

Benutzbarkeitsoptimierung von direkt aus dem Lehrbetrieb erstellten E-Learning Vorlesungen

Gerald Friedland
fland@inf.fu-berlin.de

1. Zusammenfassung

Das Vorhaben beschreibt die audiovisuelle Optimierung von direkt aus dem Lehrbetrieb erstellten E-Learning Vorlesungen und ist motiviert durch meine Mitarbeit im Projekt E-Kreide des Instituts für Informatik.

Es soll Software für Live-Audioaufnahmen in Lehrsituationen ohne High-End-Aufnahmegereäte und ohne technisches Personal entstehen. Dazu werden die Techniken des klassischen Audioremasterings auf die Live-Situation im Hörsaal übertragen. Die Tonaufnahmen sollen adaptiv übertragen werden können, durch Messung der Bedürfnisse des Empfangsgerätes und davon abhängiger Verwendung verfügbarer Komponenten zur Dekodierung. Desweiteren soll die Information von Lehrinhalten auf der Tafel und die Körpersprache des Dozenten zu einem Medium kombiniert werden. Die technische Realisierung basiert auf einer Identifizierung des Dozenten in einer Videoaufnahme durch traditionelle Bildverarbeitungstechniken kombiniert mit Ansätzen der künstlichen Intelligenz.

2. Forschungsgegenstand und Vorarbeiten

2.1 Vorarbeiten in der Arbeitsgruppe (Rahmen des Projekts)

Am Institut für Informatik der Freien Universität Berlin ist die Kreide elektronisch. Mit einem speziellen Stift arbeitet der Vortragende an dem projizierten Tafelbild. Das E-Kreide System (siehe [www1]) ermöglicht es, den Vortrag in das Internet zu stellen, von wo aus er mit einem Browser jederzeit abgespielt werden kann. Zusätzlich zu den normalen Zeichenfunktionen können in die Tafel auch Bilder und Applets aus dem Internet eingefügt werden. Der Dozent hat einen algebraischen Server zur Verfügung, der über eine Handschrifterkennung Formeln auswertet oder Funktionen zeichnet. Der Zuschauer im Internet kann den gesamten Ablauf der Vorlesung verfolgen: Er empfängt den Ton, die Entstehung des Tafelbildes, sowie optional ein kleines Videobild, das den Dozenten mit seiner Mimik und Gestik zeigt. Folien und Dias können als Webseiten in die Vorlesung eingebunden werden. Da das E-Kreide-System zum Abspielen Java Applets verwendet, ist auf Benutzerseite weder ein Browserplugin noch ein manuell zu installierender Client notwendig. Der wesentliche Vorteil des E-Kreide Systems ist, daß Fernvorlesungen ein Nebenprodukt des in der Universität stattfindenden Präsenzunterrichts sind und deshalb kein zusätzlicher Aufwand für die Produktion von Fernvorlesungen nötig ist. Bei der herkömmlichen Produktion von Fernvorlesungen wird sonst mit einem Faktor von ca. 200h Aufwand für 1h Fernvorlesung gerechnet.

