

Untersuchungen zur Nutzung von Teleteaching im universitären Bereich

Dissertationsschrift

**zur Erlangung des akademischen Grades
Doktor-Ingenieur
vorgelegt der**

**Fakultät für Informatik und Automatisierung
der Technischen Universität Ilmenau**

von

**Dipl.-Ing. Olaf Götz
geb. am: 08.07.1961
in Gera**

Gutachter:

**Prof. Dr.-Ing. habil. Dietrich Reschke, Technische Universität Ilmenau
Prof. Dr.-Ing. habil. Heinz Scheffel, Friedrich-Schiller Universität Jena
Prof. Dr.-Ing. habil. Klaus Irmischer, Universität Leipzig**

**eingereicht am: 29.06.2000
verteidigt am: 05.10.2001**

Inhaltsverzeichnis

•	Abkürzungsverzeichnis	5
•	Vorwort	7
•	Ziele	9
•	Einleitung	10
1	Theoretische Grundlagen für Teleteaching	12
1.1	Definitionen und Festlegungen	12
1.2	Vor- und Nachteile von Teleteaching	16
1.3	Analyse von realen Lehrveranstaltungen	17
1.4	Möglichkeiten des Wissenstransfers in den entfernten Hörsaal	18
1.5	Hauptbestandteile eines Teleteaching-Systems	20
1.5.1	Videoübertragung	21
1.5.2	Audioübertragung	23
1.5.3	Präsentationsgrafik	25
2	Pädagogische Aspekte	27
2.1	Grundlegende Betrachtungen	27
2.2	Analyse bisheriger Erfahrungen	28
2.3	Neue Kriterien und Anforderungen	28
2.4	Design von Präsentationsgrafiken	30
3	Analyse bestehender Systeme	32
3.1	Teleteaching Projekt Mannheim-Heidelberg	32
3.2	Studium per Internet der TU Chemnitz	33
3.3	Teleteaching Projekt Dresden-Freiberg	34
3.4	Teleteaching Projekt Nürnberg-Erlangen	34
3.5	Anforderungsanalyse für ein neues Teleteaching-System	36
4	Technische Grundlagen des Teleteachings	37
4.1	Grundlagen und Konzepte	37
4.1.1	Standards im Bereich der multimedialen Kommunikation	39
4.1.1.1	Fernsehstandards	39
4.1.1.2	Standards für Videokomprimierungsverfahren	39
4.1.1.3	Audiokomprimierung	44
4.2	Hard- und Software für Kommunikation im multimedialen Bereich	46
4.2.1	Intel ProShare	46
4.2.2	SUN ShowMe	52
4.2.3	SGI InPerson	54
4.2.4	Mbone-Tools	56
4.2.4.1	Einführung	56
4.2.4.2	Übertragungsmodi	57
4.2.4.3	Videomodul vic	58
4.2.4.4	Audiomodul vat	61
4.2.4.5	Audiomodul rat	62
4.2.4.6	Audiomodul fphone	62
4.2.4.7	Whiteboard wb	62
4.2.5	Microsoft Netmeeting	62
4.2.6	Microsoft PowerPoint	64
4.2.7	MPEG-2 basierende Videoübertragung	67

4.2.7.1	FutureTel-System	67
4.2.7.2	Optivision-System	67
4.3	Hardwarebasierende Video- /Audiolösungen	73
4.4	Vergleichende Betrachtungen der Hard- und Softwareprodukte	76
4.5	Effektivitäts- und Kostenbetrachtungen	81
5	Das neue Teleteaching-Konzept	82
5.1	Einsatzgebiete	82
5.2	Konzeption des Systems	83
5.2.1	Videoübertragung	84
5.2.2	Audioübertragung	86
5.2.3	Grafikübertragung	88
5.2.4	Video- und Audiorückkanal	93
5.2.5	Software	95
5.2.5.1	Standardsoftware	95
5.2.5.2	Softwareentwicklung	99
5.3	Aufgetretene Probleme nach der Implementierung des Systems	103
5.4	Akzeptanzanalysen und statistische Auswertung	106
6	Weitergehende Betrachtungen zu tendenziellen Entwicklungen im Bereich des Teleteaching	120
7	Testreihen und Untersuchungen	122
7.1	Mbone Tests	122
7.2	InPerson Tests	130
7.3	Intel ProShare Tests	132
7.4	Test Netmeeting	138
7.5	Optivision-Tests	142
8	Abschließende Betrachtungen	150
•	Abbildungsverzeichnis	153
•	Anlagenverzeichnis	156
•	Literaturverzeichnis	158

Abkürzungsverzeichnis

ADPCM	- Adaptive Differential Pulse Code Modulation
ATM	- Asynchron Transfer Mode
BWL	- Betriebswirtschaftslehre
B-WiN	- Breitband-Wissenschaftsnetz
CCITT	- Comitee Consultatif International Telegraphique et Telephonique
CD	- Compact Disk
CELP	- Code Excited linear Prediction
CEPT	- Conférence Européen des Administrations des Postes et Telecommunication
CIF	- Common Intermediate Format
DCT	- Discrete Cosinus Transformation
DFN	- Deutsches Forschungsnetz
DOS	- Disk Operating System
DV	- Datenverarbeitung
DVMRP	- Distance Vector Multicast Routing Protokoll
EISA	- Erweiterte Industrie-Standardarchitektur
FTP	- file transfer protocol
f/s	- frame pro second
GDC	- General Data Comm
GSM	- Groupe Spéciale Mobile „Organisation der CEPT; Standardisierungsgruppe für Mobilfunk“
HDTV	- high definition television
ICS	
ISDN	- Integrated Services Digital Network
ISO	- International Standardization Organsiation
ITU-T	- International Telecommunication Union-Telecommunication Standardization Sector
IGMP	- Internet Group Message Protocol
IP	- internet protocol
IPX	- Inter Packet Exchange
ISA	- Industrie-Standardarchitektur
JPEG	- joint photographic expert group
LAN	- local area network
LCD	- Liquid Crystal Display
LPC	- Linear Predictive Coding
Mbone	- Multicast Backbone
MCI	- media control interface
MCU	- Multipoint Control Unit
MFC	- Microsoft Foundation Classes
MPEG	- motion picture expert group
MS	- Microsoft
NTSC	- national televisionsystems committee
OHP	- overhaed projector
OH	- overhead
PC	- Personal Computer
PAL	- phase alternate line
PCM	- Pulse Code Modulation
PVC	- Permanent Virtual Circuit

QCIF	-Quarter-CIF
RAM	- random access memory
ROM	- read only memory
SCSI	- small computer system interface
SECAM	- Séquentiel Couleur à mémoire
SIF	- Source Input Format Bildschirmformat 352 x 288 aus MPEG-Standard
SVGA	- Super Video Graphics Array
TCP	- Transmission Control Protocol
TT	- Teleteaching
ttl	- time to live (MBone-Parameter)
UDP	- User Datagram Protocol
VGA	-
VHS	- Video Graphics Array
VJLIM	- Video JPEG Line Interface Modul
VL	- Video Library
WAN	- Wide Area Network
WiN	- Wissenschaftsnetz
WWW	- world wide web
Y/C	- 2 Komponenten-Signal Y=Helligkeitsinformation (Luminanz) C=Farbinformation (Chrominanz)

Vorwort

Die Globalisierung der nationalen und internationalen Märkte und die immer weiter voranschreitende Zusammenarbeit auf unterschiedlichen Gebieten erfordern ständig neue und bessere Kommunikationsmöglichkeiten. Der schnelle und sichere Zugriff auf unterschiedliche Daten, unabhängig von ihrem Entstehungsort, wird immer wichtiger. Um heute in der nationalen und internationalen Wirtschaft, Forschung, Bildung und Kultur erfolgreich arbeiten zu können, sind neue Kommunikationssysteme notwendig. Diese Technologien erfordern ständig mehr Kapazität auf den vorhandenen Datenwegen.

Das trifft besonders auf die Universitäten und Fachhochschulen zu, die auf aktuelle Forschungsergebnisse und –aktivitäten schnell und sicher zugreifen müssen, um die eigenen Entwicklungen effizient und konsequent realisieren zu können. Informationsbeschaffung und –verteilung zählen heute zu den ständig wiederkehrenden Arbeitsaufgaben im Bereich der Forschung und Entwicklung. An jedem Arbeitsplatz werden Rechnersysteme eingesetzt, um die anfallenden Arbeiten immer besser und schneller realisieren zu können. Eine Zusammenarbeit dieser Systeme ist zwingend notwendig, um den Datenaustausch zwischen den unterschiedlichsten Nutzern zu ermöglichen. Diese dazu erforderlichen Rechnernetze müssen dazu die erforderlichen Kapazitäten bereitstellen, denn das Datenaufkommen wird ständig größer. Die Erweiterung und Optimierung der Datennetze ist ein dauerhafter Prozeß, vor dem jedes Unternehmen und besonders jede Forschungseinrichtung steht. Der Ausbau der Netzwerke betrifft dabei immer den Lokal- und auch Weitverkehrsbereich, wobei der letztere nicht in der direkten Verantwortung der Einrichtungen liegt. Diese globalen Netze werden durch Dienstanbieter bereitgestellt und betreut.

Der verstärkte Einsatz von Rechentechnik und deren Verbindung zu internationalen Datenwegen führte auch an der Friedrich-Schiller-Universität Jena dazu, daß im Jahr 1996 die Anschlußkapazität von 2 Mbit/s an die internationalen Datenwege nicht mehr ausreichend war. Aus den bereits genannten Gründen und der bereits bestehenden Auslastung des vorhandenen Anschlusses wurde im Mai 1996 die Kapazität auf 34 Mbit/s erweitert.

Mit dieser Leistung war zum damaligen Zeitpunkt eine ausreichende Grundversorgung der Universität möglich und ausreichende Reserven vorhanden, um über neue Anwendungen unter Nutzung dieser Netzkapazität nachzudenken.

Jetzt bestand erstmals die Möglichkeit, über das Thema Echtzeitdatenübertragungen im Audio- und Videobereich unter Nutzung dieser Kommunikationsmedien nachzudenken. Derartige Applikationen können Datenraten zwischen 100 kbit/s und 200Mbit/s erfordern.

Parallel zu der Errichtung dieses 34 Mbit/s Breitbandanschlusses wurde eine Arbeitsgruppe aufgebaut, bestehend aus zwei Mitarbeitern, die sich mit Anwendungen im Hochgeschwindigkeitsnetzbereich befassen sollte. Ich war einer dieser Mitarbeiter, der für 2¹/₂ Jahre auf diesem Gebiet am Rechenzentrum der Friedrich-Schiller-Universität arbeiten konnte. Im gleichen Zeitraum der Errichtung des Breitbandanschlusses in Jena wurde auch die Technische Universität Ilmenau mit einem 34 Mbit/s Anschluß und einer analogen Arbeitsgruppe ausgestattet. Bedingt durch die gleichen technischen und personellen Voraussetzungen hat sich eine Zusammenarbeit auf dem Gebiet der Hochgeschwindigkeitsapplikationen regelrecht angeboten.

Zeitgleich zu den Entwicklungen an den Rechenzentren der beiden Universitäten lag auch das Bestreben der Thüringischen Universitäten Ilmenau, Weimar und Jena, einen Studiengang Werkstoffwissenschaften zu gründen. Keine der drei Einrichtungen war allein in der Lage, komplett alle Lehrveranstaltungen dieses Studienganges allein abzudecken. Eine personelle Aufstockung der Dozenten war ökonomisch unrealistisch, da die geplanten Studentenzahlen

an den einzelnen Universitäten zu gering waren. Der Ausweg war also nur ein gemeinsamer verteilter Studiengang Werkstoffwissenschaften, nur durch diese Variante konnten alle Fächer abgedeckt werden. In Verbund der Einrichtungen war ausreichend Fachpersonal vorhanden, es bestand nur noch das Problem der örtlichen Trennung voneinander. Für die Dozenten hätte dies bedeutet, daß sie Vorlesungen in Weimar, Jena und Ilmenau halten mußten. Die damit verbundene Mehrbelastung, ein entsprechender Zeitverlust und die entstehenden Reisekosten waren mit dieser Variante vorprogrammiert.

Durch die gute Zusammenarbeit zwischen dem Technischen Institut und dem Rechenzentrum der Friedrich-Schiller-Universität wurde die Idee entwickelt, diesen Studiengang mittels Teleteaching zu realisieren. Teleteaching bedeutete zum damaligen Zeitpunkt die Echtzeitübertragung von Lehrveranstaltungen über bestehende Kommunikationswege. Erste Modellversuche waren in Deutschland zu diesem Zeitpunkt bereits realisiert worden.

Bedingt durch den Breitbandnetzanschluß der FSU Jena, der neu geschaffenen Arbeitsgruppe und den Bestrebungen des Technischen Institutes für einen gemeinsamen Studiengang Werkstoffwissenschaft mittels Teleteaching, begannen im Oktober 1996 im Rechenzentrum in Jena die Entwicklungsarbeiten für dieses Vorhaben. Nachdem alle konzeptionelle Arbeiten im Sommer 1997 abgeschlossen waren, begannen während der Implementierungsphase umfangreiche Tests in Zusammenarbeit mit der Technischen Universität Ilmenau. Die unterschiedlichen Anteile der Mitarbeiter der beiden Arbeitsgruppen „Breitbandnetz für Thüringen“ an den Rechenzentren der Universitäten in Ilmenau und Jena an der Gesamtlösung lassen sich heute nicht mehr direkt auseinanderhalten. In der Gesamtheit kann jedoch eindeutig festgestellt werden, daß der Hauptteil der Entwicklungsarbeiten an der Gesamtlösung am Rechenzentrum der Friedrich-Schiller-Universität Jena realisiert wurde. Diese Arbeitsgruppe bestand aus Herrn Dipl.-Ing. Bernd Fankhänel und mir. Während der konzeptionellen Phase der Entwicklung dieses neuen Konzeptes für Teleteaching an der FSU Jena sind die Arbeiten so verteilt gewesen, daß sich Herr Fankhänel hauptsächlich mit der Problematik der Netzwerktechnologie dieses Projektes befaßt hat und mir die Arbeiten auf dem Gebiet der Applikationen zugeordnet waren.

Abschließend sei jedoch unbedingt zu bemerken, daß dieses Projekt in seinem Gesamtumfang nur durch eine gute und intensive Zusammenarbeit zwischen den Arbeitsgruppen an den Rechenzentren der Universitäten in Ilmenau und Jena und besonders der hervorragenden Teamarbeit in Jena, wo der Hauptteil der Entwicklung durchgeführt wurde, mit dem inzwischen bekannten Erfolg realisiert werden konnte.

Ziele

Das Ziel dieser Arbeit ist die **Analyse** bestehender Lösungen für Teleteaching und die **Realisierung eines Systems** für den universitären Bereich im Rahmen einer direkten Zusammenarbeit von mindestens drei Universitäten. Es soll ein funktionsfähiges System entstehen, welches in der Praxis effektiv eingesetzt werden kann und durch die Studenten und Dozenten akzeptiert wird.

Die **Hauptschwerpunkte** liegen dabei in der Konzeption und Umsetzung einer neuen Variante von Teleteaching und in der Anwendung zwischen den drei Universitäten in Thüringen (Jena, Weimar und Ilmenau). Es wurde an allen drei Einrichtungen der Studiengang Materialwissenschaft eingerichtet, jedoch mit relativ geringer Teilnehmerzahl. Somit ergeben sich gewisse Probleme in der Auslastung einiger Vorlesungen und Seminare, da die räumliche Trennung eine gemeinsame Veranstaltung nicht zulassen. Es wäre ökonomisch unvertretbar, für jede Universität das entsprechende Lehrpersonal einzustellen. Da besonders in dem Bereich des Grundlagenstudiums mehrere Veranstaltungen analog den anderer Wissenschaftsbereiche sind, wäre eine gemeinsame Nutzung empfehlenswert.

Auf Grund der bereits genannten Aspekte soll ein System entwickelt werden, welches mittels Teleteaching die anstehenden Probleme löst.

Ein erschwerender Aspekt ist die Problematik, daß es sich zum Teil um Experimental-Vorlesungen handelt, welche dann gesonderte Ansprüche an die technische Realisierung stellen. In diesem Fall wird eine entsprechend **hohe Qualität der Videoübertragung** vorausgesetzt, um den Echtzeitcharakter zu garantieren.

Um eine effektive Arbeit zu gewährleisten, soll eine Möglichkeit der **Übertragung von Präsentationsgrafiken** geschaffen werden, die eine hohe Qualität bieten (für den Studenten) und die durch die Dozenten einfach anzuwenden sind. In diesem Zusammenhang soll die Möglichkeit der interaktiven Arbeit mit Grafik- und Präsentationssoftware und die Nutzung einer Tafel untersucht werden.

Weiterhin soll analysiert werden, ob sich **neue Anforderungen** an die Dozenten und Studenten ergeben, wenn ein derartiges Teleteaching-System zum Einsatz kommt. Die neuen Kommunikationsmöglichkeiten in der universitären Ausbildung müssen natürlich durch die Nutzer akzeptiert werden. Wenn diese Akzeptanz und das Interesse an neuen Möglichkeiten der Ausbildung nicht vorhanden sind, dann kann ein derartiges System nicht in die Realität umgesetzt werden. Wie in jedem neuen Kommunikationsmedium wird sich dann in der praktischen Erprobung und im täglichen Einsatz zeigen, ob das System den Anforderungen gerecht wird. Um aber wesentliche Unzulänglichkeiten auszuschließen, sollten in entsprechenden Voruntersuchungen einige Lösungsvarianten erprobt werden. Somit kann eine entsprechende Selektion der Möglichkeiten erfolgen und die effektivste Variante in die Praxis umgesetzt werden. Auf grundsätzliche Neuentwicklungen soll nach Möglichkeit verzichtet werden. Die eingesetzten Werkzeuge sollen aus den Bereichen der Standardsoft- und Hardware kommen, die entsprechend ihren Qualitäten auszuwählen, zu verknüpfen und einzusetzen sind.

Damit soll eine Variante für dieses Teleteaching-Projekt entstehen, die mit einem ökonomisch vertretbarem Aufwand die gestellten Anforderungen erfüllt und sich gut in die tägliche praktische Nutzung überführen läßt. Eine **Nutzung durch andere Fachbereiche oder Universitäten** sollte dabei unbedingt mit vorgesehen werden, d.h., diese Entwicklung darf keine thüringische Insellösung werden.

Einleitung

Teleteaching, ein Trend der 90er Jahre? Diese Frage kann man sich im Zusammenhang mit dem hier bearbeiteten Thema stellen. Dabei muß jedoch unbedingt erwähnt werden, daß dieses Thema erst jetzt relevant wird, da wesentliche Voraussetzungen im Bereich der Rechentechnik und Netzinfrastruktur erfüllt sind. Für ein derartiges Forschungsvorhaben ist ein Echtzeitbetrieb unbedingt notwendig. Die Leistungsfähigkeit der Rechnersysteme und Netzwerke ist erst in den letzten Jahren so enorm gestiegen, daß Videosignale in Echtzeitbetrieb in brauchbarer Qualität übertragen werden können. Im Rahmen von Teleteaching-Veranstaltungen ist ein Echtzeitbetrieb unumgänglich, natürlich bei der entsprechenden Video- und Audioqualität.

Ein nicht unwesentlicher Schwerpunkt ist die Art und Weise der Lehrveranstaltung. Eine Vorlesung im Fachbereich BWL ist in ihrem Aufbau wesentlich anders als eine Vorlesung der Experimentalphysik.

Mit dem weiteren Ausbau des Wissenschaftsnetzes durch den Deutschen Forschungsnetzverein (DFN-Verein) wurde eine verteilte Ausbildung erst möglich. Nur durch die Hochleistungs-Infrastruktur im Bereich der Rechnernetze wurde die Thematik Teleteaching interessant. Damit wurde die Grundlage für eine weltweite Übertragung von Videosequenzen in Echtzeit gelegt. Der Forschungsschwerpunkt Teleteaching konnte auf dieser Basis realistischer untersucht werden. Die technologischen Barrieren der Aufzeichnung und Übertragung sind nicht mehr vorhanden. Jetzt kann effektiv an einer Realisierung gearbeitet werden, wobei die Qualität und Effektivität der virtuellen Lehrveranstaltungen im Vordergrund stehen. Der Student soll nicht unbedingt einen großen Qualitätsunterschied zwischen der Original- und der virtuellen Veranstaltung merken. Der zu erzielende Lerneffekt muß in beiden Varianten gleich sein. Nur so kann garantiert werden, daß sich ein solches neues System der Lehre durchsetzt und weite Verbreitung an Universitäten und Fachhochschulen findet.

Die virtuellen Lehrveranstaltungen haben auch einige wesentliche Vorteile gegenüber einer normalen Vorlesung. Jeder Student kann sich unter anderem aussuchen, wann er eine Veranstaltung hört und auch von welchem Professor. Die Ortsunabhängigkeit ist ein nicht unwesentlicher Vorteil dieses Systems.

Die Realisierung von Teleteaching auf der Basis von Rechner-Systemen und Datennetzen ist eng mit der Entwicklung der Videokonferenztechnik verbunden. Auch hier werden Audio- und Videosignale im Datennetz übertragen. Warum dieses Thema erst anfang der 90er Jahre aktuelle Bedeutung erlangte, wurde bereits kurz erläutert. Mit der zunehmenden Verbesserung der internationalen DV-Infrastruktur und der Erhöhung der Leitungskapazitäten wurden Videokonferenzen erst problemlos möglich.

Die nachfolgende Übersicht zeigt die Entwicklung im Videokonferenzmarkt seit dem Jahr 1994. Für frühere Jahre liegen keine statistischen Auswertungen vor.

installierte Systeme in Tausend	Jahr
30	1994
80	1995
250	1996
825	1997
2.300	1998

Abb. 1:Übersicht Weltmarktentwicklung von Videokonferenzsystemen [09]

Die Marktanteile für Videokonferenzsystemsoftware teilen sich z.Z. relativ wenige Hersteller weltweit, was die folgende Übersicht zeigt.

Hersteller	Marktanteil in %
PictuerTel	45
Sony	11
GPT	9
Intel	2
SAT	2
SGI	keine Angaben
SUN	keine Angaben

Stand 1995

Abb. 2: Weltmarktanteile der Videokonferenzsoftware-Hersteller [09]

1 Theoretische Grundlagen für Teleteaching

1.1 Definitionen und Festlegungen

Wie bereits in der Einleitung erwähnt, ist der Begriff Teleteaching erst in den letzten Jahren entstanden. Aus diesen Gründen sollen einige spezielle Begriffe aus dem gesamten Umfeld erläutert werden, um später auf eine eindeutige Zuordnung zurückgreifen zu können.

Wichtige Begriffe aus dem Bereich des Arbeitsgebietes:

- **Videokonferencing**

Videokonferenzsysteme sind Softwareprodukte, die den Audio- und Video- datenaustausch zwischen zwei und mehreren Partnern innerhalb einer Konferenz gestatten. Komfortable Systeme bieten ebenfalls zusätzlich die Möglichkeit des Datenaustausches und des Application-Sharing.

- **Teleteaching / Distance Teaching**

Teleteaching ist die Möglichkeit der online Übertragung von Lehrveranstaltungen in räumlich voneinander getrennte Orte. Dabei soll die Möglichkeit des aktiven Eingriffs der Lernenden in der online Variante (siehe Abb. 3) möglich sein. Es wird zwischen offenen und geschlossenen Veranstaltungen unterschieden (siehe Abb. 3).

- **Telelearning / Distance Learning**

Unter Telelearning wird die Möglichkeit der Wissensvermittlung über Computer verstanden. Meist handelt es sich dabei um Lehrlektionen, die vom Lernenden aus der „Konserve“ (z.B. CD-ROM, Videosever) zur Wissensaneignung genutzt werden. Der Lehrstoff wird in einer pädagogisch gut durchdachten Reihenfolge behandelt. In guten Systemen sind auch gewisse Interaktionen möglich. Eine direkte Kommunikation mit dem Lehrenden ist jedoch nicht realisierbar.

- **Virtuelle Universität**

Alle für die Betreuung der Studenten notwendigen zentralen Einrichtungen einer Universität sind virtuell vorhanden (z.B. Studienangelegenheiten). Der Student kann über seinen an das Datennetz angeschlossenen Rechner diese Dezentate virtuell erreichen.

Die Lehrveranstaltungen werden offline oder online angeboten. Damit besteht eine vollständige Orts- und Zeitunabhängigkeit (nur bei offline Veranstaltungen). Ein direkter persönlicher Kontakt zu den Mitarbeitern und Dozenten ist jedoch nicht gegeben.

- **Virtueller Hörsaal**

Der Student befindet sich virtuell (am Computer) in diesem Hörsaal, um an den entfernt gehaltenen Vorlesungen teilzunehmen, ohne einen direkten Kontakt zu dem Lehrenden zu haben. Der Besuch dieser Lehrveranstaltungen erfolgt über einen an das Datennetz angeschlossenen Rechner. Damit kann der Student an Veranstaltungen teilnehmen, ohne in einen physisch vorhandenen Hörsaal zu sitzen.

Der Begriff virtueller Hörsaal ist nicht mit dem Begriff Empfangshörsaal zu verwechseln.

- **Virtueller Seminarraum**

Der virtuelle Seminarraum ist analog dem Hörsaal zu betrachten. Eine etwas andere technische Ausstattung gestattet die Nutzung im Seminarbetrieb.

- **Sendehörsaal**

Ein Sendehörsaal ist ein realer Hörsaal, welcher zur Ausstrahlung von Teleteaching-Veranstaltungen genutzt wird (siehe auch realer Hörsaal). In diesem Hörsaal sind Studenten (nicht zwingend notwendig) und auch der Dozent anwesend. Über Rechnersysteme wird die Veranstaltung in einen Empfangshörsaal übertragen.

- **Empfangshörsaal**

Ein Empfangshörsaal ist ein Hörsaal, in welchem Teleteaching-Veranstaltungen von Studenten gehört werden, ohne daß ein Dozent direkt anwesend ist. Die Vorlesung wird aus einem anderen Hörsaal über Rechnernetze übertragen. Die Studenten sehen den Dozenten auf einer Videowand.

- **Realer Hörsaal**

Als realer Hörsaal wird der vorhandene Raum betrachtet, in welchem sich Studenten und ein Dozent während einer Lehrveranstaltung aufhalten. Ein derartiger Hörsaal kann gleichzeitig Sendehörsaal für eine Teleteaching-Veranstaltung sein.

- **global Teach**

Der Begriff global Teach ist einer der jüngsten Begriffe in der gesamten Teaching-Welt und bezeichnet alle Aktivitäten, die im Zusammenhang mit entfernten/globalen Lehrveranstaltungen stehen.

Teleteaching ist eine besondere Form der universitären Ausbildung. Es hat sich in den letzten Jahren im Rahmen mehrerer Forschungsprojekte zu einer neuen Form in der universitären Lehre entwickelt. Das Ziel dieser Entwicklungen war nicht, die historisch gewachsene Form der universitären Ausbildung abzulösen, sondern eine Erweiterung und Verbesserung der Ausbildungsmöglichkeit zu erreichen.

Wenn mittels Teleteaching die gleichen Lehrergebnisse bei den Studenten erzielt werden können wie in einer realen Lehrveranstaltung, wird es ein fester Bestandteil in der Ausbildung werden. Die Vorteile derartiger Veranstaltungen (siehe Punkt 1.2) werden die intensive Nutzung der Teleteaching-Technologie forcieren.

Beginnen wird die Entwicklung an den Universitäten, da hier die Forschungsprojekte für derartige Systeme realisiert werden. Prototypen von Teleteaching-Systemen werden hier entwickelt und in der Lehre getestet. Wenn sich eine Entwicklung als effizient erweist, werden andere Bildungseinrichtungen diese Systeme ebenfalls nutzen. Diese Entwicklung wird sich über die Schulen bis in die Wirtschaft fortsetzen. In einigen Jahren werden das virtuelle Klassenzimmer, der virtuellen Hörsaal, der Sende- und Empfangshörsaal sicherlich keine Besonderheit mehr sein.

Schon heute gehören Videokonferenzsysteme an den Universitäten und Fachhochschulen nicht mehr zu den seltenen Kommunikationsmitteln. Diese haben sich bereits jetzt in einigen Bereichen der Ausbildung, Forschung und Wirtschaft durchgesetzt. Einen wesentlichen Beitrag dazu haben entsprechend sinkende Hardwarepreise, höhere Maschinenleistungen und schnellere sowie preiswertere Datennetze geleistet.

Zur Zeit bilden die Leitungskapazitäten und -preise der Datennetze sowie die hohen Anschaffungskosten für die Rechentechnik noch eine Hemmschwelle für die allgemeine Verbreitung von Teleteaching Systemen und Videokonferenzen in vielen Teilen der Lehre, Forschung und in der Wirtschaft.

Wenn man Teleteaching Veranstaltungen nach der Art ihrer Durchführung betrachtet, dann kann folgende Untergliederung vorgenommen werden:

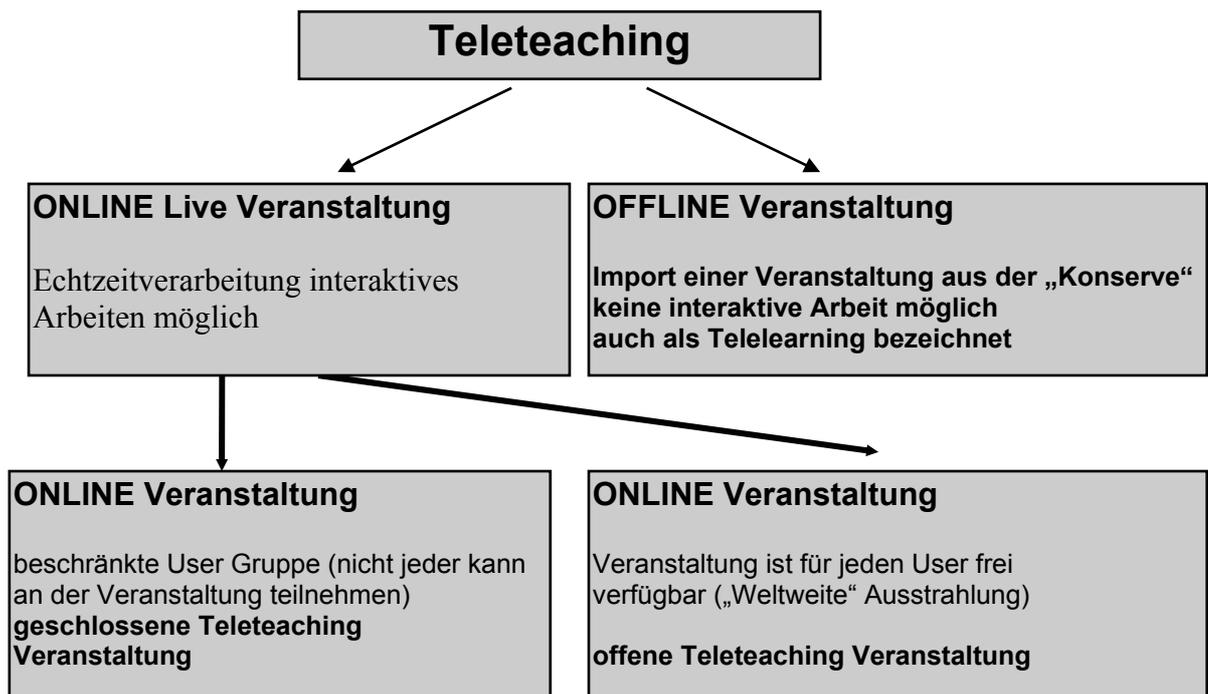


Abb. 3: Gliederung Teleteaching

Innerhalb der vorliegenden Arbeit wird ein System entwickelt, welches zur direkten Zusammenarbeit von Universitäten genutzt werden soll, die gemeinsame Studiengänge haben. Aus diesen Gründen wurde eine Variante erarbeitet, die in den Bereich der **„geschlossenen Teleteaching-Veranstaltungen“** einzuordnen ist. Mit der vorliegenden Lösung wird ein neues Konzept vorgestellt, wie Teleteaching auf einem qualitativ hohen Niveau realisiert werden kann. Es soll erreicht werden, daß dem Lernenden keine wesentlichen Nachteile in qualitativer Hinsicht entstehen, wenn er im Empfangshörsaal die Veranstaltung besucht. Weiterhin soll das genutzte System so universell sein, daß es auch für offene Teleteaching

Veranstaltungen Verwendung findet, ohne daß wesentlich zusätzliche Technik bereitgestellt werden muß. In diesem Fall müssen jedoch die bekannten qualitativen Einschränkungen im Multicast-Bereich in Kauf genommen werden (siehe Punkt 4.2.4). Die Vorteile der neuen Technologie können nur zum Tragen kommen, wenn die direkte Zusammenarbeit von 2 bis 4 Institutionen angestrebt wird. Eine Interaktion zwischen dem Dozenten und den Studenten im Empfangshörsaal ist für Veranstaltungen über 4 Empfangseinrichtungen auf Grund der Anzahl der teilnehmenden Studenten sicherlich nicht mehr realisierbar. Verteilte Studiengänge werden sich jedoch in der Regel auf nicht mehr als 2 bis 4 Universitäten erstrecken. Aus diesen Gründen kann das vorliegende Konzept für derartige Studienverbunde sehr effektiv eingesetzt werden.

1.2 Vor- und Nachteile von Teleteaching

Wenn Teleteaching-Veranstaltungen im praktischen Studienbetrieb an den Universitäten eingesetzt werden sollen, dann müssen die Vor- und Nachteile vor dem geplanten Einsatz ermittelt werden. Für diese Untersuchung werden nur zwei Arten von Teleteaching in die Betrachtungen einbezogen. Das sind die geschlossenen und offenen Veranstaltungen. Diese beiden Varianten unterscheiden sich in ihrer Art und Weise nur durch den unterschiedlichen Hörerkreis und wenige technische Details. Für die angestrebte Untersuchung können diese Unterschiede als unwesentlich angesehen werden. Um die Vor- und Nachteile von Teleteaching zu ermitteln, müssen zwei Gruppen betrachtet werden, das ist der Student als Lernender und der Dozent als Lehrender. Für beide ergeben sich unterschiedliche Vor- und Nachteile, wenn Lehrveranstaltungen mittels Teleteaching durchgeführt werden.

Studenten:

- Vorteile:**
- Ortsunabhängigkeit (wenn Technik überall verfügbar)
 - Neue multimediale Technologien können Informationen besser und anschaulicher darstellen und damit die Effizienz des Lernens verbessern
 - Veranstaltungen können besser ausgewählt werden (bequeme Nutzung von qualitativ hochwertigen Lehrveranstaltungen an entfernten Universitäten)

- Nachteile:**
- direkter persönlicher Kontakt zum Dozenten ist nicht gegeben
 - Kommunikation ist nur in bestimmten technischen Realisierungsstufen möglich (geschlossenen online Veranstaltung)
 - Zeitgebundenheit bleibt bei online Veranstaltungen bestehen (gegenüber einer Vorlesung aus der „Konserve“)

Dozenten:

- Vorteile:**
- bessere Verbreitung der Veranstaltung möglich (Hörerkreis wird bedeutend erweitert)
 - Nutzung von neuen Präsentationstechniken problemlos möglich (Einbeziehung von Video- und Audiosequenzen in der Veranstaltung, Datenimport, Simulation, Applikation Sharing)
 - kosten- und zeitintensive Dienstreisen können eingespart werden
 - Veränderungen und Ergänzungen sind in eine multimediale Tele-teaching Konzeption relativ leicht zu realisieren

- Nachteile:**
- Neue Konzepte zur Lehrveranstaltung sind erforderlich (grundlegende Überarbeitung von Lehrveranstaltungen)
 - größerer Aufwand, um derartige Lehrveranstaltungen vorzubereiten¹

¹ Der Zeitaufwand ist für verschiedene Lehrveranstaltungen unterschiedlich. Eine Vorlesung in Experimentalphysik kann durchaus mehr Vorbereitungszeit erfordern als eine Vorlesung in Psychologie, wenn sie mittels Teleteaching übertragen werden soll. Es kann aber nicht von einem extrem überproportionalen Aufwand zur Vorbereitung derartiger Veranstaltungen gesprochen werden. Eigene Tests haben das bestätigt.

- die Kontrollierbarkeit der eigenen Arbeit durch Dritte ist unmittelbar gegeben (kann negativ ausgenutzt werden); besonders bei offenen Teleteaching-Veranstaltungen

Innerhalb der Betrachtungen der **Vor- und Nachteile** muß auch auf den nicht unwesentlichen Punkt der **Kosten** hingewiesen werden. Für die Planung von Teleteaching-Veranstaltungen muß dieser Aspekt unbedingt herangezogen werden, um eine genaue Kosten-/ Nutzenanalyse erstellen zu können. Dieser Sachverhalt wird nochmals konkret in dem Abschnitt 4.5 betrachtet.

1.3 Analyse von realen Lehrveranstaltungen

In Vorbereitung der Entwicklung einer neuen Konzeption für Teleteaching wurde nicht, wie von Technikern oft praktiziert, ein System benutzt und die Lehrveranstaltung an die technischen Möglichkeiten angepaßt. Mit dieser Methode erzeugt man bei den potentiellen Nutzern oft den Druck, sich an die Technik anpassen zu müssen.

Der wesentlich bessere Weg ist die Analyse einer realen Lehrveranstaltung, die Auswertung der Lehrgewohnheiten und Arbeitsweisen der Dozenten und danach die Realisierung eines technischen Konzeptes, welches alle diese geforderten Funktionen realisiert. Damit wird nicht der Zwang erzeugt, daß sich der Anwender der Technik unterordnen und anpassen muß. Der Dozent arbeitet weiterhin in seiner gewohnten Umgebung, nutzt seine bekannten Arbeitstechnologien und wird nur durch die technische Umgebung unterstützt. Diese Entwicklungsstrategie ist sicherlich der kompliziertere Weg, um ein neues System zu entwickeln, bringt aber wahrscheinlich ein besseres Ergebnis in der Akzeptanz der Anwender. Dieser fühlt sich nicht durch die Technik beherrscht oder überfordert, sondern er nutzt unbemerkt die neuen Möglichkeiten in seiner realen Arbeitsumgebung.

Aus den eben genannten Gründen erfolgt eine Analyse von realen Lehrveranstaltungen unterschiedlicher Art, um später ein universell einsetzbares System zu entwickeln. Erst wenn alle wesentlichen Komponenten der Wissensvermittlung bekannt sind, kann die Umsetzung in ein technisches System erfolgen.

Möglichkeiten der Wissensvermittlung in einer realen Lehrveranstaltung:

- Vortrag des Dozenten
 - Wissensvermittlung erfolgt über die Sprache
 - Wissensvermittlung erfolgt über die Gestik
- Zeigen von Anschauungsmaterialien
 - Wissensvermittlung erfolgt visuell
- Vorführung von Experimenten
 - Wissensvermittlung erfolgt visuell
 - Wissensvermittlung erfolgt auditiv
- Nutzung von Präsentationsmitteln
 - zeigen von Folien mittels Overheadprojektor
Wissensvermittlung erfolgt visuell

- Präsentation mittels Präsentationssoftware (z.B. PowerPoint) und einem Daten-Projektor
Wissensvermittlung erfolgt visuell und/oder auditiv
- Präsentation aus den WWW mittels Software und einem Daten-Projektor
Wissensvermittlung erfolgt visuell und/oder auditiv
- Erläuterungen an der Tafel
- Wissensvermittlung erfolgt visuell und auditiv (durch Sprache des Dozenten)

Um in einem **entfernten Hörsaal** den Studenten die **gleichen Bedingungen** wie in einer realen Lehrveranstaltung zu garantieren, müssen alle diese genannten Arten der Wissensvermittlung auch dort ermöglicht werden. Fehlen bestimmte Komponenten oder ist die Wissensvermittlung nicht analog der im realen Hörsaal, dann wird der Lerneffekt im Empfangshörsaal gegenüber einer realen Lehrveranstaltung geringer sein. Das Ziel dieser Entwicklung ist ein System, welches den Studenten im Empfangshörsaal annähernd gleiche Lernbedingungen wie im realen Hörsaal bietet. Die Wissensvermittlung muß also mit Hilfe eines technischen Systems auch im entfernten Hörsaal erfolgen, ohne dabei an Qualität zu verlieren.

1.4 Möglichkeiten des Wissenstransfers in den entfernten Hörsaal

Im folgenden sollen die Möglichkeiten des Wissenstransfers in den entfernten Hörsaal und die damit verbundenen Probleme untersucht werden.

Der **Vortrag** des Dozenten muß mit einer Kamera aufgezeichnet werden. Dabei ist zu beachten, daß sich der Dozent frei im Hörsaal bewegen kann und nicht an einen bestimmten Platz gebunden sein soll. Weiterhin sollten auch Fragen und Ergänzungen der Studenten aufgezeichnet werden, wenn diese aktiv an der Vorlesung teilnehmen. Damit wäre die Wissensvermittlung über die Gestik des Dozenten aufgezeichnet und könnte als Videosignal übertragen werden. Weiterhin muß die Sprache des Dozenten und eventuell der Studenten mittels eines Mikrofons erfaßt und als Audiosignal für die Übertragung bereitgestellt werden.

Das Zeigen von **Anschauungsmaterialien** ist ebenfalls eine visuelle Wissensvermittlung und kann somit mittels einer Kamera erfaßt und als Videosignal in den entfernten Hörsaal übertragen werden. Je nach Größe und Art der Anschauungsmaterialien sind Zusatzgeräte erforderlich (z.B. Mikroskop).

Werden in einer realen Vorlesung **Experimente** durchgeführt (Physik, Chemie usw.), dann ist deren Übertragung in den entfernten Hörsaal notwendig. Es müssen geeignete Kamerasysteme zur visuellen Aufzeichnung vorhanden sein (evtl. mit unterschiedlichen Perspektiven), und es sollte (falls erforderlich) eine Tonaufnahme erfolgen, wenn während der Experimente entsprechende Töne entstehen. Diese Signale müssen in den entfernten Hörsaal übertragen werden.

Während einer Vorlesung benutzen Dozenten **unterschiedliche Präsentationsmittel** zur Wissensvermittlung. Eines der Wichtigsten ist momentan die **Folie** für den Overheadprojektor. Dieses Präsentationsmedium wird inzwischen in fast allen Veranstaltungen benutzt. Der Inhalt dieser Folien muß ebenfalls in den entfernten Hörsaal übertragen werden. Hierfür können unterschiedliche Techniken benutzt werden, die sich wesentlich in ihrer Qualität unterscheiden:

1. Das an die Wand projizierte Bild wird mit einer Videokamera aufgezeichnet und in den entfernten Hörsaal übertragen. Die Qualität ist nicht besonders beeindruckend, bedingt durch die Auflösung der Kamera und das erneute Abfilmen von der Projektionsfläche.
2. Die Folie wird auf einen Visualizer gelegt und im realen Hörsaal nicht direkt, sondern analog dem entfernten Hörsaal als Videobild projiziert. Die Qualität für die Studenten im Empfangshörsaal ist etwas besser, da Visualizer für derartige Anwendungsfälle optimiert sind. Die Qualität für die Studenten im realen Hörsaal verschlechtert sich, da sie jetzt nicht mehr das direkte Bild sehen, sondern auch ein Videobild.
3. Die vorliegende Folie kann mittels eines Scanners als Bild auf einem Rechner abgelegt werden. Dies ist die schnellste Methode um eine Teleteaching Vorlesung vorzubereiten. Es entstehen jedoch durch den Vorgang des Scannens sehr große Dateien. Weiterhin ist ein späteres Ändern der Grafiken etwas problematisch. Die unter 4. beschriebene Methode ist die günstigste, jedoch auch die zeitaufwendigste.
4. Der Dozent benutzt das Medium Folie nicht mehr, sondern realisiert seine Präsentationsgrafiken mittels einer entsprechenden Software auf einen Rechner. Diese Technologie bedeutet einen gewissen Mehraufwand bei der Ersterstellung, der sich jedoch im Laufe der Jahre durch schnellere Änderungsmöglichkeiten kompensiert. Hat der Dozent die Präsentationsgrafiken in elektronischer Form auf einem Rechner, können diese direkt in den entfernten Hörsaal übertragen werden. Im realen und entfernten Hörsaal erfolgt die Darstellung mittels eines Datenprojektors. Damit ist Qualitätsverlust vollständig ausgeschlossen, da kein Wandel zwischen verschiedenen Medien stattfinden muß.

Benutzt der Dozent bereits **Präsentationsgrafiksoftware**, dann wird es keinen zusätzlichen Arbeitsaufwand geben, um die Übertragung in den entfernten Hörsaal zu realisieren. Die Bilder können direkt aus dem Rechner in den Empfangshörsaal übertragen werden. In beiden Hörsälen erfolgt die Präsentation mittels Datenprojektor in gleicher Qualität.

Benutzt der Dozent bereits das Medium Rechner zur **Präsentation**, dann kann er außer der Präsentationsgrafiksoftware weitere Programme für die Wissensvermittlung in seiner Vorlesung benutzen (z.B. **WWW**). Diese Daten müssen dann ebenfalls direkt aus dem Rechner in den entfernten Hörsaal übertragen werden (projiziert wird ebenfalls mit einem Datenprojektor in beiden Hörsälen). Es sollte bei der Benutzung von moderner Software für die Wissensvermittlung beachtet werden, dass nicht nur die visuell dargestellten Daten in den Hörsälen (entfernt oder real) nutzbar sein sollten, sondern auch die auditive Unterstützung mit genutzt werden kann, was natürlich deren Bereitstellung und Übertragung voraussetzt.

