www.cinderella.de) für die Illustration und den Beweis des Satzes von Pythagoras. Der Dozent kann die Größe der Seiten des Dreiecks ändern, woraufhin sich alle Bilder gleichzeitig verändern.

Beim Client, also z. B. beim Student zu Hause, wird ebenfalls das Applet aus dem Internet geladen und vom Dozenten ferngesteuert. Am Ende der Vorlesung kann aber der Student das Applet selber bedienen und andere eigene Experimente ausführen. Die Vorlesung bleibt auch nach dem Abspielen interaktiv.

Man kann also Bilder, Applets und sogar Folien aus dem Internet oder von der lokalen Festplatte laden.



Abbildung 4. Das lokale Menü

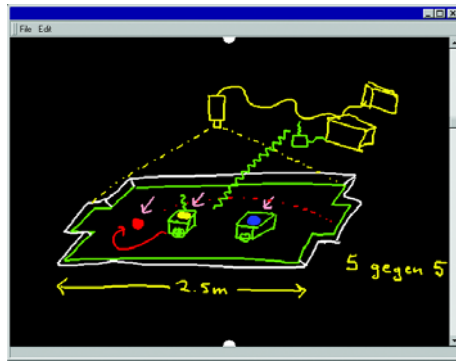


Abbildung 5. Texteingaben mittels Stift.

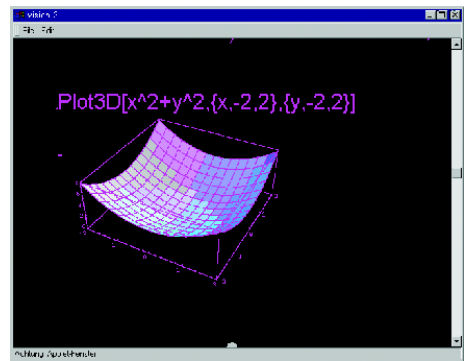


Abbildung 6. Tafelbild nach Einfügen einer Grafik.

Die Folien müssen als Bilder vorliegen und können überall im Laufe der Vorlesung eingeblendet werden. Eine langwierige Eingabe der Adresse der Bilder ist nicht notwendig, falls diese bei der Vorbereitung als Lesezeichen (Bookmarks) abgelegt wurden. Der Dozent kann aber auch spontan eine beliebige Folie aus dem Internet laden.

Benutzerschnittstelle für Betrachter

Der Betrachter braucht nur die zur Vorlesung angegebene Internet-Adresse aufzurufen. Er erhält dann ein Fenster, das genauso wie das Fenster der Tafel aussieht: eine große Malfläche mit einer Scrollbar auf der rechten Seite. Nur die Menüs unterscheiden sich vom Tafelprogramm. Abbildung 8 zeigt den Bildschirm des Betrachters. Falls ein Video aufgenommen wurde, wird außerdem ein kleines Videofenster eingeblendet, in dem der Vortragende zu sehen ist. Einige Vorlesungen werden nur mit Tafelbild und Audio übertragen. Andere erhalten Video dazu, falls die Videokamera des Systems eingeschaltet wurde. Der Benutzer kann entscheiden, ob er das Videofenster sehen will. Optional kann er es schließen und damit Bandbreite sparen.

Während die Vorlesung läuft, kann der Benutzer zwischen Live- und zeitversetzter Betrachtung wählen. Im Fall der Live-Betrachtung werden Ereignisse, die schon vor dem Aufrufen der Seite aufgetreten sind, so schnell wie möglich und dann alle weiteren auftretenden Ereignisse sofort abgespielt.

Über eine Steuerkonsole kann der Betrachter das Abspielen der Vorlesung anhalten sowie vor- und zurückspulen.