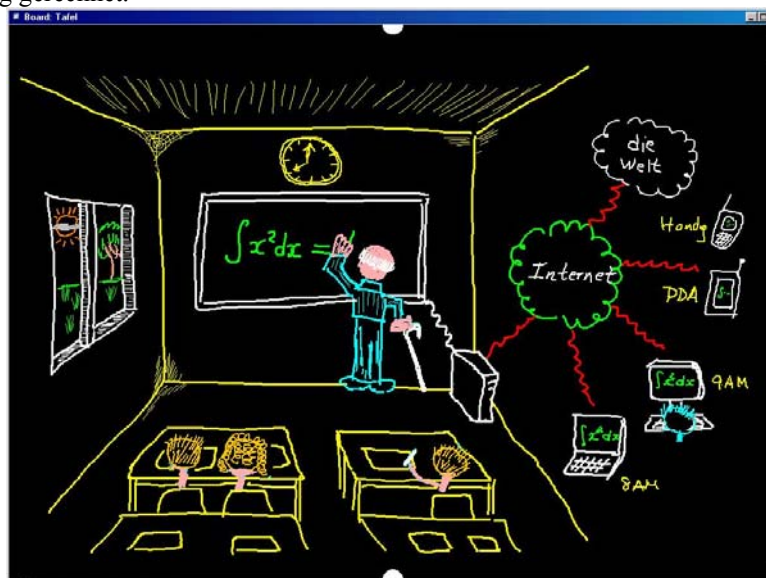


Abb. 1: E-Chalk Skizze des E-Chalk-Systems im Unterrichtsraum

2.2 Persönliche Vorarbeiten

1997 entwarf und implementierten Tobias Lasser und ich als Schüler ein Internet Audio Live Streaming System. Wir wurden mit diesem Projekt 1998 Landessieger bei Jugend forscht. Nach meinem Abitur und einer kurzen Unterbrechung durch die Wehrdienstzeit, begann ich im April 1999 mein Studium der Informatik an der Freien Universität Berlin und setzte das Projekt zusammen mit Bernhard Frötschl, einem Wissenschaftlichen Mitarbeiter, fort. Es wurde zu dem damals ersten Plugin-freien Internet Audio Streaming System, welches seit Anfang 2000 von Uniradio Berlin genutzt wird [www2] und später auch die Vorträge des Projektes GIOVE des kunsthistorischen Instituts der Freien Universität Berlin ins Internet stellt [www3]. Das System ist auch in der Fachpresse mit kommerziellen System verglichen worden [Funkschau 1999]. Im Februar 2000 bekam ich dann eine Stelle als studentische Hilfskraft im E-Kreide Projekt [www1], wo der von mir entwickelte Audioserver integriert wurde, um die Stimme des Vorlesenden live zu übertragen und zu archivieren. Bis zum Abschluß meines Studiums im August 2002 war ich Mitglied des E-Kreide Projektteams von Prof. Dr. Raúl Rojas, das im Wesentlichen aus dem Wissenschaftlichen Mitarbeiter Lars Knipping, dem Doktoranden Ernesto Tapia und mir (als studentische Hilfskraft) bestand. Ich entwickelte in dieser Zeit die Audioübertragungskomponente weiter, eine einfache Videoübertragungskomponente und eine Vorversion der mathematischen Handschrifterkennung. Das Thema der Handschrifterkennung wurde anschliessend von Ernesto Tapia als Promotion fortgeführt ([Rojas, Tapia 2002], [Rojas, Tapia 2003]). Als Diplomarbeit entwickelte ich einen allgemeinen Multimediaeditor, der unter anderem zur Nachbearbeitung von E-Kreide Vorlesungen benutzt werden kann [www4]. Ich löste damit ein allgemeineres Problem, als mir gestellt worden war. Die Diplomarbeit wurde mit dem „Best Paper Award“ der Gesellschaft für Informatik e.V. auf den Informatiktagen 2002 ausgezeichnet, wo jedes Jahr Diplomarbeiten auf Empfehlung vorgestellt werden.

Das erste halbe Jahr nach dem Hochschulabschluss nutzte ich dazu, die aus der praktischen Nutzung des E-Kreide Systems entstehenden Probleme zu analysieren und den praktischen Einsatz mit dem ursprünglichen Konzept zu vergleichen ([Friedland et al 2003c], [Friedland et al 2003d]). Dies erfolgte u.a. durch Unterstützung der Benutzer in den Universitäten, die E-Kreide einsetzen, sowie durch die Organisation einer landesweiten Feldstudie, in der E-Kreide in allen Berliner Schultypen getestet wird. Dies geschah in Zusammenarbeit mit der vom Landeschulamt dazu beauftragten CIDS gGmbH [www5]. Die Evaluation läuft noch und wird kommunikationswissenschaftlich durch eine Masterarbeit bei Prof. Issing (Medienpsychologie) und technisch durch mich betreut. Dank des immer größeren Bekanntheitsgrades des Projektes, erhielt ich vom Deutschen Institut für Normung (DIN) eine Einladung, bei der Standardisierungsinitiative NI-36 mitzuarbeiten. Dieses Gremium freiwilliger Experten erstellt in Zusammenarbeit mit internationalen Normungsinstituten eine ISO/IEC Norm zum Bereich E-Learning. Die Teilnahme gewährleistet, über die Standardisierungsfragen auf dem Laufenden zu bleiben.