Das traditionelle, aber auch wichtigste **Präsentationsmittel** ist auch heute noch die **Tafel**. Dabei ist es unerheblich, ob es sich um eine Kreidetafel oder eine Whiteboard handelt. Bei beiden Typen ist es nicht möglich, die dargestellten Grafiken auf direktem Weg in den entfernten Hörsaal zu übertragen. Wenn der Dozent an der Tafel arbeitet, dann müssen die Informationen auf der Tafel mittels einer Kamera aufgezeichnet werden. Damit sind natürlich alle Nachteile analog der Nutzung von Folien vorhanden.

Die aus der Analyse einer realen Lehrveranstaltung erarbeiteten Möglichkeiten der Wissensvermittlung zeigen, wie komplex das Thema „Übertragung einer realen Lehrveranstaltung in entfernte Hörsäle“ ist. Die Dozenten nutzen heute unterschiedlichste Methoden, um den Studenten das notwendige Wissen zu vermitteln. Da es das Ziel dieser Arbeit ist, ein Teleteaching-System zu realisieren, was es dem Dozenten gestattet, in seiner gewohnten Umgebung zu arbeiten und die ihm bekannten Techniken im wesentlichen weiter

zu nutzen. In diesem Kapitel wurden einige Möglichkeiten des Wissenstransfers in einen Empfangshörsaal aufgezeichnet, abgeleitet aus den genutzten Technologie der Dozenten. Dabei sind bereits die ersten Probleme entstanden, für die eine entsprechende Lösung gesucht werden muß. Es wird dabei immer darauf geachtet, daß die Qualität einer Vorlesung im Empfangshörsaal gleich der im Sendehörsaal sein soll. Diese Anforderung ist eine der Wichtigsten, und davon dürfen keine Abstriche gemacht werden.

1.5 Hauptbestandteile eines Teleteaching-Systems

Nach der Analyse von realen Lehrveranstaltungen und den Erkenntnissen, welche Technologien ein Dozent für die Wissensvermittlung nutzen kann (siehe Punkt 1.3), wurden Möglichkeiten gesucht, diese Techniken auch im entfernten Hörsaal bereitzustellen. Dabei wurden erste Problembereiche festgestellt.

In diesem Kapitel werden, basierend auf den bereits gewonnenen Erkenntnissen, die Hauptbestandteile eines Teleteaching-Systems erarbeitet. Dafür ist es notwendig, daß alle zu realisierenden Aufgaben des Gesamtsystems in ihrer Funktionalität bekannt sind. Die **globale Hauptaufgabe** für das neu zu entwickelnde Teleteaching-System lautet, daß eine Vorlesung aus einem realen Hörsaal in Echtzeit in einen Empfangshörsaal übertragen wird. Dabei soll die **Qualität der Wissensvermittlung** in beiden Hörsälen gleich sein, und der Dozent soll seine bekannten Arbeitstechniken im wesentlichen weiter nutzen können. Aus diesen Gründen wurden bereits reale Lehrveranstaltungen und damit die Arbeitstechniken der Dozenten analysiert.

Basierend auf diesen Erkenntnissen werden jetzt die Hauptaufgaben eines Teleteaching-Systems ermittelt.

Hauptaufgaben des Teleteaching-Systems:

(1) Videoübertragung

- Übertragung des live Videos des Dozenten
- Übertragung von live Experimenten (eventuell picture in picture des Videobildes des Dozenten)
- Einspielung zusätzlicher Videos von Band (ebenfalls mit der Möglichkeit von picture in picture des Videobildes des Dozenten)
- Rückübertragung der Videobilder aus dem virtuellen Hörsaal

(2) Audioübertragung

- Übertragung Audio des Dozenten
- Übertragung Audio der Experimente
- Übertragung Audio des eingespielten Videobandes
- Übertragung Audio der Präsentationsgrafiken
- Rückkopplung Audio aus dem virtuellen Hörsaal

(3) Übertragung der Präsentationsgrafiken und Zusatzinformationen

- Übertragung von Präsentationsgrafiken (Nutzung von weitverbreiteten Systemen)
- Bereitstellung einer Tafel für zusätzliche Informationen

- Nutzung weiterer Softwareprodukte für die Vermittlung des Lehrstoffes (z.B. Word, Netscape usw.)
- Schaffung von Möglichkeiten der effektiven Präsentation und der damit verbundenen graphischen Erläuterung (red pen Prinzip).

Diese hier genannten Funktionen müssen durch ein Teleteaching System realisiert werden, um es effektiv in der Lehre einsetzen zu können. Dabei sollten einige spezielle Besonderheiten von einzelnen Fachgebiete beachtet werden, die sicherlich manchmal eine gesonderte Strukturen des Systems verlangen. Im allgemeinen kann jedoch von dem oben genannten Funktionsumfang ausgegangen werden.

Im weiteren wird auf die wesentlichen Funktionen konkreter eingegangen werden. Dabei sollen einige Qualitätsansprüche und notwendige Richtlinien erarbeitet werden.

1.5.1 Videoübertragung

Welche speziellen Videosignale in einem Teleteaching-System übertragen werden müssen, wurde bereits im vorherigen Abschnitt erläutert². Im folgenden werden diese Anforderungen präzisiert und in eine entsprechende Konzeption gebracht. Dabei wird jedes einzelne Signal betrachtet und seinen speziellen Aufgaben innerhalb des Gesamtsystems zugeordnet.

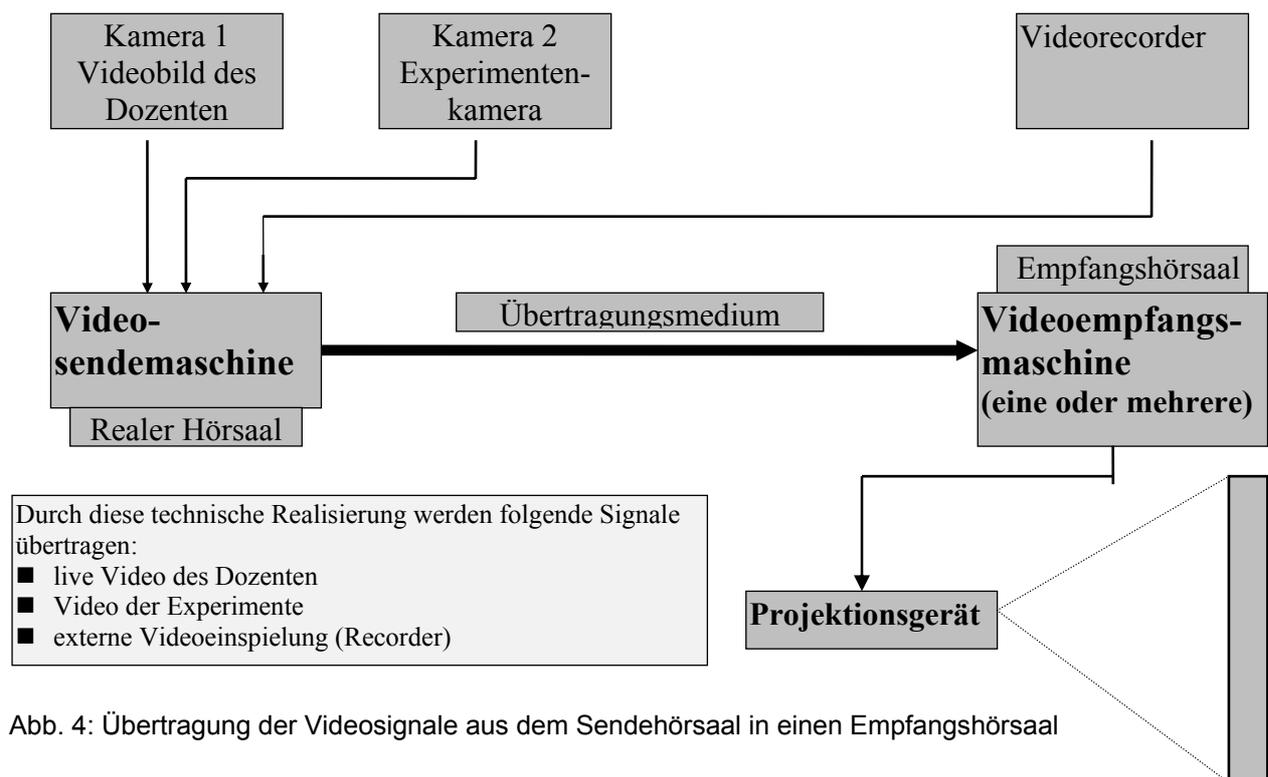


Abb. 4: Übertragung der Videosignale aus dem Sendehörsaal in einen Empfangshörsaal

Die in der Grafik angegebenen Videosignale müssen innerhalb eines Teleteaching-Systems von der Sendeseite aus übertragen werden. Wichtig ist dabei besonders, daß die **Dozenten-kamera fernsteuerbar** ist, um damit den gesamten Hörsaal erreichen zu können. Dadurch werden alle wesentlichen Vorgänge innerhalb des Hörsaales erfasst. Ist diese Kamera mit einem entsprechenden **Zoom** ausgestattet, könnten unter Umständen auch gewisse zusätzliche

² Punkt 1.5 „Hauptaufgaben des Teleteaching-Systems“

Details aufgenommen werden (z.B. Teile von Experimente). Die **Steuerung** sollte von einem **zentralen Regiepult** aus erfolgen.

Eine **zweite Videokamera** ist nicht unbedingt für jede Vorlesung notwendig, sollte aber im Rahmen einer universellen Nutzung eingeplant werden (flexibler Einsatz je nach Standort des Dozenten). Sie kann außerdem für **Experimentalvorlesungen** und spezielle **Dokumentenübertragung (Dokumentenkamera)** benutzt werden. Wenn innerhalb eines Experimentes unterschiedliche Perspektiven aufgenommen werden müssen, dann sind unter Umständen weitere Kameras notwendig. Als zusätzliche Eingabequelle sollte ein **Videorecorder** vorgesehen werden, der die Zuspiegelung eines externen Video vom Band aus gestattet.

Diese Signale werden in die Sendemaschine eingekoppelt und in den Empfangshörsaal übertragen. Dort bereitet eine Empfangsmaschine die digitalen Signale auf und gibt sie über ein Projektionsgerät auf die Medienwand.

Mit der Übertragung der Videosignale in den entsprechenden Hörsaal ist jedoch nur ein Teil der Videoübertragung realisiert. Um eine effektive und qualitativ hochwertige Vorlesung auch im **Empfangshörsaal** zu realisieren, muß eine **Rückkopplung** aus diesem Hörsaal realisiert werden (**Rückübertragung von Ton und Bild**). Nur wenn dieser Rückkanal vorhanden ist, haben die Studenten im entfernten Hörsaal die Möglichkeit, durch mögliche Interaktionen an der realen Vorlesung teilzunehmen.

Um diese bidirektionale Verbindung zu erreichen, muß der Empfangshörsaal ebenfalls mit einer Sendemaschine und einer Kamera ausgestattet werden. In diesem Fall ist jedoch nur ein einziges Videosignal notwendig, welches in den realen Hörsaal übertragen werden muß. Da im Empfangshörsaal wesentlich weniger Aktivitäten zu verzeichnen sind, kann auf eine hohe Bildqualität unter Umständen (Kostengründe, Lastprobleme der Maschinen usw.) verzichtet werden. Aus dem entfernten Hörsaal sollte eine **Frontalansicht der Zuhörer** aufgezeichnet werden, um dem Dozenten die Kontrolle zu ermöglichen und eventuelle Anfragen zu beantworten (garantieren des visuellen Kontaktes).

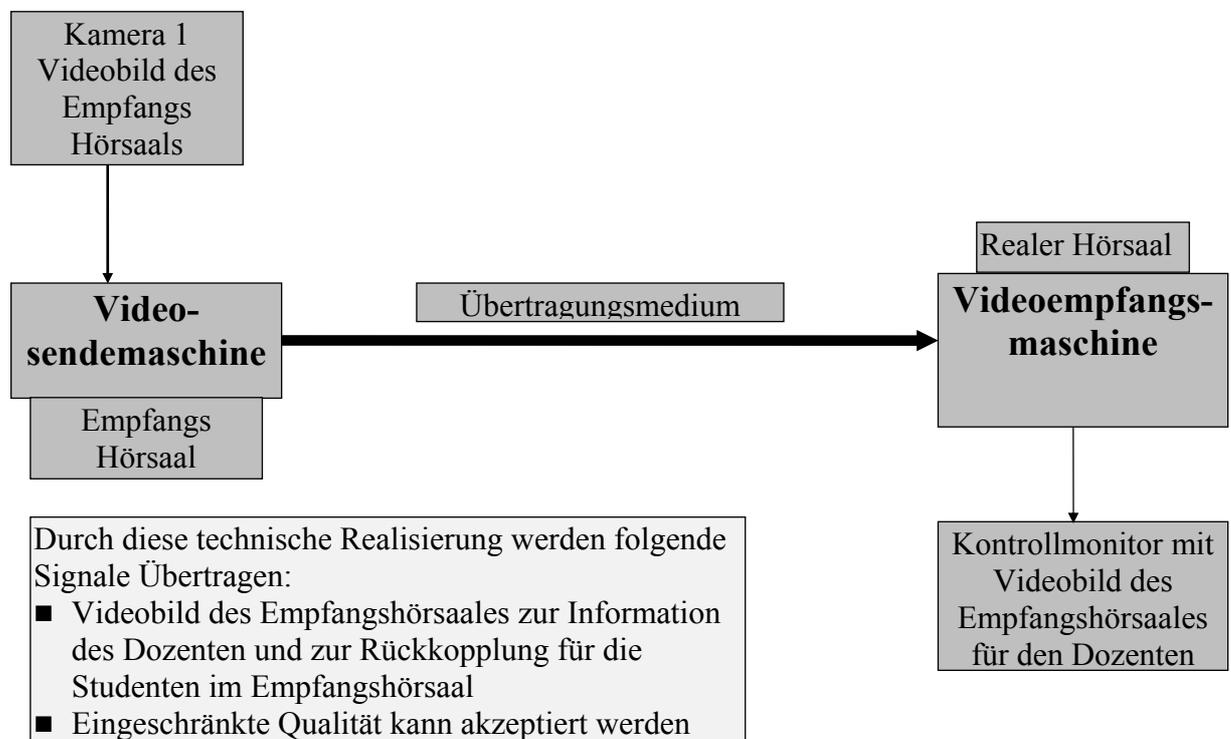


Abb. 5: Videorückübertragungssystem

Dieses Videosignal wird in die entsprechende Sendemaschine eingespeist und als digitales Signal über ein entsprechendes Übertragungsmedium übertragen. Im realen Hörsaal wird das Signal durch eine Videoempfangsmaschine aufbereitet und auf einem Kontrollmonitor für den Dozenten dargestellt. Ein Kontrollmonitor ist ausreichend, da ausschließlich der Dozent diese Informationen benötigt. Damit kann auf eine entsprechende Großbildprojektion verzichtet werden.

Aufgaben der einzelnen Komponenten:

■ Videosendemaschine (realer Hörsaal):

- Eingabe eines oder mehrerer analogen Video-Input Signale (Eingabe als VHS oder SVHS Signal) muß möglich sein
- Digitalisierung der Signale
- Ausgabe der Videodaten an eine oder mehrere konkrete IP-Adressen oder an beliebige viele Maschinen

■ Videoempfangsmaschine (Empfangshörsaal):

- Empfang von Datenpaketen aus dem Übertragungsmedium von einer Sendemaschine
- Verarbeitung dieser Daten und Ausgabe eines analogen Videosignals im PAL oder NTSC Standard

■ Videosendemaschine (Empfangshörsaal):

- Siehe Aufgaben der Sendemaschine im realen Hörsaal

■ Videoempfangsmaschine (realer Hörsaal):

- Siehe Aufgaben der Empfangsmaschine im virtuellen Hörsaal

■ Projektionsgerät (Empfangshörsaal):

- Großbildprojektion eines Videosignals an eine Medienwand und/oder Projektion eines Monitorsignals (entsprechend gute Auflösung und Helligkeit, da Hörsaal nicht vollständig abgedunkelt werden kann (Studenten müssen mitschreiben können))

■ Kontrollmonitor (realer Hörsaal):

- Darstellung des Videobildes aus dem Empfangshörsaal (Informationsquelle für den Dozenten)

1.5.2 Audioübertragung

Im folgenden werden die verschiedenen Audiosignale innerhalb eines Teleteaching-Systems und ihre Aufgaben betrachtet. Dabei wird eine direkte Zuordnung zu entsprechender Gerätetechnik getroffen. Diese Konzeption ist eine erste Darstellung, wie die verschiedenen

Audio-Signale eines Teleteaching-Systems verarbeitet und wie sie innerhalb des Gesamtsystems geleitet werden.

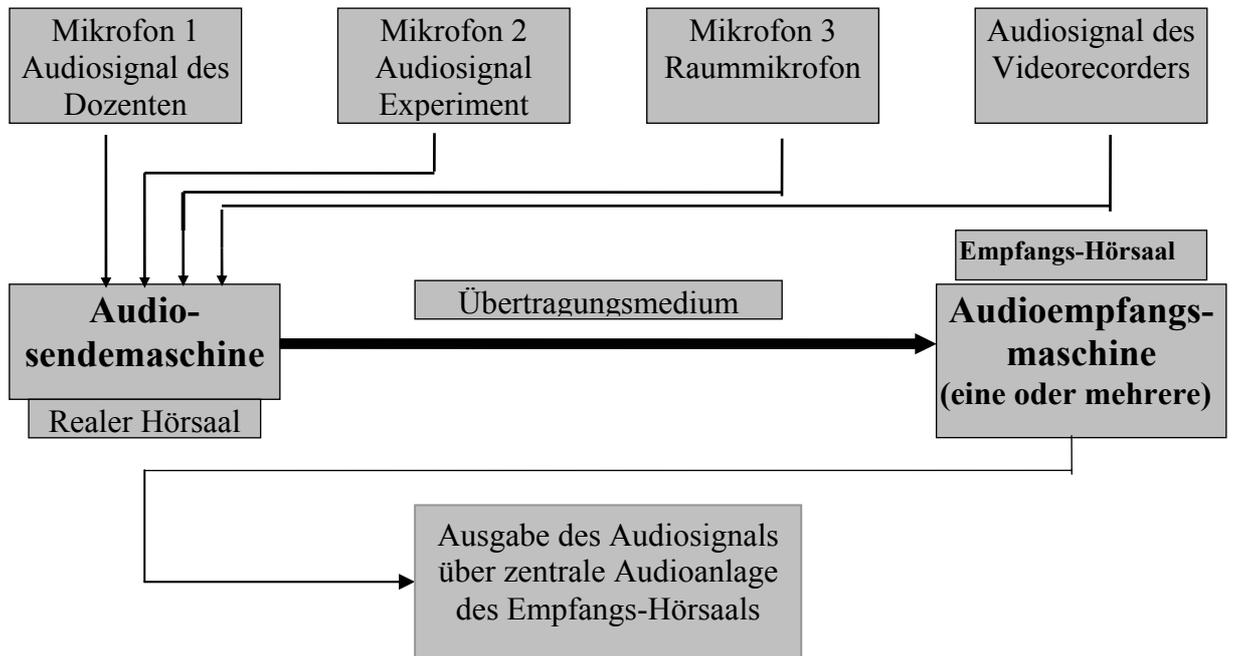


Abb. 6: Übertragung der Audiosignale in den Empfangshörsaal

Analog zur Videoübertragung ist auch eine **Rückübertragung des Audiosignals** zu garantieren, um eine **bidirektionale Kommunikation** zu garantieren.

In dem entfernten Hörsaal ist für die Wiedergabe aller ankommenden Signale eine Audioanlage notwendig. Um die Rückinformation in die vorhandene Audiosendemaschine im Empfangshörsaal einzukoppeln, muß analoge Mikrofontechnik bereitgestellt werden. Bei der Auswahl dieser Technik sollte immer auf eine gute Richtcharakteristik der Geräte geachtet werden, da es sonst zu unerwünschten Koppelleffekten und einer Echobildung (bedingt durch die Laufzeiten) kommt.

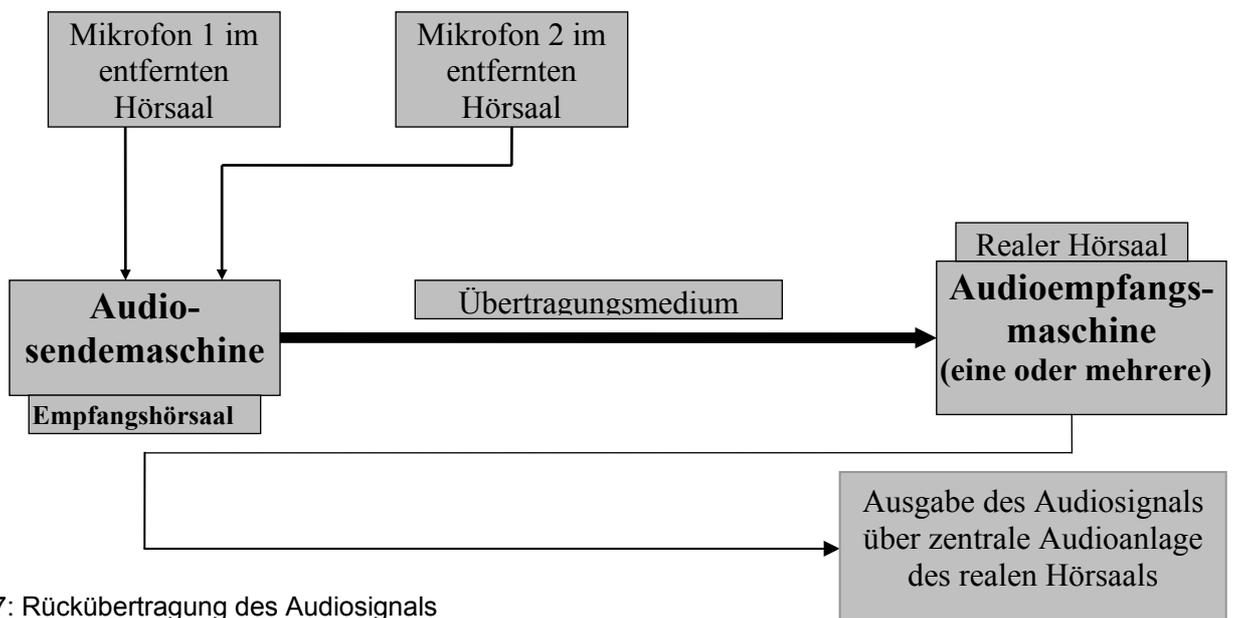


Abb. 7: Rückübertragung des Audiosignals

1.5.3 Präsentationsgrafik

Wenn eine bidirektionale Video- und Audioverbindung zwischen den Hörsälen garantiert ist, kann problemlos eine Kommunikation zwischen den Partnern stattfinden.

Einen wesentlichen Teil des **Lehrstoffes** einer Vorlesung wird durch den Dozenten über **Folien** an den Studenten vermittelt. Diese müssen ebenfalls in den Empfangshörsaal übertragen werden.

Dies ist auf unterschiedlichen Wegen möglich (erste Untersuchungen wurden bereits unter 1.4 gemacht):

- (1) Folien werden als Videobild mit in den entfernten Hörsaal übertragen (Aufnahme mit einer Kamera)
 - (1.1.) getrennte Videoübertragung, d.h. Videobild des Dozenten und über einen weiteren Kanal des Videobild der Folien
 - (1.2.) Dozentenvideo und Grafiken werden zu einem Videostrom gemischt und als ein Kanal übertragen
- (2) Folien werden als getrennte Information übertragen. Es erfolgt keine Wandlung in einen Videodatenstrom, sondern es werden die Grafiken direkt in den Empfangshörsaal übertragen. Damit wäre der Teil der Grafikpräsentation völlig unabhängig von der Audio- und Videoübertragung.

Die **Übertragung von Präsentationsgrafiken** muß unbedingt mit der Möglichkeit der **Annotation** verbunden werden. Der Dozent sollte immer bestimmte Teile der Folien spontan hervorheben können. Dieses **aktive Arbeiten auf den Präsentationsgrafiken** kann wesentlich zur Verbesserung des Gesamtverständnisses des Lehrstoffes beitragen.

Auf die Probleme mit der Tafel wurde bereits mehrfach hingewiesen, da dieses traditionelle Medium in vielen Punkten für Teleteaching als ungeeignet erscheint. Aber auf die Nutzung einer Tafel wird wahrscheinlich kein Dozent verzichten wollen, so daß unbedingt eine Möglichkeit geschaffen werden muß, um die an der Tafel **geschriebenen Informationen** ebenfalls in den Empfangshörsaal zu **übertragen**. Dazu gibt es ebenfalls zwei Möglichkeiten:

- (1) Übertragung als Videobild (Tafel wird mit Kamera aufgenommen und als Videodatenstrom übertragen)
- (2) Die Information wird beim Schreiben elektronisch erfaßt und als Datenstrom in den Empfangshörsaal übertragen (qualitativ bessere Variante).

Die folgende Grafik zeigt das Zusammenspiel der Maschinen zur Grafikübertragung zwischen realem und Empfangshörsaal.

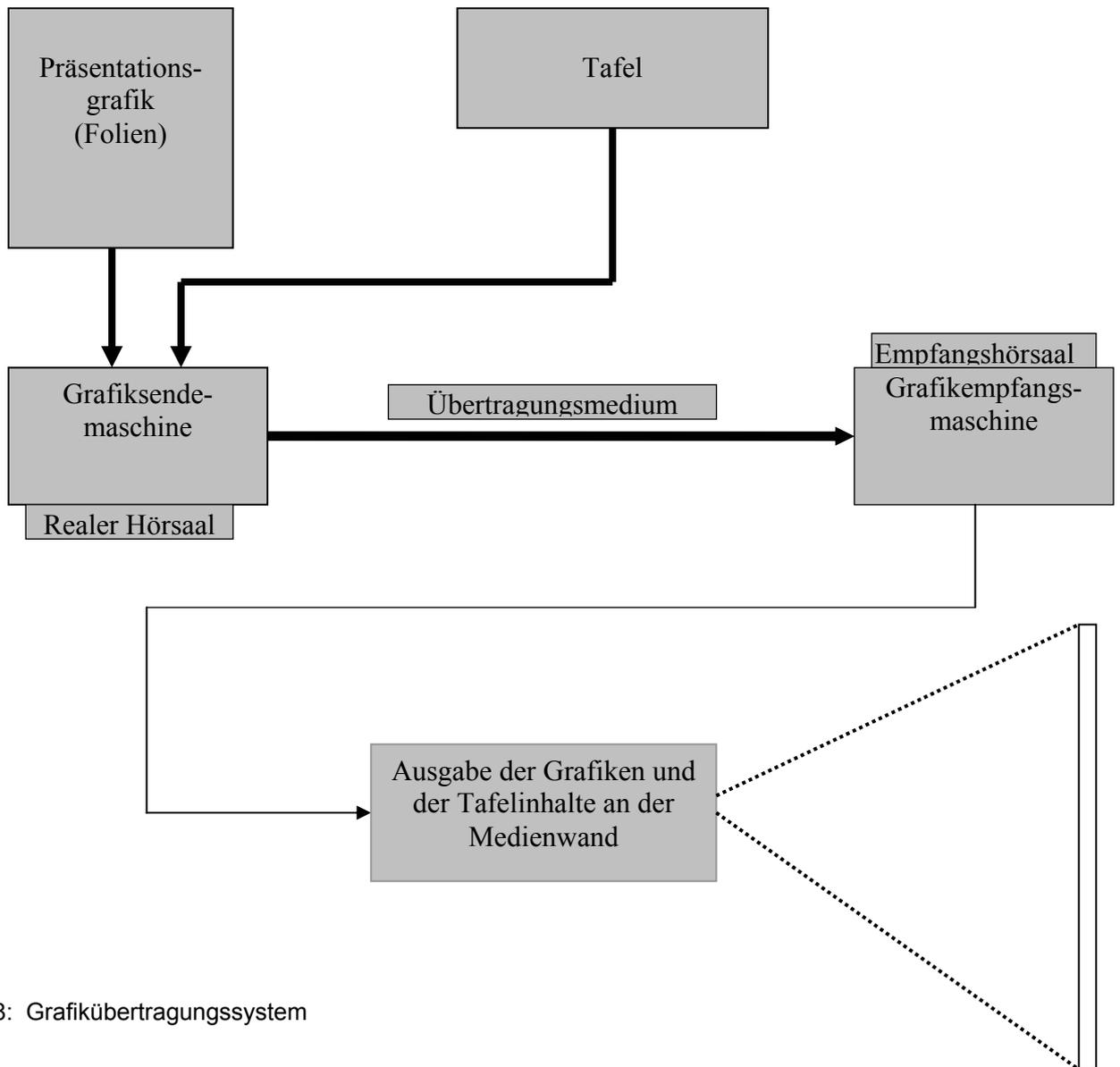


Abb. 8: Grafikübertragungssystem

In der Darstellung wird bereits von der Möglichkeit ausgegangen, daß der **Tafelinhalt direkt in eine Maschine** eingespeist wird. Die Möglichkeit der Erfassung mittels Videokamera und der Übertragung als Videodatenstrom wurde bereits nach ersten Test verworfen. Die Qualität war unzureichend. Für die Studenten im Empfangshörsaal war es nicht möglich, alle Details auf der Tafel zu identifizieren. Mit diese Technologie wäre das Medium Tafel in einer Teleteaching-Veranstaltung nicht zu benutzen. Auf Grund der Wichtigkeit dieses Präsentationsmediums müssen andere Wege genutzt werden, um den Einsatz zu garantieren. Eine Möglichkeit bietet die **elektronische Erfassung des Tafelinhaltes** beim Schreiben und dessen Übertragung in den Empfangshörsaal.

2 Pädagogische Aspekte

2.1 Grundlegende Betrachtungen

„In verschiedenen Bereichen von Wissenschaft und Technik, Industrie und Politik wird die Bedeutung moderner Informations- und Kommunikationstechniken für den Erhalt der Wettbewerbsfähigkeit der Gesellschaft hervorgehoben. Auch für das Studieren und lebenslange Lernen eröffnen die sich schnell entwickelnden Informationstechnologien scheinbar zahlreiche neue Wege“ [08].

Die **Möglichkeiten**, die uns moderne Informationstechnologien bieten, werden heute **nur teilweise genutzt**. Diese Tatsache hat mehrere Gründe:

- Die technischen Möglichkeiten sind dem Lehrenden oft unbekannt;
- Eine Lehrveranstaltung multimedial aufzubereiten, setzt eine neue Konzeption der Durchführung der Lehrveranstaltung voraus;
- Aufbereitungen von Lehrveranstaltungen für die Nutzung in multimedialen Systemen ist für Nicht-Informatiker oft mit großem technischen Aufwand verbunden;
- der Studierende muß sich aktiv mit dem Lehrstoff auseinandersetzen und wesentlich konzentrierter die Lehrveranstaltung besuchen;
- bei einer multimedialen Aufbereitung des Lehrstoffes muß sorgfältige vorgegangen werden, um eine „Übersättigung“ der Vorlesung mit Informationen zu vermeiden. Es darf nicht zu einer unüberschaubaren Datenflut für den Lernenden kommen.

„Vor dem Hintergrund der Paradoxie zwischen in Aussicht gestellten Möglichkeiten und tatsächlich genutztem Potential moderner Informationstechnologien scheint es besonders wichtig und sinnvoll, Erkenntnisse der Psychologie und der Arbeitswissenschaften zur Entwicklung multimedialer vernetzter Informationssysteme für die universitäre Lehre zu nutzen“ [08].

Im Rahmen der Schrift „Studienplatz 2000“ [08] wurden aus psychologischer Sicht bei der Entwicklung multimedialer Werkzeuge für die Lehre folgende Problemfelder analysiert:

- psychologische Anforderungsanalyse von Lehr- und Studienaufgaben,
- Repräsentationsproblem,
- Präsentationsproblem,
- Interaktionsproblem.

Für Teleteaching-Veranstaltungen muß besonders das Interaktionsproblem betrachtet werden. Dabei werden unterschiedliche Anforderungen an die universitären Lehrformen gestellt.

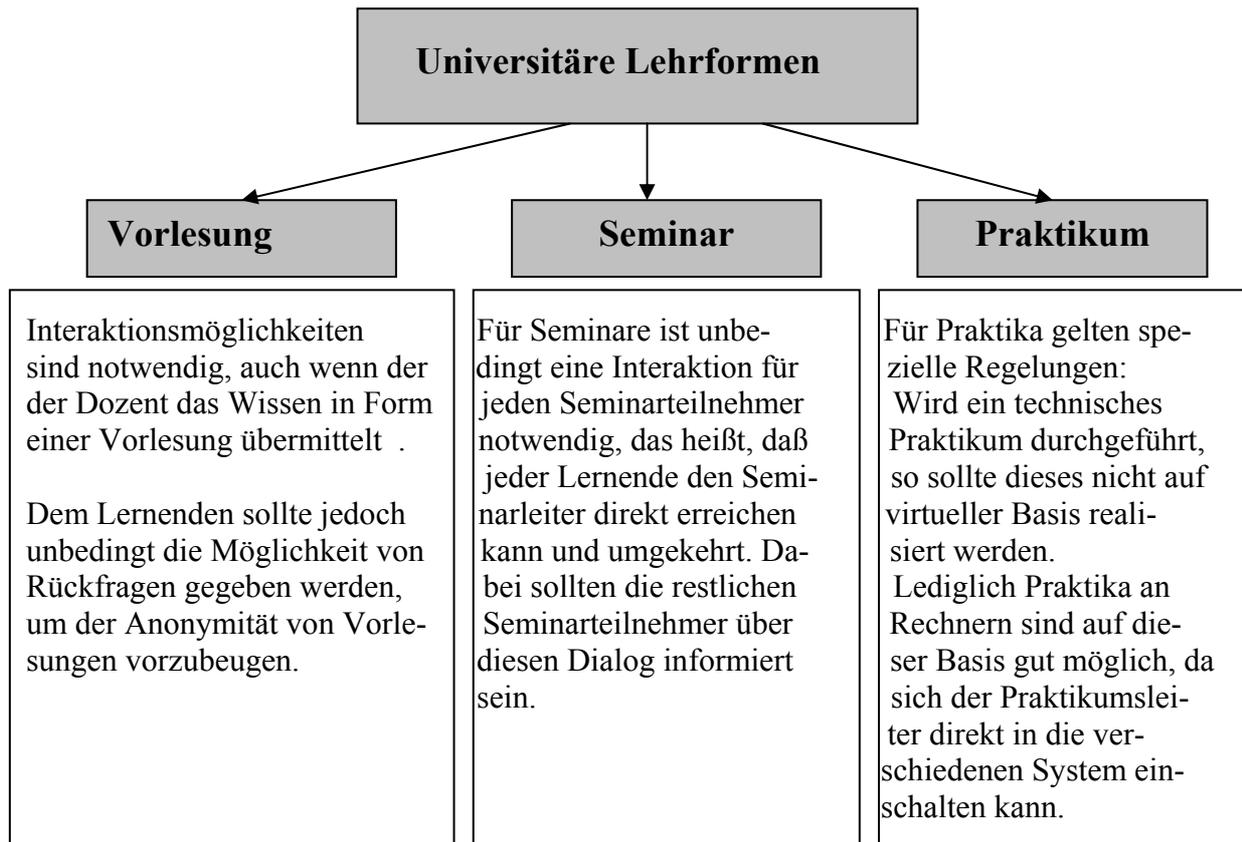


Abb. 9: Universitäre Lehrformen

2.2 Analyse bisheriger Erfahrungen

Für Teleteaching-Veranstaltungen existieren **relativ wenige Erfahrungen auf dem pädagogisch-psychologischen Gebiet**. Die bis jetzt genutzten Systeme aus Mannheim/Heidelberg, Dresden/Freiberg und Nürnberg/Erlangen haben ausschließlich **technische Erfahrungsberichte** geliefert. Aus diesen Gründen kann nicht auf Analysematerialien aus vorherigen Tests zurückgegriffen werden.

In Mannheim wurden lediglich Umfragen unter den Studenten gemacht, die sich durchweg positiv über die neuen Lehrformen äußerten (lt. Aussagen von Prof. Effelsberger).

Erste Untersuchungen zum Thema Telelearning wurden auf psychologischem Gebiet durch Prof. Dr. Körndle (TU-Dresden) unter dem Titel „Studienplatz 2000“ gemacht [08].

Nach Implementierung des Jenaer-Systems und Nutzung im Bereich Werkstoffwissenschaft wurden detaillierte Untersuchungen durch die Psychologische Fakultät der Friedrich-Schiller-Universität Jena realisiert. Die Ergebnisse der Analysen sind in [41], [42] und [43] enthalten.

2.3 Neue Kriterien und Anforderungen

Ein Teleteaching-System für die universitäre Ausbildung im Bereich der Vorlesung muß Informationen aus folgenden Medien bereitstellen:

(1) Dozent in Ton und Bild

Dabei ist wesentlich, daß der Dozent in voller Größe im Videobild vorhanden ist,

um auch gewisse Gestiken mit in den entfernten Hörsaal zu übertragen. Eine störungsfreie Audiosignalübertragung ohne Nebengeräusche und Echoeffekte ist eine der wichtigsten Voraussetzungen.

- (2) Übertragung von Präsentationsgrafiken möglichst unabhängig von Audio und Video in einem gesonderten Präsentationsgrafiksystem.
Dabei müssen alle Möglichkeiten der Annotation und Animationseffekte genutzt werden. (Präsentationsgrafiksystem siehe Abschnitt 1.5.3)
- (3) Nutzung von externen Videoeinspielungen und das Umblenden für spezielle Experimentalvorlesungen.

Aus diesen Punkten ist ersichtlich, daß ein komplexes **Teleteaching-System weit mehr ist als eine Datenübertragung von Ton und Bild.**

In einem derartigen System wird auf eine große Menge von Informationen zugegriffen, die auf unterschiedlichen Medien zur Verfügung stehen. Diese Komplexität erfordert vom Lehrenden ein exaktes Konzept für die Lehrveranstaltung („Drehbuch“).

Je nach Umfang des Einsatzes von unterschiedlichen Medien durch den Dozenten ist ein Mitarbeiter in der Regie erforderlich. Dieser sollte genaue Kenntnis über den Ablauf der Vorlesung haben („Drehbuch“), um den Dozenten bei der Durchführung der Veranstaltung zu unterstützen.

Wird eine derartige Konzeption nicht realisiert, kann es schnell zu unqualifizierten Vorlesungen kommen und der Lernerfolg im Empfangshörsaal bleibt aus. Die Lernenden werden mit Informationen überschüttet und der Gesamtüberblick (rote Faden) geht verloren.

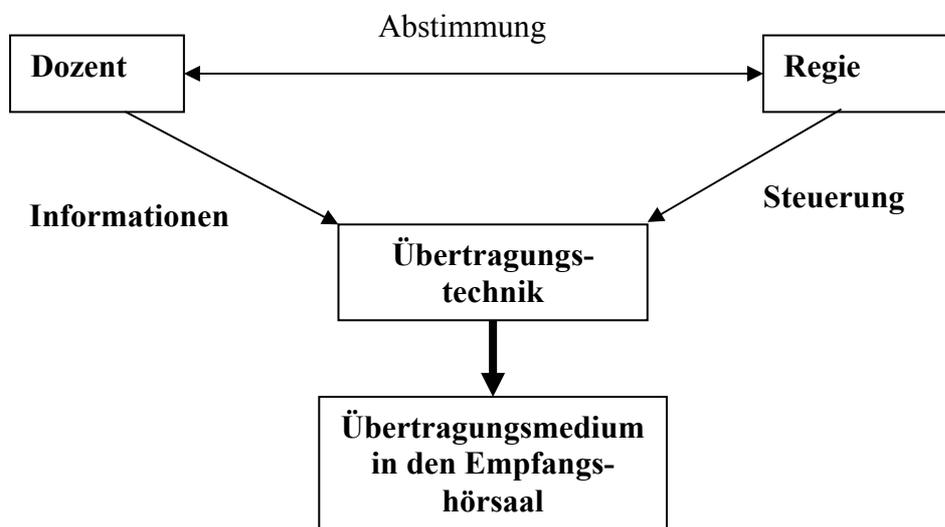


Abb.10: Zusammenhang Dozent-Regie-Technik

Die **traditionelle Vorlesung** soll durch die Nutzung von Teleteaching und multimedialen Lehrformen nicht abgelöst, sondern **ergänzt** bzw. **erweitert** werden. Das angestrebte Ergebnis ist eine Lehrveranstaltung, welche durch die neue Möglichkeiten der multimedialen Präsentation erweitert wird. Eine Universität kann durch Nutzung von Teleteaching Lehrveranstaltungen importieren und damit ihr Vorlesungsangebot wesentlich erweitert

2.4 Design von Präsentationsgrafiken

Präsentationsgrafiken sind ein **wesentliches Hilfsmittel**, um Wissen zu vermitteln. Dabei wird der Aspekt ausgenutzt, daß sich **visuell dargestellte Information** schneller und effektiver vermitteln läßt.

Sie lassen sich auf verschiedene Arten herstellen, die dann mit unterschiedlichen Techniken dem Wissensempfänger präsentiert werden.

- (1) Präsentationen auf Papier müssen gedruckt oder gezeichnet werden. Danach erfolgt eine Vervielfältigung, um jeden Studenten das Material zu übergeben. Diese Möglichkeit ist für Teleteaching-Lehrveranstaltungen denkbar ungünstig, da ein direktes Arbeiten mit dem Lehrmaterial durch den Dozenten schlecht möglich ist, und außerdem ist diese Variante ökonomisch kaum noch zu vertreten.
- (2) Präsentationen werden auf Folien gedruckt oder gezeichnet. Die Darstellung erfolgt mittels Overhead-Projektor. Der Dozent hat verschiedene Möglichkeiten, die Informationen auf den Arbeitsmaterialien zu erläutern:
 - zeigen auf der Folie am Projektor,
 - zeichnen auf der Folie mit wasserlöslichem OHP-Stift,
 - Nutzung eines Laser Pointers zur Erläuterung,
 - Nutzung einer Overlay Folie zur Annotation.
- (3) **Präsentationsgrafiken** werden mit spezieller Software erstellt (z.B. MS-PowerPoint) und auf einem **Rechner** abgespeichert. Die Präsentation erfolgt mit einer **Viewer-Software** und einem Projektor für Datenprojektion oder einem LCD-Display im Verbindung mit einem OH-Projektor. Diese Möglichkeit ist die denkbar **günstigste Variante**, um visuell Wissen zu vermitteln. Sie hat folgende Vorteile:
 - Nutzung aller rechentechnischen Möglichkeiten zur Gestaltung der Präsentationsgrafik,
 - Veränderungen sind problemlos und schnell zu realisieren,
 - Nutzung spezieller Annotationssoftware ist möglich,
 - Kopplung der Grafikpräsentation mit Tonsequenzen ist möglich (Voraussetzung ist ein Multimedia PC),
 - Studenten können sich die Unterlagen selbst ausdrucken (falls vom Dozenten gewünscht).

Die Nutzung elektronischer Präsentationsgrafiken hat trotz der vielen und gewichtigen Vorteile auch einige **Nachteile**, die nicht unerwähnt bleiben sollen:

- Am Präsentationsort muß ein Rechner vorhanden sein, die Viewer-Software muß auf diesem Rechner installiert sein oder unter dem vorhandenem Betriebssystem laufen,
- falls kein Rechner vorhanden ist, dann muß der Dozent einen Rechner mitbringen (evtl. Notebook),
- Dozent muß sich mit der Software zur Erstellung der Präsentationsgrafiken beschäftigen,

- Erstellungszeit einer Grafik ist größer als die einer herkömmlichen Folie (abhängig von der Qualität und den eingebauten Effekten in der elektronischen Präsentationsgrafik).

3 Analyse bestehender Systeme

In den letzten Jahren wurde in Deutschland und auch in den USA verstärkt an dem Thema Teleteaching gearbeitet. Es entstanden mehrere Systeme mit unterschiedlicher technischer Basis. In Vorbereitung des neuen Konzeptes für Teleteaching in Thüringen wurden einige dieser **Projekte analysiert**, um auf den **Erfahrungen** daraus aufbauen zu können.

Folgende Projekte wurden in die Analyse einbezogen:

- (1) Teleteaching an den Universitäten Mannheim und Heidelberg
- (2) Studium per Internet an der TU Chemnitz
- (3) Teleteaching Dresden und Freiberg
- (4) Teleteaching der Universitäten Nürnberg und Erlangen

Alle diese Projekte hatten das Ziel der direkten Zusammenarbeit mehrerer Universitäten unter Nutzung der bestehenden Rechnernetze in Deutschland und damit der Realisierung von verteilten Studiengängen. Die technische Umsetzung ist jedoch in den ausgewählten Projekten recht unterschiedlich. Aus diesem Grund werden im Nachfolgenden die wesentlichen Schwerpunkte und Konzepte vorgestellt und in Bezug auf das zu realisierende System in Thüringen analysiert. Die bereits gewonnenen Erfahrungen sollen in das neue Konzept einfließen und festgestellte Unzulänglichkeiten sollen nach Möglichkeit beseitigt werden.

3.1 Teleteaching-Projekt Mannheim und Heidelberg

Das Teleteaching-Projekt zwischen den Universitäten in Mannheim und Heidelberg hatte das Ziel der Übertragung von Lehrveranstaltungen (Vorlesungen) in den Fachgebieten technische Informatik und Physik, es sollten für die Realisierung neue multimediale Medien eingesetzt werden [21].

Die **Basis** für dieses Teleteaching-Konzept bildet je ein **Multimediahörsaal** an den beiden Universitäten, der mit moderner Audio- und Videotechnik ausgestattet ist.