Zusammenfassung und Ausblick

Eine elektronische Tafel kann aus berührungsempfindlichen Plasmabildschirmen oder einer beliebigen Flachbildschirmtechnologie bestehen. Auch Projektionssysteme sind verwendbar. Plasmabildschirme sind

leuchtstark und besitzen einen idealen Kontrast für den Einsatz im Klassenraum, der nicht verdunkelt zu werden braucht. Leider sind Plasmabildschirme noch relativ teuer und werden deswegen zunächst in Firmen und großen Universitäten eingesetzt. Mit der Zeit wird es kostengünstige Alternativen für Schulen geben. Wir arbeiten zur Zeit auch mit Projektionssystemen.

Unsere Tafel ist an einen Rechner angeschlossen, der dann das Tafelbild automatisch ins Internet speist (eine vorher definierte WWW-Adresse). Es ist möglich, eine Vorlesung im Internet zu verfolgen. Das gesamte Tafelbild steht mit einer kleinen Verzögerung im Internet zur Verfügung. Der Betrachter braucht nur die WWW-Adresse der Vorlesung zu wählen und erhält Tafelbild, Audio und Video ohne zusätzliche Plug-Ins in seinem Browser.

Der Lehrende kann Bilder, Folien und interaktive Programme für den Unterricht einsetzen. Solche Bausteine sind vor der Vorlesung durch einfache Auswahl der Dateien oder Adressen als Bookmarks ablegbar. Der Dozent kann aber auch während des Vortrags ein Java-Applet aufrufen, zu dessen Verwendung er sich spontan entschlossen hat. Er kann wie bisher frei zeichnen und die pädagogischen Vorteile der Kreidetafel ausschöpfen.

In zukünftigen Versionen unserer Software werden weitere Optionen eingebaut sein. Einige davon sind folgende:

- automatische Verbesserung der Schrift: frei gezeichnete Linienzüge können automatisch geglättet werden. Es ist auf diese Weise möglich, Schrift lesbarer zu machen, ohne die Semantik des Textes zu kennen;
- geometrische Objekte: Quadrate, Kreise, Kugeln und weitere geometrische Figuren werden zur Verfügung gestellt, so dass der Dozent relativ schnell gute Skizzen anfertigen kann;
- Vollständige Handschrifterkennung: das Tafelbild wird im Hintergrund vom Computer bearbeitet,