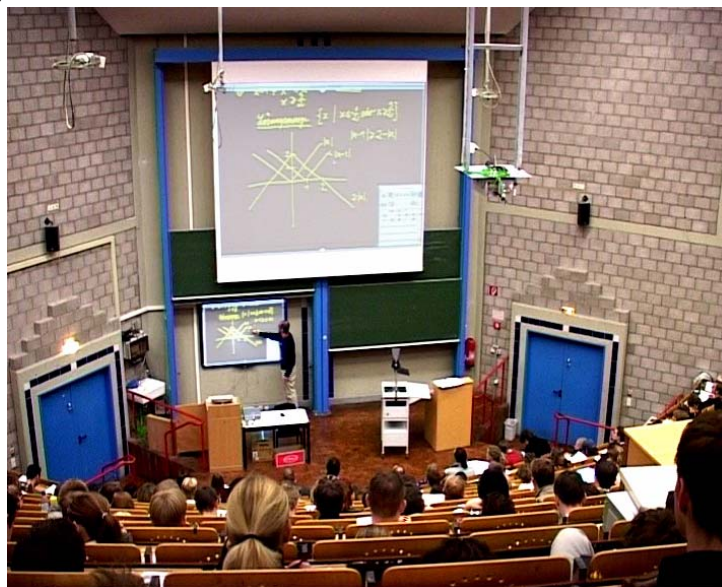


Abb. 2: Mathematik-Vorlesung an der Technischen Universität Berlin, mit E-Kreide gehalten. Der Dozent schreibt auf ein berührungssensitives Whiteboard, mit zusätzlicher Großprojektion.

2.3 Forschungsgegenstand

Die folgenden Verbesserungen und Erweiterungen der E-Kreide ergeben sich als Ergebnis, der von mir durchgeführten Studien der Einsatzszenarios von E-Kreide ([Friedland et al 2003c], [Friedland et al 2003d]). Eine weitere Evaluation am Ende des Projektes, wird dann zeigen, ob diese Erweiterungen den gewünschten Effekt erzielen und auf andere E-Learning System verallgemeinert werden können.

Im wesentlichen sind davon zwei Teilgebiete betroffen:

Audioaufnahme im Hörsaal/Klassenraum:

- a) E-Kreide Anwender müssen ohne Tontechniker bzw. Kameramann auskommen. Die elektronische Tafel soll immer zur Verfügung stehen und zwar „auf Knopfdruck“. Dafür ist es notwendig, die Audiokomponenten von E-Kreide adaptiv werden zu lassen, so daß sie optimiert auf Sprache unter den akustischen Bedingungen einer Live-Aufnahme im Hörsaal reagieren.
- b) Die Qualität der Übertragung und Codierung muß sich an die Rechenleistung des Servers und Clients automatisch anpassen. Hat der Empfänger mehr Rechenleistung, können aufwendigere Verfahren verwendet werden.

Abspielen der Vorlesung beim Fernstudenten:

- c) Das Videosignal wird mit dem Tafelsignal kombiniert. Der Dozent wird nicht mehr in einem getrennten Fenster übertragen, sondern mit dem Tafelbild überlagert.
- d) Der Export von überlagerten Video- und Tafelsequenzen in verbreitete Formate soll grundsätzlich unterstützt werden, wie z.B. MPEG4.

2.3.1 Entwicklung eines adaptiven Streaming Servers

Es soll innerhalb eines Jahres ein adaptiver Streamingserver für E-Kreide entwickelt werden. Die Qualität der Audioübertragung soll wesentlich verbessert werden, ohne daß für eine Live-Übertragung die Präsenz eines Tontechnikers notwendig ist. Dafür werden zwei Hauptansätze verfolgt:

- a) Die Audioaufnahmeparameter werden adaptiv geregelt. Statt eines Audiotechnikers vor einem Mischpult wird intelligente Software eingesetzt. Diese optimiert die Aussteuerung auf die Lehrsituation und überwacht die Aufzeichnung um mögliche Qualitätsminderungen der Aufnahme zu melden (etwa wenn die Batterie des Mikrophons nachläßt). Existierende Systeme dieser Art können, abgesehen von sehr teurer Tonstudiohardware, bisher nur bei einer Nachbearbeitung verwendet werden. Es existiert bisher kein System für unseren Anwendungsfall.
- b) Dem Benutzer, der über Internet eine live oder gespeicherte Vorlesung hört, wird der optimale Decoder für sein Gerät geliefert. Ist das Empfangsgerät z.B. ein PDA, wird der Decoder sehr einfach sein. Ist der Empfänger ein schneller Desktop-Rechner, wird der Decoder mit größerem technischen Anspruch geliefert, der eine höhere Audioqualität anbieten kann.

Motivation

Viele Internet-Vorlesungen werden über gängige Streaming-Server, wie etwa dem Real-, Windows Media oder Quicktime Server (Darwin) gesendet und aufgezeichnet. Herkömmliche Streaming-Server erfordern aber für das Abspielen proprietäre Plugins, die nicht immer für alle Plattformen existieren. Zudem verhindert die relativ hohe Hemmschwelle für das Installieren von Plugin-Software oft ein erstmaliges Testen des Angebots [Nielsen 2000]. Keiner der gängigen Server besitzt eine Schnittstelle, um sie in Verbindung mit elektronischen Whiteboards zu verwenden. Ein bloßes Aufnehmen der Tafel per Video erfordert nicht nur einen Kameramann, sondern auch eine größere Verbindungsbandbreite zum Empfang der Vorlesung, wie z.B. bei den von der Universität Berkeley (Kalifornien, USA) übertragenen Vorlesungen [www6].