Als rechentechnische Basis wird je eine **Multimedia-Workstation** eingesetzt, die über das B-WiN, das digitale ATM-Netz des DFN-Vereins, miteinander verbunden sind.

Es werden zwei Kameras eingesetzt, eine für die Aufnahme des Dozenten und eine für das Auditorium. Der sonst in Vorlesungen übliche Overheadprojektor wird durch die Workstation ersetzt. Auf ihr werden die Vorlesungsdokumente in multimedialer Form aufbereitet. Über einen Projektor werden die Grafiken im Sendehörsaal groß projiziert und gleichzeitig in den entfernten Hörsaal übertragen. Als **Übertragungssoftware für die Grafiken** wird das **Mbone Tool „wb“** (Whiteboard) eingesetzt. Ein zweiter Projektor projiziert das Bild der Studenten aus dem entfernten Hörsaal an eine Seitenwand des realen Hörsaals.

Die **Audio- und Videoübertragung** erfolgt ebenfalls mit den **Mbone Tools „rat“** für die Audioübertragung und „vic“ für die Videoübertragung.

Es wurde mittels der Workstation ein Kanal für Audio und Video in den entfernten Hörsaal und ein Rückkanal realisiert. Damit ist eine interaktive Kommunikation möglich. Das komplette Szenario des Teleteaching Projektes Mannheim / Heidelberg ist in „Studieren und Weiterbilden mit Multimedia“ [15] exakt beschrieben.

Im Rahmen der Informatikvorlesung von Prof. Effelsberg wurde das System eingesetzt. Über die Akzeptanz bei den Studenten und auch bei Dozenten sind derzeit noch keine Ergebnisse bekannt.

Die benutzten Mbone-Tools werden im Punkt 4.2.4 noch genauer für den Einsatz in Teleteaching-Systemen untersucht.

Das bereits genutzten Teleteaching-System erfüllt folgende Aufgaben:

- Übertragung von Videobildern in den entfernten Hörsaal,
- Übertragung des Audiosignals in den entfernten Hörsaal,
- Übertragung von Präsentationsgrafiken in den entfernten Hörsaal,
- Realisierung einer Rückkopplung (Audio- und Video) aus dem entfernten Hörsaal.

Durch die Realisierung der eben vorgestellten Punkte kann man von einem funktionsfähigen Teleteaching-System sprechen. Die Umsetzung dieser Forderungen sagt aber noch nichts über die erreichten Qualitätsmerkmale und die damit eng verbundene Akzeptanz bei den Studierenden aus.

Durch die Analyse des verwendeten Szenarios in Mannheim und durch analoge eigene Untersuchungen (Nachstellung des Systems) wurden folgende Probleme bzw. Unzulänglichkeiten ermittelt:

- Videoqualität max. 15-18 f/s bei einer Datenrate von max. 1 Mbit/s . In praktischen Anwendungsfällen liegen die Übertragungsergebnisse oft deutlich darunter, so daß man die Übertragung nicht verwenden kann (1-4 f/s bei 150 kbit/s),
- Audioqualität ist oft sehr mangelhaft (keine durchgehende Übertragung, fehlende Teile zerstückeln den Redefluß und machen das Signal unbrauchbar). Diese Verluste sind in vielen Fällen durch eine Überlastung der Maschine bedingt (Video- und Audiosignale werden zusammen auf relativ schwachen Maschinen verarbeitet),
- Präsentationsgrafiken werden über das Mbone-Tool „wb“ in den entfernten Hörsaal übertragen (Voraussetzung ist ein Postscriptfile, d.h. Konvertierung ist erforderlich),
- der Dozent ist immer an eine Maschine gebunden (Steuerung der Grafik im Whiteboard) und kann sich nicht frei im Hörsaal bewegen,
- viele Präsentationssysteme sind PC-basierend und können nicht innerhalb einer UNIX-Lösung eingesetzt werden (Mbone-Tools sind nur für Solaris und Irix verfügbar),
- das Whiteboard der Mbone-Tools hat einen sehr eingeschränkten Funktionsumfang und läßt viele Möglichkeiten der visuellen Präsentation offen,
- Realisierung des Gesamtsystems über Multicast ist ungünstig, da Qualitätseinschränkungen akzeptiert werden müssen (siehe Punkt 4.2.4.2) und eine Verteilung der Information nach dem Multicast Prinzip nicht zwingend notwendig ist, wenn eine definiert kleine Anzahl von Universitäten (ca. 2-4) zusammenarbeiten.

Alle diese Aufgaben (Audio- und Videoübertragung und Grafikübertragungen) werden mit einer Workstation realisiert. Durch entsprechende eigene Lastanalysen wurde festgestellt, daß eine qualitativ hochwertige Übertragung mit einer Maschine nicht realisierbar ist, da die Leistungsgrenze der benutzten Workstations schnell erreicht ist. Spezielle Tests wurden mit SUN Ultra³ und SGI Indigo^{2,4} durchgeführt.

3.2 Studium per Internet der TU Chemnitz

Das an der TU Chemnitz entwickelte System zum Studium per Internet wird oft als Teleteaching-System bezeichnet. Aus diesen Gründen soll kurz darauf eingegangen werden. Das Internet basierende Lernsystem ist für Fernstudenten entwickelt, die einen Teil ihres Studiums mit dieser Technologie realisieren. Es werden Aufgaben und Lösungen ausgetauscht und spezielle Anfragen beantwortet.

³ Ultra-SPARC Prozessor (64 Bit) 167MHz, 4 GB Festplatte, 64 MB Speicher, Creator 3D Grafikkarte

⁴ R4400SC Prozessor (64 Bit) 250MHz, 2 GB Festplatte, 64 MB Speicher, Solid IMPACT Grafikkarte

Daraus ist ersichtlich, daß dieses Projekt in seiner Grundstruktur nicht in den Bereich der Teleteaching-Systeme mit Echtzeitübertragungen einzuordnen ist. Die Fernstudenten können keine direkten Live-Vorlesungen miterleben. Es werden Dokumente auf bestimmten Servern bereitgestellt, die zu bearbeiten sind. Danach werden die Lösungen dem Dozent mittels eMail zugesandt. Ein direkter Kontakt über Rechnernetze mit dem Dozenten mittels Videokonferenz ist momentan nicht vorhanden, aber durchaus vorstellbar. Damit kann dieses bereits realisierte und angewendete System hier nicht weiter untersucht werden. Es muß in den Bereich Distance Learning eingeordnet werden, welcher innerhalb dieser Arbeit nicht näher betrachtet wird. Eine genauere Erläuterung zu diesem Projekt findet man unter [15].

3.3 Teleteaching Projekt Dresden-Freiberg

Das Projekt Teleteaching Dresden-Freiberg ist analog dem Mannheimer Szenario für Informatikvorlesungen realisiert worden. Die Grundlage für dieses System bilden ebenfalls die bereits erwähnten MboneTools. Die rechentechnische Basis bilden UNIX Maschinen von DEC und SUN⁵. Die dabei auftretenden Probleme, bedingt durch die Nutzung der Mbone-Tools, wurden bereits im Projekt von Mannheim und Heidelberg genannt.

Für das Dresdener Projekt kam noch erschwerend hinzu, daß nur eine Bandbreite von 2 Mbit/s für die Video-, Audio- und Datenübertragung zur Verfügung stand. Mit dieser Bandbreite ist es nicht realisierbar, daß unter Nutzung der Mbone-Tools Videobilder in guter Qualität übertragen werden können. Für die Vorlesung notwendige externe Videosequenzen wurden mittels FTP vor der Veranstaltung übertragen. Lehrmaterialien wurden den Studenten mittels WWW bereitgestellt.

Die Analyse dieses Projektes ergab analoge Ergebnisse wie im Mannheimer Teleteaching-System. Das komplette Projekt ist unter [22] und [23] vorgestellt.

3.4 Teleteaching Projekt Nürnberg-Erlangen

Auch die Universitäten Nürnberg und Erlangen sind sehr aktiv auf dem Gebiet Teleteaching. Dort sind inzwischen zwei Projekte realisiert worden. Das erste System arbeitete auf der Basis des Videokonferenzsystems ShowMe von SUN und das zweite, 1998 auf der CeBit vorgestellte System, hat als Basis eine Hardwarelösung der Firma FORE.

Das System auf Basis ShowMe

Das Teleteaching Projekt der Universitäten Nürnberg–Erlangen nutzt als rechentechnische Basis Multimedia-Workstations der Firma SUN und das zugehörige Videokonferenzsystem ShowMe. Es wurde an beiden Universitäten ein multimedialer Hörsaal eingerichtet, ausgestattet mit semiprofessioneller Audio- und Videotechnik. Die Encodierung und Decodierung der Audio- und Videodaten erfolgt mittels Videokarten der Firma SUN und der zugehörigen Videokonferenzsoftware. Das Übertragungsmedium ist ein extra für das Projekt bereitgestelltes ATM-Netz mit einer Kapazität von 43 Mbit/s.

Das benutzte Videokonferenzsystem ist eine Eigenentwicklung der Firma SUN, und hat keinen internationalen Standard (genauere Erläuterungen siehe Punkt 4.2.2).

Nach einer Analyse und eigenen Nachstellungen des Szenarios können folgende Feststellungen getroffen werden:

⁵ genauere Spezifikation der Maschinen ist in den Projekt-Unterlagen nicht angegeben

- Alle Funktionen werden auf einem Bildschirm abgebildet (Video des Dozenten, Video der Studenten im entfernten Hörsaal, Whiteboard mit Grafiken),
- Tafelbilder werden von der Kreidetafel mit Videokamera aufgenommen,
- Videobilder sind nicht als PAL-Signal an einer definierten Schnittstelle vorhanden,
- Bei Annotationen im Whiteboard muß der Dozent an der Maschine sitzen,
- Steuerfenster sind ebenfalls auf dem Bildschirm (Lautstärkeregelung),
- SUN eigener Standard für Videokomprimierung,
- PC-basierende Grafiken müssen erst für das Whiteboard konvertiert werden
- Qualität des Videobildes ist nicht besonders gut (ca. 12-15 f/s)

Als Zusammenfassung der Analyse dieses Systems kann festgestellt werden, daß doch einige erhebliche Mängel gegenüber den unter Punkt 1 aufgestellten Anforderungen an ein Teleteaching-System bestehen.

Das komplette Szenario dieses Teleteaching-Systems der Universitäten Nürnberg-Erlangen findet man unter [25]. Die Funktionalität dieses Systems und analoger Projekte sind unter [27] zu finden.

Das hardwarebasierende Teleteaching-System

Dieses Teleteaching System wurde von der Universität Erlangen in Zusammenarbeit mit dem DFN-Verein entwickelt. Auf der CeBit 98 wurde es vorgestellt, wobei einige Lehrveranstaltungen direkt auf den Stand des DFN übertragen wurden.

Die rechentechnische Basis bildet ein Encoder der Firma FORE, der mit einem ATM-Adapter ausgestattet ist. Das Komprimierungsverfahren ist MJPEG.

Um ein PAL Bild in hoher Qualität zu übertragen ist mit diesem Verfahren mindestens eine Datenrate von 25 Mbit/s notwendig, und es muß ein spezieller ATM-Kanal vorhanden sein.

Die herkömmliche Kreidetafel wird mittels Videokamera aufgezeichnet, und eine spezielle Dokumentenkamera übernimmt die Aufnahme der vorhandenen Präsentationsgrafiken. Die Kamera im Empfangshörsaal ist durch den Dozenten im Sendehörsaal fernbedienbar.

Die Qualität der Übertragung der Videobilder ist bestechend, und es wird auch eine vollständige Synchronität zwischen Audio- und Videosignal erreicht. Dieses System stellt ein hochmodernes Teleteaching-System dar, welches auf Grund der unter Punkt 1 gestellten Forderungen nur wenige, aber teilweise nicht unerhebliche Nachteile aufweist.

Folgende Nachteile wurden festgestellt:

- es ist ein separater ATM-Kanal erforderlich (Punkt zu Punkt),
- die hohe Datenrate von 25 Mbit/s erfordert auch die entsprechenden Kapazität der Datenleitungen und ist damit sehr kostenintensiv,
- die Kreidetafel wird mit Videokameras gefilmt und hat dadurch eine schlechte Auflösung gegenüber Computergrafiken,
- der Anwender ist an die von der Firma FORE vorgegebene Technik gebunden, wenn diese in einem Teleteaching-System benutzt werden soll (MJPEG ist nicht standardisiert),
- die Dokumentenkamera zeichnet die Grafiken ebenfalls im PAL-Standard auf, was keine hochauflösende Foliendarstellung gestattet.

Trotz der aufgezählten Unzulänglichkeiten muß eingeschätzt werden, daß dieses System den Anforderungen an ein modernes Teleteaching zur Echtzeitübertragung von Lehrveranstaltungen am besten gerecht wird.

3.5 Anforderungsanalyse für ein neues Teleteaching-System

Die Analyse der aufgeführten Teleteaching-Projekte, die damit erzielten Ergebnisse und die erarbeiteten Unzulänglichkeiten waren der Grund für die Entwicklung eines neuen Teleteaching-Konzeptes. Es soll ein System entstehen, welches vorrangig für die direkte Zusammenarbeit von Bildungseinrichtungen genutzt werden kann. Besonderer Wert wird dabei auf eine qualitativ hochwertige Videobild- und Präsentationsgrafikübertragung gelegt. Das neue Teleteaching-System soll universell in unterschiedlichsten Lehrgebiete eingesetzt werden können. Die Dozenten müssen ohne lange Einarbeitungszeiten und Vorkenntnisse sicher mit dem System umgehen können. Für die Studenten muß es unwesentlich sein, ob sie sich im realen oder entfernten Hörsaal befinden. Das bedeutet, die Qualität der Wissensvermittlung muß in beiden Hörsälen identisch sein.

Als Ergebnis der Analyse bereits abgeschlossener Projekte werden folgende technische Anforderungen an das neue System gestellt:

- Videoqualität muß verbessert werden, so daß Frameraten 25 f/s erreicht und durchgängig garantiert werden können,
- die Audioqualität muß während der Veranstaltung gleichbleibend stabil sein und darf durch Lastveränderungen der Maschinen nicht beeinflußt werden,
- Videobild und Ton müssen synchron sein und dürfen nicht durch unterschiedliche Laufzeiten der Daten verschoben sein,
- die Audio- und Videodatenkompression sollte nach einem standardisierten Verfahren erfolgen, um die entstehenden Daten auch mit anderen Systemen weiter bearbeiten zu können (z.B. Videoserver),
- der gesamte Präsentationsgrafikteil muß im Funktionsumfang wesentlich erweitert werden, da auf dieser Ebene der größte Anteil an Wissen übermittelt wird,
 - Präsentationsgrafiken müssen in PC Desktopqualität in den entfernten Hörsaal übertragen werden (z.B. Bildschirmauflösung von 1024x768 Pixel),
 - Dozent muß unterschiedliche PC basierende Programme nutzen können (z.B. MS-PowerPoint, Netscape, MS-Word, Corel usw.),
 - dem Dozent muß eine Tafel zur Verfügung stehen, um zusätzliche handschriftliche Erläuterungen zu realisieren,
- das Handling des Systems durch den Dozenten muß verbessert werden,
- ein unabhängiges Arbeiten von der Maschine ist angestrebt, d.h., der Dozent soll nicht vor einem Monitor sitzen und die Vorlesung von dort halten und
- der zu übertragene Datenstrom muß in einem akzeptablen Verhältnis zur Anschlusskapazität der gesamten Einrichtung stehen (25 Mbit/s Audio- und Videodatenstrom bei einer Anschlusskapazität von 34 Mbit/s der Hochschule ist unrealistisch).

4 Technische Grundlagen des Teleteachings

4.1 Grundlagen und Konzepte

Bei Untersuchungen im Teleteaching Bereich sind der **theoretische, pädagogische und der technische Aspekt** zu untergliedern. Auf die theoretischen und pädagogischen Schwerpunkte wurde bereits in den Punkten 1 und 2 eingegangen, so daß jetzt der technische Teil weiter zu untersuchen ist. Das heißt, es werden unterschiedliche **Softwaretools** in Verbindung mit der dazu notwendigen **Hardware** für den möglichen Einsatz in einem Teleteaching-System untersucht. Dabei sind immer die neuen Anforderungen aus den Kapiteln 1 und 2 zu beachten. Die Untersuchungen sollen die Hard- und Software liefern, welches am günstigsten geeignet ist, die neuen Anforderungen zu realisieren.

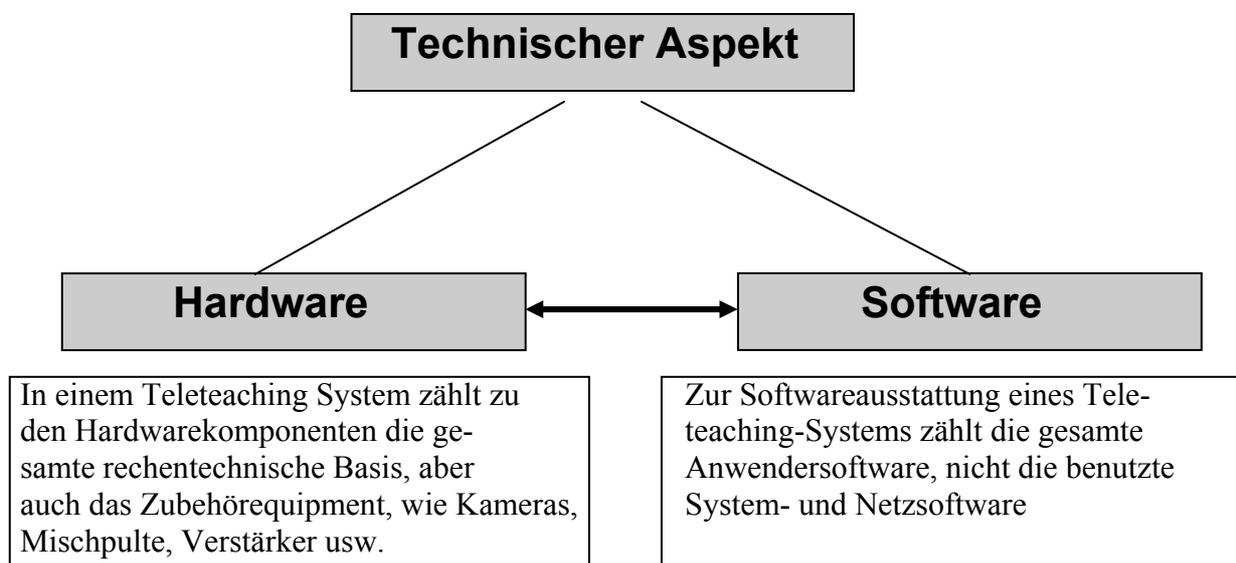


Abb. 11: Zusammenhang Technischer Aspekt

Die wichtigste Voraussetzung für die Übertragung von multimedialen Daten und damit auch für die Nutzung eines Teleteaching-Systems ist das Vorhandensein eines Hochgeschwindigkeitsnetzes. Nur wenn ein entsprechender Datenanschluß mit ausreichender Kapazität zur Verfügung steht, kann über den Einsatz von Teleteaching nachgedacht werden. Dabei werden Datenraten von 2Mbit/s bis 155 Mbit/s benötigt.

Abhängig ist die erforderliche Kapazität von der Art der Übertragung, von der eingesetzten Hard- und Software und von den Qualitätsansprüchen der Nutzer.

Außer für den Bereich Teleteaching, welcher hier untersucht wird, gibt es noch weitere, oft angrenzende Gebiete, die eine breitbandige Netzanbindung erfordern.

Für folgende Anwendungsgebiete ist ein High Speed Network notwendig:

- Massendatenübertragung
- Videokonferenzen
- Teleteaching-Systeme
- Videoserver-Systeme

Für alle Untersuchungen im Rahmen dieser Arbeit bildet die kommunikationstechnische Basis das B-WiN (Breitband Wissenschaftsnetz) des Deutschen Forschungsnetzvereins (DFN), dem alle deutschen Universitäten angehören. Dieses Netz wird im Rahmen der vorliegenden Arbeit nicht weiter erläutert, es wird als vorhanden vorausgesetzt und für die Übertragung der Daten genutzt.

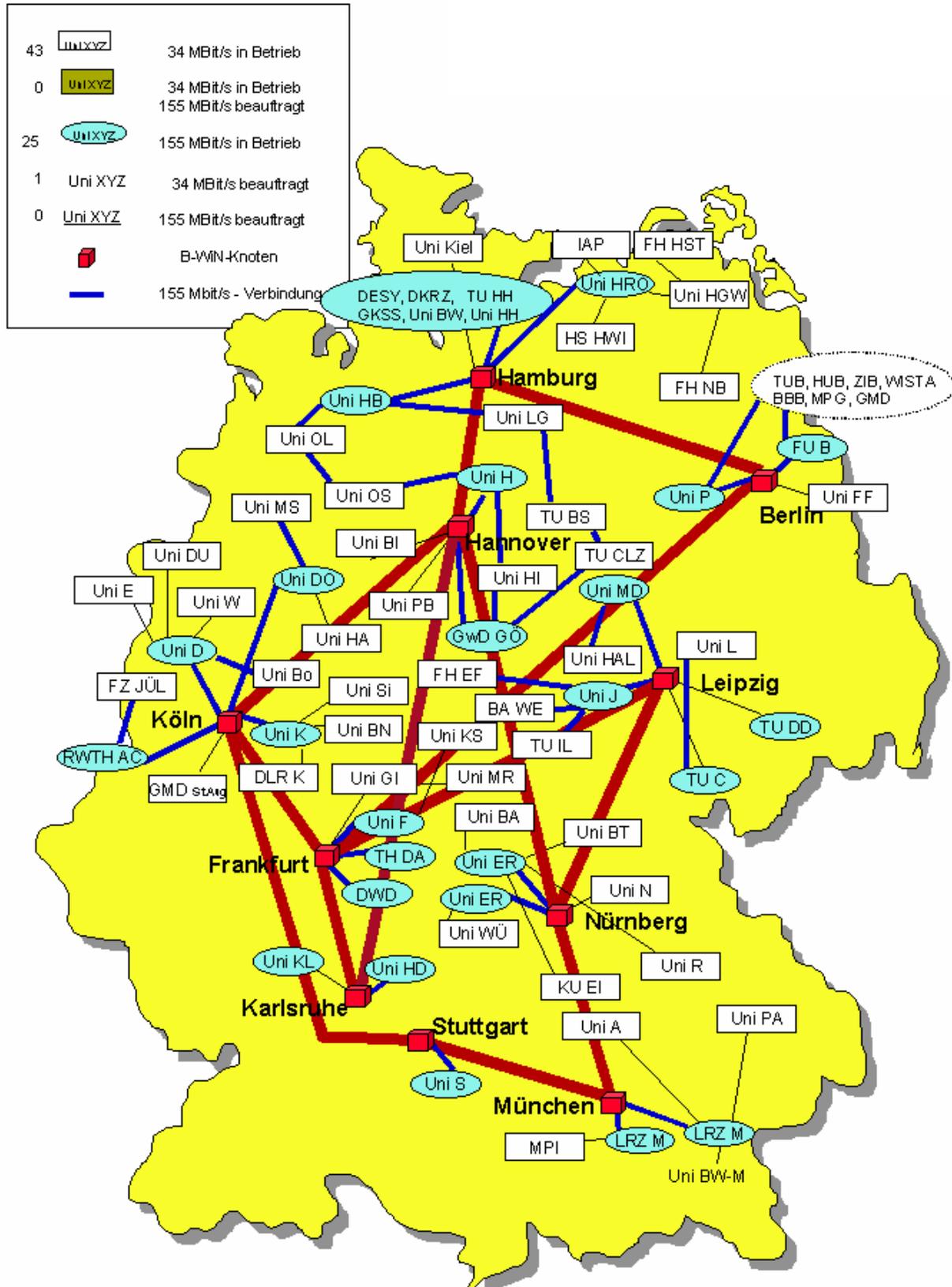


Abb. 12: B-WiN Deutschland – Stand 01.08.99 (Quelle: <http://www.dfn.de>)

4.1.1 Standards im Bereich der multimedialen Kommunikation

4.1.1.1 Fernsehstandards

NTSC

NTSC ist eine Fernsehnorm, die Anfang der fünfziger Jahre in Amerika entwickelt wurde und noch heute genutzt wird. Das Verfahren überträgt die Bildinformationen Luminanz (Y) und die Farbe Rot als Rot-Luminanz (R-Y) sowie Blau als Blau-Luminanz (B-Y). Aus den übertragenen Informationen lässt sich dann die Grüninformation ableiten.

Diese Farbdifferenzsignale (B-Y und R-Y) muß zusammen mit der Luminanzinformation (Y) in einem Kanal übertragen werden, ohne daß diese sich gegenseitig beeinflussen. Die Schwarz-Weißinformation benutzt nicht das gesamte Spektrum des Übertragungskanal, so daß die Farbinformation dort eingebracht werden kann.

Die NTSC-Norm arbeitet mit einer Bildwiederholffrequenz von 60 Hz und einer Abtastnorm von 525 Zeilen. Detaillierte Informationen zu dem NTSC Standard sind unter [28] zu finden.

PAL

Das PAL-Verfahren ist die in Europa am häufigsten benutzte Fernsehnorm und wurde Ende der 50er Jahre basierend auf dem bereits bestehenden NTSC-Standard entwickelt.

Die Übertragung der Farbinformation ist analog dem NTSC, das heißt, es werden die Luminanzinformation (Y) und die beiden Farbdifferenzsignalen R-Y und B-Y in einem Kanal übertragen. Um die möglichen Störungen, bedingt durch Phasenfehler auf der Übertragungstrecke, zu unterbinden, erfolgt beim PAL-Verfahren ein zeilenweiser Polaritätswechsel der R-Y Farbinformation.

Das PAL Verfahren arbeitet mit 50 Halbbildern/s und einer Abtastnorm von 625 Zeilen.

Weitere detailliertere Informationen zum PAL-Verfahren sind unter [28] zu finden. Im Rahmen dieser Arbeit, d.h., in dem neu entwickelten Teleteaching-System wird nur mit PAL-Bildern gearbeitet.

SECAM

Das SECAM-Verfahren ist ein weiterer Fernsehstandard, welcher in Frankreich entwickelt wurde. Dieses Verfahren hat ebenfalls eine eigene Methode der Farbübertragung. International hat SECAM in den letzten Jahren wesentlich an Bedeutung verloren. Die beiden dominierenden Verfahren sind heute weltweit PAL und NTSC.

4.1.1.2 Standards für Video-Komprimierungsverfahren

Die Notwendigkeit der Komprimierung von Videodaten ist leicht zu erklären. Das Datenvolumen, welches innerhalb eines Rechners verarbeitet werden muß und dann über ein Rechnernetz transportiert wird, ist bei unkomprimierten Videodaten so groß, daß es die Leistung der heutigen Rechner und Netzwerke übersteigen würde. Ein Beispiel soll das kurz verdeutlichen:

Geht man bei einem Fernsehbild von 768x625 Pixeln (PAL) und von einer Farbtiefe von 8 bit/Pixel aus, so ergibt sich ein Datenvolumen von ca. 91,5 Mbit/s (bei 25 Bilder/s).

Wird eine Farbtiefe von 24 bit/s (True Color) genutzt, dann erhält man das dreifache Datenvolumen von 275 Mbit/s.

Diese beiden einfachen Rechenbeispiele zeigen, daß ein Datenvolumen von 90 bzw. 270 Mbit/s unrealistische Größen für Netzwerkanwendungen sind. Die heutigen Hochgeschwindigkeitsnetze innerhalb Deutschlands, z.B. das B-WiN, hat eine Kapazität von 155 Mbit/s im Backbone. Eine Anwendung würde damit die gesamte Netzkapazität benötigen. Daraus ist ersichtlich, daß das Videosignal nur in komprimierter Form über Rechnernetze übertragen werden kann.

Durch die Komprimierung wird das zu übertragende Datenvolumen reduziert. **Bildkompressionsverfahren** kann man nach folgenden **Charakteristiken** unterteilen:

- **verlustfreie Komprimierungsverfahren**,
die Ausgangsdaten sind vollständig rekonstruierbar
- **verlustbehaftete Komprimierungsverfahren**⁶,
die Ausgangsdaten sind in ihrer ursprünglichen Form nicht herstellbar
- **interframe Komprimierungsverfahren**⁷,
zeitliche Redundanzen zwischen aufeinanderfolgenden Bildern werden bei der Kodierung berücksichtigt
- **intraframe Komprimierungsverfahren**,
zeitliche Redundanzen zwischen den Bildern werden nicht berücksichtigt
- **symmetrische Komprimierungsverfahren**,
Encodier- und Decodiervorgang sind zeitlich gleich
- **asymmetrische Komprimierungsverfahren**,
der Vorgang der Codierung dauert wesentlich länger als der der Decodierung

Im folgenden wird auf die wichtigsten Videokompressionsverfahren eingegangen. Es finden zur Zeit folgende Komprimierungsverfahren Verwendung:

- XCCC
- H.261
- M-JPEG
- MPEG-1
- MPEG-2
- MPEG-4

In der Entwicklung befinden sich Kompressionsverfahren mit Wavelets und Fraktalen. Alle genannten Verfahren, außer XCCC und M-JPEG, sind standardisiert. MPEG-4 wurde Anfang 1999 durch die ITU-T zum Standard erklärt.

Die gebräuchlichen **Videokompressionsverfahren** kann man nach der **Art der Kodierung** unterscheiden:

⁶ Der Bearbeitungsschritt der Daten, in welchem der Informationsverlust stattfindet, wird als Quantisierung bezeichnet

⁷ Unterscheiden sich aufeinanderfolgende Bilder sehr wenig (Flugzeug am Himmel), kann dies bei der Kompression ausgenutzt werden. Es gibt also eine zeitliche Redundanz zwischen diesen Bildern. Verfahren, welche diese Eigenschaft nutzen werden als Interframe Verfahren bezeichnet.

1. **Entropie-Kodierung** ist eine verlustfreie Technologie, bei der die Ausgangsdaten zeichenweise kodiert werden.
2. **Source-Kodierung** ist eine verlustbehaftete Technologie, bei der die Ausgangsdaten analysiert werden und zwischen relevanten und irrelevanten Daten unterschieden wird. Die nicht benötigten Daten werden entfernt (Quantisierung). Dadurch wird die Kompression erreicht.
3. **Hybrid-Kodierung** ist ein Verfahren, welches die Source- und die Entropiekodierung vereinigt. Dabei bilden die Ausgangsdaten nach einer Source-Kodierung nochmals die Eingangsdaten für eine Entropie-Kodierung. Damit ist dieses Verfahren ebenfalls unter der Kategorie der verlustbehafteten Kompressionsverfahren einzuordnen.

Die Verfahren **XCCC**, **H.261**, **M-JPEG** und **MPEG** sind **Hybrid-Kodierungen**. Um eine Vereinheitlichung der Hybrid-Kodierungen zu erreichen, wurden die verschiedenen Bearbeitungsstufen der **Codierung in 4 Schritte** unterteilt:

- Bildvorbereitung,
- Bildbearbeitung,
- Quantisierung,
- Entropie-Kodierung.

Die **Bildvorbereitung** ist die Zerlegung des Ausgangsbildes in die für die weitere Bearbeitung notwendigen Dateneinheiten und die Festlegung des geforderten Bildformates.

Die **Bildbearbeitung** ist die Bearbeitung dieser Dateneinheiten mit den verschiedenen Source-Codierungen.

In der Stufe der **Quantisierung** werden irrelevante Informationen entfernt, um in der **Entropie-Kodierung** eine hohe Kompression zu erreichen.

Kompressionsverfahren XCCC

Das Kompressionsverfahren **XCCC** (Extend Color Cell Compression) ist eine Weiterentwicklung der Color Cell Compression (**CCC**) durch die Universität Mannheim. Dieses Verfahren ist nicht standardisiert und arbeitet nur mit 256 Farben.

Da die Ausgangsmaterialien meist 24 bit Farbtiefe verwenden, muß zuerst eine sinnvolle Reduktion der Farben vorgenommen werden. Dieser Prozess bringt eine relativ hohe Verlustrate in die Codierung und einen hohen Zeitaufwand für die Berechnung.

Auf Grund der Nichtstandardisierung und der Arbeit mit nur 256 Farben ist dieses Kompressionsverfahren für die weitere Arbeit nicht relevant und wird damit auch nicht weiter betrachtet. Es wurde in mehreren Modellversuchen an der Universität Mannheim eingesetzt, hat aber im praktischen Einsatz keine wesentliche Bedeutung erlangt.

Kompressionsverfahren H.261

Der H.261 Standard wurde 1990 von der ITU-T zur Kompression und Dekompression von Bewegtbildern verabschiedet. Dieses Kompressionsverfahren ist für die **Arbeit im ISDN Bereich** (Bildtelefonie und Videokonferenzen) gedacht und kann in die Kategorie der symmetrischen Echtzeitverfahren eingeordnet werden. Die Videodatenrate kann wahlweise von 40 kbit/s bis 2 Mbit/s vorgegeben werden. Durch diese Skalierung können unterschiedliche Qualitäten bei der Übertragung erreicht werden.

Wie bereits erwähnt, zählt das H.261 Kompressionsverfahren ebenfalls zu den Hybrid-Kodierungen und kann damit auch in die 4 Hauptschritte bei der Codierung untergliedert werden:

- Bildvorbereitung
- Bildbearbeitung
- Quantisierung
- Entropie-Codierung

Videodaten, die nach H.261 komprimiert sind, weisen oft eine **deutlich sichtbare Quantenbildung** auf (abhängig von der Stärke der Komprimierung). Das Verfahren eignet sich besonders für Datenübertragungen, bei denen die Bildqualität und die Bildwiederholraten nicht besonders wichtig sind. Je kleiner das Bild gehalten wird, desto weniger fällt die Quantenbildung, bedingt durch die Komprimierung dem Nutzer auf. Für Bildtelefonie und einfache Videokonferenzen ist dieses Kompressionsverfahren gut geeignet, da hier mit kleinen Bildern gearbeitet wird. Für die Großbildprojektion ist ein mit H.261 komprimiertes Videobild bei einer Datenrate von 64 kbit/s (ISDN) nicht sonderlich geeignet.

In den meisten Videokonferenzverfahren auf ISDN-Basis wird heute das H.261 Komprimierungsverfahren angewendet. Das sind z.B. Intel Business Videoconferencing und Intel Proshare. Aber auch einige LAN basierende Systeme nutzen das H.261 Verfahren (z.B. Mbone Tool vic).

Kompressionsverfahren M-JPEG

Das MJPEG-Verfahren (Motion Joint Photographic Expert Group) ist eine Anwendung des JPEG-Verfahrens für die Codierung von Farbbildern auf die Codierung von bewegten Farbbildern (Folge von vielen Einzelbildern). Das JPEG-Verfahren wird auf jedes einzelne Bild angewendet und kann in die Kategorie der intraframe codierenden Bewegtbildverfahren eingeordnet werden. Es ist ein nicht standardisiertes Verfahren, welches aber einen hohen Verbreitungsgrad hat. M-JPEG zählt ebenfalls zu den Hybrid-Codierungsverfahren.

Das Komprimierungsverfahren JPEG definiert vier verschiedene Grundverfahren:

1. verlustfreier Modus,

- Huffman- oder arithmetische Kodierung
- sequentielles Verfahren
- Bilder nicht skalierbar
- Quellbild: n-bit-Samples ($2 \leq N \leq 16$)

2. hierarchischer Modus,

- basiert auf dem erweiterten DCT-Verfahren
- skalierbare Bilder

3. erweiterter DCT-basierter Modus,

- DCT-basierendes Verfahren
- Huffman-oder arithmetische Kodierung (4 Tabellen)
- nicht skalierbar

4. sequentieller DCT-basierter Modus

- DCT-basierendes Verfahren
- Huffman- oder arithmetisches Verfahren (2 Tabellen)
- nicht skalierbar

Da das M-JPEG Verfahren auch ein Hybrid-Codierungsverfahren ist, kann es ebenfalls in die 4 Hauptschritte bei der Codierung untergliedert werden:

- Bildvorbereitung
- Bildbearbeitung
- Quantisierung
- Entropie-Codierung

Dabei ist zu beachten, daß die Quantisierung im verlustfreien Modus nicht durchgeführt wird.

Weitere detaillierte Informationen zu den Komprimierungsverfahren sind unter [18] zu finden.

Kompressionsverfahren MPEG-1

Dieses Kompressionsverfahren wurde 1993 als Standard der ISO/IEC verabschiedet, um digitale Bewegtbilder mit zugehörigen Audiosignalen auf Übertragungsmedien mit einer Bandbreite von bis zu 1,5 Mbit/s zu übertragen. Dieses Verfahren eignet sich besonders für die Arbeit mit CD-ROM, die etwa 150 kByte Datenrate transportieren (Single Speed CD-ROM).

MPEG-1 ist ebenfalls ein Hybrid-Codierungsverfahren und kann für spezielle Anwendungsfälle sehr gut eingesetzt werden (z.B. CD-ROM Videofilme). MPEG-1 erlaubt folgende Bildfrequenzen: 23,976Hz, 24Hz, 25Hz, 29,97Hz, 30Hz, 50Hz, 59,94Hz und 60Hz. Weitere Eigenschaften von MPEG-1 sind:

- Wahlweiser Zugriff,
- Schnelles und langsames Vor- und Rückspulen,
- Vorwärts und rückwärts Abspielen,
- Synchronisation der Audio- und Videodaten.

MPEG-1 unterscheidet zwischen drei verschiedenen Bildtypen:

- **intraframe Bilder (I-Bilder)**
Das sind Bilder, die zeitliche Redundanzen zwischen aufeinanderfolgenden Bildern nicht berücksichtigen. Sie werden analog dem Verfahren von M-JPEG komprimiert und haben von allen in MPEG-1 definierten Bildtypen die schlechteste Kompression.
Ein direkter Zugriff auf einzelne I-Bilder ist möglich.
- **prädiktive Bilder (P-Bilder)**
Diese Bilder benutzen die Information des vorherigen I- oder P-Bildes. Die zeitliche und räumliche Redundanz wird ausgenutzt.
Der direkte Zugriff auf ein P-Bild kann nur erfolgen, wenn das zur Codierung benutzte vorherige Bild mit decodiert wird.
- **bidirektionale Bilder (B-Bilder)**
B-Bilder benötigen Informationen vom vorherigen und folgendem I- oder P-Bild. Sie dürfen nicht als Referenzbilder für die Codierung anderer Bilder genutzt werden. Diese Bilder haben den maximalen Kompressionsfaktor.

Analog zu den bereits erläuterten Verfahren erfolgt eine Bildvorverarbeitung, eine Bildbearbeitung, dann eine Quantisierung und anschließend eine Entropie-Codierung.

MPEG-1 Parameter sind:

- horizontale Bildgröße max. 768,
- vertikale Bildgröße max. 576,
- Makroblöcke/s max. 396 x 25,
- Bildfrequenz 30 Hz,
- Bitrate 1,856 Mbit/s.

Kompressionsverfahren MPEG-2

Das MPEG-2 Verfahren ist eine Erweiterung von MPEG-1. Das MPEG-2 Verfahren ist ebenfalls ein standardisiertes Verfahren der ISO und wird inzwischen in vielen wichtigen Bereichen der Bewegtbildverarbeitung eingesetzt. Im Bereich des digitalen Fernsehens hat sich dieses Verfahren ebenfalls durchgesetzt, so daß man davon ausgehen kann, daß es in den nächsten Jahren Bestand haben wird.

Das MPEG-2 Verfahren ist analog zum MPEG-1 Verfahren für die Kompression von digitalen Bewegtbildern mit zugehörigem Audiosignal gedacht. Der Transport dieser digitalen Video- und Audiodaten kann über Breitbandkabel erfolgen. MPEG-2 erlaubt Datenraten bis 100 Mbit/s.

Die maximale Datenrate und die zugehörige maximale Bildgröße und –frequenz werden in Levels eingeteilt und die Codiermethode in Profile.

Das vom MPEG-1 bekannte SIF-Format ist der niedrigste Qualitätsstandard von MPEG-2. Ein MPEG-2 Decoder kann auf Grund der Abwärtskompatibilität auch einen MPEG-1 Datenstrom decodieren.

Das MPEG-2 Verfahren ist die zur Zeit aufwendigste Codiermethode für bewegte Bilder, die aber die bestmögliche Qualität erreicht. Für die Nutzung dieses Verfahrens werden leistungsfähige Rechnersysteme oder leistungsfähige Encoderkarten in entsprechenden Rechnern benötigt. Weitere detaillierte Informationen zu den Komprimierungsverfahren sind unter [18] zu finden.

4.1.1.3 Audiokomprimierung

PCM

Pulse Code Modulation in G.711
8 kHz Samplerate, d.h. Übertragungsbereiche bis 4 kHz
mit 8 bit Auflösung
(entspricht Telefoniequalität)
Standard: G.711

ADPCM

Adaptive Differential Pulse Code Modulation in G.721
Entspricht dem Intel DVI-Verfahren
Bitlängenvariable Kodierung; das Verfahren ist in seiner
Kodierung sehr verlustbehaftet
Das PCM Signal wird vom vorhergesagten Signal abgezogen
und mit 2-5 bit übertragen
16, 24, 32, 40 und 72 kbit/s Übertragungsbreite

Übertragungsbereich bis 7 kHz
Standard: G.722

LPC

Linear Predictive Coding
Kodierungsverfahren bereits ab 4,8 kbit/s möglich
stark verlustbehaftete Komprimierung; Stimmverfälschung
(Roboterstimme)

CELP

Code Excited Linear Prediction
Kodierung ab 2,8 kbit/s möglich (G.728)
Stark verlustbehaftete Komprimierung; Stimmverfälschung
(Roboterstimme)

MPEG AUDIO

Moving Picture Experts Group
Anwendung des MPEG-Verfahrens auf Audio-Kodierung
sehr gute Übertragungsqualitäten möglich
32; 44,1 oder 48 kHz Samplerate
16 bit Auflösung
mono/stereo Übertragung möglich
sehr aufwendig zu kodieren und zu dekodieren

4.2 Hard- und Software für Kommunikation im multimedialen Bereich

Im Rahmen einer multimedialen Kommunikation, speziell in einer **Teleteaching-Veranstaltung**, werden unterschiedliche Daten übertragen:

- Videobilder
- Audiodaten
- Grafiken und Animationen

Um diese Daten im B-WiN zu übertragen, ist eine spezielle Hard- und Software notwendig. In den folgenden Kapiteln wird die mögliche Software für den Einsatz in einem Teleteaching-System untersucht. Die Software wurde auf Grund der im Gliederungspunkt 1 und 2 gesammelten Erkenntnisse ausgewählt. Dabei muß wenigstens einer der geforderten Funktionen realisiert werden. Die Software soll aus dem Bereich der Standardsoftware bzw. Freeware kommen, da keine Neuentwicklungen geplant sind.

Die gesamten Untersuchungen sind immer mit der Vorgabe des **Einsatzes in einem Teleteaching-System** durchgeführt worden. Als Ergebnis wird eine Übersicht mit verschiedenen Qualitätsparametern erwartet. Danach wird die entsprechende Hardware zugeordnet und ebenfalls in die Testreihen einbezogen. Nach Abschluß der Untersuchungen muß eine Auswahl der Hard- und Software getroffen werden, um das geplante Teleteaching-System in seiner Gesamtheit zu realisieren.

Folgende Softwarewerkzeuge sind in die Untersuchungen einbezogen worden:

- | | |
|-----------------------------|------------------------------|
| ■ Intel ProShare | Hersteller: Intel |
| ■ InPerson | Hersteller: Silicon Graphics |
| ■ ShowMe | Hersteller: SUN Microsystems |
| ■ Mboone-Tools | Hersteller: FreeWare |
| ■ NetMeeting | Hersteller: Microsoft |
| ■ MS-PowerPoint 97 | Hersteller: Microsoft |
| ■ MPEG-2 basierende Systeme | unterschiedlich |

4.2.1 Intel ProShare

Intel ProShare ist ein **Video-Conferencing-System auf PC-Basis**. Es erlaubt die Durchführung von Konferenzen und die gleichzeitige Datennutzung bei mehreren Teilnehmern. Das Intel ProShare-System ist ein Softwarepaket, was alle zur Zeit gängigen Standards im Bereich der Videokonferenzen integriert hat.

Funktionsumfang:

- Zoom und Schwenken der Original-Videokamera (softwaregesteuert bzw. manuell)
- aus jeder geöffneten Windows-Anwendung kann auf ProShare zugegriffen werden
- schneller Datenaustausch mit einem oder mehreren Teilnehmern während der Konferenz
- am Ende der Konferenz können elektronische Visitenkarten ausgetauscht werden
- Anpassung an den speziellen PC (Bildschärfeeinstellung, Videobewegungsein-

stellung)

- Koordinierung der Aktionen aller Teilnehmer während einer Multipoint Verbindung mit Hilfe der Turnus- und Synchronisationsoptionen zur Datensicherheit (ISDN), im LAN nur Koordinierung des Application- und Daten-Sharings
- eine Büro-, Konferenzraum- oder Auditoriumfensteranordnung wird der jeweiligen Teilnehmeranzahl gerecht

Kompatibilität

Intel ProShare ist vollständig kompatibel zu den zur Zeit existierenden Industriestandards H.320 (Video-Konferenzstandard) und zum Audiostandard.
Der Standard für Datenkonferenzen T.120 wird ebenfalls erfüllt.