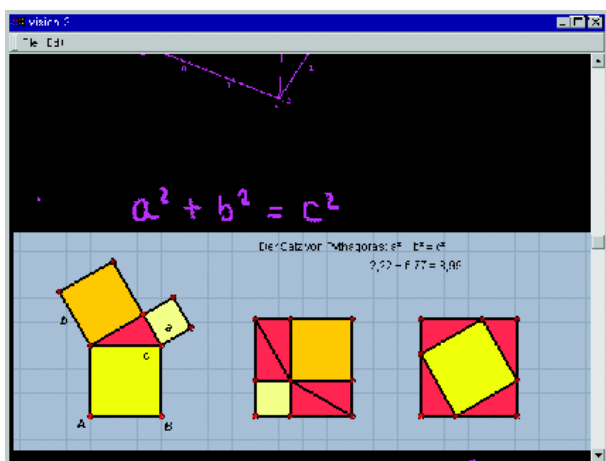


Abbildung 7. Ein Applet aus dem Internet

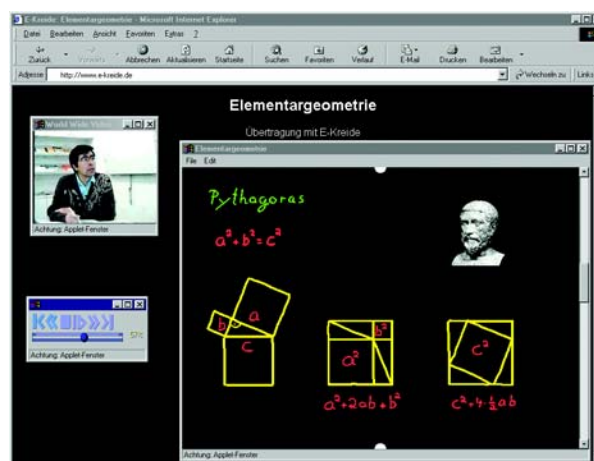


Abbildung 8. Die Vorlesung im Rechner zu Hause

um die Handschrift zu erkennen. Der transkribierte Text wird im Computer gespeichert. Auf Anforderung kann später der transkribierte Text statt des handschriftlichen Textes auf der Tafel gezeigt werden. Skizzen und Diagramme werden zusammen mit dem transkribierten Text gespeichert. Wir haben bereits eine erste Version der Handschrifterkennung implementiert, die die Auswertung von mathematischen Ausdrücken erlaubt. Handschrifterkennung kann insbesondere die Bedienung von Mathematica einfacher machen und für Indizierungszwecke verwendet werden. So kann der Benutzer später in Suchmaschinen Begriffe eingeben und wird dann an die entsprechende Vorlesung, an der richtigen Stelle, weitergeleitet;

- Erkennung von mathematischen Formeln;
- nachträgliches Editieren: das System soll in Zukunft nachträgliches Editieren unterstützen, um Fehler zu beseitigen oder Ergänzungen vorzunehmen.

Unsere Experimente an der Freien Universität Berlin sind sehr erfolgreich verlaufen. Die elektronische Tafel erlaubt, mit einem guten Tafelbild interessante Vorlesungen zu halten. Wir haben bereits angefangen, erste Vorlesungen im Netz zu speichern (unter der Adresse <http://www.e-kreide.de>). Ab den Sommersemester 2001 werden wir mit der regelmäßigen Übertragung von regulären Vorlesungen anfangen.

In Zukunft werden wir über eine Tafel mit mehreren Metern Diagonale und einer kontaktsensitiven Oberfläche verfügen. Dann wird E-Kreide alle Vorteile der Kreidetafel wirklich integrieren können.

Danksagung

Unser Projekt hat aus der Erfahrung und dem Rat von Mitarbeitern des Instituts für Informatik der FU Berlin wesentlich

profitiert. Sven Behnke hat geholfen, die Übertragungsraten des Video-Applets zu beschleunigen. Wir bedanken uns auch bei den Studenten der Vorlesung Rechnerstrukturen, die Testpersonen für den ersten Einsatz des E-Kreide-Systems gewesen sind. Die Feuertaufe des Systems fand während dieser Vorlesung mit mehr als 200 Teilnehmern im Oktober 2000 statt.

Literatur

Gerald Friedland, Bernhard Frötschl, Olav Surawski, Raúl Rojas: World Wide Radio 2 – Live-Radiosendungen über das Internet, Freie Universität Berlin, März 2000

Gerald Friedland, Wolf-Ulrich Raffel, Lars Knipping: „MASI (Media Applet Synchronisation Interface)“, Freie Universität Berlin, Juni 2000.

Bernhard Frötschl: World Wide Radio 2 – Technische Beschreibung, Freie Universität Berlin, Juli 2000.

Shelley Goldman, Karen Cole and Christina Syer, „The Technology/Content Dilemma“, Institute for Research on Learning, *The Secretary's Conference on Educational Technology*, Menlo Park, 1999.

Hiroshi Ishii and Brygg Ullmer, „Tangible Bits: Towards Seamless Interfaces between People, Bits and Atoms“, *Proceedings CHI-97*, 1997.

Thomas Ottmann, „Implementation and Usage of an Extended Whiteboard for Teleteaching and Authoring on the Fly“, *TERENA-NORDUnet Networking Conference 1999*, Lund, Schweden, Juni 1999.

Raúl Rojas, Lars Knipping, Ulrich Raffel, Gerald Friedland, „Elektronische Kreide: Eine Java-Multimedia-Tafel für den Präsenz- und Fernunterricht“, erscheint in *Informatik – Forschung und Entwicklung*, Springer-Verlag, 2001.

Adresse der Autoren

Prof. Dr. Raúl Rojas, Lars Knipping, Ulrich Raffel,
Gerald Friedland, Bernhard Frötschl

Institut für Informatik
Freie Universität Berlin

Takustr. 9
14195 Berlin

{rojas, knipping, raffel, friedland, froetsch}@
inf.fu-berlin.de