Der Empfang von E-Kreide läuft ausschließlich über einen javafähigen Webbrowser auf einem Arbeitsplatzrechner oder Notebook unter den gängigen PC- oder Mac-Betriebssystemen. Außerdem können E-Kreide Inhalte inzwischen auch auf PDAs empfangen werden.

Ein Hauptproblem der Audioaufnahme bei Vorlesungen ist, daß Audio Codecs fast immer von optimalen Bedingungen bei der Aufnahme ausgehen. Im Fall einer jederzeit spontan haltbaren Live-Vorlesung sind diese jedoch im Allgemeinen nicht gegeben - der Hörsaal oder der Seminarraum ist kein Tonstudio. Audioaufnahmen hängen von verschiedensten Bedingungen ab. Beispielsweise sollte der Eingangspiegel auf konstant hohem Niveau gehalten werden, um den Durchschnittspiegel nicht zu senken. Letzteres führt zu einem kleineren Signal-Rauschabstand [Dickreiter 1997]. In einem Hörsaal geschieht es jedoch häufig, daß der Geräuschpegel durch die Zuhörer ansteigt, intuitiv hebt der Sprecher seine Stimme, auch wenn es für die Aufnahme nicht relevant, ja sogar qualitätsmindernd ist. Für eine professionelle live Aufnahme (z.B. CD Produktion von einem Konzert) sind Tontechniker vor Ort erforderlich, die das Signal aussteuern. E-Kreide Tonaufnahmen sollen aber ohne teure Aufnahmetechnik und personellen Zusatzaufwand gut klingen und außerdem tafelsynchron sein. Man denke hier zum Beispiel an den Einsatz in Berliner Schulen.

Eine E-Kreide Vorlesung soll aber nicht nur in möglichst guter Qualität gespeichert werden, sondern soll auch möglichst viele Zuhörer mit verschiedensten Empfangsgeräten (Notebook, PDA, Handy) live erreichen. Dazu ist es nötig, dynamische Codecs für Video und Audio zur Verfügung zu stellen, die sich den individuellen Gegebenheiten des Empfangsgerätes anpassen. Ein Desktop PC mit einem Modemzugang hat wenig Bandbreite aber im Vergleich zu einem PDA sehr viel mehr Rechenleistung zur Verfügung. Ein PDA, der sich in einem Funknetz einer Universität befindet, hat dagegen eine relativ gute Anbindung. Es gibt schon eine Vielzahl von Audio- und Videocodecs, die variable Bandbreiten unterstützen, aber wenige Codecs ändern dabei auch ihre Rechenlast so signifikant wie es in unserem Anwendungsfall erforderlich ist. Eine ähnliche Idee wurde schon von der GMD verfolgt [Fischer 1999]. Fischers Architektur verwendet Transcoder um den Strom vom Serverformat in ein Format umzuwandeln, daß beim Client gewünscht ist. Sein System ist aber auf das Mbone spezialisiert. Das Mbone war außerhalb des Forschungsbereichs praktisch nie verfügbar und hat heute keine Bedeutung mehr.

Da das Audiosystem zusammen mit dem Tafelsystem läuft, ist es außerdem notwendig, über Abschätzungen zu verfügen, bei wie vielen Benutzern welche Rechenlast benötigt wird, um den Dozenten in keinem Fall bei der Präsenzvorlesung mit Systemüberlastungen zu stören.

Lösungsansatz

Zur Lösung der oben genannten Probleme soll folgender Weg beschrieben werden:

1.) Softwareaussteuerung und Nachbearbeitung von Audio

In Zusammenarbeit mit dem Fachbereich Kommunikationswissenschaften der Technischen Universität Berlin (Prof. Dr. Manfred Krause), der u.a. eine Ausbildung zum Tonmeister anbietet, beabsichtige ich eine Reihe von Experimenten durchzuführen. Ziel ist es, ein leicht verständliches Regelwerk von Empfehlungen aufzustellen, die bei der Ausstattung von Hörsälen für die Verwendung von E-Kreide zu beachten sind. Nach und nach werden diese dann in unseren Softwarekomponenten eingearbeitet. Wir möchten keine teuren Geräte verwenden, die zudem von Experten bedient werden müssen, sondern auch in Schulen verwendbare, einfache Komponenten. Die Software wird die entsprechende Regelung der Spracheingabe vornehmen.