Produktfamilie Intel ProShare

Intel ProShare Conferencing Video System 200/500

Es besteht die Möglichkeit, mit mehreren Teilnehmern gleichzeitig eine Videokonferenz mit ISDN- bzw. LAN-Verbindung durchzuführen. Dabei können auch Daten ausgetauscht oder gemeinsame Objekte mittels Application-Sharing bearbeitet werden. Applikation-Sharing ist eine Technologie, die es gestattet, daß mehrere Teilnehmer gemeinsam mit einem Programm ein Problem bearbeiten. Es ist unerheblich, an welchem Standort sich die Teilnehmer befinden. Sie sind über ein entsprechendes Kommunikationsmedium (ISDN oder LAN) miteinander verbunden. ProShare 500 ist die zur Zeit aktuelle Version des Systems.

Intel ProShare Conferencing Video System 150

Das System 150 hat die gleichen Leistungsparameter wie das System 200, ist jedoch nur im LAN einsetzbar (Keine ISDN Möglichkeit).

Intel ProShare Conferencing Premier Software

Das Produkt bietet die gleiche Multipoint-Datenkonferenzfunktion wie Intel ProShare Conferencing Video Systems in Form einer Standalone-Anwendung. Die Verbindung kann über LAN oder Modem hergestellt werden.

Intel ProShare Presenter

Über das LAN des Unternehmens können interaktive Präsentationen in Echtzeit für eine unbegrenzte Teilnehmeranzahl geführt werden.

Intel ProShare Developer Kit (PDK)

Mit diesem Softwarepaket kann das Intel ProShare Video System an die speziellen Bedürfnisse im Einsatzbereich angepaßt werden.

LANDesk Conferencing Manager

Dieses Kit dient der Kontrolle des Videokonferenzverkehrs im Netzwerk. Hier werden die Parameter für einen optimalen Durchsatz und die entsprechende Qualität eingestellt.

Systemanforderungen

- mind. Pentium II Prozessor ab 233 MHz (ProShare 500)
- mind. 64 MB RAM (ProShare 500)
- 32 MB Festplattenspeicher
- min. 256 Farben SVGA oder VGA

- zwei ISA Steckplätze (ProShare 200); ein PCI Steckplatz (ProShare 500)
- Win 3.1 (mit DOS 5.0) oder Windows 95 (ProShare 200); Windows 95/98/NT (ProShare 500)

Testergebnisse

Die durchgeführten Tests sind in der Anlage 1 ausführlich dargestellt und kommentiert. Auftretene Probleme wurden analysiert und teilweise gelöst, wenn dazu die Möglichkeit existierte. An dieser Stelle soll eine kurze Zusammenfassung aller gesammelten Erfahrungen und Ergebnisse erfolgen, auf deren Grundlage das Softwarepaket mit in die Auswahl für das Teleteaching-System einbezogen werden kann. Alle Tests erfolgten ausschließlich im LAN. Die Möglichkeit der Arbeit mit ISDN wurde in praktischen Tests nicht untersucht.

(1) Videoübertragung

Die Videoübertragung ist mit Intel ProShare 200 im LAN problemlos möglich. Unter dem Betriebssystem Windows 95 ist keine Full Screen Darstellung möglich. Das Videobild hat die Größe von ca. 1/6 des Bildschirms und ist bis auf ca. 1/3 vergrößerbar. Die Anordnung am Bildschirm ist freibleibend. Es ist auch Picture in Picture Darstellung möglich (zwischen Lokal- und Gegenstellenbild).

Die verwendete Framegrabberkarte von Intel ist sehr gut auf das System abgestimmt und wird auch von anderen Anwendungen erkannt. Es existiert ein Eingang für die Kamera von Intel-ProShare und ein weiterer externer Anschluß. Die Videoeingänge sind im Programm problemlos umschaltbar.

Qualität der Videoübertragung: Die Komprimierung des Videobildes erfolgt nach dem H.261 Standard (siehe Komprimierungsverfahren unter Punkt 4.1.1.2). Es werden von Intel keine Aussagen über die erreichten Frame-Raten während der Übertragung gemacht. Durch einen Vergleich mit anderen Videosystemen (in dem Fall mit dem Programm vic aus den Mbone-Tools) werden ca. 10-20 f/s erreicht. Daraus ist ersichtlich, daß eine „ruckfreie“ Übertragung von Videobildern nicht möglich ist. Selbst im Test mit einer Maschine (Pentium 200 32MB HS) wurden keine besseren Ergebnisse erzielt.

Eine deutliche Verbesserung ergab der Einsatz der seit 1999 verfügbaren Version ProShare 500. Die Videosignale sind nicht auf externen Geräten darstellbar, d.h., es gibt keine Möglichkeit, ein VIDEOOUT auf einen Recorder, einen Beamer oder ein Fernsehgerät zu realisieren.

(2) Audioübertragung

Die Audioübertragung ist mit Intel ProShare problemlos realisierbar. Es werden folgende Standards unterstützt:

- * G.711 (Audioqualität eines normalen Telefonapparates (56 oder 64 kbit/s))
- * G.728 (Audioqualität eines normalen Telefonapparates (16 kbit/s)).

Daraus ist ersichtlich, daß die Qualität analog der Übertragungsqualität von Telefongesprächen ist. Da es sich aber bei ProShare um ein Videokonferenzsystem handelt, ist dieses absolut ausreichend. Die **Audioqualität** ist **durchgehend stabil** und wird nicht durch unterschiedliche Lastzustände der Maschine beeinflusst.

Für den Audioein- und -ausgang ist eine eigenständige Karte (ProShare 200) zuständig, die gleichzeitig noch als ISDN-Adapterkarte arbeitet. Das zum System gehörende kombinierte Ohrhörer- / Mikrofonset ist nach entsprechender Kalibrierung (Menügesteuert) gut abgestimmt und erlaubt ein freies Sprechen, ohne daß wesentliche Nebengeräusche die Konferenz beeinflussen.

Softwaregesteuert kann auf externe Lautsprecher und ein zusätzliches Mikrofon umgeschaltet werden. Auch in dieser Variante ist eine gute Audioqualität für den gesamten Konferenzzeitraum garantiert. Bei der Wahl des Mikrofons sollte auf eine entsprechende Richtcharakteristik geachtet werden, um die Audio-Output-Signale der Lautsprecher nicht wieder in das Mikrofon einzukoppeln. Dadurch entstehen unerwünschte Halleffekte. Diese wirken sich sehr störend auf die Videokonferenz aus.

(3) Application Sharing/ Datenaustausch

Intel ProShare erlaubt das Application Sharing für eine Videokonferenz. Das heißt, daß beide Teilnehmer an einer gemeinsamen Application arbeiten können.

Es wird vollständig der Datenkonferenzstandard T.120 unterstützt. Wichtig ist dabei, daß beide Nutzer die Anwendung vollständig bedienen können. Der Initiator der Konferenz ist aber nur berechtigt entsprechende Applications, welche auf seinem Rechner laufen, zu verteilen.

Es wurden verschiedene Tests mit Applications aus der Windows 95-Welt durchgeführt. Dabei sind keine wesentlichen Probleme aufgetreten. Es sollte aber unbedingt beachtet werden, das bei Nutzung von PowerPoint **nur 256 Farben** übertragen werden. Wurden in den Präsentationen die Funktion „Farbverlauf“ verwendet, so wirken diese bei 256 Farben sehr gerastert. Das Gesamtbild der Darstellung wird dadurch etwas negativ beeinflusst. Derartige Präsentationsmöglichkeiten sollten möglichst vermieden werden.

Soll die Präsentation als Großbild dargestellt werden (evtl. an einer Projektionswand) und beide Teilnehmer verwenden Grafiken im Hochformat, dann kommt es nur zu einer ausschnittswisen Darstellung bei MS-PowerPoint-Projektor. Der Empfänger kann also nicht den gesamten Inhalt am Bildschirm darstellen. Um derartige Probleme zu vermeiden, wurde die Bildschirmauflösung an der Sendemaschine reduziert (z.B. auf 800x600), und an der Empfangsmaschine wurde eine Auflösung von 1024x768 genutzt. Mit dieser Konfiguration war eine sehr gute Übertragung der Präsentationsgrafiken garantiert und auch eine volle Darstellung am Empfängerbildschirm möglich (betrifft ProShare 200). Im 500er System treten diese Effekte nicht mehr auf).

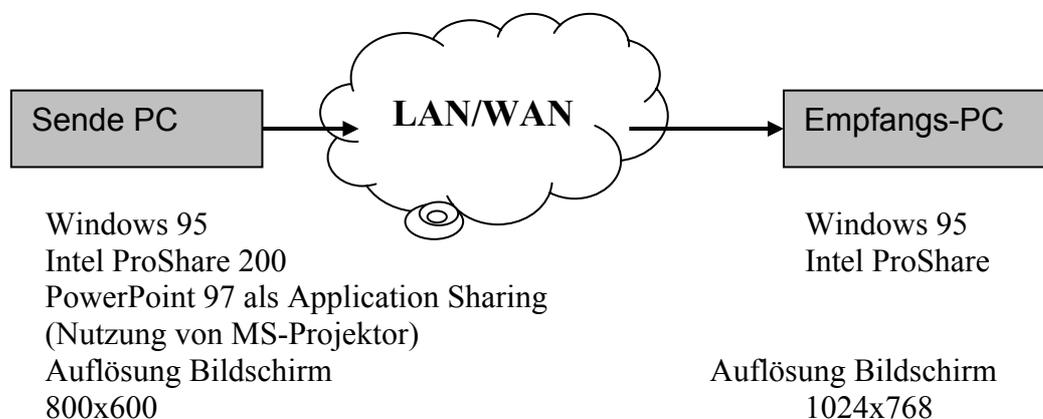


Abb. 13: Übertragung von Grafiken mit Intel ProShare 200

Die **Kommunikation** zwischen den Konferenzteilnehmern ist auf **zwei verschiedenen Wegen** möglich. Intel Proshare kann als **ISDN** basierendes Videokonferenzsystem genutzt werden, oder die Übertragung erfolgt im **LAN / WAN**.

Die Übertragungsvariante ist im System menügesteuert vor der Anwahl auswählbar. Intel ProShare vereint beide Übertragungsmedien im Gesamtsystem (Intel Proshare 200; System 150 ist nur LAN-basierend).

Das Videokonferenzsystem Intel ProShare 200 bietet dem Nutzer die Möglichkeit von Multipoint Konferenzen. Hier sind jedoch wesentliche Unterschiede zwischen der LAN/WAN Variante und der ISDN-Variante vorhanden, die im folgenden kurz erläutert werden sollen:

Kommunikation über ISDN und LAN / WAN

(1) LAN Variante

Die ProShare Softwarepakete 150, 200 und 500 unterstützen auch die Kommunikation im LAN und WAN Bereich.

Dabei werden die folgenden **Netzwerkprotokolle** unterstützt:

(1) IPX Unterstützung

(2) TCP/IP-Unterstützung

Die Voraussetzung für die Nutzung von ProShare im Netzwerk ist ein LAN Desk Manager (Softwarepaket von INTEL für ProShare 200), welcher auf einer Maschine installiert ist. Dies darf keine ProShare-Maschine sein. Dieser LAN-Desk-Manager koordiniert den gesamten Videokonferenzverkehr im Netz. Ist kein Konferenzmanager installiert, kann die Konferenz nur als Audio- und Datenkonferenz stattfinden. Die Übertragung der Videobilder wird unterbunden.

Es muß unbedingt beachtet werden, daß für jedes Netzsegment ein eigener LAN Desk-Manager eingerichtet werden muß. Segmentübergreifende Konferenzen sind damit ebenfalls möglich. Ab der Version ProShare 500 ist dieser LAN-Manager nicht mehr erforderlich.

Multipoint-Konferenzen sind im LAN in der Standardausführung nicht möglich. Der Konferenzmanager kann nur den Videokonferenzverkehr im Netzsegment koordinieren. Er arbeitet nicht als MCU für Multipoint-Konferenzen. Zur Zeit gibt es keine einsetzbare Lösung eines Videoservers für LAN Multipoint-Konferenzen. In der Entwicklung sind einige Geräte, die ca. 09/98 zur Verfügung stehen werden. Die Arbeitsweise des Videoservers ist analog der MCU im ISDN Bereich (siehe folgenden Abschnitt).

Um mit Intel ProShare im LAN zu arbeiten müssen Einträge in der Datei SQBIND.INI und in der PSUSER.INI gemacht werden (Adressen des LAN Desk Managers, nur für ProShare 200 erforderlich).

(2) ISDN Variante

Konferenzen mit zwei Teilnehmern bedürfen bei der Arbeit über ISDN keiner weiteren Vorbereitungen. Die Gegenstelle muß nur über die Rufnummer angewählt werden. Alle anderen Tools werden selbständig gestartet und die Verbindung wird hergestellt. Für Multipoint-Konferenzen ist eine MCU (Multipoint Control Unit) unbedingt notwendig. Für deren Nutzung gibt es zwei Möglichkeiten:

(1) Nutzung eines Konferenzdienstes z.B. Telekom (stellt MCU bereit)

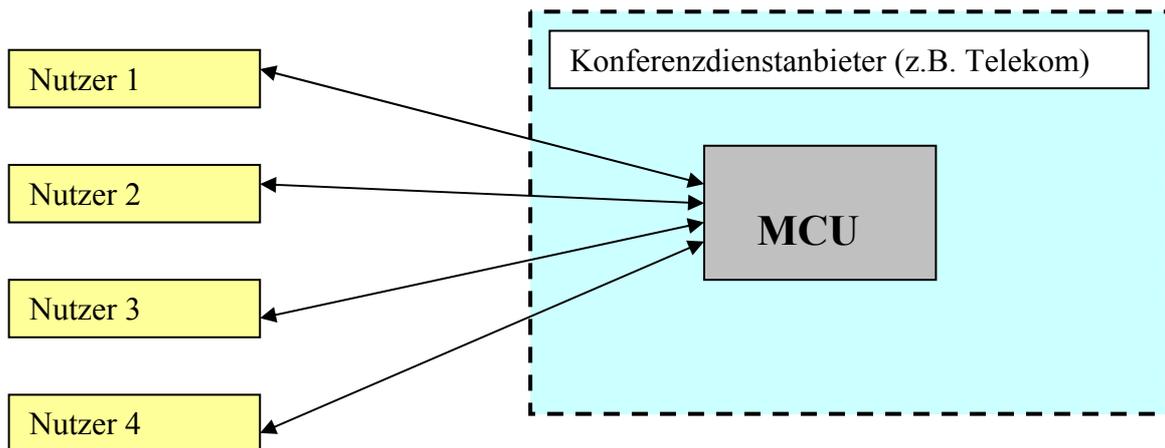


Abb. 14: Anwendung einer MCU bei ISDN Videokonferencing

(2) Nutzung einer eigenen MCU

Multipoint Control Geräte können in großen Unternehmen auch eigenständig betrieben werden. Die Anschaffung dieser Geräte ist jedoch **sehr kostenintensiv**. Wenn aber sehr viele Multipoint Konferenzen geschaltet werden müssen, kann sich unter Umständen die Anschaffung rechnen, denn der Konferenzdienst eines Dienstleistungsunternehmens ist ebenfalls kostenpflichtig.

Intel Proshare und Teleteaching

Für die Nutzung in einem Teleteaching-System ist Intel ProShare als integriertes Softwarepaket nicht sonderlich geeignet. Folgende Nachteile sind festgestellt worden:

- Videosignal ist nicht auskoppelbar (als PAL-Bild),
- keine full screen Darstellung möglich,
- max. 10-20 f/s sind möglich bei geringem Bewegtbildanteil,
- keine volle PAL-Auflösung möglich (d.h. Projektion würde noch wesentlich schlechtere Qualität ergeben).

Der Teil **Application-Sharing** aus dem integrierten Softwarepaket Intel ProShare läßt sich jedoch **sehr gut für die Grafikübertragung** in einem Teleteaching-System nutzen. Wird die Videobilddarstellung und die Audioübertragung nicht mit genutzt, so ist auch die

Rechnerbelastung nicht sehr hoch, so daß nur unwesentliche Verzögerungen bei der Übertragung der Applicationen entstehen. Die parallele Nutzung mehrerer Anwendungen ist möglich und führt zu keinen Komplikationen während der Übertragung.

4.2.2 SUN ShowMe

ShowMe ist ein Netzwerk-**Videokonferenzprodukt für SUN Workstations**. Dieses Produkt ist auf allen SUN Workstations mit dem Betriebssystem Solaris einsetzbar. Es ist ein vollwertiges Videokonferenzsystem mit folgenden Merkmalen:

- Punkt zu Punkt Videokonferenzen,
- Multipoint Videokonferenzen,
- Multicast Datenübertragung.

ShowMe setzt sich aus drei Hauptbestandteilen zusammen, die auch unabhängig voneinander genutzt werden können:

- ShowMe Video mit Audioübertragung,
- ShowMe Whiteboard mit Audioübertragung,
- ShowMe SharedApplication mit Audioübertragung.

Für den Einsatz von ShowMe auf SUN Workstations ist der Einbau eines Videoboardes notwendig. Es kann das Standardboard von SUN verwendet werden oder ein Videoboard eines externen Anbieters. Dies könnte z.B. das Videoboard der Firma Parallax sein. Die preiswertere Alternative ist jedoch das Standardboard der Firma SUN. Mit dieser Hardware wurden auch die Untersuchungen für den Einsatz von ShowMe im Teleteaching realisiert.

Nachdem die Hardware in die Maschine eingebaut wurde und die Komponenten von SUN ShowMe installiert sind, kann das Videokonferenzsystem genutzt werden.

Das System hat zur Bedienung eine gut gestaltete Bedienoberfläche, die auch der ungetübte SUN-Nutzer problemlos bedienen kann.

Die einzelnen Module von ShowMe können getrennt installiert werden, d.h., der Anwender, welcher keine Whiteboardfunktion benötigt, muß diese auch nicht installieren. Die Teile von ShowMe sind unabhängig voneinander auf SUN Maschinen lauffähig. Dies ist ein großer Vorteil, wenn mit getrennten Übertragungskanälen gearbeitet werden soll (z.B. Trennung von Audio, Video und dem Grafikkanal im Teleteaching).

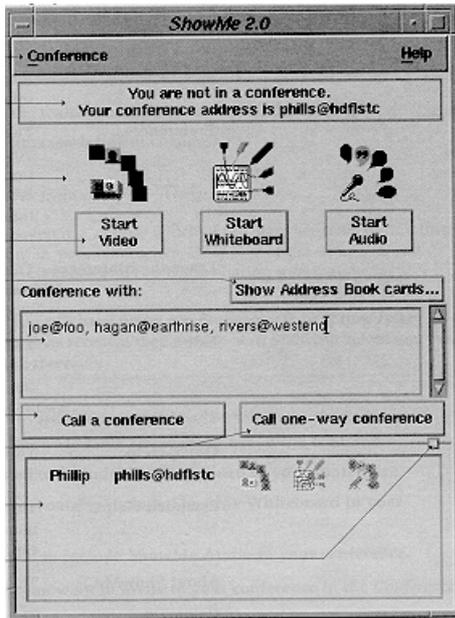


Abb. 15: Bedienoberfläche von SUN ShowMe

Für alle Funktionen in ShowMe existieren getrennte Bedienpanels zur Einstellung der gewünschten speziellen Parameter, z.B. Videoeingänge der Karte, Farbeinstellungen, Lautstärke usw. Für die **Videouübertragung** ist es besonders wichtig, die notwendigen Übertragungsparameter einzustellen. Das sind die zu übertragenden Frames pro Sekunde, die Bildqualität und die damit verbundene Datenübertragungsrate in kbit/s. Für die Bildqualität stehen drei Möglichkeiten zur Auswahl:

- Low (160x120 pixel),
- Medium (320x240 pixel),
- High (640x480 pixel).

Wird die **hohe Qualität** genutzt, ist deutlich die Reduzierung der Frames pro Sekunde zu beobachten. Trotz der angegebenen 25 f/s im Videopanel werden diese mit der hohen Bildqualität nicht erreicht. Die entsprechenden Tests wurden auf einer SUN Ultra 1⁸ realisiert. Bei einer Bildqualität von 160x120 pixeln sind flüssige Bewegungsabläufe am Bildschirm zu erkennen und auch die Delayzeit ist sehr gering. Man kann in diesem Fall von ca. 20-25 Frame/s ausgehen.

Das im ShowMe Paket integrierte Whiteboard ist ein Modul für die interaktive Arbeit der Konferenzteilnehmer. Es beinhaltet alle wesentlichen Werkzeuge für das gemeinsame Bearbeiten von Dokumenten. Der Aufbau und die Funktion sind analog den Whiteboards anderer Videokonferenzsysteme (z.B. Intel ProShare). Auf die detaillierte Erläuterung der einzelnen Funktionen wird hier verzichtet.

Vorteile des Systems für den Einsatz in Teleteaching:

- Audio- und Videokommunikation im IP-Netz möglich.
- Whiteboard ist im System integriert.
- Module sind getrennt lauffähig.

⁸ Ultra-SPARC Prozessor (64 Bit) 167MHz, 4 GB Festplatte, 64 MB Speicher, Creator 3D Grafikkarte

- Unicast N-way und one-way ist möglich.
- Multicast ist möglich,
- Application Sharing ist möglich,
- Audioqualität ist ausreichend für Teleteaching.

Nachteile für den Einsatz im Teleteaching:

- Qualität des Videobildes kann gut eingestellt werden, bei hoher Qualität sind jedoch nur noch maximal 12 Frames/Sekunde möglich,
- bei hohen Frameraten kann nur mit geringer Auflösung gearbeitet werden, was sich in der Projektion sehr negativ auswirkt (Qualität ist nicht akzeptabel),
- Kompression ist SUN eigener Standard (CellB), dadurch ist keine Kompatibilität zu anderen Systemen möglich,
- System ist nur auf SUN Maschinen unter Solaris lauffähig,
- keine definierten Ausgangssignale an der Videokarte, d.h., es muß immer der gesamte Bildschirminhalt projiziert werden.

Die Vor- und Nachteile von SUN ShowMe ergeben, daß sich dieses Videokonferenzsystem bedingt für Teleteaching einsetzen läßt, wenn man die erwähnten Nachteile akzeptiert. Es ist jedoch eindeutig ersichtlich, daß es ein Videokonferenzsystem ist, was für diesen Einsatzfall konzipiert wurde. Es sollte nicht davon ausgegangen werden, daß die einzelnen Module von ShowMe so in ein Teleteaching-System integriert werden können, daß dann alle Anforderungen der Anwender abgedeckt werden. Es wird auf Grund der Nachteile immer nur eine provisorische Lösung bleiben, mit der entsprechende Teleteaching-Experimente realisiert werden können, jedoch kann daraus kein produktionsreifes System entstehen. Weitere Informationen zu ShowMe sind in den zugehörigen Systemhandbüchern zu finden [31], [32], [33], [34].

4.2.3 SGI InPerson

Um das **Videokonferenzsystem** InPerson von Silicon Graphics nutzen zu können, müssen einige Voraussetzungen in den Maschinen gegeben sein. Im Typ Indy von SGI ist die komplette Hardware für Video bereits installiert. Im Maschinentyp Indigo² ist in der Grundausführung die Videohardware nicht als Standard installiert. Das gesamte Videopakete ist optional erhältlich und muß installiert werden.

Im Videopakete sind folgende Zubehörteile enthalten:

- Indigo Video Board
- Indy Cam
- Videokabel
- Software

Nach Einbau der entsprechenden Hardware und Installation der Videosoftware stehen dem Anwender mehrere Kontroll Panels und das Videokonferenzsystem InPerson zur Verfügung.

Nach der Generierung stehen folgende Video-Kontroll-Tools zur Verfügung:

- videopanel Kontroll-Panel für Videoapplikationen
- videoin Video-Input Tool Präsentation im Video-Fenster
- videoout Video-Output Tool

Die Nutzereinstellungen für die Input- und die Outputsignale, sowie die Gerätekontrolle erfolgen über das Videopanel.

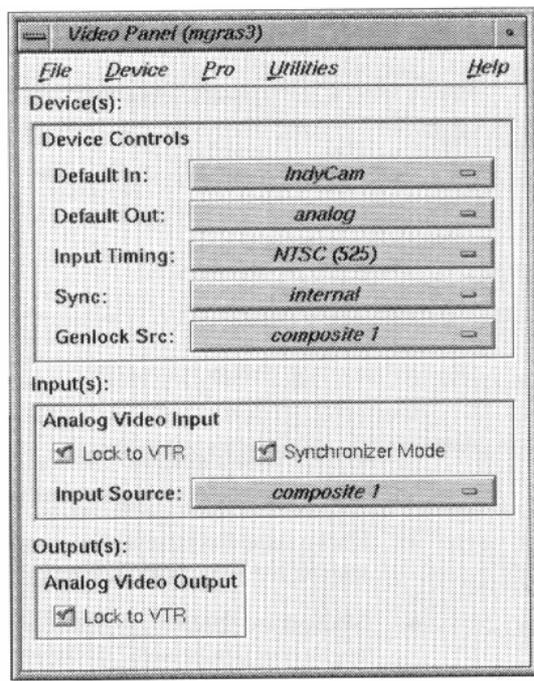


Abb.16: Video-Panel IRIX 6.2 (mit Einstellungen für INDY-Digitalkamera auf Eingabeport 1)

Die Untersuchungen haben ergeben, daß es sich bei diesem Produkt ebenfalls um ein reines Videokonferenzsystem handelt, welches auf Grund seiner daraus resultierenden Nachteile nicht für Teleteaching geeignet ist.

Folgende Nachteile wurden festgestellt:

- keine full screen Videobilder,
- Audioqualität entspricht der Qualität von Telefongesprächen, die Software reagiert sehr empfindlich auf Nebengeräusche (mit Standard SGI-Mikrofon),
- es ist nur ein Whiteboard mit einfachen Funktionen vorhanden,
- kein Application-Sharing möglich,
- nur lauffähig unter dem Betriebssystem IRIX,
- Qualität des Videobildes ist sehr mangelhaft (SGI eigener Standard), entspricht etwa der Qualität des H.320 Standards,
- Es werden maximal 12 Frames/s erreicht, d.h. kein flüssiges Videobild,
- keine Audio- und Videosignalstandardisierung (G.711 und H.263).
-

Folgende Vorteile würden für den Einsatz in einem Teleteaching-System sprechen:

- Videobild ist analog auskoppelbar, damit steht am Videoausgangsport ein definiertes Signal zur Verfügung (VIDEOOUT-Funktion),
- das analoge Videosignal kann direkt auf einen Videoprojektor gegeben werden, was aber auf Grund der mangelhaften Videoqualität nicht zu empfehlen ist.

4.2.4 Mbone-Tools

4.2.4.1 Einführung

Die **Mbone Software** ist eine **FreeWare Lizenz**, die für bestimmte Maschinen verfügbar ist. Es ist ein modular aufgebautes Softwarepaket für Video- und Audioübertragungen. Weiterhin sind ein Whiteboard und ein Textboard im System vorhanden. Im Laufe der Entwicklung dieses Softwarepaketes sind einige zusätzliche Module entstanden, die das Gesamtsystem unterstützen bzw. verbessern. Diese Plug in Produkte können zusammen mit den vorhandenen Grundkomponenten genutzt werden (z.B. FPHONE, ein Zusatztool zur Audioübertragung).

Plattformen von Mbone:

- * Silicon Graphics Maschinen mit IRIX-Betriebssystem
- * SUN Maschinen mit Betriebssystem SunOS oder Solaris
- * DEC Maschinen mit Betriebssystem Ultrix
- * PC mit Windows 95 oder Windows NT

Die Tools für DEC Maschinen werden im Rahmen dieser Arbeit nicht untersucht, da die entsprechende Hardware nicht vorhanden ist. Es erfolgt eine Beschränkung auf die Plattformen von SGI, SUN und PC.

Für die gesamte Steuerung einer komplexen Kommunikation, z.B. einer Videokonferenz, existieren für die Mbone-Tools Konferenzmanager. Das sind die Programme SDR (gehört zu den Tools) und das Zusatzprodukt CONFMAN. Beide Produkte werden mit untersucht, sind aber für Teleteaching von geringer Bedeutung, da hier kein Konferenzsystem gefragt ist, sondern ein komplexes System für die Übertragung und effektive Realisierung von Lehrveranstaltungen. Die Anorderungen, die an ein Teleteaching-System gestellt werden, gehen weit über die einer Videokonferenz hinaus.

Applications	Bezeichnung	Bemerkung
Session Directory	sdr	Version 2.8 (IRIX 6.2)
Video Conference Tool	vic	
Visual Audio Tool	vat	
Robust Audio Tool	rat	
Whiteboard	wb	
Network Text Editor	nt	
Inria Video System	ivs	
NV Video Tool	nv	
Session Directory (old Version)	sd	

Abb. 17: Übersicht über die Mbone Tools

Eine detaillierte Beschreibung von Mbone ist in der entsprechenden Literatur zu finden [04], [12], [13].

Für weitere Erläuterungen zu den Mbone Tools ist es zwingend notwendig, daß zuerst die **verschiedenen Übertragungs-Modi** untersucht werden, in denen die Tools arbeiten können. Das sind der **Unicast-Modus** und der **Multicast-Modus**. Die Datenströme (Audio, Video und Grafik) können unter Nutzung dieser beiden Modi innerhalb der IP-Welt verteilt werden: In den folgenden Abschnitten werden die verschiedenen Übertragungsmöglichkeiten detaillierter erläutert.

4.2.4.2 Übertragungs-Modi

In Rechnernetzen gibt es drei verschiedene Möglichkeiten der Datenübertragung:

- Unicast (Übertragung von Datenpaketen an ausgewählte Empfänger)
- Broadcast (Übertragung von Datenpaketen an alle möglichen Empfänger)
- Multicast (Übertragung von Datenpaketen an eine ausgewählte Gruppe von Empfängern)

Die Mbone-Tools können im Unicast- und Multicast-Modus genutzt werden. Um eine Auswahl der Tools und Übertragungsmodi vornehmen zu können, müssen einige Voruntersuchungen vorgenommen werden.

Multicast

Die Informationsübermittlung bei Nutzung der Mbone-Tools mit dem Konferenzmanager (sdr) erfolgt ausschließlich auf der Basis von Multicast. Für die Nutzung dieses Übertragungsverfahrens werden **spezielle Vermittlungsprotokolle** angewendet. Solche Protokolle sind z.B. **IGMP** (Internet Group Message Protocol) und **DVMRP** (Distance Vector Multicast Routing Protocol). Im **B-WiN** ist ein **Multicast-Backbone** implementiert, d.h., die genannten Protokolle sind verfügbar. Diese Aussage trifft teilweise auch auf das restliche Internet zu. Jeder Nutzer, in dessen Netzsegment IGMP übertragen wird, kann die bereitgestellten Mbone-Informationen empfangen.

Die Informationen werden bei Nutzung dieser Technologie nicht direkt an den Endanwender gesendet, sondern im Multicast-Backbone „verstreut“. Auf Grund dieser Technologie, die auch mit dem „Kettenbriefverfahren“ vergleichbar ist, muß zwingend die Ausgangsleistung des Videosendemoduls „vic“ begrenzt werden, um eine Überlastung der Netze zu vermeiden. Im Videosendemodul „vic“ wurde aus diesen Gründen softwareseitig die maximale Ausgangsleistung auf 1 Mbit/s beschränkt.

Mit Hilfe der Mbone-Tools können Daten (Video, Audio, Grafik) beispielsweise zu bestimmten Themenkreisen der medizinischen Forschung und natürlich auch Lehrveranstaltungen über das Internet weltweit „verteilt“ werden. Es ist auch möglich, Videos aus der „Konserve“, also vom Recorder oder Videoserver, in das Netz einzuspeisen. Damit können Lehrveranstaltungen problemlos wiederholt werden, und der Student kann, eventuell auch in den Wohnheimen, spezielle Veranstaltungen nochmals „besuchen“. Die Möglichkeit der Wiederholung von Lehrveranstaltungen ist aber nicht unmittelbarer Bestandteil der Untersuchungen zum Teleteaching zwischen Jena, Weimar und Ilmenau. Mit dem geplanten Equipment sollte aber auch eine derartige Übertragung problemlos möglich sein. Mbone-Übertragungen gewährleisten auf Grund ihrer spezifischen Struktur, wobei hier eine softwaremäßig begrenzte Bandbreitenproblematik am stärksten zu Buche schlägt, eine nicht ganz so performante Übertragungsqualität wie sie beispielsweise im Unicastverfahren möglich ist.

Unicast

Eine weitere Möglichkeit der Nutzung der Mbone-Tools besteht darin, daß diese ohne den entsprechenden Konferenzmanager eingesetzt werden. In dieser Variante kann die **Gegenstelle direkt adressiert** werden, d.h., eine Kommunikation findet nur zwischen diesen Partnern statt (Unicast-Modus). Die entsprechenden Datenpakete werden dann nur an die

angegebene Gegenstelle übertragen und nicht wie im Multicast-Modus im Multicast-Backbone „verteilt“. Eine übermäßige Belastung der Netzstruktur wird damit vermieden. Durch diese Technologie kann die **Sendeleistung** des Videotools „vic“ bis auf **max. 3 Mbit/s** erhöht werden. Damit ist eine **entscheidende Qualitätsverbesserung** verbunden, da innerhalb der gleichen Zeit bedeutend mehr Videoinformationen übertragen werden können. Es wurden Ergebnisse bis ca. 20 f/s erreicht. Bei derartigen Bildwiederholraten ist eine fast „ruckfreie“ Übertragung möglich.

Diese Form der Übertragung kann im vorliegenden Fall genutzt werden, da z.Zt. „nur“ drei Universitäten mittels Teleteaching versorgt werden sollen. Mittels dieser Übertragungsart ist eine hohe Performance (3 Mbit/s bei ca. 20 Bilder/Sekunde) gewährleistet. Damit kann man dem hohen Qualitätsanforderungen an die Veranstaltungen z.B. bei Experimentalvorlesungen gerecht werden. Ein weiterer wichtiger Punkt ist die Datenintegrität und Sicherheit. Bei der Unicast-Übertragung sind nur die drei Thüringer Universitäten in eine Veranstaltung involviert. Kein weiterer „ungebetener“ Mithörer kann an diesen Veranstaltungen teilnehmen, falls dies nicht explizit gewünscht ist.

Es gibt natürlich einen Grenzwert, bis zu dem Unicastveranstaltungen sinnvoll sind. Die Untersuchungen haben ergeben, daß (die entsprechende Rechnerleistung einmal vorausgesetzt) dieses Prinzip praktikabel einsetzbar ist, wenn die Anzahl der teilnehmenden Universitäten zwischen 2 und 5 liegt.

Eine leistungsfähige Unix-Workstation kann die Anforderungen für zwei angeschlossene Einrichtungen bei den geforderten Parametern (3 Mbit/s Datenrate für Video und 20 Bilder / Sekunde) bei nahezu 100%-Prozessorlast erfüllen (Testmaschine SUN Ultra2⁹).

Der Videostrom muß an zwei Einrichtungen verteilt werden. Dazu werden momentan zwei Encoderkarten eingesetzt, d.h., es werden zwei separate Videoströme, die der gleichen Quelle entstammen, erzeugt. Diese Lösung erfüllt die geforderten Parameter an die Performance.

Diese Situation ist nicht befriedigend, da es offensichtlich bessere Realisierungsmöglichkeiten für dieses Problem gibt. Aus diesen Gründen wird momentan an der Nutzung des Unicast-Modus mit einer Videoencoderkarte und der damit verbundenen Dopplung des Videodatenstromes gearbeitet. Konkrete Ergebnisse liegen dazu noch nicht vor. Wenn sich im weiteren Verlauf der Entwicklung effizientere Lösungen ergeben sollten, dann wird die Dopplung des Videodatenstromes nicht weiter verfolgt.

4.2.4.3 Videomodul VIC

Das Softwaremodul VIC ist Bestandteil der Mbone-Tools und für die Übertragung der Videobilder zuständig. Dieses Produkt ist für mehrere Plattformen verfügbar. Im Rahmen der Testreihen sind Untersuchungen zum Einsatz auf SGI, SUN und PC gemacht worden. Die entsprechenden Analysen sind im Punkt 7 dieser Arbeit aufgeführt.

Das Videomodul VIC kann in zwei Modi genutzt werden:

- Unicast-Modus
- Multicast-Modus

Im Unicast-Modus wird die Gegenstation direkt eingeladen (über entsprechende IP-Adresse und Port-Nr.). Es ist dann nur eine Zusammenarbeit der beiden Stationen möglich, während

⁹ 2 64 Bit Ultra-SPARC Prozessoren 167 MHz, 2 GB Festplatte, 64 MB RAM, Creator 3 D Grafik

im Multicast-Modus jeder die entsprechenden Datenpakete empfangen kann, wenn die technischen Voraussetzungen erfüllt sind. Dort ist nur eine territoriale Beschränkung über den TTL-Parameter möglich. Wird mit SDR gearbeitet, kann durch eine entsprechenden Schlüssel die Konferenz auch auf bestimmte Teilnehmer beschränkt werden (Key-Parameter).

Parametrierung von vic:

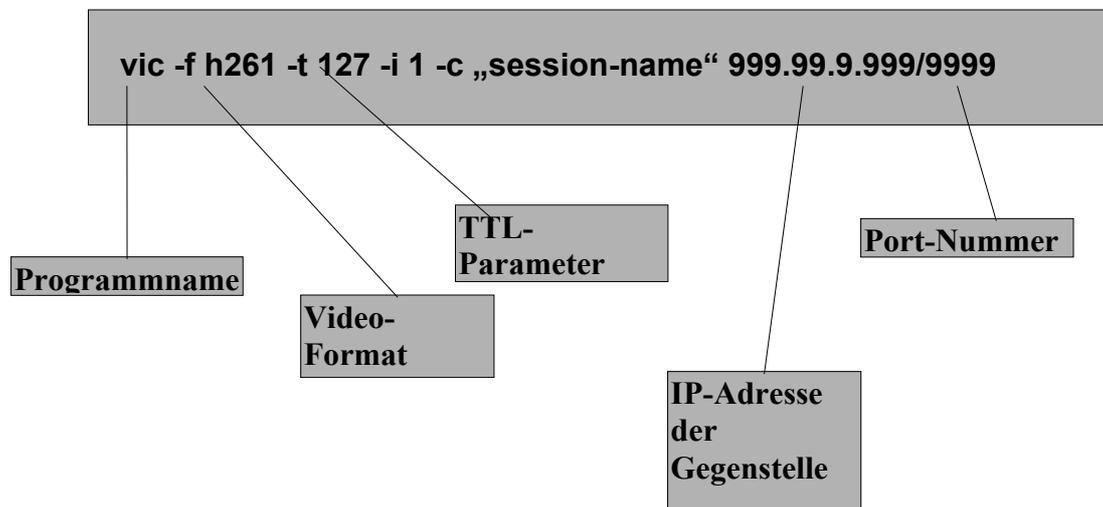


Abb. 18: Parametrierung von VIC für IRIX

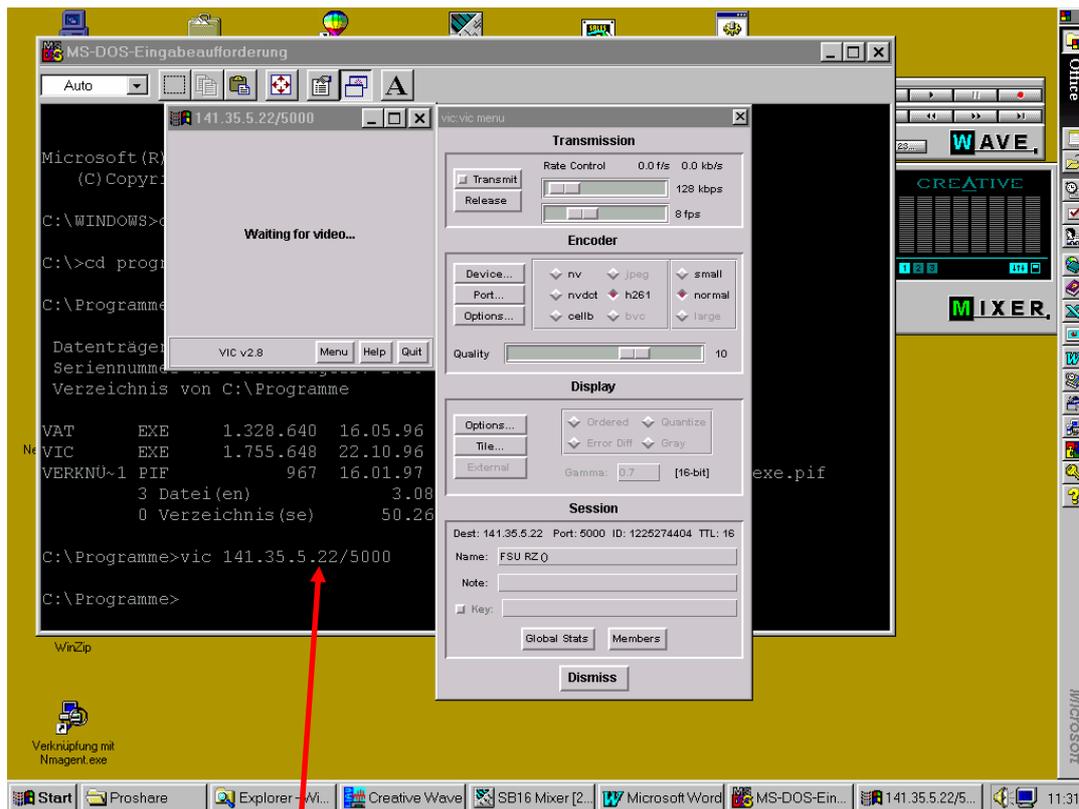
Die wesentlichsten Tests sind mit VIC im Unicast-Modus realisiert worden, da für das geplante Teleteaching-Projekt eine geschlossene Variante geplant ist. Weiterhin sind die möglichen Qualitäten der Videoübertragung bei einem direkten Einladen bedeutend besser, da hier höhere Übertragungsraten erreicht werden (bis 3.0 Mbit/s).

Eine umfangreiche Beschreibung der verschiedenen Einstellungen im VIC erfolgt in der Beschreibung der Tests im Kapitel 7. Dort sind auch entsprechende Optimaleinstellungen für verschiedenen Plattformen aufgeführt.

Nutzbare Videoformate für „vic“:

- jpeg Motion JPEG
- h261 ITU H.261 (CCITT)
- nv Xerox Parc Network Video
- cellb Sun Cellb
- bcv Berkley Video

Die folgende Abbildung zeigt die Desktopstruktur nach dem Programmstart von VIC auf einem PC unter Windows 95. Im Menüfenster können die erforderlichen Parameter für die Übertragung, den Encoderprozeß, die Darstellung und die Sessioninformationen eingestellt werden.



**Aufruf von vic (PC)
direktes Einladen einer
Gegenstelle über IP-
Adresse und Port-
Nummer**

Abb. 19: Bildschirmlayout von VIC auf PC

Folgende Gesamteinschätzung ergibt sich aus den Tests (plattformunabhängig):

- VIC kann ohne weitere Module gestartet werden, somit ist eine unabhängige Videoübertragung möglich
- die Gegenstationen können problemlos über IP-Adresse angesprochen werden
- Programm ist für viele Plattformen verfügbar
- stabiles Laufverhalten
- gute Übertragungsqualität (bis 25f/s bei 3.0 Mbit/s und etwa 20% Bewegtbildanteil Testergebnisse auf SUN Ultra¹⁰)

Aus den entsprechenden Test von VIC auf SGI Indigo² auf SUN Ultra1 und 2 und auf PC kann formal eingeschätzt werden, daß sich dieses Modul für die Videoübertragung innerhalb eines Teleteaching-Systems gut eignet. Im Zusammenspiel der verschiedenen ausgewählten Programmkomponenten muß dann die entsprechende Kompatibilität und Funktionalität noch nachgewiesen werden. Zu beachten ist, daß vic auf einem PC¹¹ nicht als Sendetool genutzt werden kann. Die Leistungsfähigkeit dieser Rechner ist nicht ausreichend für den Encoderprozeß.

¹⁰ 2 64 Bit Ultra-SPARC Prozessoren 167 MHz, 2 GB Festplatte, 64 MB RAM, Creator 3 D Grafik

¹¹ Tests auf Intel Pentium PC200MHz, 32 MB RAM, Matrox Millenium Grafikkarte 4 MB, Windows 95

4.2.4.4 Audiomodul VAT

Das Audiotool VAT ist **integraler Bestandteil der Mbone-Tools** und wird zur Komprimierung und Übertragung der Audio-Signale genutzt. Dieses Tool ist analog der anderen Module auf verschiedenen Rechnerplattformen lauffähig.

VAT arbeitet mit unterschiedlichsten Audiokarten zusammen, z.B. Audio- und Videokarten von SUN, SoundBlaster auf PC usw.. Das Modul unterstützt die Audiokompressionsverfahren PCM, PCM2/4, GSM und weitere. Als besonders günstig hat sich die Arbeit mit PCM und PCM2 erwiesen, was unterschiedlichste Tests ergeben haben.

Die Verbindung mit anderen Systemen erfolgt über die IP-Adressierung mit der entsprechenden Portnummer. Analog zu den anderen Mbone-Tools kann mit VAT ebenfalls im **Multicast-** und im **Unicast-Modus** gearbeitet werden. In der direkten Zusammenarbeit von zwei Einrichtungen ist immer der Unicastmodus zu bevorzugen, da hier nur eine Kommunikation zwischen zwei Partnern benötigt wird und auf die Verteilung der Daten im Netz verzichtet werden kann (siehe Multicast). Die Qualität der Übertragung ist auf Grund der PCM Kompression analog der **Telefonqualität**. Für Sprachübertragungen ist dies ausreichend. Sehr nachteilig wirkt sich die getrennte Übertragung von **Audio- und Videodaten** aus, da **keine Synchronität** der beiden Datenströme erreicht werden kann.