Für die richtige Nivellierung des Pegels und die bessere Aufnahme sollen Filter benutzt und geschrieben werden, die die Aufnahmequalität on-the-fly verbessern. Außerdem soll nach der Aufnahme noch ein Nachbearbeitungsschritt eingeführt werden, der die gesamte Aufnahme global optimiert. Neben der Anwendung von allgemeinen Filtern, deren Effekt auf die Qualität aber schlecht automatisch beurteilt werden kann, sondern die Kreativität eines erfahrenen Toningenieurs verlangt, sollen spezialisierbare Filter entwickelt und verwendet werden. Die Idee dabei ist, den Dozenten unter idealen Bedingungen (z.B. leerer Hörsaal) die Aufnahme abstimmen und einige wohl gewählte Beispielsätze (z.B. die Wenkersätze) aufnehmen zu lassen. Diese Probeaufnahme wird nicht nur als sogenannter Fingerprint für eine Nachbearbeitung verwendet, sondern auch während der Vorlesung dazu benutzt, die Aufnahme auszusteuern. Bisher werden solche Methoden für das Remastering von alter Musik verwendet, wenn z.B. alte Schallplatten neu auf CD verlegt werden. Dies geschieht mit erheblichem Personaleinsatz und hochspezialisierter Software. In unserem Fall ist es aber einfacher, da es nur um Sprache geht und außerdem der Originalsprecher verfügbar ist, um eine repräsentative Tonprobe zu erstellen.

Kommerziell verfügbare Software ist für unsere Zwecke ungeeignet. Systeme wie Cooledit, Wavelab oder Samplitude sind typische Schnitt- bzw. Nachbearbeitungsprogramme. Diese Werkzeuge verfügen über viele Filter und Bearbeitungseffekte, sind aber nicht für Live-Aufnahmen gedacht, sondern Werkzeuge für einen Tontechniker, der Aufnahmen nachbessert. Andere Systeme, wie CleanPlus oder Ionizer, sind für die Reparatur von Audioaufnahmen, die von Schallplatte oder Analogkassette digitalisiert worden sind, konzipiert worden. Diese Werkzeuge sind hochspezialisiert und für unsere Anwendung ungeeignet. Zudem arbeiten sie nicht in Echtzeit. Ihre Einstellungen werden von Hand eingegeben.

Ich aber möchte die Korrektur während der Aufnahme vornehmen und so den Dozenten entlasten, damit kein oder wenig Nachbearbeitung notwendig wird. Deswegen werde ich zur Trennung von verschiedenen Audioquellen auch Methoden aus dem Bereich der Independent Component Analysis (ICA) und der Signaltrennung in Betracht ziehen [Hyvarinen, Karhunen 2002]. Ein Nachteil ist jedoch, daß mehrere Mikrophone für die Aufzeichnung benötigt werden, was für einen Prototyp möglich ist. Anschließend würde ich aber daran arbeiten, das Gesamtsystem zu vereinfachen.

2.) Intelligente Audio-Serverarchitektur

Es wird ein komponentenbasierter Server entworfen. Die einzelnen Softwarekomponenten werden durch das OSGi System [www7] verwaltet. Einzelne Bausteine sind wiederverwendbar und können einzeln durchgetestet werden. Eine kohärente Struktur des geplanten Servers erlaubt einfachere Vorhersagen bezüglich der Rechenlast, weil man die einzelnen Komponenten isoliert durchmessen und linear kombinieren kann. Die Komponenten organisiert man als Knoten eines zyklensfreien, gerichteten Graphen. Durch disjunkten Knotenebenen, die die durch den Graphen gegebene topologische Ordnung nicht verletzen, kann man Synchronisationsebenen einführen. Zudem kann diese Architektur leicht auf verschiedene Rechner verteilt werden, um z.B. die Rechenlast zu verteilen. Die Grundidee einzelner Komponenten existiert auch bei dem Openmash-Projekt aus Berkeley [Rowe 2002], wengleich dieser Ansatz ausschließlich eine statische Organisation erlaubt.

Der Empfänger führt einen vom Server erhaltenen Benchmark aus, der die Effizienz von Dekodierungsoperationen messen kann und schickt das Ergebnis an den Server. Dieser entscheidet dann mittels einer Heuristik, welche Kodierung er verwendet und schickt die Vorschrift zum Dekodieren am Anfang des kodierten Stroms an den Empfänger.

2.3.2 Kopplung vom Video und Tafelstrom

Motivation

Am Anfang der Entwicklung von Mbone war es üblich, ein Videosignal vom Dozenten vor einer Tafel oder Overheadprojektor zu übertragen. Da der Folieninhalt so kaum lesbar ist, wird in neueren Systemen zusätzlich das Tafelbild getrennt vom Video des Dozenten übertragen. Dieses Erscheinungsbild haben z.B. Vorträge, die mit Windows Media Encoder und Microsoft Presenter erstellt werden. Ein Fenster zeigt ein Video des Dozenten, ein anderes die Folien. Diese Aufteilung der Information ist aber kognitiv ungünstig, wenn der Vortragende auf ein Folienteil weist. Der Zuhörer, der nur ein Zentrum der Aufmerksamkeit hat, hat Schwierigkeiten, diese Information wieder zusammenzufügen [Raskin 2000, Baar 1988].

Ich will das Bild des Dozenten aus dem Videostrom herauschneiden und über das Tafelbild legen. Die Abbildung 3 zeigt eine Fotomontage der anvisierten Ergebnisse. Idealerweise ist der Betrachter in der Lage, die Ansicht des Dozenten zu „dimmen“, d.h. ein semitransparentes Bild des Dozenten zu sehen. Mit der Überlagerung des Videobildes des Dozenten wird die Gestik in ihrer Beziehung zum Tafelinhalt erkennbar. Erst hiermit wird der Videostrom wirklich hilfreich.

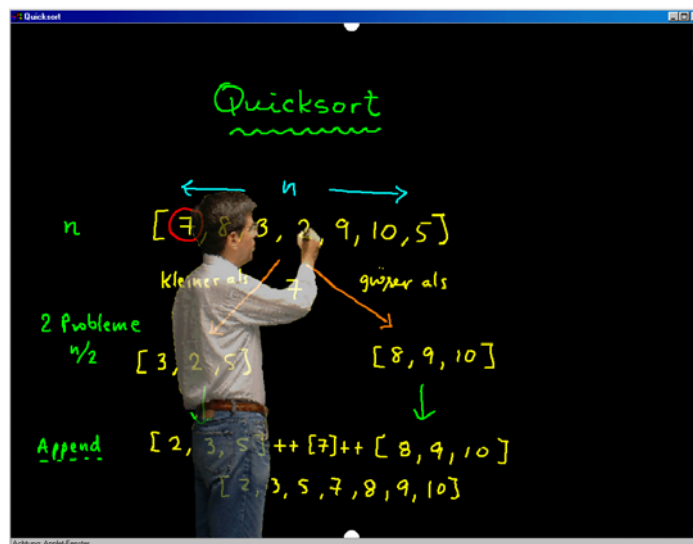


Abb. 3: Das Videobild des Dozenten wird in seiner Transparenz variiert (Fotomontage).

Lösungsansatz

Um den Dozenten vom Hintergrund herauszuschneiden, muß der Hintergrund im Videobild identifiziert werden. Der Hintergrund kann aber als weitgehend statisch angenommen werden, ausgenommen das Tafelbild, dessen Inhalt aber bekannt ist. So ist es möglich, eine erste Approximation für den Umriß des Dozenten zu finden. Diese kann dann verfeinert werden, indem die Bewegung des Dozenten von Bild zu Bild verfolgt wird.

Ich möchte in zwei Stufen vorgehen, um das Tafelbild mit dem Videostrom zu kombinieren. In der ersten Stufe bearbeite ich die Vorlesungen offline. Das Signal braucht nicht in Echtzeit verarbeitet zu werden und so können auch berechnungsintensive Algorithmen eingesetzt werden. Wenn die Ergebnisse der Offlinebearbeitung zufriedenstellend sind, soll in der zweiten Stufe die Aufgabe in Echtzeit erfüllt werden.

Als Strategie, den Dozenten zu lokalisieren, will ich hierarchische, rückgekoppelte Neuronale Netze testen, mit denen die Arbeitsgruppe um Prof. Rojas bereits Erfahrungen gesammelt hat [Behnke 2002]. Um den Dozenten weich in das Tafelbild einzufügen, beabsichtige ich die Verwendung von Laplace-Bildpyramiden. Als Hauptproblem bei diesem Ansatz erwarte ich die Berechnungsintensität beim Decoder. Bisher waren Versuche zur automatischen Bildsegmentierung im MPEG4 Kontext [Salembier 94, Neri 97] zu langsam und wenig befriedigend. [Mech 98] und [Hötter 88] gaben eine Laufzeit von 5-10 Sekunden für die Segmentierung eines Frames an. Zwar wurde diese Laufzeit auf einer Sparc mit 200MHz getestet, doch benutzen auch sehr aktuelle Projekte, wie z.B. das Projekt Virtue der Fraunhofer Gesellschaft [Virtue 2002], Spezialhardware, um die Bildsegmentierung in Echtzeit zu realisieren. In Fall E-Kreide ist dies einfacher, da der Dozent von einem weitgehend bekannten Hintergrund zu trennen ist. Mit dieser Zusatzinformation erwarte ich die Segmentierung in Echtzeit realisieren zu können.