Die Ergebnisse der verschiedenen Testreihen haben ergeben, daß sehr gute Übertragungen auf SUN und SGI Maschinen erreicht wurden. Untersuchungen mit PC's haben nur unzureichende Qualitäten gebracht, besonders wenn gleichzeitig Videodaten komprimiert wurden. Die Leistung der Maschinen war hier nicht ausreichend (Tests unter Win95, Pentium 200). Die bereits erwähnten Unzulänglichkeiten (Telefonqualität und Synchronitätsprobleme) waren jedoch nicht zu beseitigen.

Das folgende Bild zeigt die gut strukturierte Bedienoberfläche des Tools VAT unter Windows 95. Auf allen anderen Rechnerplattformen ist das gleiche Layout vorzufinden. Die Kommunikation zwischen verschiedenen Plattformen ist uneingeschränkt möglich.

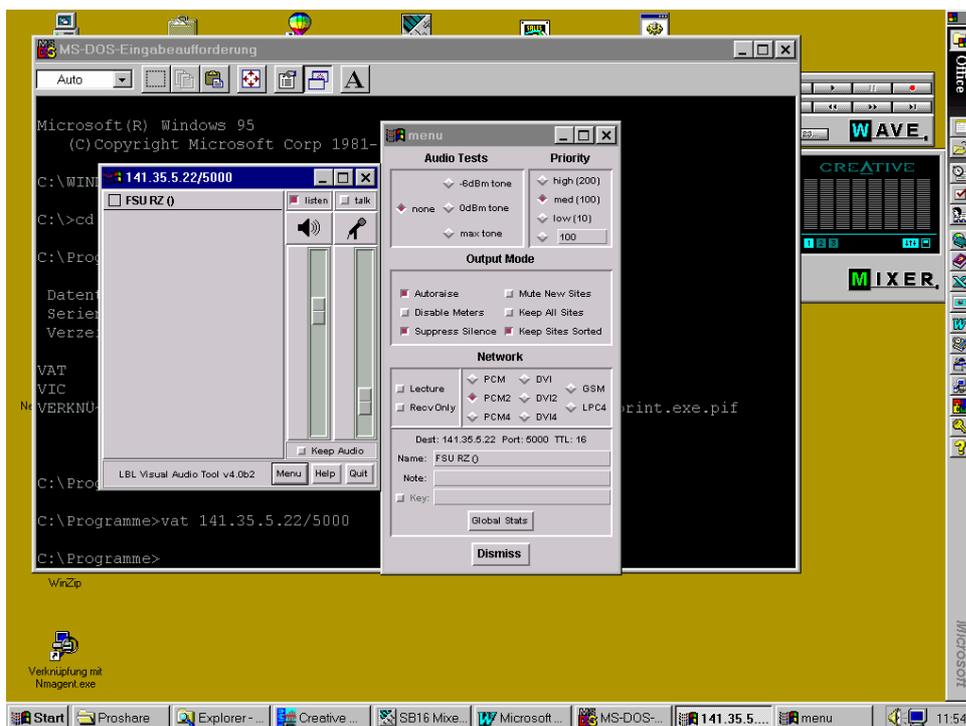


Abb. 20: Oberfläche des Audio-Tools VAT unter Windows 95

4.2.4.5 Audiomodul RAT

Das Mbone Tool RAT ist ebenfalls ein Audio-Tool aus der Mbone-Familie und kann analog zu VAT verwendet werden. Dieses Softwarepaket brachte jedoch im Test wesentlich schlechtere Testergebnisse. Das betrifft besonders die Übertragungsstabilität und die erreichten Qualitäten. Bei Nutzung dieses Tools kam es oft zu spontanen Ausfällen, die jedoch nicht im Lastverhalten der Maschinen zu suchen waren. Eine eindeutige Lösung der aufgetretenen Probleme konnte nicht ermittelt werden, so daß in weiteren Untersuchungen auf den Einsatz dieses Tools verzichtet wurde. Die Ergebnisse mit VAT waren bedeutend besser.

4.2.4.6 Audiomodul FPHONE

Das Tool FPHONE gehört nicht zu den Mbone-Tools. Es ist ein **Zusatzmodul**, welches eine Audioübertragung realisiert. Dieses Softwarepaket hat im Test die **besten Übertragungsergebnisse** gebracht. Es wurden Übertragungen in CD-Qualität erreicht. Die Adressierung und Übertragung erfolgt analog den Tools VAT und RAT. Die Synchronitätsprobleme lassen sich auf Grund der unterschiedlichen Übertragung und Komprimierung von Ton und Bild aber ebenfalls nicht vermeiden. Da mit diesem Tool aber die beste Qualität erreicht wurde, kam es in allen weiteren Untersuchungen zum Einsatz. FPHONE ist auf SUN und SGI Maschinen lauffähig und arbeitet problemlos mit der Hardware der Hersteller zusammen.

4.2.4.7 Whiteboard wb

Das Mbone-Tool WB soll Vorträge unterstützen, die unter Nutzung der anderen Mbone-Tools gehalten werden. Das Whiteboard (WB) arbeitet wie ein einfaches Grafikprogramm, welches die Daten zusätzlich über das IP-Netz an eine definierte Gegenstelle verteilt.

Es können mit diesem Tool Handskizzen angefertigt und auch fertige Dokumente geladen werden. Ungünstig ist, daß die Dokumente nur im Postscript-Format vorliegen dürfen. Damit müssen Dateien, welche mittels PowerPoint o.ä. Softwarepaketen erstellt wurden, erst gewandelt werden. Die Annotations-Werkzeuge sind einfach gehalten und damit leicht zu bedienen. Für den Einsatz im Teleteaching-System bietet WB gute Voraussetzungen um Präsentationsdaten zu übertragen.

Die Möglichkeit des **Application-Sharing** wird **nicht unterstützt**, jedoch besteht die Möglichkeit der interaktiven Arbeit, wenn die sendende Station die angeschlossenen Rechner zur interaktiven Arbeit freigibt.

4.2.5 Microsoft NetMeeting

Microsoft NetMeeting ist eine **Kommunikationssoftware** der Firma Microsoft. Sie ist in der Version 2.0 Beta 4 getestet worden. Diese Version war als Freeware bei Microsoft bis März 1997 verfügbar.

Leistungsumfang

NetMeeting ist ein **Videokonferenzsystem**, das eine Echtzeitvideokonferenz im LAN gestattet. Die Software ist für Windows 95 und für Windows NT 4.0 verfügbar. Alle mit Netmeeting im Zusammenhang stehenden Tests wurden unter Windows 95 durchgeführt. Im

Test wurde die NetMeeting-Version 2.0 Beta 4 verwendet. Folgende wesentliche Features bietet MS-Netmeeting:

- Videübertragung
- Audioübertragung
- Application Sharing
- Chat (Modul zur Message-Übertragung innerhalb der Konferenz)
- File transfer
- Whiteboard-Funktion
- LAN-Unterstützung (TCP/IP)
- Internet Location Server (ILS)-Funktion
- Unterstützung von unterschiedlicher Video- und Audiohardware.

NetMeeting unterstützt die internationalen Standards der ITU im Videokonferenzbereich, also den **Standard H.323**. Eingeschlossen in diesen Standard sind:

- Standards H.261 und H.263 für Video-Übertragung,
- Standard G.723.1 und G.711 für Audioübertragungen.

Der Standard T.120 für Multipoint-Datenkonferenzen wird ebenfalls unterstützt.

Hardwareanforderungen

Um MS-NetMeeting effektiv einsetzen zu können (Audio-, Video- und Datenkommunikation), sind folgende Anforderungen an die Gerätetechnik gestellt:

- INTEL Pentium 133 oder höher mit mindestens 16 MB RAM bei Windows 95
- Pentium 133 oder höher mit mind. 32 MB RAM bei Windows NT
- 10 MB Festplattenspeicher
- Netzwerkkarte
- Sound-Karte mit Mikrofon und Lautsprechern
- Video-Karte mit Kamera

Installation

MS-Netmeeting ist in der Version 2.0 als FreeWare verfügbar und soll in Zukunft mit Windows-Betriebssystemen ausgeliefert werden. Die **Installation** ist vollkommen **problemlos** realisierbar, da sich das Programmpaket selbst installiert. Alle notwendigen Installations-Informationen werden gezielt abgefragt und sind auch für den ungeübten Anwender gut zu verstehen. Das Setup-Programm installiert alle Komponenten selbständig und erkennt auch die Hardware problemlos.

Selbst mit ungewöhnlichen Videokarten (z.B. Intel ProShare-Hardware) arbeitet NetMeeting zusammen. Die Netzwerkfunktionalität wird ebenfalls eigenständig erkannt. Tests mit Modem und ISDN wurden nicht durchgeführt, da MS-Netmeeting dies nicht direkt unterstützt. Außerdem sind Untersuchungen mit Modem und ISDN-Übertragungen nicht Bestandteil dieser Arbeit.

Konfiguration

Während der Installation werden Default-Parameter eingestellt, so daß das System sofort funktionsfähig ist. Spezielle Anpassungen müssen dann durch den Nutzer realisiert werden. Das sind besonders die Einstellungen im Video- und Audibereich. So kann im Audibereich zwischen full- und halbduplex unterschieden werden. Die Empfindlichkeit des Mikrofons ist ebenfalls regulierbar. Im Videobereich kann die Größe der Fenster und die Qualität des Bildes reguliert werden. Die eingebundenen Protokolle sollten ebenfalls überprüft werden. Es existieren für MS-Netmeeting folgende Möglichkeiten:

- Network (IPX)
- Network (TCP/IP)

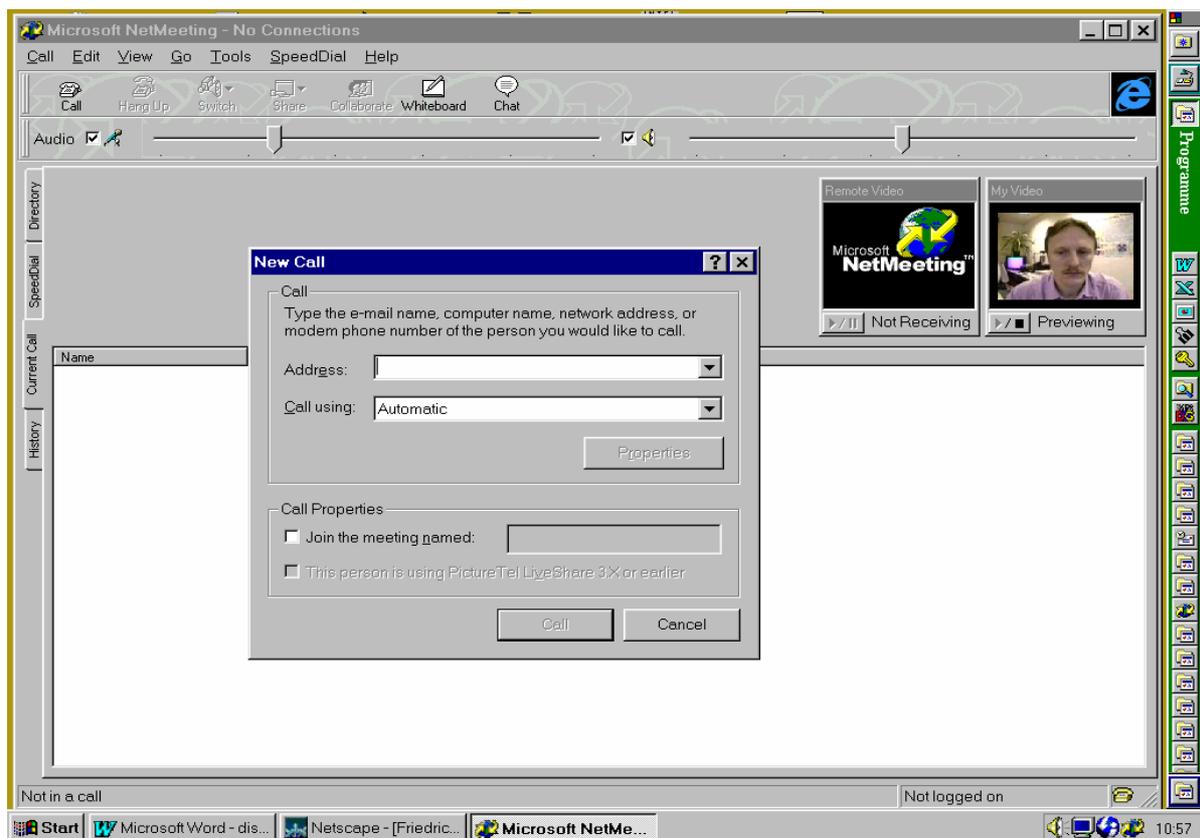


Abb. 21: Desktop von MS-Netmeeting mit Fenster CALL

4.2.6 Microsoft PowerPoint

MS-PowerPoint ist ein Programmpaket zur **Erstellung von Präsentationsgrafiken**. Es ist Bestandteil der Microsoft OFFICE Produktpalette. Durch den hohen Verbreitungsgrad von MS-PowerPoint (auch in früheren Versionen) eignet es sich sehr gut für die Nutzung in der Lehre. Es hat eine gut strukturierte Bedienoberfläche und ist damit sehr leicht erlernbar. Schon heute wird es in vielen Lehrveranstaltungen direkt eingesetzt (Nutzung des Präsentationsmanagers; ist auch als MS-Projektor in früheren Versionen enthalten).

In den Versionen bis 7.0 war eine Konferenzschaltung zur Präsentationsverteilung nicht über IP realisierbar. Dieser Nachteil wurde in der Version 97 durch eine grundlegende Überarbeitung beseitigt. Es ist ein vollständig neuer Teil für die internationale Kommunikation

(LAN/WAN) auf IP-Basis entstanden (siehe im MS-PowerPoint unter Präsentationskonferenz im Menüpunkt „Extras“).

Voraussetzungen für die Nutzung der Präsentationskonferenz:

- alle beteiligten Stationen müssen WIN 95/98 oder NT als Betriebssystem nutzen
- PowerPoint 97 muß auf den Stationen installiert sein (auf allen)
- Gegenstationen müssen ihre Konferenzbereitschaft hergestellt haben.

Durch den Initiator der Konferenz werden dann die beteiligten Stationen auf IP-Basis „eingeladen“. Nach dem Verbindungsaufbau erfolgt die **Übertragung des gesamten Dokuments** (Präsentationsgrafik). Anschließend wird die Präsentationsveranstaltung freigegeben. Die Steuerung erfolgt dann von der Station des Initiators aus. Da alle Dokumente an die Stationen übertragen wurden, ist innerhalb der Veranstaltung nur die Übertragung der Steuersignale für die Präsentation notwendig. Durch diese Variante ist eine fast verzögerungsfreie Präsentation möglich.

Die Arbeitsweise von MS-PowerPoint basiert **nicht** auf der Basis des **Application-Sharings**. Während die Verbindung über PowerPoint aufgebaut ist, kann nicht zusätzlich eine andere Anwendung genutzt (z.B. durch starten eines anderen Prozesses) werden.

Der PowerPoint Präsentationsmanager hat ein **eigenständiges Animationstool** integriert, welches dem Vortragenden zur Verfügung steht. In der Leistungsfähigkeit und im Handling ist dieses Tool jedoch bedeutend schlechter als analoge Produkte (z.B. SLIDEWORKS).

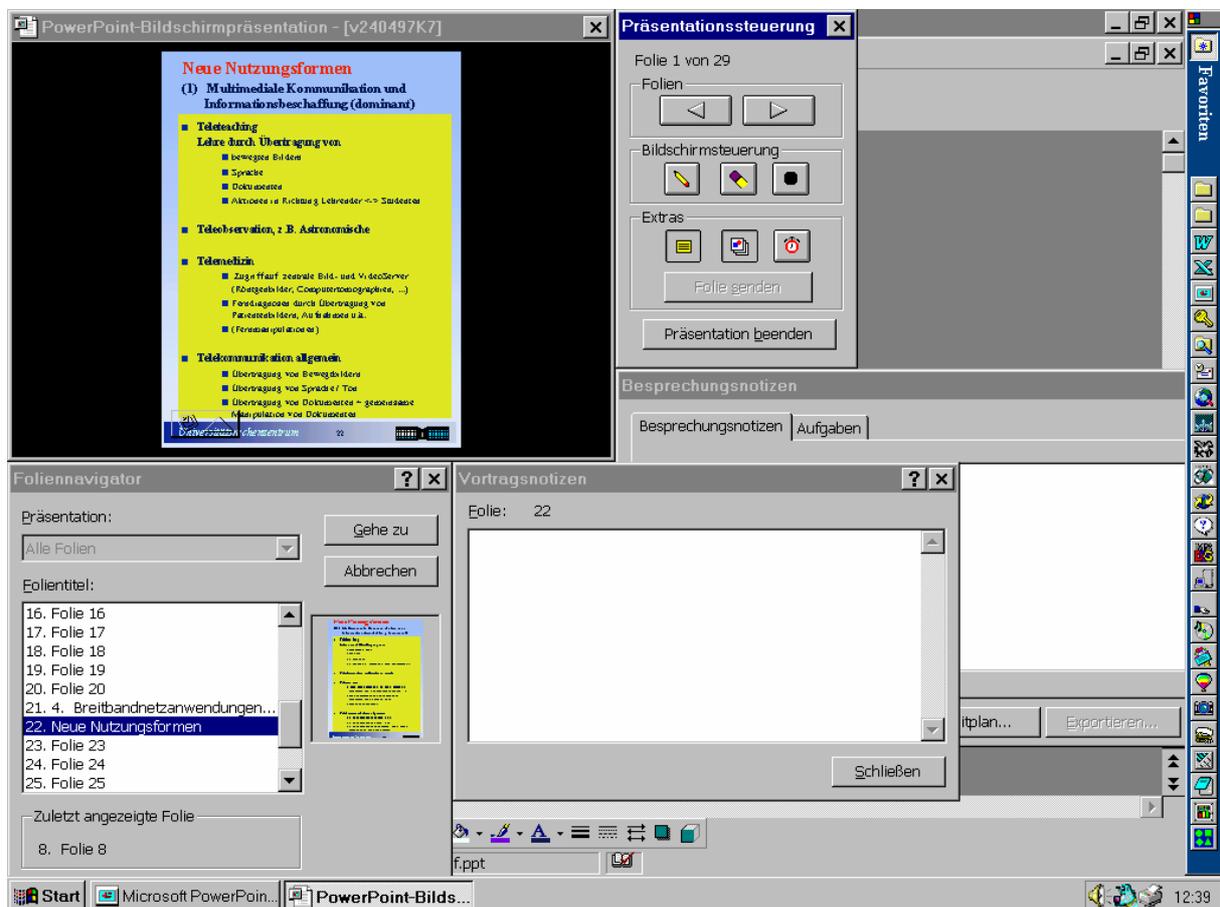


Abb. 22: Desktopstruktur während einer Präsentation im LAN/WAN (Vorführender)

Vorbereitung und Durchführung einer Präsentation

Bei allen **Zuhörern** muß die **Empfangsbereitschaft** hergestellt sein. Dies wird über den Menüpunkt Extras und dann Präsentationskonferenz realisiert. Wichtig ist dabei, daß die Auswahl Zuhörer angewählt wird. Dem Vorführenden muß die IP-Adresse oder der Rechnername übermittelt werden. Erst nachdem die Empfangsbereitschaft der Zuhörer hergestellt ist, kann die Präsentation beginnen. Es erfolgt kein automatisches Einladen der Zuhörer oder eine entsprechende Information. Ist die Gegenstelle nicht empfangsbereit, dann kann der Vortragende keine Verbindung herstellen.

Der Vortragende muß ebenfalls über den Menüpunkt Extras und Präsentationskonferenz seine Bereitschaft herstellen. Das zu präsentierende Dokument sollte bereits aktiv sein. Der Vorführende muß in seinem Menü den Unterpunkt „Vorführender“ anwählen (default, wenn Dokument aktiv). Danach erfolgt das Hinzufügen der Stationen der Zuhörer. Die Angabe kann als IP-Adresse oder vollständigen Rechnername erfolgen. Anschließend wird geprüft, ob der/die angegebenen Zuhörer erreichbar (empfangsbereit) sind, wenn ja, dann wird das Dokument auf die Gegenstelle bzw. Gegenstellen übertragen (je nach Größe etwas zeitintensiv), ist die Gegenstelle nicht erreichbar, erfolgt die Ausgabe einer Fehlermeldung. Sind alle Gegenstellen eingeladen und die Dokumente übertragen, dann erscheint beim Vorführenden der Desktop für die Präsentationdurchführung (siehe Abbildung oben).

Im folgenden werden die Vor- und Nachteile aufgelistet, die den Einsatz von MS-PowerPoint in einem Teleteaching-System rechtfertigen würden. Dabei ist zu beachten, daß nicht nur der Einsatz des Präsentationssystems betrachtet wird, sondern auch die parallele Nutzung des Präsentationsmanagers für die Verteilung der Grafiken im IP-Netz.

Vorteile beim Einsatz in einem Teleteaching-System:

- Präsentationsmanager ist direkt in der Anwendung integriert und kann daraus gestartet werden,
- Annotationsmöglichkeiten sind vorhanden.

Nachteile:

- Vor dem Start der Präsentation müssen alle Empfänger ihren Client gestartet haben, sonst kann die Übertragung an die ausgewählte Station nicht erfolgen,
- Annotationstool ist etwas unhandlich zu bedienen,
- Während der Präsentation sind für den Vorführenden zu viele Fenster auf dem Monitor (unübersichtlich),
- keine Rückkopplung vom Empfänger vorhanden (Empfänger hat keinen Einfluss auf die Präsentation),
- reine Übertragung der Steuerdaten (Datendateien werden vor der Präsentation auf die Gegenstelle übertragen („großer“ Zeitaufwand)),
- die Präsentation ist eine Datenübertragung und kein Application-Sharing
- keine weiteren Tools mit dieser Technologie nutzbar.

4.2.7 MPEG-2 basierende Videoübertragung

4.2.7.1 FutureTel-System

Die Firma Future Tel ist ein Hersteller von MPEG-2 Encoder- und Decoderkarten für Windows NT Systeme. Die verfügbare Software beschränkt sich jedoch lediglich auf das Digitalisieren der analogen Video- und Audiodaten und das Schreiben dieser auf Festplatte. Dort kann dann eine Videobearbeitung mittels Schnittsoftware erfolgen. Es ist momentan **keine Software** verfügbar, um den digitalen MPEG-2 **Datenstrom im IP-Netz zu übertragen**. Eine Entwicklung durch die Firma Future Tel ist in nächster Zeit auch nicht zu erwarten. Da Eigenentwicklungen für derartige Lösungen nicht angestrebt werden, kann diese Encoderkarte nicht zum Einsatz kommen.

4.2.7.2 Optivision-System

Das Audio- und Videoübertragungssystem der Firma Optivision ist eine **IP basierende Lösung** unter Nutzung von **MPEG-2 Kompression**. Als Betriebssystem wird **Windows NT** benutzt. Die Hardwarevoraussetzungen für die Nutzung ist ein PC mit folgenden Parametern:

- Mindestens Pentium 133,
- 32 MB RAM,
- SCSI Disk-System,
- Netzwerkkarte 10/100 für IP Connection (ATM-Netzwerkkarte optional möglich),
- MPEG-2 Encoder- und/oder Decoderkarte der Firma Optivision,
- Betriebssystem Windows NT 4.0.

Von der Firma Optivision werden nur Komplettsysteme mit den bereits genannten Parametern geliefert. Es existieren mehrere Ausbauvarianten für die Videoübertragungssysteme:

- TWS-System,
- LS-System.

Das TWS-System ist für die Übertragung von Voll-PAL-Bildern ausgelegt, während die LS-Variante nur Halbbilder überträgt. Die LS-Systeme sind wesentlich preiswerter, jedoch in der Videoqualität nicht so hochwertig wie die TWS-Systeme (auf Grund der Halbbildübertragung). Im folgenden werden nur die TWS-Systeme betrachtet, da im Teleteaching besonderer Wert auf eine **sehr gute Bild- und Tonqualität** gelegt wird. Die Übertragungsqualitäten, welche mit M-JPEG-Kompression erreicht wurden, waren für Teleteaching nutzbar, jedoch wurde immer die Bildqualität als verbesserungswürdig angegeben. Dies war der Grund, alle weiteren Versuche nur mit den Systemen zu testen, die Voll-PAL-Bilder in Echtzeit übertragen und eine akzeptable Bandbreite benutzen. Wenn diese Anforderungen gestellt werden, dann kann nur mit **MPEG-2 Kompression** gearbeitet werden, da alle anderen Kompressionsverfahren für Audio- und Videoübertragungen die Anforderungen nicht erfüllen.

MPEG-2 Encoder

Der von Optivision verwendete MPEG-2 Encoder ist mit 8 C-Cube Chips bestückt. Die Encoder-Karte belegt **2 EISA Steckplätze**. Zusätzlich wird ein DVI-Board (Digital Video Input Board) benötigt, über dieses Board werden die analogen Signale eingegeben. Die Eingabe der analogen Audiosignale erfolgt direkt auf der Encoder-Karte mittels Mini-D Stecker.

Der Aufbau und die Anordnung der Encoder-Karten verdeutlicht folgende Grafik.

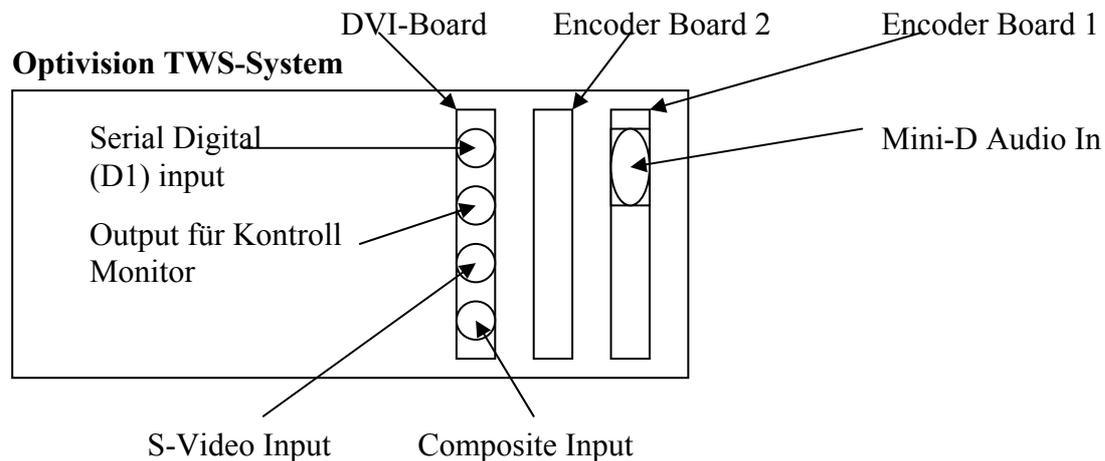


Abb. 23: Aufbau und Schnittstellen des TWS-Encoder-Systems

In einem Optivision-System stehen 4 **EISA Steckplätze** zur Verfügung. Damit kann ein Encoder (3 Steckplätze) und ein MPEG-2 Decoder (1 Steckplatz) gesteckt werden. Wenn in einem System mehrere Decoder benötigt werden, dann muß eine weitere Maschine genutzt werden.

MPEG-2 Decoder

Der Optivision-Decoder ist für die Decodierung der digitalen Video- und Audiosignale und deren analoge Bereitstellung an definierten Schnittstellen zuständig. Es stehen verschiedene analoge Videoschnittstellen zur Verfügung.

Wie bereits erwähnt, können mit einer Maschine mehrere MPEG-2 Datenströme decodiert werden. Es wird jedoch für jeden Datenstrom ein eigener Decoder benötigt. Daraus folgt, daß **eine Maschine 4 Datenströme decodieren** kann (auf Grund der 4 vorhandenen EISA Steckplätze). Die folgende Abbildung zeigt die Belegung der Optivision Decoderkarte.

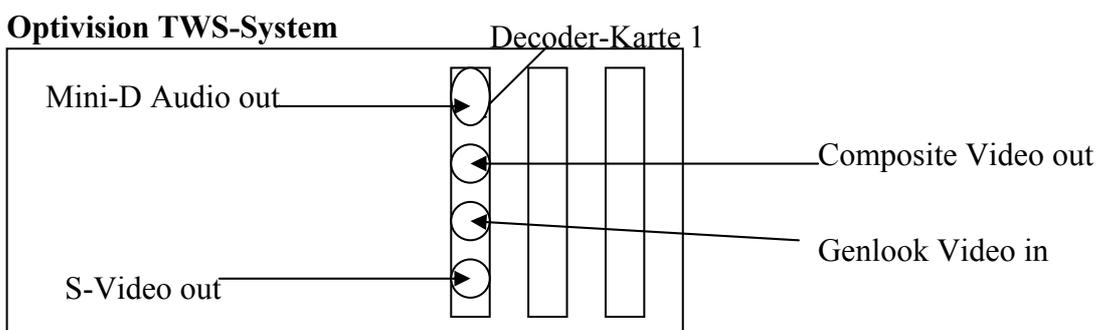


Abb. 24: Belegung der Optivision-Decoder Karte

Einsatzmöglichkeiten für Optivision-Systeme

Für die Optivision-Systeme gibt es mehrere verschiedene Einsatzmöglichkeiten:

(1) **One-way Übertragungen Point to Point**

Die Audio- und Videodatenübertragung erfolgt nur in eine Richtung. Ein Rückkanal existiert nicht.

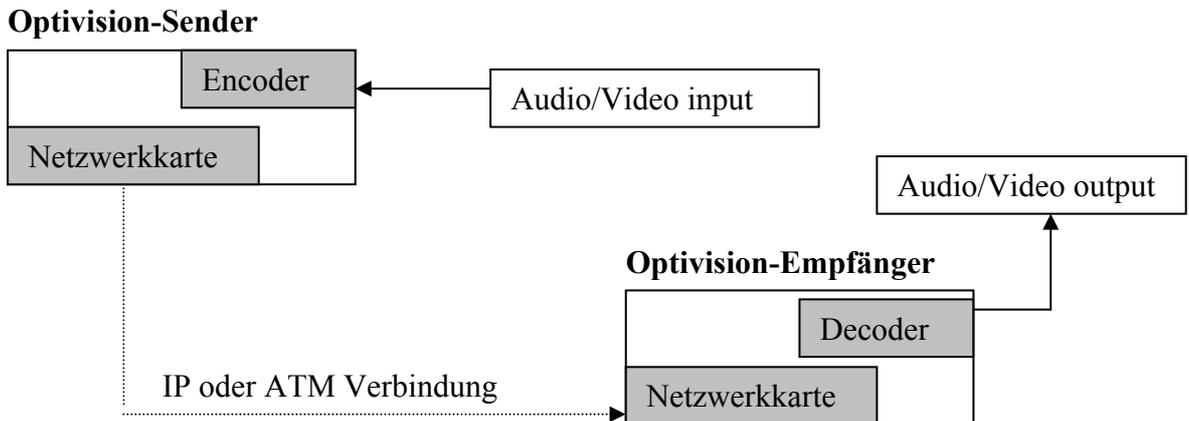


Abb. 25: One-Way System – Point to Point

(2) **Two-Way Übertragung Point to Point**

Bei einer Two-Way Übertragung werden jeweils in beide Richtungen Audio- und Videosignale übertragen. Die Übertragungen sind unabhängig voneinander. Somit existiert ein Hin- und ein Rückkanal.

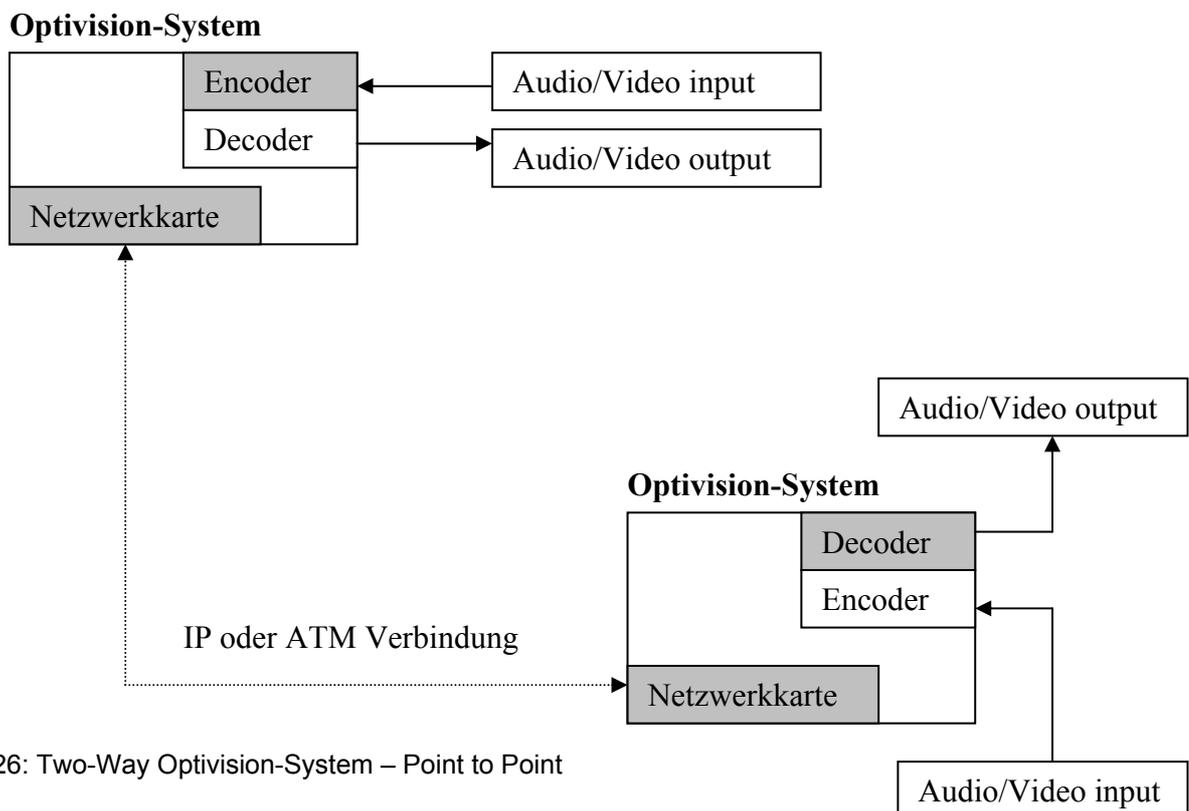


Abb. 26: Two-Way Optivision-System – Point to Point

(3) Multi Channel Übertragungen

Im Multi-Channel Verfahren gibt es mehrere Varianten der Übertragung der Audio- und Videodaten zwischen Sender und Empfänger.

Eine der Möglichkeiten einer Multi-Channel Übertragung ist die MPEG-2 Datenübertragung von mehreren Sendern zu einem Empfänger mit mehreren Decoderkarten. Dies ist eine Multipoint to Point Übertragung ohne Rückkanal. In dieser Konstellation sind für einen Empfänger maximal 4 Sender möglich (die Begrenzung bildet die Anzahl der EISA Steckplätze im Empfänger-System).

Die verschiedenen Sendemaschinen können an örtlich verteilten Standorten stehen.

Bedingung für die Übertragung ist nur ein entsprechender Netzanschluß.

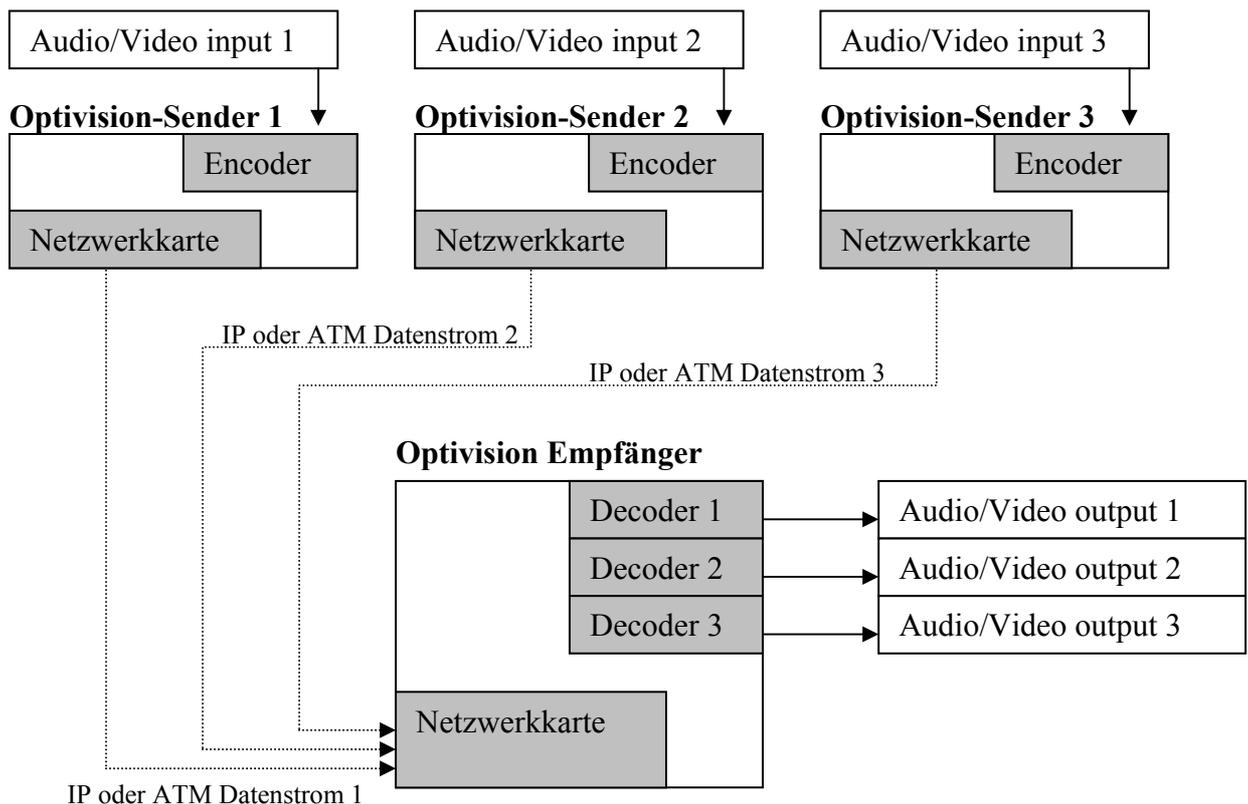


Abb. 27: Multi Channel Optivision-System – Multipoint to Point

In diesem System wird nur in eine Richtung übertragen. Um einen Rückkanal an alle Stationen zu erreichen, muß an der Empfangsstation ein Sender installiert werden, welcher mit 3 Encoderkarten ausgerüstet ist. Technisch ist dies nicht zu realisieren, da die Anzahl der Steckplätze auf 4 begrenzt ist und 3 für einen Encoder benötigt werden. Somit bleibt nur die Installation von drei getrennten Sendemaschinen, welche alle mit dem gleichen analogen Videosignal versorgt werden (Nutzung eines Videoverteilerverstärkers). Dies ist jedoch eine ökonomisch unvermeidbare Lösung. Laut den technischen Unterlagen der Firma Optivision ist keine andere Lösung möglich. Es existiert jedoch eine undokumentierte Variante, um dieses Problem zu lösen, welches auch bei Teleteaching-Systemen auftritt, wenn mehr als zwei Einrichtungen an der Veranstaltung teilnehmen. Die Lösung dieses Problems heißt Multi-Destination. Mit dieser Variante kann ein Encoder einen MPEG-2 Datenstrom an mehrere unterschiedliche Empfänger senden. Begrenzend wirkt hierbei nur die maximale Leistung von 15 Mbit/s, die mit einem Encoder erzeugt werden kann. Es

können unter den genannten Bedingungen 4 Einrichtungen mit jeweils einem MPEG-2 Datenstrom von 3 Mbit/s versorgt werden.

(4) **Multi-Destination**

Die bereits unter (3) erwähnte Variante der Übertragung von MPEG-2 Daten von einem Encoder an mehrere Decoder soll hier kurz erläutert werden.

Eine Maschine kann bis zu 4 Einrichtungen mit einem MPEG-2 Datenstrom von 3 Mbit/s versorgen (max. Datenstrom ist 12 Mbit/s). Voraussetzung für dieses Szenario ist eine Netzanbindung des Systems mit mindestens 100 Mbit/s (Fast Ethernet) und keine weiteren Rechner in diesem Strang (geschwitchtes Ethernet).

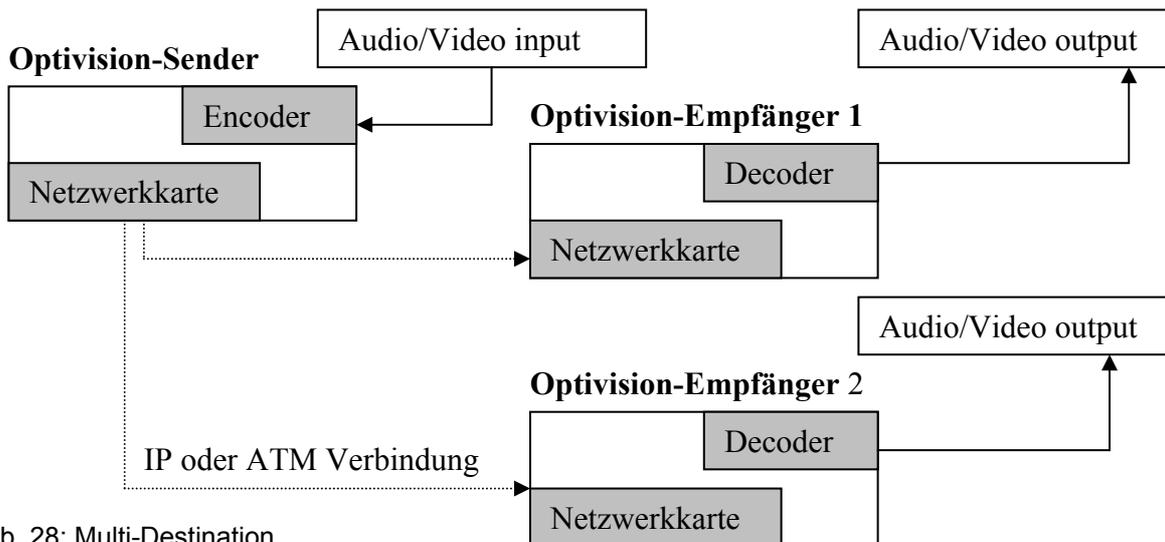


Abb. 28: Multi-Destination

Software

Für die Datenübertragung mittels **Optivision Live System** wird durch den Hersteller die notwendige **Software** bereitgestellt. Es existiert jeweils eine Software für den Encodierungs- und eine für den Decodierungsprozeß mit einer zugehörigen INI-Datei. In dieser werden alle zum Senden bzw. Empfangen notwendigen Parameter hinterlegt. Das sind z.B. der Videostandard (PAL oder NTSC), die Datenrate (in Mbit/s), die Audioqualität usw.. Alle möglichen Parameter werden im Punkt 5.2.5.1 konkret erläutert.

Das Optivision-System wurde einem **umfassenden Test** unterzogen, da diese Maschinen erstmals in Deutschland zum Einsatz kommen sollten.

Alle Tests wurden in bestehenden IP-Netzen realisiert, sowohl lokal im Netz der FSU Jena, als auch im B-WiN. Während der Tests wurden **Netzlastanalysen** vorgenommen (siehe Punkt 7.5 und Anlagen 3,4,5,15-23,28,29).

Die Tests wurden analog zu den bereits vorgestellten Einsatzmöglichkeiten durchgeführt.

Folgende **Ergebnisse** wurden erzielt:

(1) One-Way Übertragung (Direktkopplung) **Testszenario 1 (siehe Kapitel 7.5)**

Es wurde eine Übertragung in einem IP LAN realisiert. Die Optivision-Systeme waren direkt verbunden über gekreuzte Netzkabel (10/100 Mbit/s Netzwerkkarte).

Ergebnisse:

- Fehlerfreie Bild und Tonübertragung
- Bildqualität analog der bekannten Fernsehqualität
- 25 Frame/s
- Test mit 6 Mbit/s ergab die beste Übertragung
- Mindestens 3 Mbit/s waren für Fernsehqualität notwendig

(2) One-Way Übertragung (Übertragung über Router) **Testszenario 2 (siehe Kapitel 7.5)**

Es wurde eine Übertragung in einem 10 Mbit/s Ethernet LAN realisiert, welches gleichzeitig von anderen Nutzern mit Standardanwendungen benutzt wurde (kein geschwitchtes Netz).

Ergebnisse:

- Bei einer Übertragungsrate von 3 Mbit/s traten geringfügige Fehler auf (leichte Artfakatebildung), die sich jedoch unwesentlich auf den Gesamteindruck auswirkten,
- während der Artikaktebildung traten ebenfalls Tonunterbrechungen auf, die sich recht negativ auswirkten,
- Bei einer Sendeleistung von 6 Mbit/s war die Übertragung unbrauchbar, da ständig Fehler auftraten, was durch die Netzüberlastung bedingt war.

Schlußfolgerung:

- Optivision Systeme sollten nach Möglichkeit nicht in 10 Mbit/s Ethernet Netzen betrieben werden,
- Es dürfen keine anderen Nutzer im Netzsegment arbeiten,
- Alle weiteren Tests werden in geschwitchten Fast-Ethernet Netzen durchgeführt.

(3) Two Way Übertragung zwischen drei Teilnehmern

Um eine Two-Way Übertragung zwischen drei Teilnehmern zu realisieren gibt es zwei Möglichkeiten:

a) Testszenario 3 (siehe Kapitel 7.5)

Verwendung von 2 Sendemaschinen je Teilnehmer und je einer Empfangsmaschine mit 2 Decodern

b) TestszENARIO 4 (siehe Kapitel 7.5)

Nutzung des undokumentierten Features „Multidestination“, um mit einer Sendemaschine mehrere Datenströme zu erzeugen. Damit können mit einer Sendemaschine mehrere Empfangsmaschinen adressiert werden (max. 4). Die Empfangsmaschinen sind analog dem TestszENARIO 3 mit 2 Decodern ausgestattet. Aus ökonomischen Gründen wurde das TestszENARIO 3 nicht weiter betrachtet (2 Sendemaschinen je Teilnehmer).

Ergebnisse (TestszENARIO 4):

- Unter Nutzung der geschwichteten Fast Ethernet LAN traten bei Sendeleistungen von 3 und 6 Mbit/s keine Probleme auf. Die Übertragung war stabil und durch keine Artefakte negativ beeinflusst.
- Es wurden Delayzeiten festgestellt, die sich bei ca. 500 ms bewegen. Der Umgang damit ist etwas ungewöhnlich, jedoch beherrschbar.
- Durch Tests im B-WiN zwischen Weimar, Ilmenau und Jena sind vereinzelt Artefaktbildungen zu beobachten gewesen, die sich jedoch nicht negativ auf den Gesamteindruck ausgewirkt haben (bei 6 Mbit/s Sendeleistung).
- Wurde mit 3 Mbit/s gearbeitet, waren Bild und Ton nahezu fehlerfrei.

Zusammenfassung

Auf Grund der erzielten Testergebnisse kann festgestellt werden, daß sich das **Optivision-System sehr gut für Teleteaching** einsetzen läßt, da es alle geforderten Parameter erfüllt (siehe Kapitel 1).

Die Bild- und Tonqualität ist überzeugend und es werden nicht zwingend separate Übertragungskanäle bestätigt. Alle weiteren Tests im Teleteaching-System wurden ausschließlich mit diesem MPEG-2 basierenden Übertragungssystem realisiert.

4.3 Hardwarebasierende Video-/Audiolösungen

Die Video- und Audioübertragung ist nicht nur mit den bereits vorgestellten Softwarekomponenten, basierend auf einer speziellen Rechnerplattform, möglich, sondern ebenfalls durch reine Hardwarelösungen. Im Rahmen dieser Arbeit wurden zwei Produkte betrachtet und auf ihre Einsatzfähigkeit im Teleteaching untersucht.

Es handelt sich um Geräte der Firmen FORE und GDC.

Das Gerät **AVA-200** ist ein ATM Video Adapter der Firma **FORE**. Das System ist für die Audio- und Videoübertragung im LAN und WAN konzipiert.

Der AVA-200 ist ein kompakter ATM Adapter mit geringen Außenmaßen und drei Videoein- und -ausgängen sowie einem Audioein- und -ausgang.

Das benutzte Videokompressionsverfahren ist **MJPEG**, also ein Pseudostandard, der aber noch immer sehr oft benutzt wird. Die mit diesem Standard übertragenen Bilder erreichen bei ca. 20 Mbit/s Fernsehqualität. Es können die heute gebräuchlichen Fernsehnormen als Eingabesignal genutzt werden (NTSC und PAL).

Dieses System wird momentan im **Teleteaching-Projekt der Universität Erlangen** genutzt und erreichte sehr gute Übertragungsqualitäten. Eine Vorstellung dieses Systems auf der CeBit 98 hat dies gezeigt.

Wenn die Möglichkeit des Einsatzes des AVA-200 im hier vorgestellten Teleteaching-System beurteilt werden soll, müssen folgende Vor- und Nachteile angeführt werden:

Vorteile:

- kleines kompaktes Gerät,
- unterstützt die gebräuchlichen Fernsehnormen,
- gestattet Videokompression,
- durch ATM Verbindung kann Quality of Service garantiert werden,
- günstiger Preis (ca. 30.000 DM für einen Sender und einen Empfänger)

Nachteile:

- ATM Verbindung zwingend notwendig,
- es wird nur MJPEG Kompression unterstützt, daher ca. 20 Mbit/s Übertragungskapazität pro Sendekanal notwendig,
- Spezialgerät, kein anderer Einsatz möglich.

Auf Grund der aufgeführten Vor- und Nachteile ist als Ergebnis ableitbar, daß sich dieses Gerät für den Einsatz im Teleteaching-System eignet, wenn der Anwender die Nachteile und die damit verbundenen laufenden Kosten akzeptiert. Es sollte jedoch unbedingt beachtet werden, daß die hohe Übertragungsrate ein nicht zu unterschätzender Nachteil ist, der durch andere Kompressionsmethoden (z.B. MPEG-2) beseitigt werden kann. Sehr positiv wirkt sich der relativ geringe Preis und die stabile Übertragungsqualität durch die Nutzung separater ATM Kanäle aus (QoS wird garantiert). Die Nutzung dieser Geräte setzt ebenfalls einen ATM Anschluß mit der entsprechenden Kapazität im Hörsaal voraus, der sicherlich nicht in jeder Universität in jedem Hörsaal garantiert werden kann.

Ein weiteres Gerät für die Übertragung von Video- und Audiodaten sind die ATM-Switche der **APEX-Familie** von **GDC**. Diese Systeme sind **ATM-Backbone-Switche**, welche mit einer Spezialkarte ausgestattet werden können, die die Video- und Audiübertragung realisiert. Diese Adapterkarte, der sogenannte VJLIM besitzt die physikalischen Anschlüsse für die analoge Video- und Audiodateneingabe und auch die Ausgabe. Es wird ebenfalls das **Kompressionsverfahren MJPG** verwendet, wie es auch die Firma FORE nutzt.

Bei diesem Gerät ist jedoch ein Punkt besonders zu betrachten, daß dieses Gerät ein ATM-Backboneswitch ist und somit in zentralen Rechenzentren eingesetzt wird. Der bereits erwähnte VJLIM, welcher die physikalischen Anschlüsse besitzt und die Datenkompression realisiert, wird als eine Einsteckkarte in dem System eingesetzt.

Daraus folgt, daß die **analogen Signale** (Audio- und Videosignale) **zum ATM Switch** geführt werden müssen (zentraler Netzknoten), denn der Einsatz dieses Gerätes im Hörsaal wäre auf Grund des hohen Preises nicht vertretbar. Dieser Transport der analogen Daten zum Switch ist in vielen Situationen nur mit hohem technischen Aufwand möglich.

Folgende Vor- und Nachteile existieren beim Einsatz dieser Geräte:

Vorteile:

- kompaktes Gerät,
- unterstützt die gebräuchlichen Fernsehnormen,
- gestattet Videokompression,
- durch ATM Verbindung kann Quality of Service garantiert werden.

Nachteile:

- ATM Verbindung zwingend notwendig,
- es wird nur MJPEG Kompression unterstützt, daher ca. 20 Mbit/s Übertragungs-kapazität pro Sendekanal notwendig,
- Spezialgerät, kein anderer Einsatz möglich,
- hoher Anschaffungspreis,
- ungeeignet für den direkten Einsatz im Hörsaal (Backboneswitch).

Auf Grund der aufgeführten Nachteile kann zusammenfassend festgestellt werden, daß der Einsatz der **GDC APEX-Systeme für Teleteaching nicht sonderlich geeignet** ist. Diese Geräte sind für einen anderen Einsatzzweck (Backbone-Netz) bestimmt und sollten dort auch ihren Einsatz finden.

Weitere rein hardware basierende Video- und Audioübertragungssysteme wurden im Rahmen dieser Arbeit nicht untersucht, da sich bereits aus den Analysen der betrachteten Geräte ableiten läßt, daß ein Teleteaching-System nicht unbedingt mit dieser Technik realisiert werden sollte, da es zwischenzeitlich effizientere Lösungen gibt, die qualitativ gleichwertig sind, wesentlich bessere Komprimierungsstandards nutzen und damit weniger Bandbreite im Netzwerk benötigen. Diese Faktoren wirken sich natürlich sofort positiv auf die laufenden Betriebskosten in einem Teleteaching-System aus.

4.4 Vergleichende Betrachtungen der Hard- und Softwareprodukte

Die unter Punkt 4.2 und 4.3 vorgestellten Produkte sollen in diesem Abschnitt auf Ihre **Einsatzmöglichkeit in dem neuen Teleteaching-Konzept**, dessen Anforderungen unter Punkt 1 formuliert wurden, untersucht werden. Nach den folgenden vergleichenden Betrachtungen sollen die Produkte feststehen, die in dem neuen System zu benutzen sind.

Das Softwaresystem **InPerson** ist in Bezug auf die Übertragungsqualität und den einfachen Umgang für viele Anwendungen gut geeignet. Im Bereich der reinen Videokonferenz kann es oft effektiv eingesetzt werden. Für die Aufgabenstellung im Rahmen des Teleteaching sind jedoch einige wesentliche Nachteile vorhanden, die dem geplanten Einsatz des Systems in einer Teleteaching-Umgebung entgegen stehen.

Vorteile InPerson:

- die Video- und Audioqualität ist im Rahmen der Grundausstattung der Hardware-systeme mit akzeptabel zu beurteilen, jedoch werden entscheidende Verbesserungen erzielt, wenn einige gesonderte Video- und Audiogeräte genutzt werden
- gute Aufteilung des gesamten Bildschirmbereiches
- leichte und unproblematische Handhabung
- in Standardkonfiguration der Maschinen enthalten oder als komplexes Paket nachrüstbar
- sehr stabiles Laufverhalten in allen Tools.

Nachteile InPerson:

- relativ hoher Anschaffungspreis auf Grund der Hardwarekomponenten und der möglichen Zubehörgeräte
- das System ist immer an die SGI-Hardware gebunden und damit im UNIX Bereich nicht flexibel einsetzbar,
- die erreichten Übertragungsqualitäten sind nicht ausreichend für den geplanten Einsatz.

Nachteile in einer Teleteaching-Umgebung:

- für den Bereich Vorlesungen ist das System ungünstig, da immer die Video- und Audio übertragung der angeschlossenen Partner erfolgt und die Tools nicht einzeln genutzt werden können
- Video und Whiteboardfunktion sind keine getrennten Teile auf dem Bildschirm, so daß sie in der Präsentation nicht getrennt verarbeitet werden können (z.B. über zwei Beamer 1x Video und das Whiteboard über ein anderes Gerät)
- Videobilder lassen sich nicht zoomen (nur kleines Bild (ca.5x3) oder großes Bild (10x6) möglich) ---> ungeeignet für Teleteaching Vorlesungen

Vorteile in einer Teleteaching-Umgebung:

- auf Grund der Struktur des Systems sehr gut einsetzbar für Seminarzwecke und besonders für Einzelkonsultationen (Nutzung als reines Videokonferenzsystem)

Die **Mbone-Tools** sind in jeder Hinsicht flexibel einsetzbar. Mit ihnen besteht die Möglichkeit, eine geschlossene und auch eine offene Teleteaching-Veranstaltung durchzuführen.

Durch die entsprechenden Tests haben sich einige Tools als besonders günstig für den Einsatz erwiesen.

Das Video-Tool VIC, dessen Funktionsumfang bereits erläutert wurde, konnte in unterschiedlichen Tests effizient eingesetzt werden. VIC kann im Multi- und im Unicast Modus genutzt werden. Nach genauen Analysen (siehe Tests unter Punkt 7.1) ergeben sich folgende Vor- und Nachteile:

Vorteile:

- Videoübertragung ist mit diesem Tool möglich
- Multi- und Unicast Variante ist nutzbar
- ist für verschiedene Systemplattformen verfügbar
- keine Kosten, da Freeware
- bietet viele Möglichkeiten der Parametrierung und Feineinstellung
- arbeitet mit verschiedenen Videokarten zusammen
- erkennt selbständig mehrere Videokarten
- Übertragungsraten von bis zu 25 Frame/s sind möglich, das ergibt (nach entsprechenden Messungen) eine Kapazität von 1Mbit/s im Multicastmodus und von 3 Mbit/s im Unicast
- die Qualität des Videobildes ist für den Anwendungsfall Teleteaching ausreichend, denn es wurden 20-25 Frame/s bei 2-3 Mbit/s erreicht (Bewegtbildanteil ca. 25%) wird der Bewegtbildanteil größer, dann sinkt die Frame Rate und die Qualität des Videobildes nimmt ab; im realen Anwendungsfall übersteigt jedoch der Bewegtbildanteil diese Grenze nicht, so daß dieses Modul durchaus problemlos genutzt werden kann.

Nachteile:

- VIC ist als Mbone-Tool eine Freeware, das heißt, es gibt für dieses Modul keinen Support der Hersteller
- für jeden Maschinentyp muß ein spezielles VIC genutzt werden
- eine full screen Ausgabe ist nicht direkt möglich, kann jedoch durch den Einsatz von speziellen Maschinen erreicht werden (SGI Indigo² realisiert diese Funktion)
- wird im Unicast Modus gesendet und sollen dabei mehrere Teilnehmer eingeladen werden, so sind mehrere Videokarten notwendig, da das Tool immer eine eigene Videokarte benötigt
- Videokompression erfolgt als MJPEG, d.h. es ist kein Standard, und für hochwertige Qualitäten werden ca. 25 Mbit/s benötigt (siehe Teleteaching-System Nürnberg-Erlangen-DFN unter Punkt 3).

Weitere Mbone-Tools für den Einsatz im Bereich Teleteaching sind die Module zur Audioübertragung. Dabei stehen folgende Softwarewerkzeuge zur Verfügung:

- RAT
- VAT
- FPHONE

RAT und VAT sind direkt für Mbone zugeschnitten, während FPHONE ein PlugIn ist und somit extra eingebunden werden muß.

Im Rahmen der Testreihen hat sich RAT als unzureichend erwiesen. Mit dem Modul VAT

wurden qualitativ bessere Ergebnisse bei der Übertragung erreicht. Die besten Testergebnisse wurden aber mit dem PlugIn Modul FPHONE erzielt (siehe Testreihen Mbone Tools unter Punkt 7.1). Dieses Softwarewerkzeug kann durch seine guten Übertragungseigenschaften und weitere Vorteile, die im folgenden erläutert werden, für den speziellen Einsatzfall im Bereich Teleteaching gut genutzt werden.

Vorteile:

- Freeware, damit entstehen keine Kosten bei der Beschaffung,
- gute Übertragungseigenschaften (siehe Kapitel 4),
- problemlose Installation,
- für verschiedene Plattformen verfügbar,
- arbeitet im Unicast Modus, kann jedoch mehrere User direkt einladen,
- bietet viele Möglichkeiten der Parametrierung und Feinabstimmung.

Nachteile:

- Freeware, das heißt es ist kein technischer Support des Herstellers gegeben,
- für jeden Maschinentyp muß ein spezielles FPHONE genutzt werden,

Realisierung der Ausgabe des Videosignals

Das im Empfangshörsaal eingehende Videosignal muß mittels Projektortechnik an die Medienwand projiziert werden. Dabei sind zwei unterschiedliche Realisierungen möglich:

- (1) Großbildprojektion des Bildschirmbildes; dabei wird der gesamte Bildschirminhalt über die entsprechende Schnittstelle der Grafikkarte an den Projektor übertragen und der Monitor wird zusätzlich angesteuert. Der Nachteil dieser Ausgabe ist, daß die getesteten Programme keine FullScreen-Videobild auf den Bildschirm ausgeben. Damit sind immer ein kleineres Videobild und eventuell zusätzliche Steuerfenster sichtbar, die sich während der Präsentation ungünstig auswirken.
- (2) Großbildprojektion des Videobildes als SVHS Signal über den Projektor. Diese Art der Ausgabe bietet wesentliche Vorteile gegenüber der Variante (1). Es wird nur das Videobild über den Projektor ausgegeben. Der restliche Bildschirminhalt bleibt unberührt. Somit kann während der Videopräsentation an der Maschine noch gearbeitet werden (Justierung), ohne daß die Präsentation gestört wird. Für eine derartige Ausgabe sind jedoch bestimmte Voraussetzungen notwendig:
 - die Maschine muß eine Videokarte besitzen, die eine live Video out Funktion realisiert,
 - die Software für live Video out muß vorhanden sein,
 - der Beamer muß einen entsprechenden Eingang für analoge Videosignale (SVHS oder Composite) besitzen oder eine entsprechende Mediabox zur Signalwandlung muß vorhanden sein.

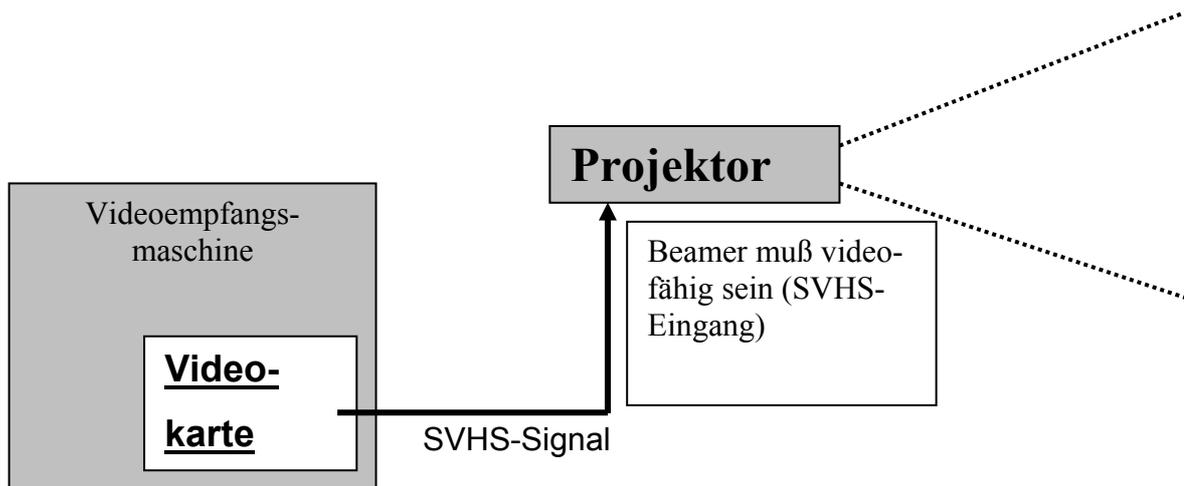


Abb. 29: Ausgabe und Präsentation des Videosignals

Das Videokonferenzsystem **ShowMe** der Firma SUN ist ein Produkt, welches analog zu dem InPerson von SGI ebenfalls einen eigenen Standard für die Audio- und Videoübertragung verwendet und nicht kompatibel mit anderen Systemen ist.

Vorteile von SUN ShowMe:

- die Video- und Audioqualität ist im Rahmen der Grundausstattung der Hardware-systeme mit akzeptabel zu beurteilen, jedoch werden entscheidende Verbesserungen erzielt, wenn bessere Video- und Audiogeräte zur Ein- und Ausgabe genutzt werden
- gute Aufteilung des gesamten Bildschirmbereiches
- leichte und unproblematische Handhabung
- in Standardkonfiguration der Maschinen enthalten oder als komplexes Paket nachrüstbar
- sehr stabiles Laufverhalten in allen Elementen.

Nachteile von SUN ShowMe:

- relativ hoher Anschaffungspreis auf Grund der Hardwarekomponenten und der möglichen Zubehörgeräte
- das System ist immer an die SUN-Hardware gebunden und damit im UNIX Bereich nicht flexibel einsetzbar
- kein PAL Bild über eine Schnittstelle auskoppelbar
- es werden maximal 15-20 f/s erreicht

Vorteilhaft ist für den Einsatz in einem komplexen Teleteaching-System, daß die einzelnen Module, Video-, Audiotool und das Whiteboard unabhängig voneinander verwendet werden können. Außerdem bietet ShowMe die Möglichkeit zum Application Sharing. Die Qualität der Videoübertragung ist analog der von InPerson. Für den Einsatz in einem Teleteaching-System sollte ShowMe auf Grund der Nachteile nicht unbedingt empfohlen werden.

Das Videokonferenzsystem **Intel ProShare** ist ein PC basierendes Videokonferenzsystem, welches unter Windows 3.11, Windows 95 oder höher eingesetzt werden kann.

Mit der speziell dafür zugeschnittenen Audio- und Videohardware liefert es eine gute Qualität für ein Konferenzsystem. Das System (ProShare 200) arbeitet im LAN Bereich jedoch auch noch nach keinem Standard, liefert aber Bilder angelehnt an den H.263 Standard für Videokonferenzsysteme. Auf dem Monitor ist dies ein akzeptables Bild, bei einer Großprojektion, so wie sie bei einem Teleteaching-System benötigt wird, reicht die Auflösung jedoch nicht aus.

Der Teil **Application-Sharing** des Intel ProShare Systems ist **sehr gut für die Verteilung von Anwendungen** geeignet. Ein gutes Umgang und eine sehr stabiles Systemverhalten zeichnet diesen Teil aus. Alle PC basierenden Anwendungen (die im Test geprüft wurden, siehe Kapitel 7.3) lassen sich problemlos verteilen. Auch die Delayzeiten können als akzeptabel beurteilt werden. Bei großen Datenmengen kann es zu einer leichten Verzögerung bei der Übertragung kommen (z.B. bei gescannten Bildern). Ebenso sind einige Effekte von PowerPoint nicht unbedingt für Application Sharing geeignet¹².

Der Teil Audio- und Videoübertragung sollte für Point to Point Kommunikation (also Videokonferencing) genutzt werden und im Bereich Teleteaching nach Möglichkeit keinen Einsatz finden.

Jedoch kann das Application-Sharing von Intel ProShare sehr effizient für die Grafikverarbeitung innerhalb eines Teleteaching-Systems genutzt werden.

Das Programm **MS-Netmeeting** ist ein Videokonferenzsystem speziell für LAN Anwendungen, speziell in IP-Netzen. Es weist analoge Qualitätsmerkmale wie das System Intel ProShare aus, arbeitet aber schon nach dem H.323 Standard für Videokonferenzsysteme im LAN. Der Teil **Application Sharing ist ebenfalls sehr gut** gestaltet und eignet sich damit ebenfalls sehr gut zum Einsatz im Grafikbereich von Teleteaching-Systemen. Audio- und Videoübertragungsqualitäten sind analog dem von Intel ProShare und für Teleteaching Übertragungen nicht sonderlich geeignet.

Das Präsentationsgrafikprogramm **MS-PowerPoint** hat ab der Version 97 eine Möglichkeit, Präsentationskonferenzen im LAN abzuhalten. Für eine Präsentationskonferenz muß auf beiden Seiten das Programm aktiv sein, dann werden die Daten über das IP-Netz übertragen. Es ist ein reiner Datenaustausch, wobei ein PC die Sendestation ist und alle anderen PC's als Empfänger fungieren. Eine interaktive Arbeit ist nicht möglich.

Da diese Möglichkeit kein Application-Sharing ist und eine Beschränkung auf MS-PowerPoint 97 vorhanden ist, sollte dieses Programm nur für reine Präsentationskonferenzen eingesetzt werden, jedoch nicht in einem universellen Teleteaching-System, im welchem unbedingt weitere Anwendungen zur Präsentation genutzt werden müssen.

Die Hardware basierende Audio- und Videoübertragung mit einem **GDC ATM-Switch** liefert qualitativ sehr gute Bilder und einen exzellenten Ton. Das Komprimierungsverfahren ist MJPEG, was bedeutet, daß etwa 20 Mbit/s übertragen werden müssen, um Fernsehqualität zu garantieren. Weiterhin ist eine ATM-Verbindung unumgänglich. Vom Einsatzgebiet ist diese Technik Aktivtechnik aus dem ATM-Backbonebereich und sollte nicht unbedingt als Endgerät eingesetzt werden. Weiterhin sprechen der hohe Preis und die notwendigen hohen Übertragungsraten (bedingt durch das Kompressionsverfahren) gegen den Einsatz dieses Gerätes.

Die gleichen Problemfelder die bei GDC ATM Switchen vorhanden sind, treffen auf die ATM-Lösung der Firma **FORE** zu. Auch hier werden MJPEG komprimierte Daten

¹² Folienübergang mit Effekt „Auflösung“, „Über Schwarz einblenden“

übertragen, und es ist eine durchgängige ATM Verbindung notwendig. Lediglich der Preis ist bei diesen Geräten etwas günstiger, da es sich hier nicht um Aktivtechnik aus dem Backbonebereich handelt, sondern um Spezialgeräte zur Audio- und Videoübertragung. Eine sehr gute Übertragungsqualität ist vorhanden, aber damit auch die verbundene hohe Übertragungsrates und der daraus folgende Preis für die Leitungswege.

Als letzte Lösung soll die MPEG-2 **Übertragungsgeräte** der Firma **Optivision** in den Vergleich einbezogen werden. Diese WINDOWS NT Maschinen sind mit MPEG-2 Encoder bzw. Decoderkarten bestückt, haben definierte Video- und Audioschnittstellen und liefern ab einer Übertragungskapazität von 3 Mbit/s in IP-Netzen sehr gute Bilder. Lediglich die Delay Zeit von mindestens 250 ms muß akzeptiert werden.

Mit diesen Maschinen kann eine Audio- und Videoübertragung in Standard IP-Netzen realisiert werden. Das übertragene Bild hat PAL Qualität und der Ton ist auf Grund des MPEG-2 Komprimierungsverfahrens synchron.

Lediglich der Preis ist für den breiten Einsatz noch etwas hoch, aber auf Grund des Einsatzes dieser Karten in Standard PC's kann davon ausgegangen werden, daß er sich in den nächsten Jahren drastisch nach unten entwickeln wird.

Das MPEG-2 Verfahren wird ebenfalls im digitalen Fernsehen eingesetzt. Das bedeutet, daß dieser Standard von der Wirtschaft akzeptiert und eingesetzt wird. Damit kann man von einem längeren Bestand dieser Technologie ausgehen.

Der Einsatz dieser Optivision-Maschinen kann in Teleteaching-Systemen nur empfohlen werden. Es existiert derzeit auf dem internationalen DV-Markt keine effizientere Lösung um Video- und Audiodaten in entsprechender Qualität in IP-Netzen zu übertragen.

Zusammenfassung

Für den Einsatz in Teleteaching-Systemen sind folgende Geräte besonders geeignet:

- zur Video- und Audioübertragung in IP-Netzen die Geräte der Firma **Optivision** mit den zugehörigen **MPEG-2 Encoder- bzw. Decoderkarten** und der Übertragungssoftware,
- für die **Grafikübertragung** haben sich die Softwarepakete **Intel ProShare** und **MS-Netmeeting** mit ihrem **Application Sharing** als besonders günstig erwiesen.

Alle anderen Applikationen weisen zu große Unzulänglichkeiten für den Einsatz in einem Teleteaching-System auf und sind damit nicht besonders gut geeignet.

4.5 Effektivitäts- und Kostenbetrachtungen

Ein nicht unerheblicher Faktor für den Einsatz eines neuen Teleteaching-Systems und dessen mögliche Verbreitung in der Hochschullandschaft ist der Preis. Hierbei sind zwei wesentliche Kostengruppen zu unterscheiden:

- (1) analoge Audio- und Videotechnik
- (2) digitale Übertragungstechnik

Die analoge Audio- und Videotechnik muß nicht weiter betrachtet werden, da sie immer benötigt wird, unabhängig von der eingesetzten Übertragungstechnik. Hierbei sollte nur darauf geachtet werden, daß nicht die preiswerte Home-Technik zum Einsatz kommt, da diese

den Daueranforderungen und den Qualitätsansprüchen innerhalb der Hochschulen nicht immer gerecht wird. Es sollte eine Variante aus dem unteren Bereich der professionellen Audio- und Videotechnik genutzt werden, um den Kostenfaktor relativ gering zu halten.

Für die **digitale Übertragungstechnik** wurde als beste Variante das **MPEG-2 basierende System der Firma Optivision** ermittelt. Diese Systeme sind nicht die preisgünstigste Lösung zur Übertragung von Audio- und Videosignalen, jedoch in Bezug auf Leistung, Qualität und Standards die effizientesten Geräte. Aus diesen Gründen sind für den Einsatz im Teleteaching auch auf diese Geräte ausgewählt worden.

Ein nicht unerheblicher Kostenfaktor für den Einsatz derartiger Übertragungstechnik bildet die Kapazität der Datenleitungen. Innerhalb der universitären Landschaft in Deutschland kann aber von einer Kapazität von mindestens 34 Mbit/s ausgegangen werden, so daß prinzipiell keine zusätzlichen Leitungskosten anfallen. Auf eine Betrachtung der Leitungskosten wird daher an dieser Stelle verzichtet.

5 Das neues Teleteaching-Konzept

5.1 Einsatzgebiete

Das entwickelte Teleteaching-System ist für den Einsatz im Verbundstudiengang Materialwissenschaften zwischen der FSU Jena, der BU Weimar und der TU Ilmenau vorgesehen. Dieser Studiengang ist mit relativ wenigen Studenten an den einzelnen Universitäten belegt. Damit ist es ökonomisch nicht vertretbar, alle notwendigen Professorenstellen an jeder Universität zu besetzen. Das Teleteaching-System soll eingesetzt werden, um die entsprechenden Veranstaltungen an andere Universitäten zu übertragen. Außerhalb Thüringens ist eine Zusammenarbeit ebenfalls möglich, vorausgesetzt die entsprechende Empfangs- und Präsentationstechnik ist vorhanden.

Mit dieser Möglichkeit ist dann ein Vorlesungssharing zwischen den Universitäten möglich. Die Vor- und Nachteile bzw. die angestrebten Ziele innerhalb des neuen Teleteaching-Systems wurden bereits im Kapitel 1 ausführlich erläutert.

Das Kommunikationsmedium, welches für das Teleteaching-System genutzt wird, ist das Breitband Wissenschaftsnetz und dabei als spezieller Teil das Thüringennetz.

Die folgende Abbildung zeigt die Gesamtstruktur des B-WiN in Thüringen.

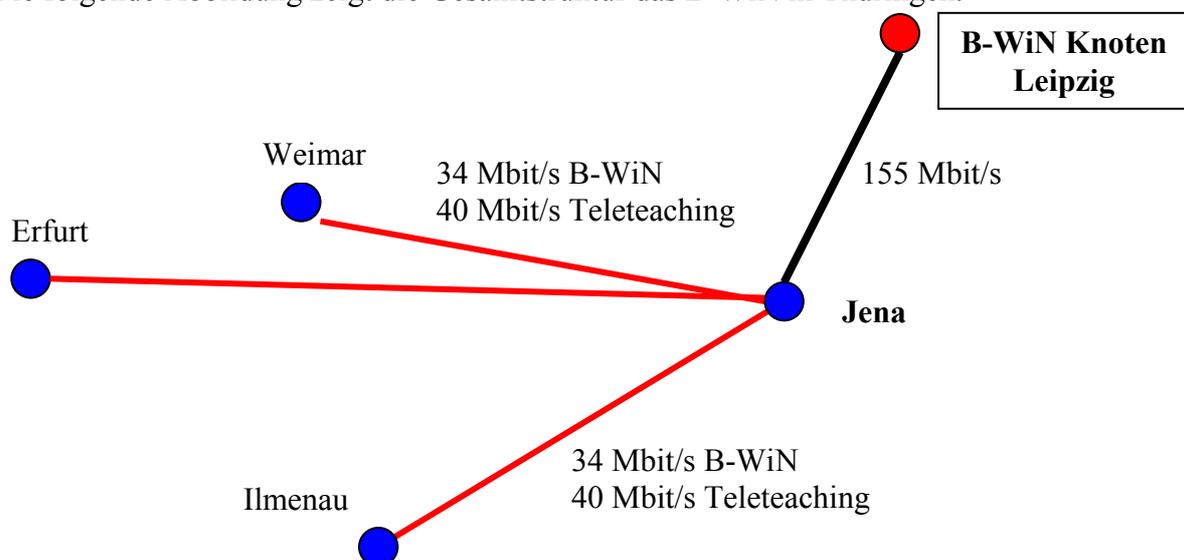


Abb. 30: Datennetzstruktur für das Teleteaching-System in Thüringen

Die in der Abbildung 30 gezeigte Grobstruktur des Thüringennetzes als ein Teil des Breitband-Wissenschaftsnetzes des DFN wurde speziell für den geplanten Studiengang Werkstoff-wissenschaften realisiert (detaillierte Datennetzstruktur in Thüringen siehe Anlage 33, 34 und 35). Das **Ziel** des Thüringennetzes war, eine **breitbandige Netzanbindung** für die einzelnen Universitäten zu erhalten und eigenständige, **direkte Kommunikationswege** für das Teleteaching-System. Das ergab einige wesentliche Vorteile :

- Internetzugang der Universitäten ist unabhängig vom Teleteaching Datenverkehr
- keine Störungen durch die Grundlast der Universitäten
- direkte Verbindung zwischen den Einrichtungen
- Daten müssen nicht über den zentralen B-WiN-Router in Leipzig.

In der ursprünglichen Variante (vor der Realisierung des Thüringen Netzes) hatten die Universitäten in Ilmenau und Jena jeweils einen eigenständigen Netzzugang von 34 Mbit/s vom DFN Router in Leipzig¹³. Das heißt, jeglicher Datenverkehr zwischen den beiden Einrichtungen war nur über den zentralen Knoten in Leipzig möglich. Die BU Weimar war mit einem 2 Mbit/s Anschluss¹³ ausgestattet. Mit dieser Kapazität wäre eine Teilnahme am Verbundstudiengang Werkstoffwissenschaft via Teleteaching nicht möglich gewesen.

In der momentan realisierten Form sind die drei Universitäten mit jeweils 155 Mbit/s miteinander verbunden. Der Knoten Jena ist mit einem B-WiN Zugang von 155 Mbit/s ausgerüstet und verteilt jeweils 34 Mbit/s nach Weimar, Ilmenau und direkt an die FSU. Die 155 Mbit/s-Verbindungen zwischen den einzelnen Einrichtungen sind in verschiedene Kanäle mit unterschiedlichen Kapazitäten aufgeteilt. Es werden jeweils 34 Mbit/s für den zentralen Zugang zum DFN Netz genutzt, 40 Mbit/s stehen für das Teleteaching-System zur Verfügung. Die restliche Kapazität kann für weitere spezielle Anwendungen genutzt werden. Die derzeit realisierte **Datennetzstruktur** ist aus der Abbildung 30 und detailliert aus den Anlagen 33 bis 34 ersichtlich und bildet die Basis für die Übertragung der geplanten Lehrveranstaltungen.

5.2 Konzeption des Systems

Das Teleteaching-System für den Bereich Vorlesung setzt sich aus zwei voneinander getrennten Hauptteilen zusammen. Nur durch das Zusammenspiel dieser beiden Teile kann das Gesamtsystem als vollständiges Teleteaching-System bezeichnet werden, welches alle im Kapitel 2 geforderten Parameter erfüllt. Die Multimediahörsäle an den einzelnen Einrichtungen sind so konzipiert, daß sie sowohl als Sende- und Empfangshörsaal genutzt werden können.

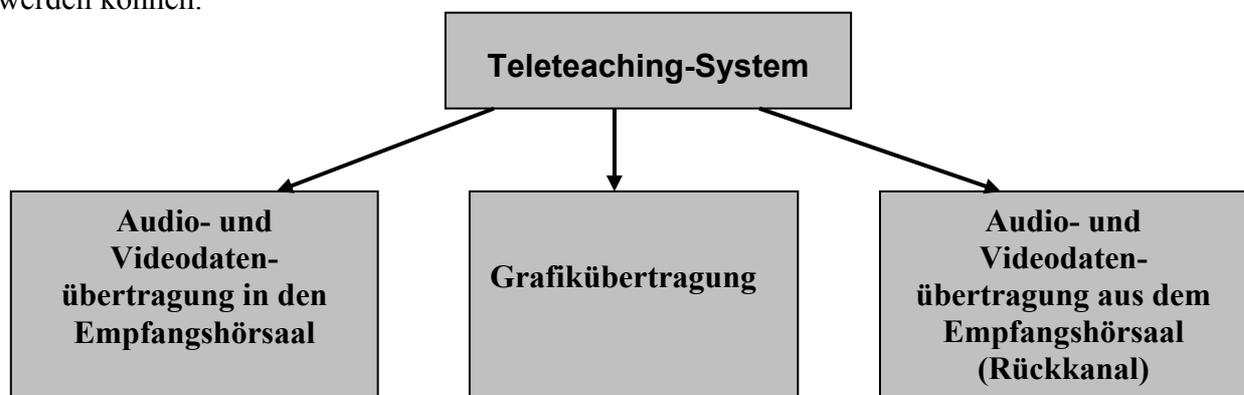


Abb. 31: Komponenten des Teleteaching-Systems

¹³ siehe Anlage 33

5.2.1 Videoübertragung

Die Audio- und Videoübertragung ist ein Teil des Gesamtkonzeptes und eines der wichtigsten Komponenten im Gesamtsystem, da hier der visuelle Kontakt zum Dozenten aufgebaut wird. Jeder Hörsaal ist mit einer Videosendemaschine ausgestattet. Auf Grund der Untersuchungen zu den Leistungsparametern und den Kompressionsverfahren kommt eine **Windows NT Maschine** zum Einsatz. Diese Maschine ist mit **einer MPEG-2 Video-Encoderkarte** bestückt. Die Karte der Firma Optivision kann in Echtzeit einen MPEG-2 Datenstrom erzeugen und diese Daten im Netzwerk verteilen. Der Encoderkarte ist ein DVIB-Board vorgelagert, welches die Eingabe der analogen Signale realisiert.

Im Sendehörsaal stehen drei analoge Kameras zur Verfügung:

- (1) Hauptkamera:
 - dient zur Aufnahme des Videosignals des Dozenten,
 - diese Kamera ist fest montiert und mit einem Schwenk-, Neigekopf versehen,
 - Bedienung über eine zentrale Steuerung,
 - Folgende Funktionen sind möglich:
 - Bewegung in vertikale Richtung,
 - Bewegung in horizontale Richtung,
 - Zoom,
 - Fokus,
 - evtl. weitere kameraspezifische Parameter.
- (2) Experimentalkamera:
 - dient zur Aufzeichnung von Experimenten und Anschauungsmaterialien,
 - diese Kamera kann ein preiswerter SVHS Camcorder sein, der auf einem Stativ montiert, in der Nähe des Experimentaltisches beweglich angeordnet ist,
 - die Steuerung erfolgt manuell (keine Fernbedienung).
- (3) Kamera für Rückvideo:
 - dient zur Aufnahme des Auditoriums in den Empfangshörsälen,
 - im Sendehörsaal wird diese Kamera nicht benötigt,
 - es erfolgt ebenfalls eine Einbindung in die zentrale, Steuerung, um folgende Funktionen zu realisieren:
 - Bewegung in vertikaler Richtung,
 - Bewegung in horizontaler Richtung,
 - Zoom,
 - Fokus.

Als vierte Videoquelle muß ein Recorder zur Verfügung stehen, der das Zuspielden externer Videos gestattet.

Jede dieser externen Videoquellen besitzt einen eigenen Vorschaumonitor in der Regie. Die Signale laufen dann auf einen Videomischer auf, wo die Auswahl des gewünschten Signales erfolgt. Am Ausgang des Mixers steht dann das entsprechende **Mastersignal** zur Verfügung, welches der Videosendemaschine zugeführt wird (Anschluß an die MPEG-2 Encoderkarte). Hier erfolgt die **Digitalisierung und Komprimierung** des analogen Videosignals. Dieses wird dann über das vorhandenen Netzwerke in die Empfangshörsäle übertragen. Die folgende Abbildung zeigt den schematischen Aufbau des Videosendesystems.

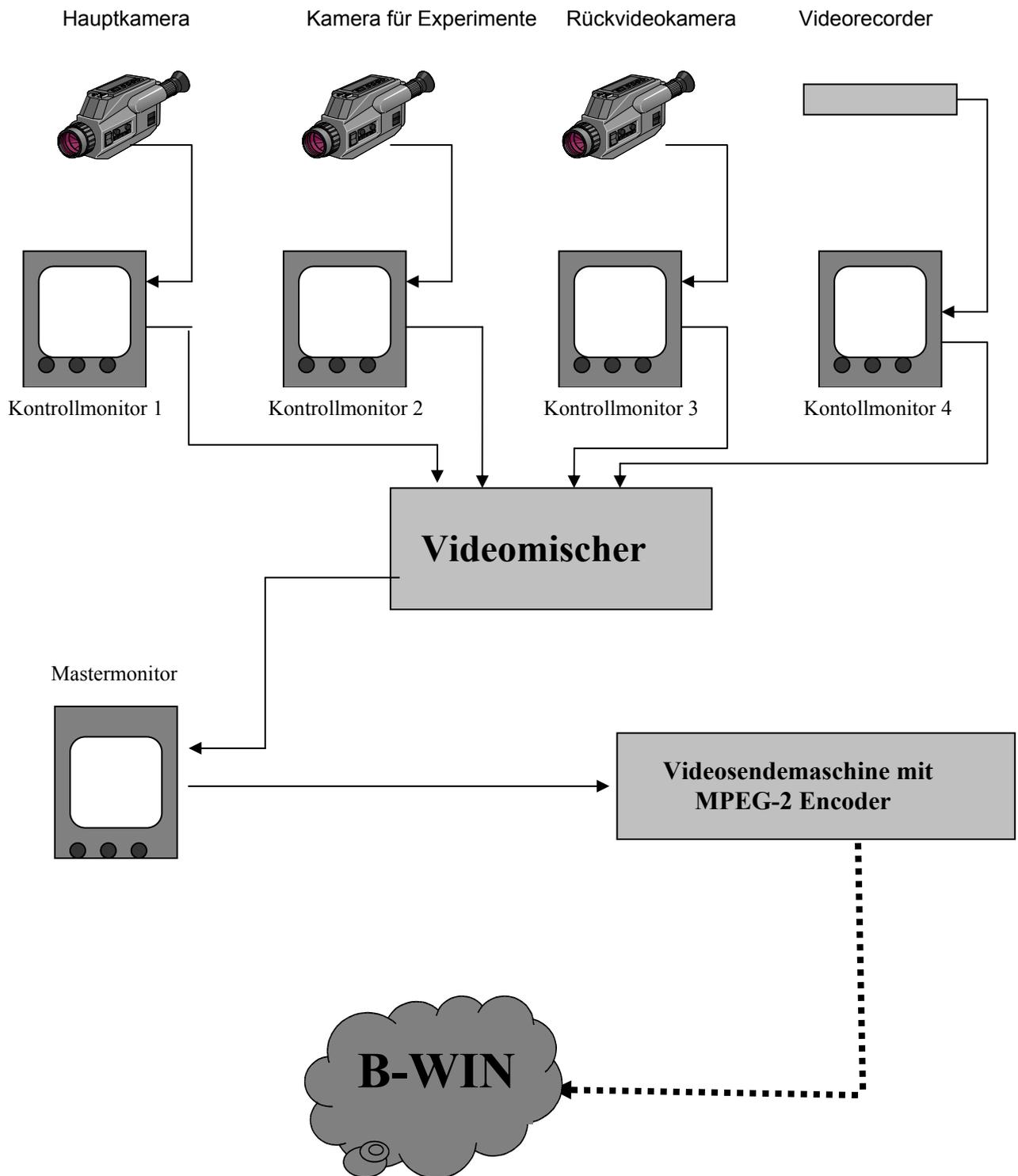


Abb. 32: Videoübertragung im Teleteaching-System

5.2.2 Audioübertragung

Bei einer Übertragung mit MPEG werden **Video- und Audiodaten zusammen komprimiert** und in einem Datenstrom übertragen. Damit ist eine vollständige Synchronität zwischen Videobild und Ton garantiert. In Systemen, die Video- und Audiodaten getrennt bearbeiten, z.B. Mbone-Tools werden Bild und Ton auch getrennt übertragen. Auf Grund der unterschiedlichen Laufzeiten ist es unmöglich, die beiden Datenströme zu synchronisieren. Durch die gemeinsame Verarbeitung der analogen Daten müssen die Audiosignale ebenfalls der Sendemaschine (MPEG-2 Encoderkarte) zugeführt werden. Folgende analoge **Audioquellen** kommen im Sendehörsaal zum Einsatz:

- (1) Mikrofon des Dozenten :
 - es sollte ein Ansteckmikrofon zum Einsatz kommen, damit sich der Dozent frei im Hörsaal bewegen kann (Funkmikro),
 - durch ein Ansteckmikro ist immer ein relativ gleichmäßiger Abstand zum Mikro garantiert,
 - es ist auf die Richtcharakteristik zu achten (Rückkopplungsproblem¹⁴).

- (2) Mikrofon für Auditorium:
 - Drahtloses Mikrofon für den variablen Einsatz im Hörsaal (für Anfragen und Diskussionen),
 - Richtcharakteristik muß ebenfalls beachtet werden (Rückkopplungen¹⁴)

- (3) Experimentalmikrofon:
 - wird für die Tonunterstützung von Experimenten benötigt,
 - für diesen Einsatzfall kann das Richtmikrofon des Camcorders für die Experimentalaufnahmen genutzt werden.

Eine weitere **Audioquelle**, welche der Sendemaschine zugeführt werden muß, ist das Ton-signal des **Videorecorders**, wenn Videos mittels dieses Gerätes gezeigt werden sollen. Ein weiteres Audiosignal, welches im Sendehörsaal verarbeitet werden muß, ist der **Ton-signal des Grafik-PC's**. Der Dozent wird seine Präsentation mit einem Multimedia-PC realisieren. Viele Präsentationssysteme gestatten eine Soundunterstützung. Wird diese genutzt, dann muß dieses Signal ebenfalls der Sendemaschine zugeführt werden. Alle Audiosignale werden in einem Audiomischer zusammengefasst. Dort werden die unterschiedlichen Pegel angeglichen und ein Audiodatenstrom erzeugt. Dieser wird dann in der Videosendemaschine zusammen mit den Videodaten digitalisiert. Die folgende Abbildung zeigt den Aufbau des Audiosendesystems.