Die Kombination von Tafel- und Videobild würde die pädagogische Qualität der Fernvorlesungsmaterialien erheblich verbessern. An dieser Stelle wäre dann eine weitere Evaluation durchzuführen.

3. Literaturverzeichnis

3.1 Relevante fremde Arbeiten

[Baar 1988] B.J. Baar, *A Cognitive Theory of Consciousness*, Cambridge University Press, Cambridge 1988.

[Behnke 2002] S. Behnke, *Learning Face Localization using Hierarchical recurrent Networks*, International Conference on Artificial Neural Networks (ICANN 2002), Madrid, Spanien, August 2002.

[Dickreiter 1997] M. Dickreiter, *Handbuch der Tonstudioteknik*, Saur, München 1997.

[Fischer 1999] H. Fischer, *Spezifikation und Implementierung eines Streaming-Serves für multimediale Archivinhalte*, GMD Forschungszentrum Informationstechnik, Sankt Augustin 1999.

[Funkschau 1999] K. Manhart, *Hörfunk im Internet*, Funkschau 25/1999, WEKA Fachzeitschriften Verlag.

[Hötter, Thoma 1988] M. Hötter, R. Thoma, *Image Segmentation based on Object Oriented Mapping Parameter Estimation*, *Signal Processing*, 15(3):315-334, October 1988.

[Hyvarinänen, Karhunen 2002] Aapo Hyvärinen, Juha Karhunen, Erkki Oja, *Independent Component Analysis*, John Wiley & Sons, New York 2002.

[Latecki 2000] L. J. Latecki, R.-R. Ghadially, R. Lakämper, and U. Eckhardt: *Continuity of the discrete curve evolution*. *Journal of Electronic Imaging* 9 (3), S. 317-326, July 2000.

[Mech, Wollborn 1998] R. Mech, M. Wollborn. *A Noise Robust Method for 2D Shape Estimation of Moving Objects in Video Sequences Considering a Moving Camera*, *Signal Processing*, 66(2):203-217, April 1998.

[Neri et al. 1997] A. Neri, S. Colonnese, G. Russo. *Automatic Moving Objects and Background Segmentation by Means of higher Order Statistics*, *IS&T Electronic Imaging 1997 Conference: Visual Communication and Image Processing*, San Jose, February 8-14, 1997.

[Nielsen 2000] J. Nielsen, *Designing Web Usability*, New Riders Publishing, Indianapolis, 2000.

[Platt 1999] J. C. Platt. *Fast training of support vectore machines using sequential minimal optimization*. In B. Schölkopf, C. J. C. Burges, and A. J. Smola, editors, *Advances in Kernel Methods - Support Vector Learning*, S. 185 - 208, Cambridge, MA, 1999. MIT Press.

[Raskin 2000] J. Raskin, *The Humane Interface*, Addison-Wesley, Boston, MA, 2000.

- [Rojas 1996] R. Rojas, *Neural Networks - A Systematic Introduction*, Springer-Verlag, Berlin, 1996.
- [Rojas, Tapia 2002] R. Rojas, E. Tapia, *Recognition of Handwritten Digits in the E-Chalk System using Support Vector Machines*, Technical Report B-02-14, Institut für Informatik, Freie Universität Berlin, Oktober 2002.
- [Rojas, Tapia 2003] R. Rojas, E. Tapia, *Recognition of Online Handwritten Mathematical Formulas in the E-Chalk System*, Technical Report B-03-01, Institut für Informatik, Freie Universität Berlin, Januar 2003.
- [Rowe2002] L.A. Rowe, W.T. Ooi, and P. Pletcher, *INDIVA: Distributed Streaming Media and Equipment Control Middleware*, Berkeley Multimedia Research Center, TR 2002-163, April 2002
- [Salembier et al. 1994] P. Salembier, L. Torres, F. Meyer, *Region-Based Video Coding using Mathematical Morphology*, IEEE Transactions on Image Processing, 3(5):639-651, September 1994.
- [Saund 1999] Saund, E. Image, *Mosaicing and a Diagrammatic User Interface for an Office Whiteboard Scanner*, Technical Report, Xerox Palo Alto Research Center, 1999.
- [Tapia, Rojas 2003a] E. Tapia and R. Rojas, *Recognition of On-line Handwritten Mathematical Formulas in the E-Chalk System*, angenommen für die 7th International Conference on Document Analysis and Recognition (ICDAR), Edinburgh, Scotland, August 3-6, 2003.
- [Virtue 2002] O. Schreer, K. Chang, E.A. Hendriks, J.M. Schraagen, J. Stone, E. Trucco, M. Jewell, *Virtual Team User Environments - A Key Application in Telecommunication*, Proceedings of eBusiness and eWork 2002, Prague, Czech Republic, October 2002.

3.2 Relevante eigene Arbeiten

- [Friedland, Lasser 1998] G. Friedland, T. Lasser, *World Wide Radio – Audio Live Übertragung durch das Internet*, Bundeswettbewerb Jugend forscht, Stiftung Jugend forscht e.V., Hamburg 1998.
- [Friedland 2002] G. Friedland, *Towards a Generic Cross Platform Media Editor: An Editing Tool for E-Chalk*, Diplomarbeit, Fachbereich Mathematik und Informatik, Freie Universität Berlin, Mai 2002.
- [Friedland 2002b] G. Friedland, *Towards a Generic Cross Platform Media Editor: An Editing Tool for E-Chalk (deutscher Abstract)*, erscheint im Tagungsband der *Informatiktage 2002*, Gesellschaft für Informatik e.V., Bad Schussenried im November 2002.
- [Friedland et al. 2002] G. Friedland, L. Knipping, R. Rojas, *E-Chalk Technical Description*, Technical Report B-02-11, Freie Universität Berlin, Informatik, Mai 2002.
- [Friedland et al. 2003a] G. Friedland, L. Knipping, R. Rojas, E. Tapia, *Das E-Chalk System: Stand der Entwicklung*, Technical Report B-03-03, Institut für Informatik, Freie Universität Berlin, Februar 2003.
- [Friedland et al. 2003b] G. Friedland, L. Knipping, R. Rojas, E. Tapia, *Web Based Education as a Result of AI Supported Classroom Teaching*, Tagungsband der KES 2003, Conference on Knowledge-Based Intelligent Information & Engineering Systems, Oxford.
- [Friedland et al 2003c] G. Friedland, L. Knipping, R. Rojas, *Mapping the Classroom into the Web: Case Studies from several Institutions*, Tagungsband der 12th EDEN Annual Conference, Rhodes, Juni 2003.
- [Friedland et al 2003d] G. Friedland, L. Knipping, R. Rojas, C. Zick, *Die elektronische Kreidetafel als Medium für den Präsenzunterricht und E-Learning – Fallstudien*, eingereicht für GMW-Forum 2003, Gesellschaft für Medien in der Wissenschaft, 2003.
- [Jantz et al. 2003] K. Jantz, G. Friedland, L. Knipping, *Conserving an Ancient Art of Music: Making SID Tunes Editable*, eingereicht für Computer Music Modeling and Retrieval 2003, Montpellier
- [Rojas et al. 2000] R. Rojas, L. Knipping, U. Raffel, G. Friedland, *Elektronische Kreide: Eine Java-Multimedia-Tafel für den Präsenz- und Fernunterricht*, Technical Report B-17/2000, Freie Universität Berlin, Institut für Informatik, Oktober 2000.

[Rojas et al. 2001a] R. Rojas, L. Knipping, Wolf-Ulrich Raffel, Gerald Friedland, *Elektronische Kreide: Eine Java-Multimedia-Tafel für den Präsenz- und Fernunterricht*, Informatik: Forschung und Entwicklung, Vol. 16, Issue 3, pp. 159-168, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, September 2001. Auch in Beck, Sommer (Hrsg.): Tagungsband der Learntec, Vol. 2, pp. 533-539, Karlsruhe, October 2001.

[Rojas et al. 2001b] R. Rojas, L. Knipping, G. Friedland, B. Frötschl, *Ende der Kreidezeit - Die Zukunft des Mathematikunterrichts*, DMV Mitteilungen 02/2001, S. 32ff, Berlin

[Rojas et al. 2001c] R. Rojas, L. Knipping, G. Friedland, W. Raffel, C. Zick, *Elektronische Kreide - Eine Java-Multimedia-Tafel für den Präsenz- und Fernunterricht*, GMW-Forum 2001, Gesellschaft für Medien in der Wissenschaft, 2001

3.3 Webseiten

[www1] E-Kreide: <http://www.ekreide.de>

[www2] World Wide Radio2: <http://www.javaradio.de>

[www3] GIOVE: <http://www.giustiniani.org>

[www4] Exymen: <http://www.exymen.org>

[www5] Seminar Multimediatatenformate: <http://www.inf.fu-berlin.de/lehre/WS02/multimedia/>

[www6] Berkeley Webcasts: <http://webcast.berkeley.edu/>

[www7] OSGi: <http://www.osgi.org>