¹⁴ Das Problem der Rückkopplung entsteht dadurch, daß der Dozent mit einem Mikrofon arbeitet, dessen Signale auch über die Lautsprecher im Hörsaal ausgegeben werden. Die gleichen Audiosignale werden in den entfernten Hörsaal übertragen und dort ebenfalls über die Lautsprecher im Hörsaal ausgegeben. Im realen Hörsaal gelangen die durch die Lautsprecher abgestrahlten Schallwellen erneut zum Mikrofon des Dozenten, wodurch die erste Rückkopplung entsteht. Im entfernten Hörsaal befinden sich die Mikrofone für die Studenten zur Kommunikation mit dem Dozenten. Auch diese nehmen die Schallwellen der Lautsprecher auf und übertragen diese zurück in den Sendehörsaal. Um diesen Effekt zu vermeiden, sollten nur Mikrofone mit einer sehr starken Richtcharakteristik verwendet werden, um die Aufnahme jeglicher Nebengeräusche im Raum zu vermeiden.

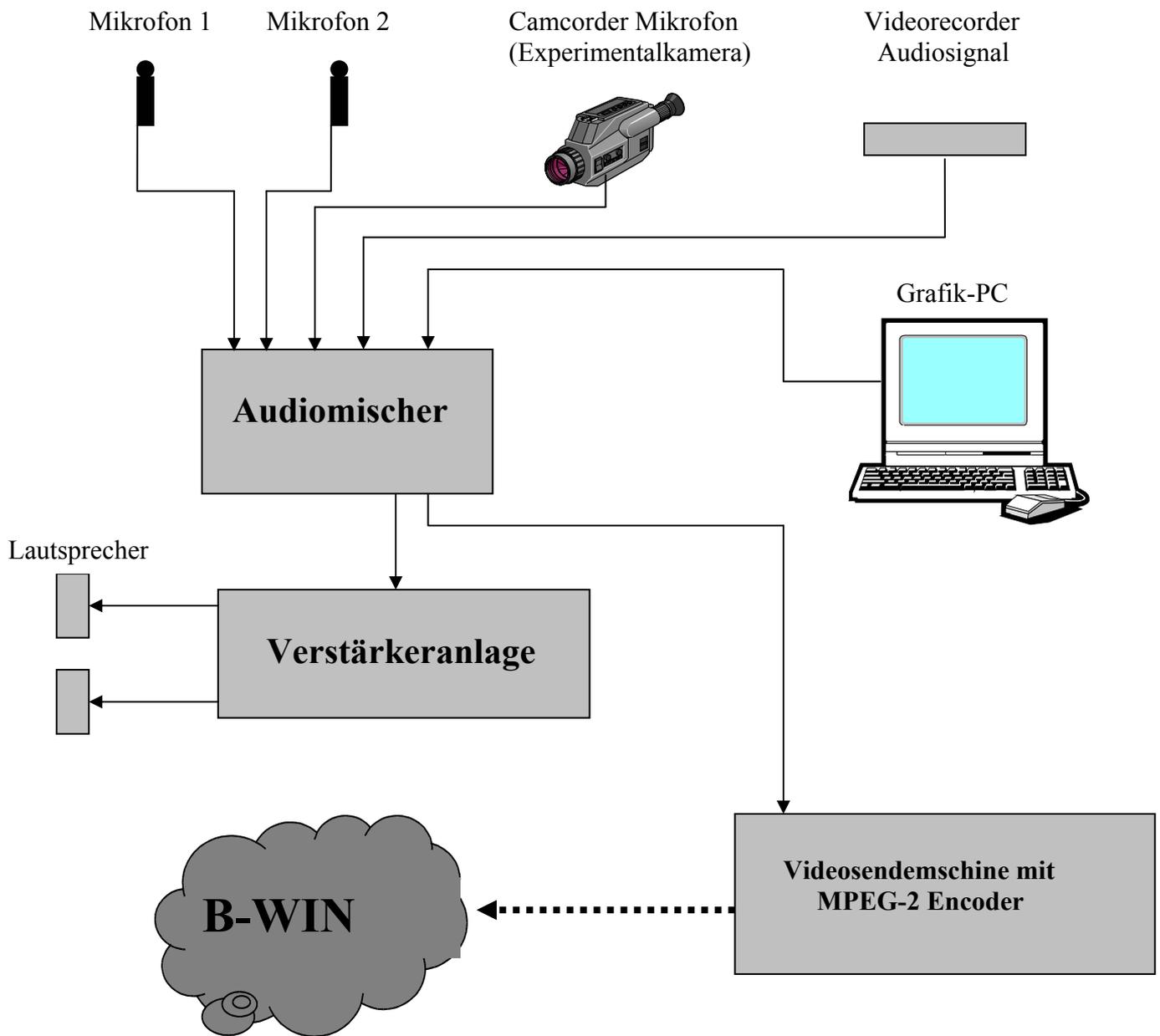


Abb. 33: Aufbau des Audiosendesystems

5.2.3 Grafikübertragung

Die Video- und Audioübertragung spielt für den Kontakt des Dozenten mit den Studenten die primäre Rolle. Durch die Realisierung eines Rückkanals (siehe Punkt 5.2.4) ist eine direkte Kommunikation in der Vorlesung möglich. Um eine Vorlesung in einen Empfangshörsaal zu übertragen ist es zwingend notwendig, daß außer den Audio- und Videodaten auch die **Präsentationsgrafiken mit übertragen** werden.

Die Videobilder werden im PAL-Standard übertragen, daher ist es ungünstig, auch die Präsentationsgrafiken mittels Video zu senden. **Folien und Computergrafiken** haben eine **wesentlich höhere Auflösung** (meist 1024x786). Würden diese im Video übertragen, wäre ein Qualitätsverlust unumgänglich.

Um die **hohe Qualität der Grafikpräsentation zu garantieren**, müssen die Daten so übertragen werden, daß im Empfangshörsaal wieder ein Computerbild mit einer Auflösung von 1024x768 entsteht.

Das ist nur durch einen **separaten Grafikkanal** innerhalb des Teleteaching-Systems zu realisieren. Auf diesem Übertragungsweg werden alle relevanten Daten für die Wissensvermittlung, welche außerhalb des Videobildes vorliegen, übertragen. Als rechentechnische Basis kommt ein **Multimedia PC im Sende- als auch im Empfangshörsaal** zum Einsatz. Auf diesen Maschinen stehen alle Programme zur Präsentation von Daten zur Verfügung, das sind zum Beispiel:

- (1) MS PowerPoint
- (2) Netscape für WWW Präsentationen
- (3) MS-Word für Textbearbeitung
- (4) Corel Draw
- (5) weitere PC basierende Applicationen

Diese Applikationen sind aber nur für den lokalen Betrieb auf einem PC nutzbar. Die Daten werden in einem Teleteaching-System auch im entfernten Hörsaal benötigt. Um dies zu realisieren, wurde das Programm MS-Netmeeting benutzt. Es gestattet ein Application-Sharing zwischen mehreren Maschinen in IP-Netzen.

Durch Nutzung dieses Verfahrens ist es möglich, beliebige PC basierende Anwendungen in die Empfangshörsäle zu sharen. Die benutzte Anwendung muß somit im Empfangshörsaal auch nicht installiert sein. Hier wird nur ein lauffähiges MS-Netmeeting benötigt.

Durch die Anwendung dieser Technologie stehen dem Dozenten jetzt alle Arbeitsmittel für die Präsentation und deren Übertragung in die Empfangshörsäle zur Verfügung.

Ein wesentlicher Nachteil bereits bestehender Teleteaching-Systeme ist die Gebundenheit des Dozenten an den Rechner während der Vorlesung. Um diesen zu beseitigen, wurde **an den Grafik-PC ein elektronisches Whiteboard** angeschlossen. Auf dieses Board wird mittels eines Beamers das PC Bild projiziert. Durch die **Verbindung** mit dem PC über die **serielle Schnittstelle**, die eingebaute Elektronik in der Tafel, dem elektronischen Stift an der Tafel mit den beiden integrierten Maustasten und dem Win 95 Tafeltreiber (NUMONICS) verhält sich dieses Board wie ein **großes Mauspad**. Eine Kalibrierungsfunktion gestattet das Justieren und garantiert eine fehlerfreie Arbeit (exaktes Positionieren).

Die Position des Stiftes auf der Tafel wird induktiv bestimmt, die Spitze des Stiftes verkörpert gleichzeitig die linke Maustaste. Die rechte Maustaste ist im Stiftschafte integriert.

Durch dieses elektronische Whiteboard ist der **Dozent** jetzt in der Lage, **alle Rechnerfunktionen von der Tafel aus zu steuern**. Er muß **nicht mehr an der Maschine** sitzen und

von dort aus die Vorlesung halten. Mit dieser Technologie wurde ein **wesentlicher Nachteil** bisheriger Teleteaching-Systeme **beseitigt**.

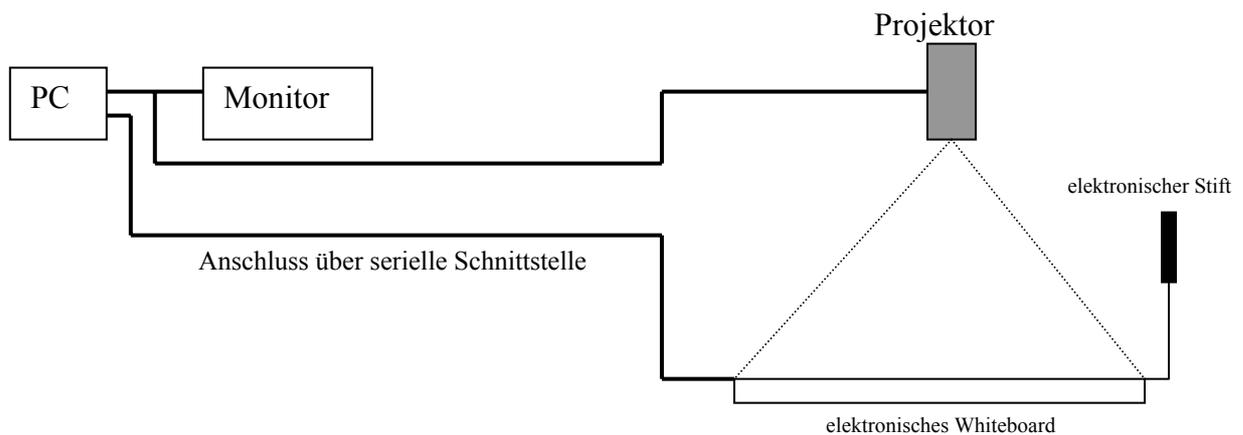


Abb. 34 Anschluß des elektronischen Whiteboards

Um die Arbeit des Dozenten noch effizienter zu gestalten und noch mehr Freiräume für die Lehrstoffvermittlung zu schaffen, wurden zwei weitere Features in das Grafiksystem eingebunden:

- (1) Annotationsprogramm für alle Anwendungen
- (2) FlipChart Funktion für handschriftliche Erläuterungen.

Das Programm **SlideWorks** ist ein Annotationstool der Firma South Pacific Software aus Australien. Es gestattet das freie Annotieren auf dem Bildschirm unter Win 95, unabhängig von der laufenden Anwendung. Über eine entsprechende Toolbox kann ein Werkzeug ausgewählt werden.

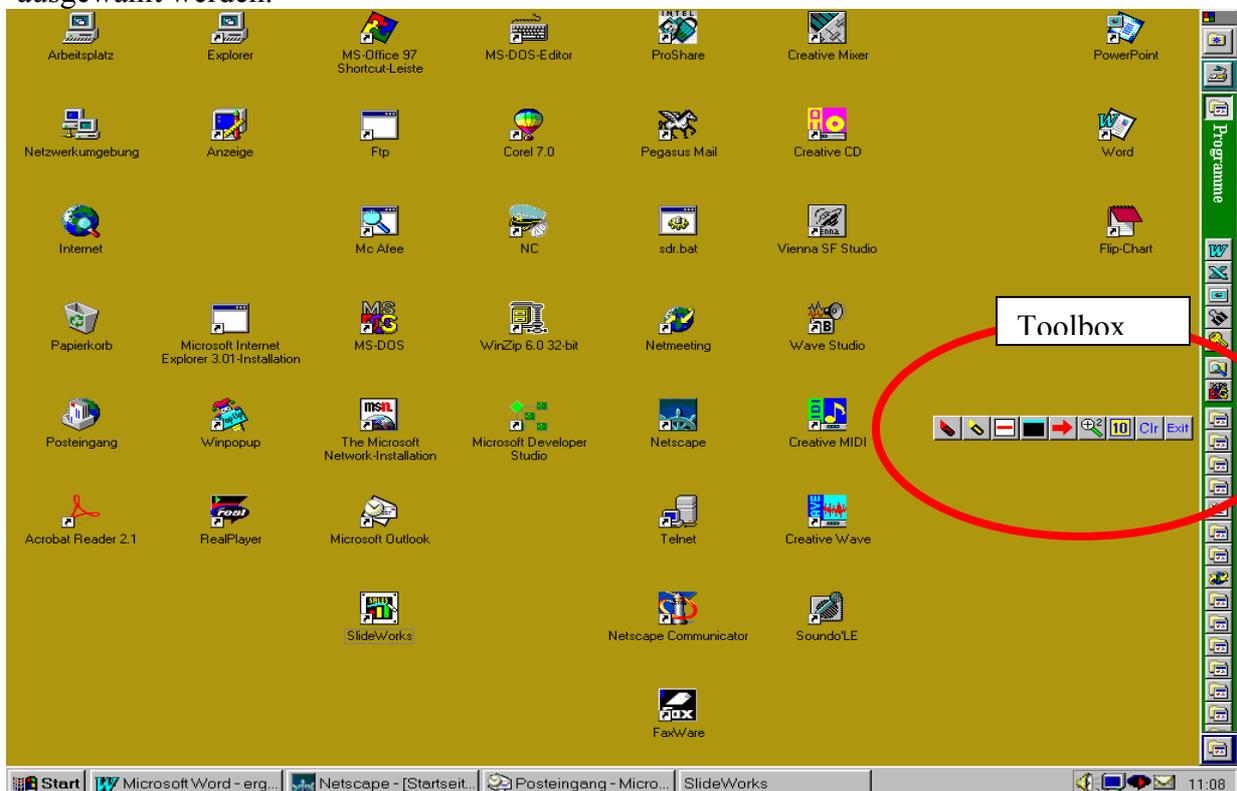


Abb. 35: Toolbox von SlideWorks

Die Werkzeugleiste kann nutzerspezifisch angepaßt werden. Je nach Anforderungen und Gewohnheiten erfolgt der Aufruf der Toolbox über die rechte Maustaste (Doppel-Click, langer Click usw.).

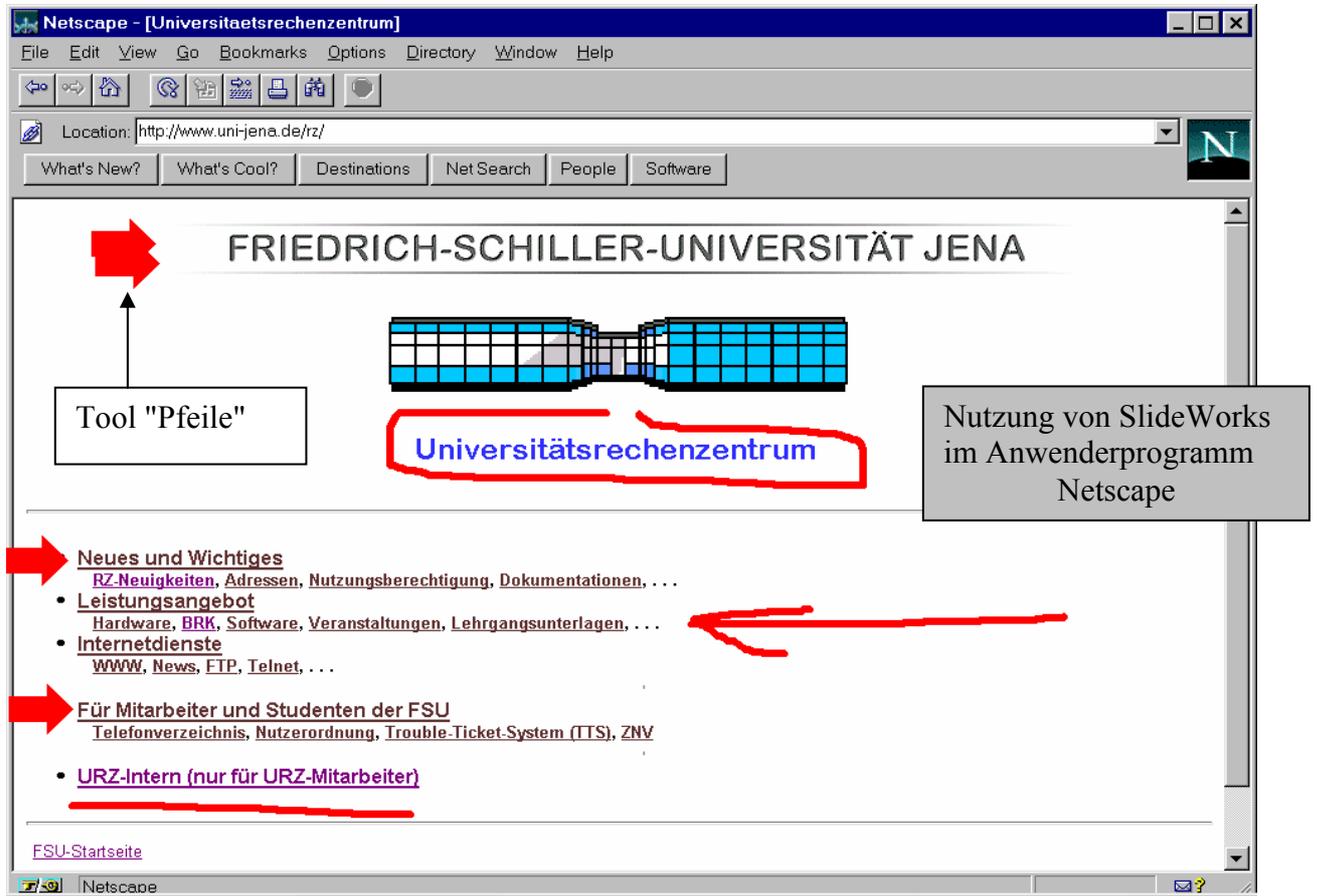


Abb. 36: Anwendung von SildeWorks in Verbindung mit Netscape

Dieses **Annotationsprogramm** wird ebenfalls mittels **Application-Sharing** von MS-Netmeeting in den Empfangshörsaal übertragen. Damit sind die Erläuterungen mittels SlideWorks auch für die entfernten Studenten sichtbar.

Für den Ersatz der herkömmlichen Kreidetafel, die nicht mehr eingesetzt werden kann, wurde ein **Flipchart-Programm** genutzt. Auch dieses wird mittels **Application-Sharing** in den Empfangshörsaal übertragen und gestattet dem Dozenten das freie Schreiben. Es stehen **255 Seiten** zur Verfügung, in denen beliebig geblättert werden kann. Ein Ausdruck aller Scripte ist ebenfalls möglich.

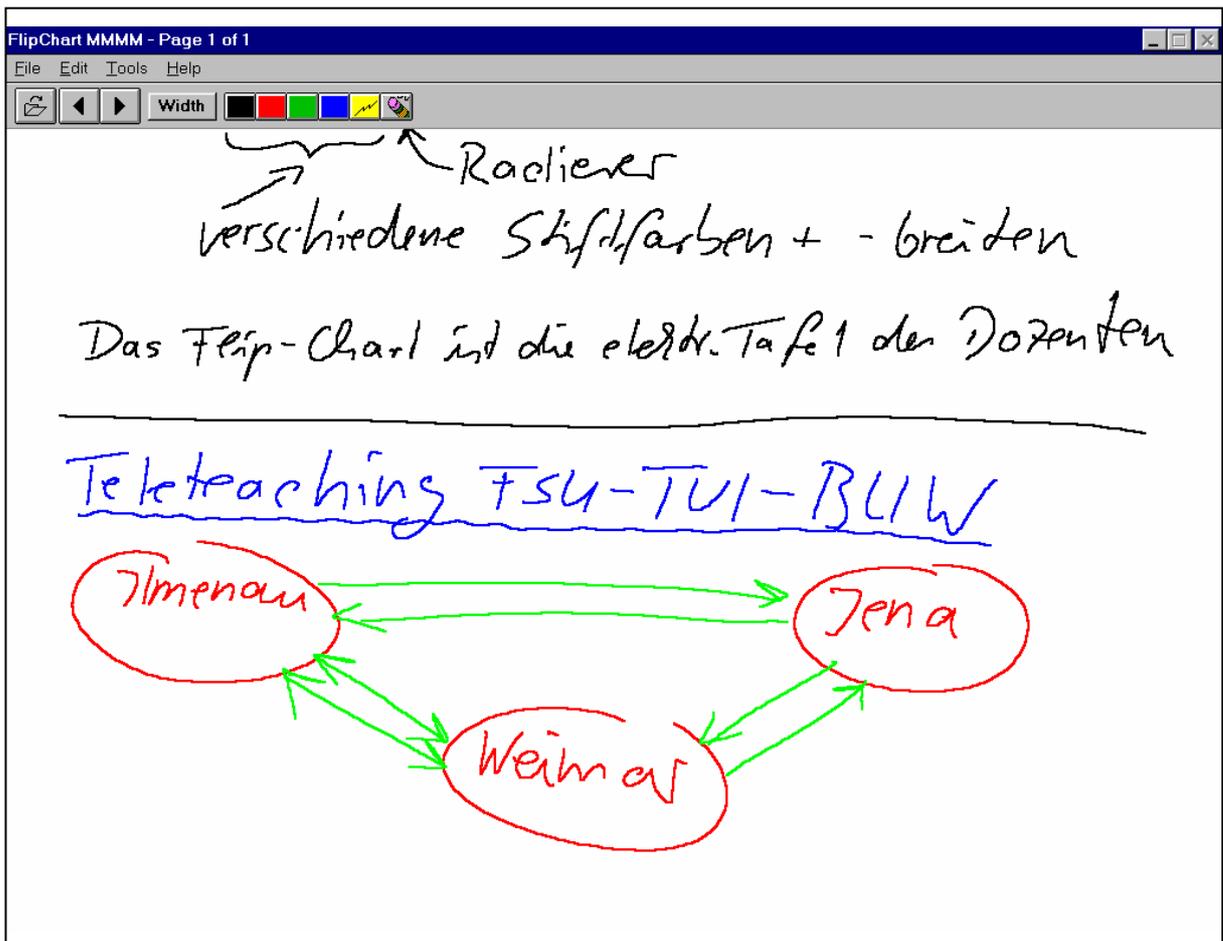


Abb. 37: Programm FlipChart als Ersatz für die Kreidetafel

Wie diese Abbildung zeigt, ermöglicht die Software Flipchart dem Dozenten das Schreiben am elektronischen Whiteboard. Durch die unterschiedlichen Tools

- verschiedene Stiftfarben,
- unterschiedliche Stiftbreiten,
- Radierer,
- Markierstift,

ist dem Dozenten die Möglichkeit gegeben, wie an einer herkömmlichen Kreidetafel oder einem traditionellen Flipchart zu arbeiten.

Durch die Nutzung von Windows 95 können unterschiedliche Applications gestartet werden und der Dozent muß nur in der Toolleiste seine benötigte Anwendung öffnen. Wie aus diesen Erläuterungen ersichtlich ist, ist dieses **Grafiksystem sehr leicht beherrschbar** und erfordert keine wesentlichen PC-Kenntnisse. Diese Aussage wurden auch durch die Dozenten bestätigt, welche bereits ein Semester mit diesem Teleteaching-System gearbeitet haben (alles Nicht-Informatiker).

Die folgende Abbildung zeigt den Grafikeil des Teleteaching-Systems nochmals vollständig im Überblick.

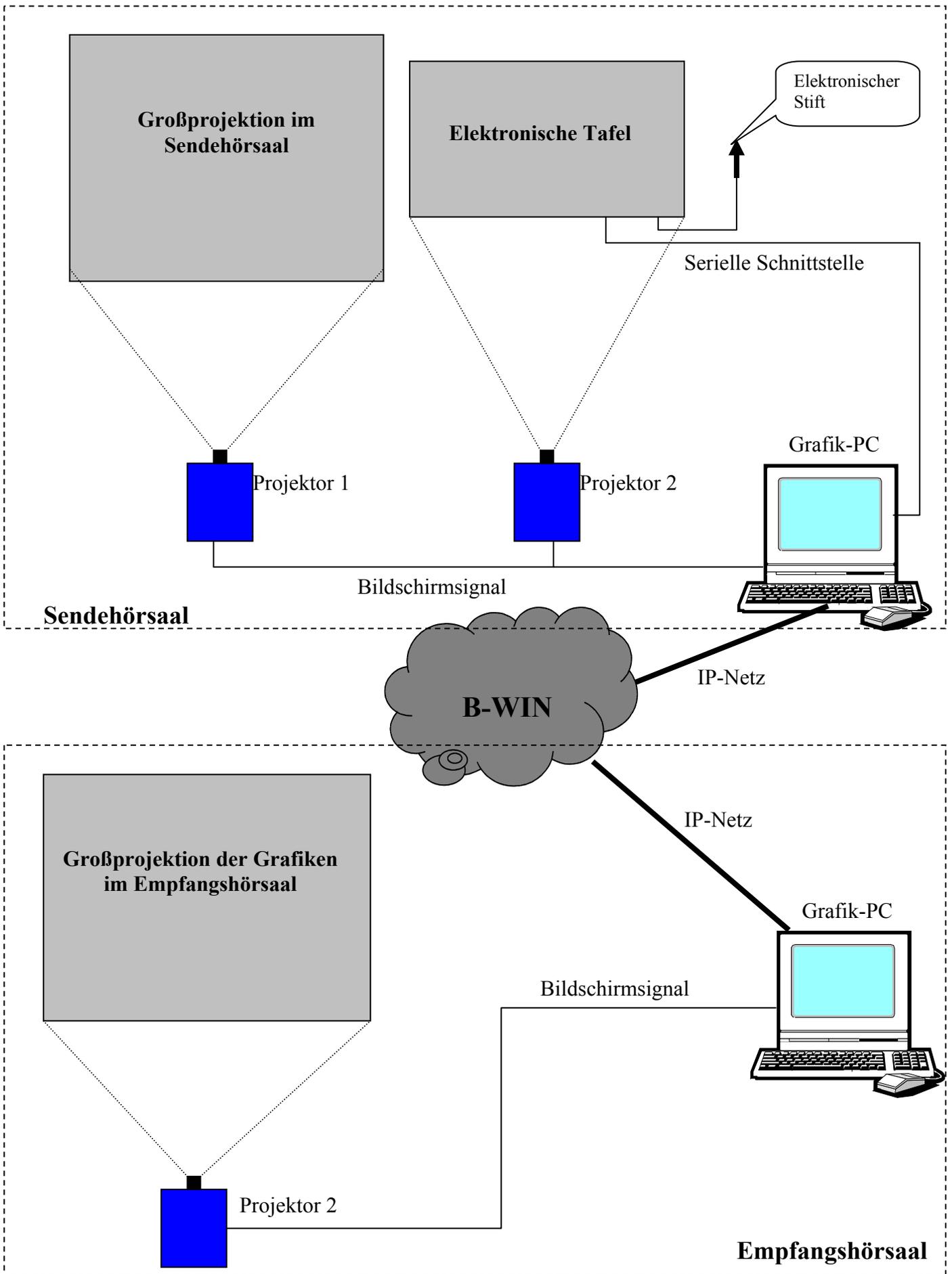


Abb. 38: Grafikübertragungssystem

5.2.4 Video- und Audiorückkanal

Um in einem Teleteaching-System eine bidirektionale Arbeit zwischen dem Dozenten und den Studenten zu ermöglichen, welche unbedingt notwendig ist, muß aus dem Empfangshörsaal ein Video- und Audiorückkanal geschaltet werden.

Da im vorliegenden System jeder Hörsaal sowohl im Sende- als auch im Empfangsmodus arbeiten kann, kann die **unbenutzte Sendemaschine des Empfangshörsaales** für die **Rückübertragung der Audio- und Videodaten** genutzt werden.

Das Videosignal wird durch eine Kamera im Frontbereich des Empfangshörsaales aufgezeichnet. Damit hat der Dozent einen Gesamtüberblick über das Auditorium dieses Hörsaales. Dieser Überblick hat sich in entsprechenden Tests als ausreichend erwiesen. Für die Erfassung ist somit eine einzige Videokamera ausreichend. An die Qualität dieses Gerätes werden auch keine übermäßig hohen Anforderungen gestellt. Im praktischen Betrieb wurde eine preiswerte Überwachungskamera eingesetzt.

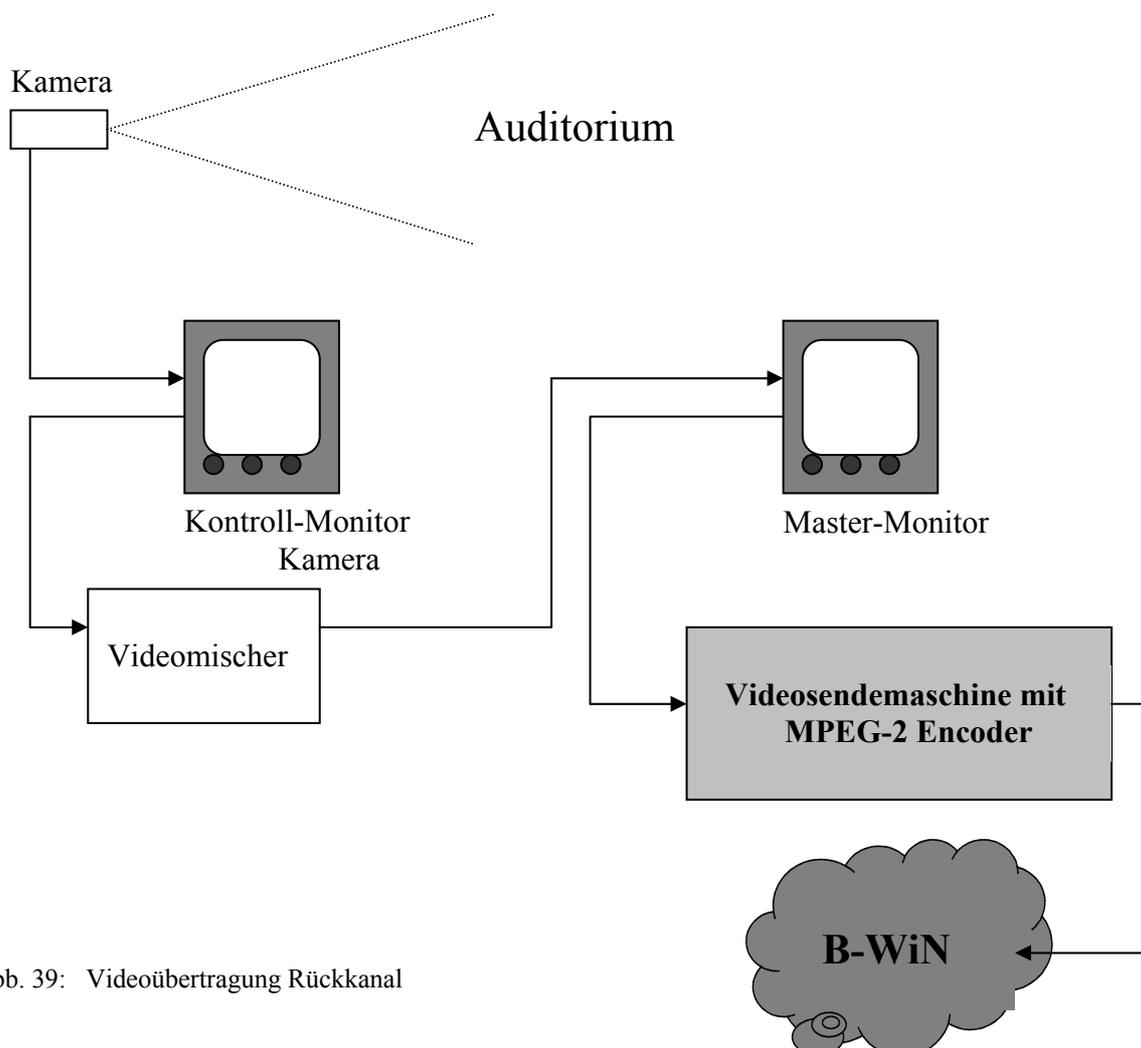


Abb. 39: Videoübertragung Rückkanal

Bei der Übertragung der Audiosignale vom Empfangshörsaal in den Sendehörsaal ist eine Besonderheit zu beachten. Das ist die auftretende Rückkopplung der Tonsignale und die damit verbundene Echobildung. Der Ton des Dozenten wird im Empfangshörsaal über die Hörsaalanlage wiedergegeben. Werden im Hörsaal Mikrofone installiert, um die Rückkommunikation für die Studenten zu gewährleisten, wird der Ton des Dozenten (ausgestrahlt über die Hörsaalanlage in Empfangshörsaal) durch diese Mikrofone mit aufgenommen und zurück in den realen Hörsaal übertragen. Damit tritt sofort der bekannte **Echoeffekt** ein, der

sehr störend in einer Veranstaltung dieser Art wirkt. Bei entsprechenden Experimenten mußten Versuche mit Grenzflächenmikrofonen an der Hörsaaldecke abgebrochen werden, da diese viel zu empfindlich sind. Die Echobildung wird dadurch nur verstärkt. Die Nutzung von Grenzflächenmikrofonen im Empfangshörsaal ist nicht realisierbar.

Die beste Methode ist, an jedem Hörsaalplatz ein Mikrofon zu installieren, welches eine entsprechende Richtcharakteristik hat und damit nur Signale in der nächsten Umgebung aufzeichnet. Mit dieser Art der Anordnung wurden die besten Übertragungsqualitäten bei geringster Echobildung erzielt. Leider ist diese Methode auf Grund der hohen Anschaffungskosten nicht in jedem Hörsaal zu realisieren.

Bei Teleteaching-Vorlesungen wurde aus diesem Grund davon ausgegangen, daß relativ wenige Rückfragen auftreten. Es ist also ausreichend, wenn einige Mikrofone in den Gängen des Hörsaales aufgestellt werden oder ein Handmikrofon benutzt wird.

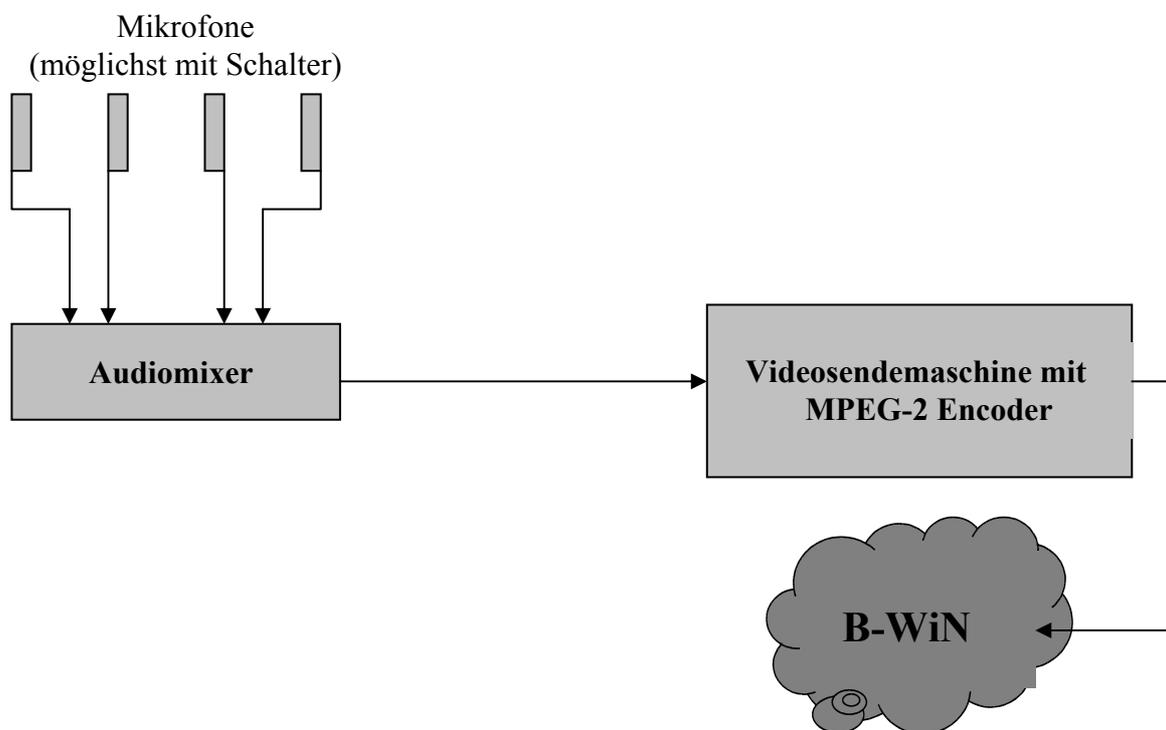


Abb. 40: Audio-Rückübertragung

5.2.5 Software

5.2.5.1 Standardsoftware

Für die drei Teile des Teleteaching-Systems wird unterschiedliche Software benötigt. Im folgenden wird die Software für die Video- und Audioübertragung und die für das Grafiksystem vorgestellt.

Software für das Video- und Audiosystem

Für die Video- und Audioübertragung wird im **Sendehörsaal** ein PC mit dem Betriebssystem WINDOWS NT 4.0 und einer **MPEG-2 Encoderkarte** der Firma Optivision eingesetzt. In diese Maschine wurde ebenfalls eine Netzwerkkarte der Firma 3Com mit 100 Mbit/s eingebaut.

Die MPEG-2 Encoderkarte belegt 2 EISA-Steckplätze und einen zusätzlichen EISA-Platz für eine Platine zur Eingabe der unterschiedlichen Signalformen (Audiosignal und Composite und SVHS für analoge Videodaten).

Die Software zur Encodierung ist eine DOS basierende Application, welche ebenfalls von der Firma Optivision erstellt wurde. Es existiert dazu eine INI-Datei, in welcher die Parameter für die Übertragung eingestellt werden. Im folgenden werden die wichtigsten Parameter der INI-Datei der Sendemaschine erläutert:

```
[mpegnet]
logging=no                Generieren von SNMP Informationen (yes)
                           =Logfile
logfile=jenatx.log        Filename des LOG-Files
txchannels=1              Anzahl der Übertragungskanäle
priority=normal           Prozeßpriorität des Encodierungs-
                           prozesses (normal oder hoch)

[default]
mux=mix                   Nutzung von UDP/IP Paketen
protocol=multidest        Protokollart multidest für mehrkanalige
                           Übertragungen
standard=pal              benutzter Videostandard PAL oder NTSC
videoinput=svhs           Eingabeort des Videosignales Composite
                           oder SVHS
videobitrate=3M           Übertragungsrate 1 bis 12 Mbit/s
videocompression=mpeg2    Kompressionsart für das Videosignal
                           MPEG1 oder MPEG2
audiobitrate=224k         Audiobitraten in kbit/s
audiomode=stereo          Audiomodus mono oder Stereo
```

framestructure=ibp	Puffergröße für Videodaten (je kleiner die Übertragungsrate, desto größer der Puffer), maximal 224000
vbvsize=224000	
destinations=2	Anzahl der Empfänger maximal 4 bei multidest
destination1=141.35.5.11	Empfänger IP-Adresse 1
destination2=141.35.5.11	Empfänger IP-Adresse 2
videoport1=0x2000	Videoport 1
audioport1=0x2002	Audioport 1
videoport2=0x3000	Videoport 2
audioport2=0x3002	Audioport 2

Die benutzten Parameter für das Teleteaching-System zwischen Jena, Weimar und Ilmenau werden konkret in der Anlage 31 vorgestellt.

Für die **Empfangsmaschine** im Empfangshörsaal und die Maschine für den Empfang des Video-/Audioreturnsignals (im Sendehörsaal) kommt ebenfalls ein PC mit dem Betriebssystem WINDOWS NT 4.0 zum Einsatz. In die Maschine sind die **MPEG-2 Decoderkarten** eingebaut, die Anzahl wird durch die Empfängerhörsäle bestimmt (je Empfangshörsaal ein Decoder). Eine Begrenzung liegt hier bei 4, da nur diese Anzahl an EISA-Steckplätzen in einem Empfänger vorhanden sind.

Die Anzahl der Steckplätze war auch der Grund, weshalb für Senden und Empfangen zwei Maschinen eingesetzt werden. Konzipiert ist das System für die Arbeit mit 2 Empfangshörsälen, was 2 Decoderkarten pro Empfangsmaschine bedeutet. Der Sender benötigt 3 EISA-Steckplätze. Insgesamt würden also 5 EISA-Plätze benötigt, wenn alle Erweiterungskarten in einer Maschine untergebracht werden sollen. Jede Maschine hat aber nur 4 EISA Steckplätze. Somit müssen 2 WINDOWS NT Maschinen zum Einsatz, was auch eine bessere Lastverteilung in den Maschinen garantiert.

Die benötigte Software für die Decoder wird ebenfalls von der Firma Optivision geliefert und ist analog zur Sendesoftware eine DOS basierende Application. Für die Nutzung wird auch eine INI-Datei benötigt, welche die notwendigen Parameter für den Datenempfang beinhaltet. In folgenden werden die einzelnen Parameter der Empfänger INI-Datei erläutert.

[mpegnet]	
logging=no	Generieren von SNMP Informationen (yes)
logfile=jenarx.log	Logfile für Empfängernachrichten
priority=normal	Prioritätsangaben für Empfangsprozess
[default]	
protocol=multidest	Protokollart
standard=pal	Signalart PAL oder NTSC
[rxchannel1]	

videoport=0x2000	Videoempfangsport 1 (Hexa-Angaben, Dezimal ist auch möglich)
audioport=0x2002	Audioempfangsport 1 (Hexa Angaben, Dezimal ist auch möglich)
decoderaudiolleft=30	
decoderaudiolright=30	
[rxchannel2]	
videoport=0x3000	Videoempfangsport 2 (Hexa-Angaben, Dezimal ist auch möglich)
audioport=0x3002	Audioempfangsport 2 (Hexa-Angaben, Dezimal ist auch möglich)
decoderaudiolleft=30	
decoderaudiolright=30	

Weitere Software ist für den Betrieb der Videosende- und Empfangstechnik nicht notwendig. Das Betriebssystem muß vollständig installiert sein und die Netzwerkadpater müssen für den Betrieb in einem IP-Netz konfiguriert sein.

Software für das Grafiksystem

Als **Grafikmaschine** kommt ein PC mit dem **Betriebssystem WINDOWS 95/98** zum Einsatz. Es muß ein **Netzwerkadpater** eingebaut sein und **zwei Sound-Karten**. Für den Netzwerkanschluß ist eine Kapazität von 10 Mbit/s ausreichend, da mit dieser Maschine etwa 500 kbit/s übertragen werden (Messungen wurden vorgenommen).

Wenn die Hardware (Netzwerkadpater, 2 Soundkarten) eingebaut wurde und die notwendigen Komponenten für deren Betrieb installiert sind (IP-Konfiguration und Treiber für die Soundkarten), kann die Anwendersoftware für diese Maschine installiert werden.

Für den Betrieb des **Grafiksystems** muß folgende **Software** vorhanden sein:

- (1) **Treibersoftware** für den Betrieb der **elektronischen Tafel** (in dem speziellen Fall ein IncoBoard der Firma Geha). Der NUMONICS-Treiber wird installiert und in der WIN.INI eingetragen (geschieht automatisch). Bei jedem Start des Betriebssystems ist der Treiber aktiv (siehe Taskleiste) und stellt die Verbindung zum Board über die serielle Schnittstelle her (COM1 bis 4 möglich).
- (2) Das **Annotationsprogramm** SlideWorks der Firma South Pacific wird zum Annotieren in beliebigen Applicationen eingesetzt. Nach einer problemlosen Installation kann sich der Anwender eine Werkzeugleiste für seine Arbeit zusammenstellen, in welcher 5 Werkzeuge direkt aufrufbar sind. Das Programm wird über die rechte Maustaste gestartet (langer Mausklick oder kurzer Doppelclick).
- (3) Alle benötigte **Software für den Anwender** muß installiert werden. Das kann z.B. MS PowerPoint, CorelDraw, Netscape o.ä. sein. Je nach Vorlesungsart muß die benötigte Software für den Dozenten vorhanden sein.

(4) Das Programm **MS-Netmeeting** stellt das **Kommunikationsprogramm** für die Übertragung der Daten in den Empfangshörsaal bereit. MS-Netmeeting ist ein IP-basierendes Videokonferenzsystem mit folgendem Funktionsumfang:

- Videoübertragung
- Audioübertragung
- Whiteboard
- Datensharing
- Applicationsharing

Es werden für das Grafiksystem jedoch nicht alle Komponenten benötigt. Die Video- und Audioübertragung, das Whiteboard und das Datensharing sind für Teleteaching nicht brauchbar (siehe Punkt 4.2.5), es wird nur der Kommunikationsteil für den Verbindungsaufbau zwischen den Grafikrechnern im Sende- und Empfangshörsaal und der Programmteil Application-Sharing benötigt. Die anderen Programmkomponenten werden automatisch mit gestartet, aber nicht benutzt.

Mittels MS-Netmeeting wird eine **Verbindung über das IP-Netz** zwischen der Grafik-PC's des Sendehörsaals und der Empfangshörsäle aufgebaut. Alle Anwenderprogramme müssen bereits vorher gestartet sein, einschließlich des Annotationsprogrammes SlideWorks. Wenn die Verbindung aufgebaut wurde, müssen diese **Anwenderprogramme für das ApplicationSharing freigegeben** werden. Ist das erfolgt, dann werden die Applicationen in den Empfangshörsaal übertragen und dort mittels des Projektors an der Medienwand projiziert.

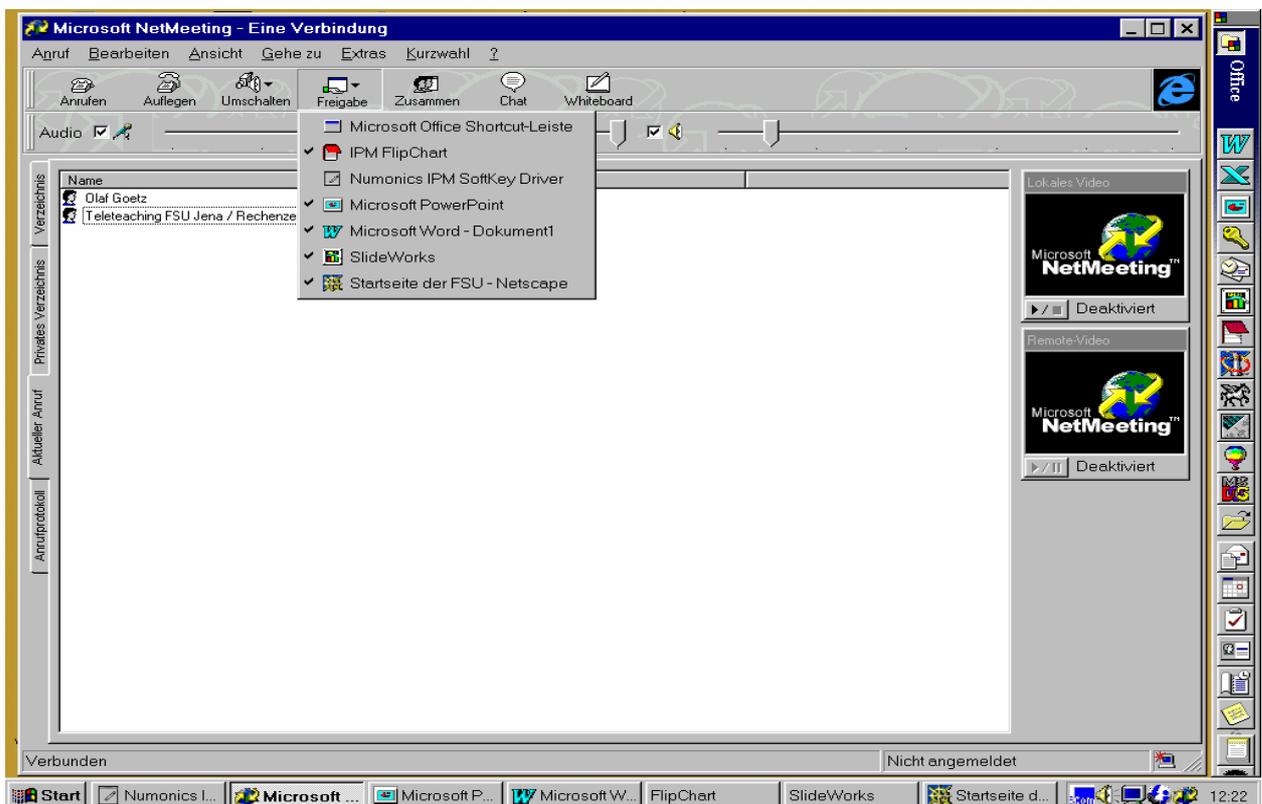


Abb. 41: Desktop MS-Netmeeting - Freigabe von Anwendungen

5.2.5.2 Softwareentwicklung

Das **Ziel** war ein Teleteaching-System mit **Standardsoftware** zu entwickeln, um den **Wartungsaufwand** für die Programme relativ **gering zu halten**. Jedoch haben sich während der Testphasen einige Dinge als recht ungünstig erwiesen. Für den Mitarbeiter in der Regie ist es immer ein großer Aufwand, das Gesamtsystem richtig zu starten.

Folgende Arbeitsaufgaben sind dabei zu realisieren:

- Einschalten des Gesamtsystems,
- Starten der Videosende- und Empfangsmaschinen
- Auswählen der notwendigen Gegenstellen mit eventuellen Änderungen der Steuerdateien der Sende- und Empfangsmaschinen,
- Starten des Sendeprogramms,
- Starten des Empfangsprogramms,
- Starten der Grafikkarte mit den entsprechenden Applikationen die der jeweilige Nutzer benötigt und der Programme die zur Steuerung und Kommunikation benötigt werden,
- Freigabe der Applikationen für die Gegenstelle,
- Einrichten und Kalibrieren des elektronischen Whiteboards,
- Einrichten der analogen Audio- und Videotechnik.

Oft wurden Programme vergessen, in der falschen Reihenfolge gestartet oder die INI-Dateien nicht richtig ausgewählt. Aus diesen Gründen wurde ein **Startmodul entwickelt**, welches einen großen Teil dieser Aufgaben übernimmt und damit den Startvorgang wesentlich einfacher gestaltet.

Das Programm TT#START

Das Programm TT#START ist ein C++ Programm welches mit Visual C++ 6 unter Nutzung der MFC Bibliotheken entwickelt wurde. Es übernimmt folgende Aufgaben:

- Starten der für die ausgewählte Betriebsart notwendigen Programme auf der Grafikkarte
 - Applikationen für den Nutzer
 - Kommunikationsprogramm für den Grafikkarte
 - Annotationsprogramm
- Erstellen der notwendigen INI-Dateien für die Sende- und Empfangsmaschine

Um einen flexiblen Einsatz des Programmes zu garantieren, wurde zwischen den beiden Startarten, Sendehörsaal und Empfangshörsaal, unterschieden. In der Startart **Sendehörsaal** wird mit zwei **unterschiedlichen Modi** (siehe Abbildung 43) gearbeitet:

- nutzerspezifischer Start
- standard Start

Wird die Startart „standard Start“ ausgewählt, so greift das Programm auf eine bestehende Steuerdatei (standard.tts) zurück und startet die dort hinterlegten Applikationen sowie das

Kommunikationsprogramm. Weiterhin wird die IP-Adresse des Empfangshörsaaes, bzw. die IP-Adressen der Empfangshörsäle abgefragt. Aus diesen Angaben und der Basis-Steuerdatei für die Optivision-Systeme wird die INI-Datei für die Sende- und Empfangsmaschine generiert. Danach kann der Mitarbeiter diese Maschinen starten, die jetzt vollständig selbständig alle notwendigen Programme starten und die Verbindung zum Empfangshörsaal herstellen.

Bei Auswahl der Startart „nutzerspezifischer Start“ erfolgt die Abarbeitung analog dem Standard-Start, nur dass eine spezielle tts-Datei im Dialog ausgewählt werden kann, die dann die Basis für den Start der Applikationen bildet. Für die Erstellung der INI-Dateien muß keine IP-Adresse für den Empfangshörsaal angegeben werden, da diese mit in der tts-Datei hinterlegt ist.

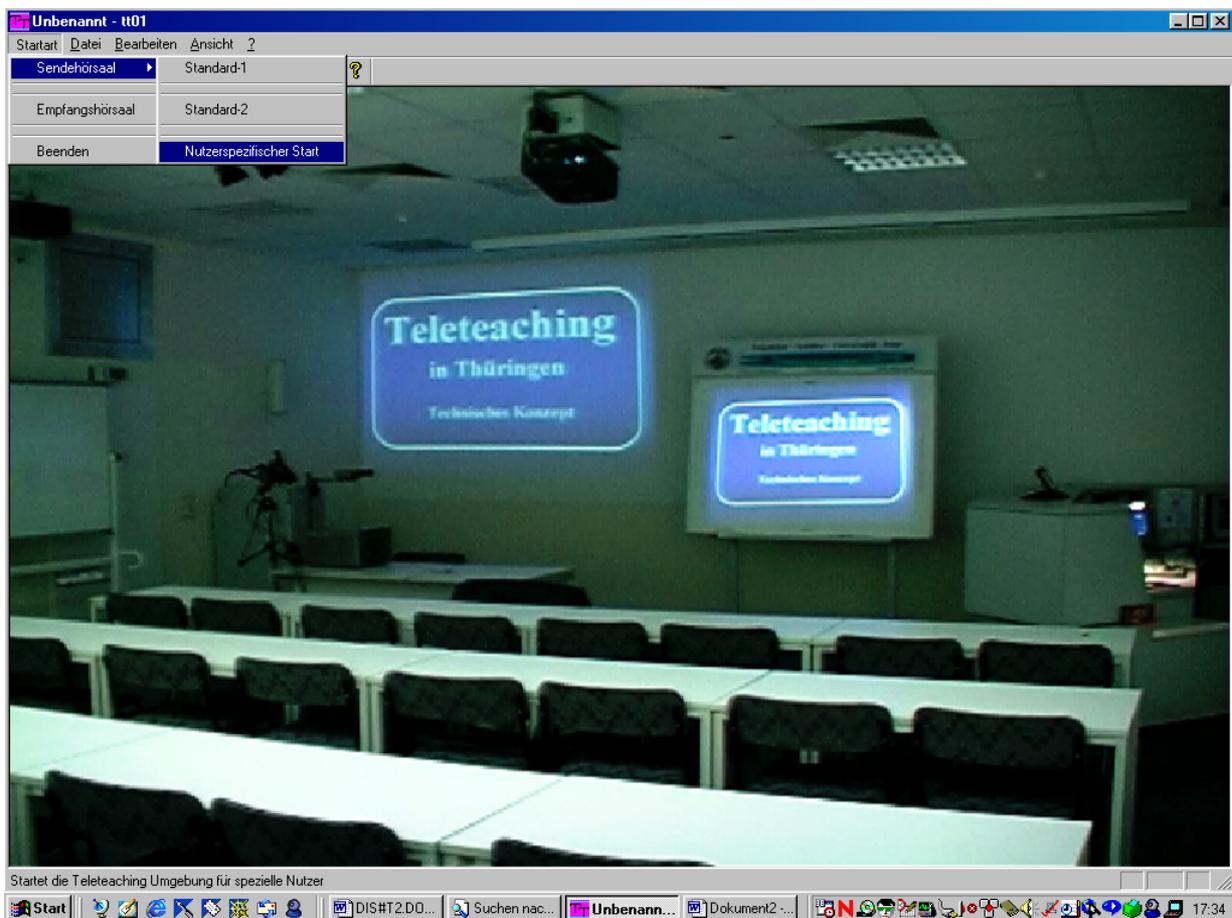


Abb. 42: Oberfläche des Programms TT#START mit Auswahl Startart

Das Programm TT#START benötigt folgende Dateien als Eingabedateien:

- standard-s.tts Basisdatei mit Grundparametern Grafikmaschine
- *.tts nutzerspezifische Parameterdatei Grafikmaschine
- senden.bas Optivision-Basisdatei senden
- empfang.bas Optivision Basisdatei empfangen

Die folgende Grafik zeigt den strukturellen Aufbau des Programms TT#START

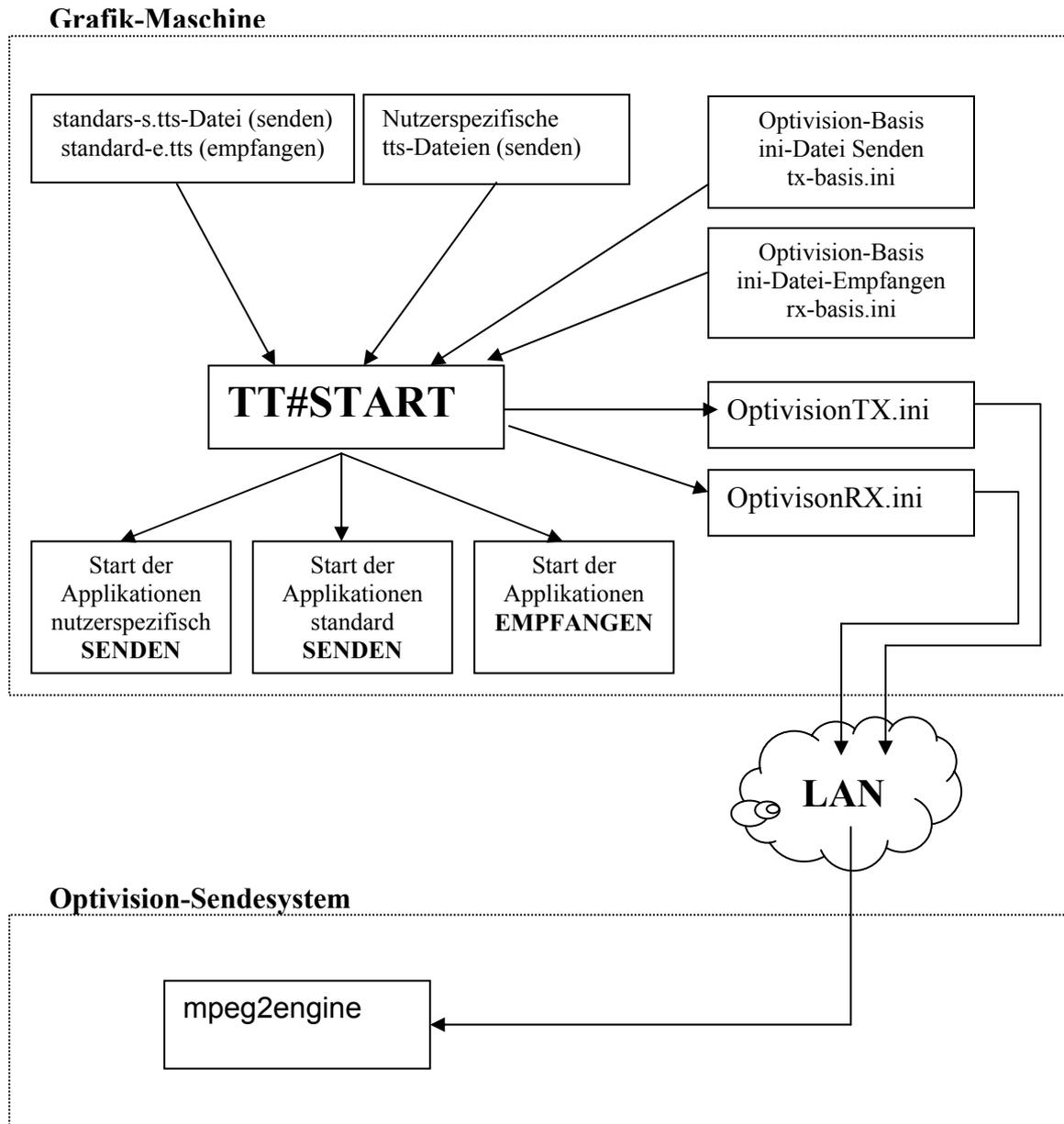


Abb. 43: Übersicht Programm TT#START

Aufbau der tts-Dateien Sendemodus

standard-s.tts

```

PGM1=lw:\pfad\programm;
PGM2=lw:\pfad\programm;
PGM3=lw:\pfad\programm;
PGM4=lw:\pfad\programm;
PGM5=lw:\pfad\programm;
PGM6= lw:\pfad\programm;
PGM7= lw:\pfad\programm;
PGM8= lw:\pfad\programm;

```

PGM9= lw:\pfad\programm;
SPGM1= lw:\pfad\programm;
SPGM2= lw:\pfad\programm;
KPGM= lw:\pfad\conf.exe;

Hinter PGM1-9 ist die zu startende Applikation für den Standardfall anzugeben. Das werden in den meisten Fällen die Programme MS-PowerPoint und Netscape sein. Bis zu 9 verschiedene Programme können angegeben werden. Dem Kennwort SPGM sind spezielle Steuerprogramme zuzuordnen, wie das Whiteboard-Programm und die zugehörigen Tools. KPGM ist für das Kommunikationsprogramm reserviert. Hier ist der Pfad für Netmeeting einzutragen. Die Abfrage nach der Adresse des Empfangshörsaales erfolgt im Dialog.

Der Aufbau der nutzerspezifischen tts-Dateien ist analog dem der Standard tts-Datei, ergänzt durch die beiden Kennwörter EHS1 und EHS2. Hier muß die IP Adresse der Empfangshörsäle angegeben werden. Hinter dem Parameter SL-MB wird eingetragen, mit wieviel Mbit/s die Daten in den Empfangshörsaal übertragen werden.

Alle Parameter der tts-Dateien sind Wahlparameter. das heißt, sie können bei Bedarf genutzt werden, müssen aber nicht vorhanden sein, außer den Parametern EHS1 und EHS2. Sind diese in einer nutzerspezifischen tts-Datei nicht vorhanden, so bricht das Programm mit Parameterfehler ab. Wird SL-MB nicht angegeben, so wird der Standardwert von 3 eingesetzt, d.h., es wird ein Datenstrom von 3 Mbit/s erzeugt.

Das Programm TT#START erstellt außerdem für die Sende und Empfangsmaschine die notwendigen INI-Dateien aus einer Basis-INI-Datei und den benutzten tts-Dateien. Auf eine ausführliche Beschreibung des Aufbaus der Parameterdateien wird an dieser Stelle verzichtet. Diese Daten sind der Programmbeschreibung des Programms TT'START zu entnehmen.

Wird der Hörsaal als Empfangshörsaal genutzt, dann wird auf der Grafikmaschine nur das Kommunikationsprogramm (laut standard.tts) gestartet und die Sendeleistung für den Rückkanal aus der Parameterdatei übernommen. Bei der Auswahl dieses Modus wird im Dialog noch die IP Adresse des Empfangsmaschine im Sendehörsaal abgefragt, um den Rückkanal aufzubauen. Weitere Parameter werden nicht benötigt. Alle weiteren Aufgaben sind in diesem Modus durch den Sendehörsaal zu realisieren.

5.3 Aufgetretene Probleme nach der Implementierung des Systems

Präsentationstechnik

Für die Darstellung der Videobilder und für die Grafikprojektion wurden jeweils die gleichen Modelle an Projektionstechnik eingesetzt (SANYO PLC-8805E). Da das mittlere Gerät im Hörsaal (siehe Anlage 31) für die Großprojektion an der Wand und zur Projektion am IncoBoard benutzt wird, mußte eine Absenkung des Projektors realisiert werden. Entgegen den Beschreibungen in den Datenblätter realisiert der PLC-8805E keine Trapezverzerrung.

Auf der Tafel ergab sich durch den Absenkwinkel ein stark verzerrtes Bild. Dies konnte auch nicht direkt durch eine andere Projektorpositionierung geändert werden.

Etwas gemindert wurde diese unschöne Präsentation auf der Tafel durch eine leichte Schrägstellung der Tafelfläche. Damit wurde der Winkel verkleinert und das Trapezproblem etwas entschärft. Eine vollständige Beseitigung konnte jedoch nicht realisiert werden.

Dies ist nur mit anderer Projektionstechnik möglich. Für weitere geplante Hörsäle müssen Projektoren mit Trapezverzerrung und beweglicher Optik eingesetzt werden.

Ein weiteres Projektionsproblem ist die Darstellung des Videobildes. Die Lichtleistung des Projektors ist gerade ausreichend (500ANSI Lumen). Werden Videobilder projiziert die sehr dunkel sind, z.B. medizinische Videos, dann ist die Lichtleistung schon fast nicht mehr ausreichend. Für zukünftige Projekte sollte mit einer Lichtleistung von mindestens 1000 ANSI Lumen gearbeitet werden.

Inco Board

Das Inco Board ist die elektronische Tafel des Dozenten. Von hier aus werden alle Bedienungshandlungen zur Steuerung der Vorlesung realisiert. In den Tests und in den Vorlesungen sind mit diesem Gerät geringfügige Probleme aufgetreten. Die festgestellten Unzulänglichkeiten sind:

- die Arbeit mit dem elektronischen Stift ist etwas gewöhnungsbedürftig,
- der Dozent steht durch die Projektion sich manchmal selbst im Weg und
- die Tafel geht bei Nichtbenutzung in Standby-Modus.

Der erste Punkt ist leicht mit etwas Übung zu bewältigen, so daß die Tafel als echter Ersatz für die herkömmliche Kreidetafel genutzt werden kann. Wenn der Dozent leicht seitlich steht, dann ist auch das Lichtproblem aus Punkt 2 gelöst. Der Standby-Modus kann leider nicht abgeschaltet werden, so daß der Dozent nur mit einem Doppelclick weiterarbeiten kann. Nach der entsprechenden Einweisung ist aber dieses Problem auch zu bewältigen.

Für zukünftige Installationen sollte dieses Inco Board der Firma Geha durch das wesentlich bessere Smart Board der Firma Smart Tec aus Kanada ersetzt werden. Dieses Gerät ist besser auf die Arbeit an einer Tafel abgestimmt und läßt sich leichter bedienen. Folgende neue Merkmale hat das Gerät:

- der elektronische Stift wurde durch 4 Trockenmarker ersetzt, die zum Schreiben genutzt werden können. Über einen eingebauten Sensor in der Ablageschale erkennt die Software, welche Farbe der Dozent nutzen möchte.

- Weiterhin wurde über die gleiche Technologie ein Schwamm integriert, um die Tafel elektronische abzuwischen.

Durch diese neuen Features entfällt das Annotationstool, und die Arbeit des Dozenten ist wieder unabhängigen von technischen Nebensächlichkeiten geworden.

Das Problem mit der Projektion ist mit dieser technischen Realisierung nicht zu verändern. Die einzige Möglichkeit ist eine Rückprojektion, dann ist dieser Effekt sofort beseitigt. Es muß jedoch angemerkt werden, daß eine Rückprojektion wesentlich teurer ist (ca. Faktor 3 bis 4), daß das projizierte Bild nicht so brillant ist und daß hinter der Projektionswand (Smart Board) genügend Fläche vorhanden sein muß. Es sollte genau geprüft werden, ob sich der Aufwand lohnt, um diesen doch recht unwesentlichen Nachteil zu beseitigen.

Rückkopplung

In den Veranstaltungen werden bidirektionale Audioübertragungen realisiert. Das heißt, daß die Tonsignale vom Dozentenmikrofon im Sendehörsaal in der Empfangshörsaal auf die Verstärkeranlage übertragen werden. Weiterhin wird der Rückton aus dem Empfangshörsaal in den Sendehörsaal übertragen. Während der Testphasen und auch im realen Betrieb sind immer wieder Rückkopplungen aufgetreten. Besonders gravierend wurde das Problem, wenn mit einem Grenzflächenmikrofon im Empfangshörsaal gearbeitet wird. Der Ton aus dem Sendehörsaal wurde sofort durch dieses empfindliche Mikrofon aufgenommen und zurückgesendet. Aus diesen Gründen mußte auf den Einsatz dieser Mikrofone verzichtet werden.

Um anderweitige Rückkopplungen auszuschließen, sind Mikrofone mit einer starken Richtcharakteristik (Nierenform) zum Einsatz gekommen. Weiterhin muß eine gute Lautstärkenabstimmung in den einzelnen Hörsälen erfolgen. Werden diese Punkte berücksichtigt, dann minimiert sich das Problem, läßt sich jedoch nicht vollständig beseitigen. Die Rückkopplung wird minimiert, so daß sie sich nicht störend auf die Veranstaltung auswirkt.

Weitere Untersuchungen zur gesamten Akustik in den Hörsälen sollten unbedingt gemacht werden.

Beleuchtung

Für die Realisierung von Teleteaching-Veranstaltungen mit diesem vorgestellten Szenario (in anderen Systemen ist es analog) existieren denkbar ungünstige Lichtverhältnisse. Das beruht auf zwei wesentlichen Sachverhalten:

- (1) Mit zwei Projektoren werden Bilder an die Medienwand projiziert, was eine gewisse Abdunkelung erforderlich macht.
- (2) Für die Aufnahmen des Dozenten ist eine ausreichende Beleuchtung zwingend notwendig, um qualitativ hochwertige und unverrauschte Bilder zu bekommen.

Die beiden Punkte stehen natürlich im krassen Gegensatz zueinander und können nur gelöst werden, wenn ein möglicher Mittelweg gefunden wird. Durch mehrere Teststellungen ist dann ein Ergebniss erzielt worden, was das bestehende Problem weitgehend entschärft:

- (1) es sollten sehr lichtstarke Projektoren verwendet werden (mind. 1000 ANSI Lumen Lichtleistung) und
- (2) es sollten Kameras mit einer hohen Lichtempfindlichkeit eingesetzt werden.

Wenn diese Voraussetzungen erfüllt sind, dann kann eine gewisse Grundhelligkeit im Raum realisiert werden, die gute Videoaufnahmemöglichkeiten garantiert, und die projizierten Bilder sind ebenfalls deutlich erkennbar.

In dem eingerichteten Hörsaal wurden diese lichttechnischen Abstimmungen realisiert, es standen zum Einbau jedoch nur Projektoren mit 600 ANSI Lumen zur Verfügung. Daraus folgt, daß der Raum stärker abgedunkelt werden muß, was eine Verschlechterung der Videoqualität nach sich zieht. Zum Zeitpunkt des Einbaus war dieses Problem nicht zu beseitigen. Inzwischen existieren Projektoren mit 2100 ANSI Lumen und einem akzeptablen Preis, so daß bei weiteren Installationen das bestehende Problem weiter minimiert werden kann.

Kamera für Rückbild in den Sendehörsaal

Die Regiekamera ist eine Einchip Sanyo Industriekamera vom Typ VCC3972 mit 8-fach Motorzoom Objektiv (6-48mm). Die Kamera ist auf einem Schwenkneigekopf montiert und dieser mit einer Wandhalterung über dem Regietisch befestigt. An die Kamera werden keine besonderen Qualitätsansprüche gestellt. Das Objektiv erlaubt es jedoch nicht, bei vollem Zoom scharfe Bilder aufzuzeichnen. Damit kann ein einzelner Student nicht in maximaler Größe ins Bild gesetzt werden. Für zukünftige Teleteaching-Systeme sollten andere Kameras bzw. andere Objektive eingesetzt werden, um auch alle Möglichkeiten der Videoaufzeichnungen für das Rückvideo aus dem Empfangshörsaal auszuschöpfen.

Hier würde eine Dreichip Kamera (analog Hauptkamera) wesentliche Verbesserungen bringen. Jedoch sollte auch der Preisunterschied von ca. 20.000,00 DM Beachtung finden.

Wenn Finanzmittel ausreichend vorhanden sind, dann sollte unbedingt die bessere Kamera eingebaut werden, bei finanziellen Problemen kann aber auch mit der in Jena installierten Variante gearbeitet werden.

Auswertung der Umfrage

Eine der wichtigsten Untersuchungen innerhalb der Teleteaching Auswertung war die Frage, ob den Studenten der persönliche Kontakt zum Dozenten fehlt.

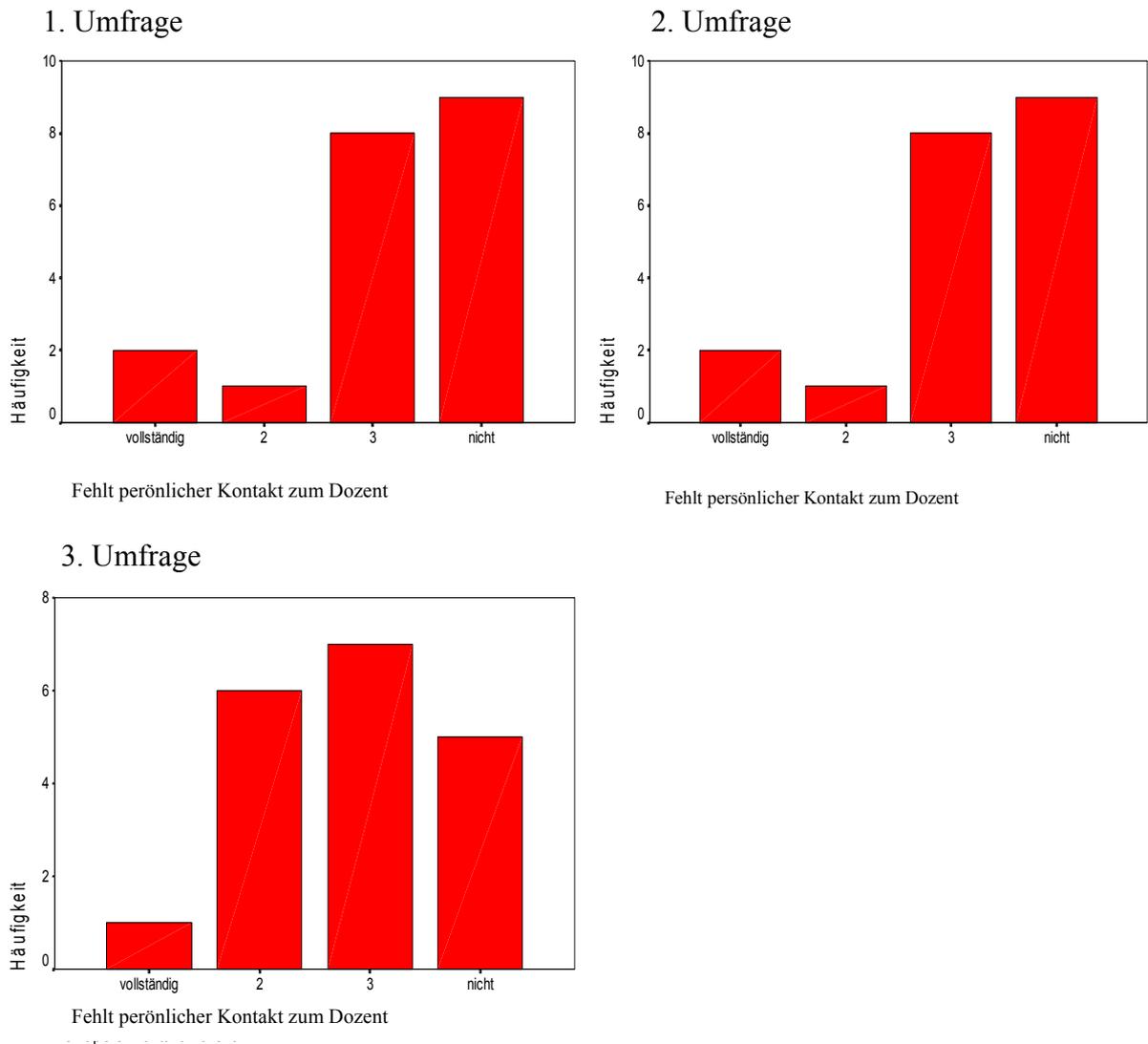


Abb. 44: Ergebnisse Umfrage „Persönlicher Kontakt“

Die Umfragen zeigen, daß sich die Meinung der Studenten zum Thema "Persönlicher Kontakt" während des Semesters verändert hat.

Die Daten aus der ersten Analyse zeigen eindeutig, daß die Studenten den direkten persönlichen Kontakt zum Dozenten nicht unbedingt benötigen. In der 3. Grafik sieht das Ergebnis etwas anders aus, denn hier sind bereits mehrere Studenten der Meinung, daß ein persönlicher Kontakt vorhanden sein müßte.

Eine Zusammenfassung der Daten und die Betrachtung der tendenziellen Entwicklung lieferten folgendes Ergebnis:

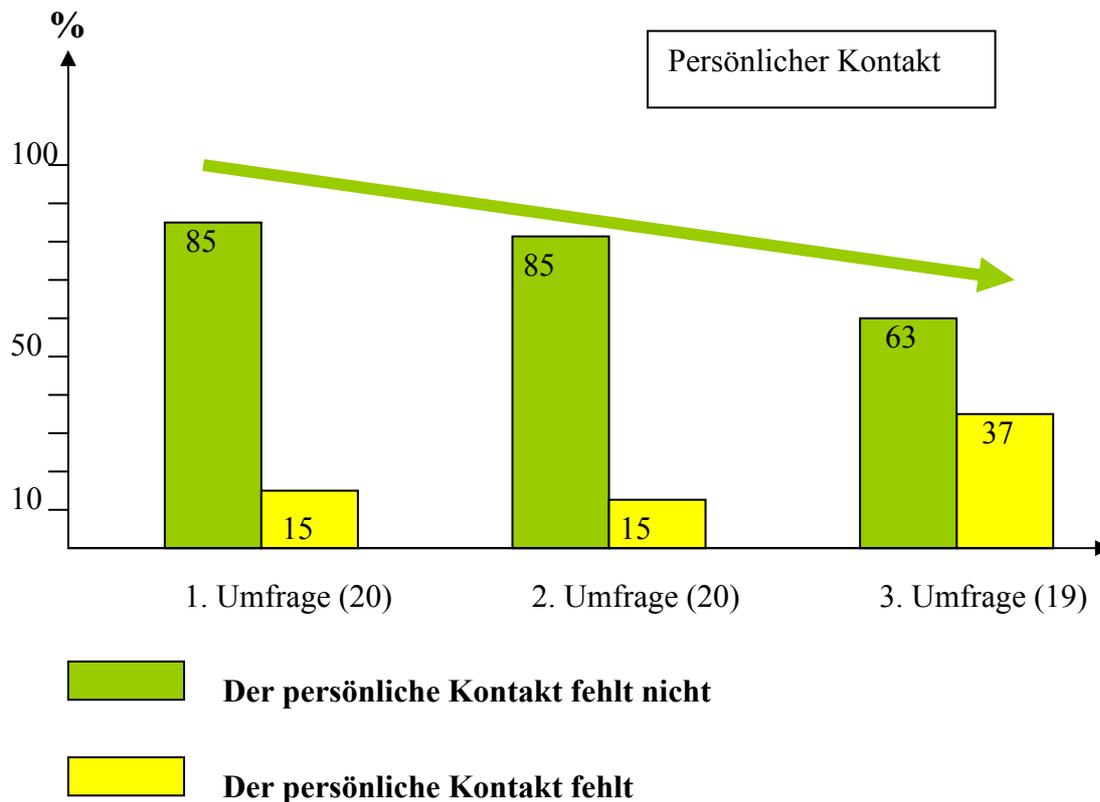


Abb. 45: Auswertung „persönlicher Kontakt“

Dieses Diagramm zeigt eindeutig, daß die Studenten die neue Lehrform akzeptieren und der persönliche Kontakt zum Dozenten nicht unbedingt notwendig ist. Dieses Ergebnis hat sich aber im Laufe des Semesters leicht verändert. In der dritten Umfrage waren mehr Studenten der Meinung, daß der persönliche Kontakt doch fehlt. Jedoch mehr als 50% vermissen den direkten Kontakt zum Dozenten nicht unbedingt. Da für alle das Teleteaching eine neue Lehrform war, sollte diese tendenzielle Veränderung genau beobachtet und gegebenenfalls durch eine weitere Umfrage in einem höheren Semester überprüft werden. Das Verhältnis in der letzten Umfrage kommt sicherlich der Realität am nächsten. Trotz dieser positiven Aussage in Bezug auf das Fehlen des persönlichen Kontaktes, sollte dieser Aspekt nicht gänzlich vernachlässigt werden.

Der fehlende Kontakt der Studenten im Empfangshörsaal sollte damit kein Grund sein, daß diese neue Lehrform des Teleteaching nicht weiter genutzt werden sollte. Um die negativen Meinungen etwas abzuschwächen, könnte man eine spezielle Sprechstunde einrichten, wo der Dozent über ein Videokonferenzsystem erreichbar ist. Damit wäre dann jeder Student in der Lage, einen persönlichen Kontakt herzustellen. Dieses System wäre kein besonders großer technischer und finanzieller Aufwand. Außerdem gehört zu fast jeder Vorlesung ein entsprechendes Seminar, wo ein persönlicher Kontakt gegeben ist.

Ein sehr wesentlicher Aspekt in der Auswertung der Teleteaching-Veranstaltungen war das Problem der Konzentrationsfähigkeit. In einigen Vorbetrachtungen zu dem System und in Befragungen während der Testphase entstand oft die Meinung, daß in einer Teleteaching-Veranstaltung im Empfangshörsaal die Konzentrationsfähigkeit der Studenten größer sein muß als im Sendehörsaal. Folgende Ergebnisse lieferten dann die Umfragen innerhalb des Semesters.

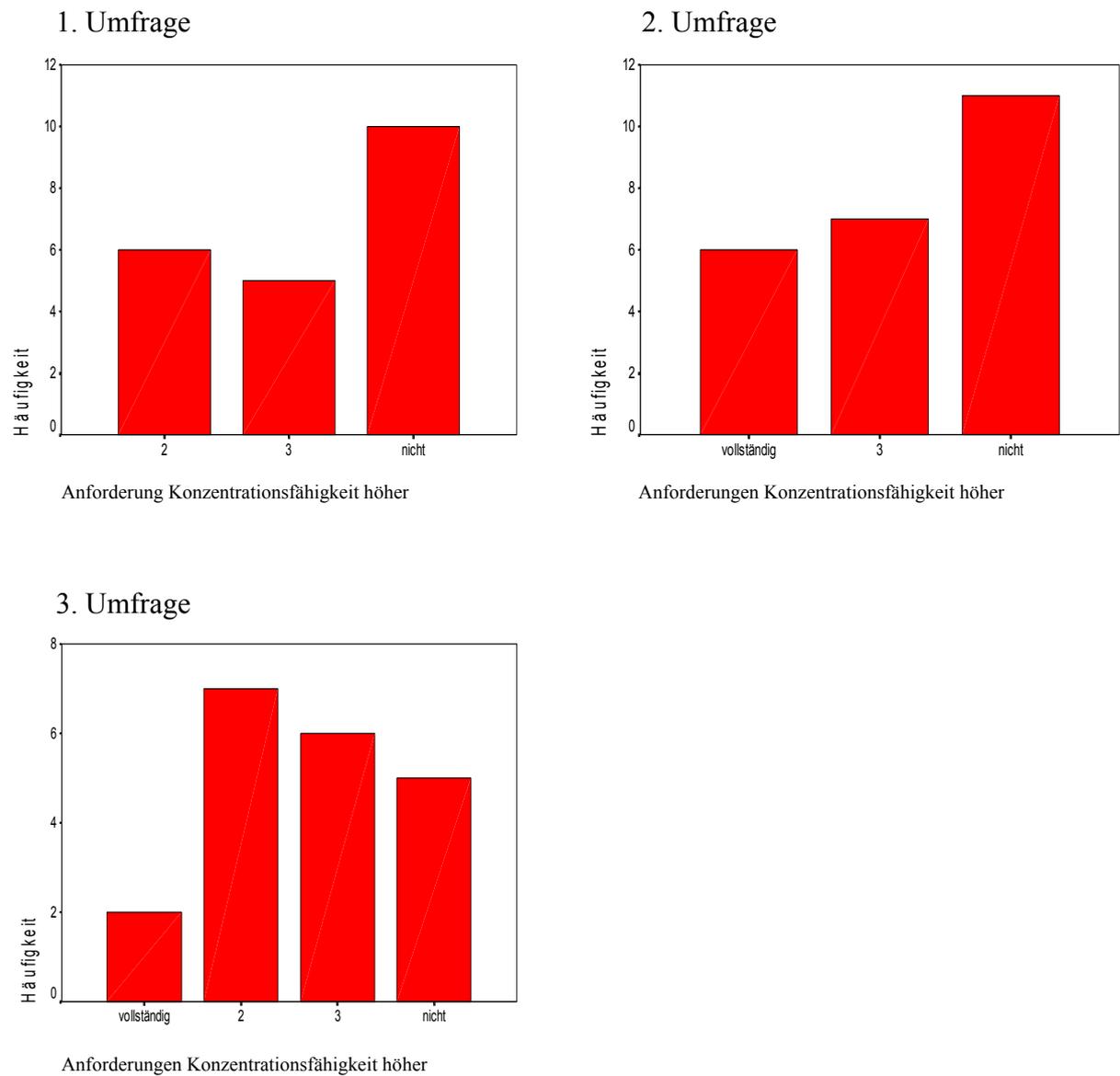
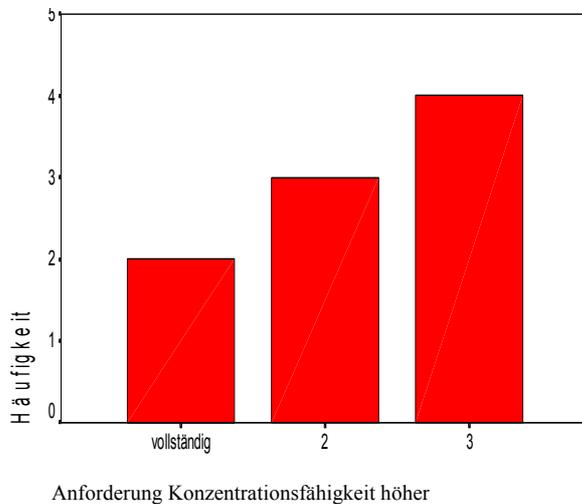


Abb. 46: Ergebnisse Umfrage „Konzentration“

Wenn man die Ergebnisse der statistischen Auswertung betrachtet, so kann man feststellen, daß sich zwischen der 1. und 2. Umfrage keine wesentlichen Änderungen ergeben haben. Dort ist die Mehrzahl der Studenten der Meinung, daß im Empfangshörsaal keine höhere Konzentration erforderlich ist. Lediglich die 3. Umfrage weicht von den ersten beiden ab. Aus diesen Gründen wurden weitere einzelne Auswertungen durchgeführt.

3. Umfrage
TU Ilmenau



3. Umfrage
BU Weimar

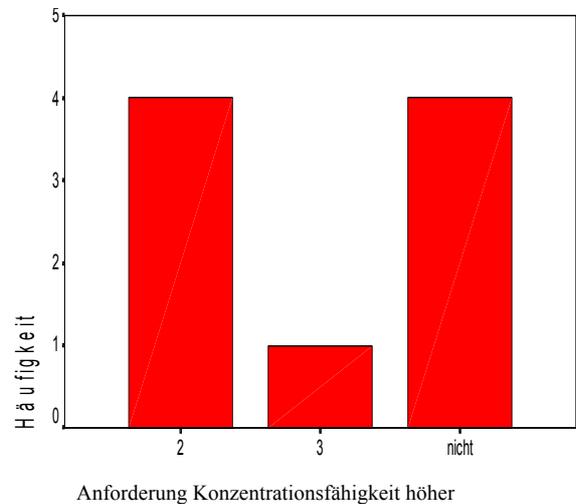


Abb. 47: Ergebnisse Umfrage „Konzentration“ 2. Teil

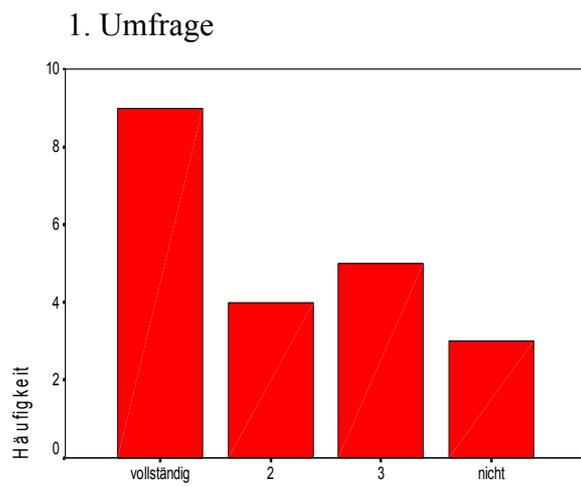
Werden die Gruppen etwas zusammengefaßt, d.h. "vollständig" und "2" bedeuten höhere Konzentration, und "3" und "nicht" stehen für keine höhere Konzentration, dann kann man folgende prozentuale Werte ermitteln:

TU Ilmenau: 55% sind der Meinung, daß in einer Teleteaching Veranstaltung eine höhere Konzentration erforderlich ist.
45% der Studenten sind der Auffassung, daß keine höhere Konzentration notwendig ist

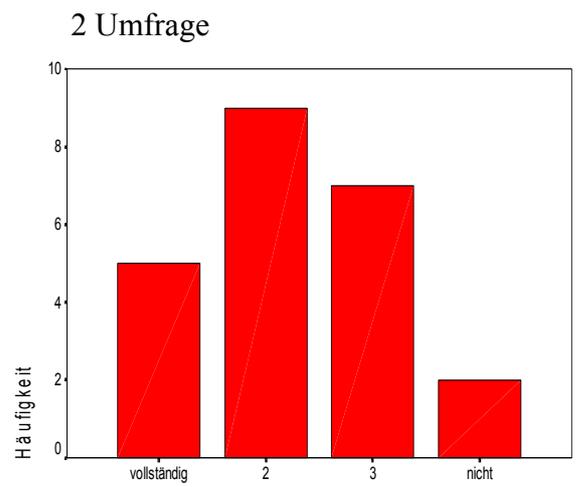
BU Weimar: 45% sind der Meinung, daß eine höhere Konzentration notwendig ist
55% sind der Meinung, daß keine höhere Konzentration notwendig ist.

Aus diesen Angaben läßt sich nur relativ wenig ableiten, in Ilmenau ist man der Meinung, daß für Teleteaching-Veranstaltungen eine größere Konzentration notwendig ist. Zum momentanen Zeitpunkt ist aber noch nicht nachzuweisen, welche Gründe dieses Verhalten hat. In der Gesamtanalyse ist deutlich zu ersehen, daß doch die Mehrzahl der Studenten die Meinung vertritt, daß keine höhere Konzentration notwendig ist. Aber auch dieser Teil der statistischen Erhebung sollte in den nächsten Jahren weiter verfolgt werden, um weitere detaillierte Erkenntnisse über die Problematik der Konzentrationsfähigkeit zu erhalten. In weiteren Untersuchungen sollte diese Problematik weiter verfolgt werden.

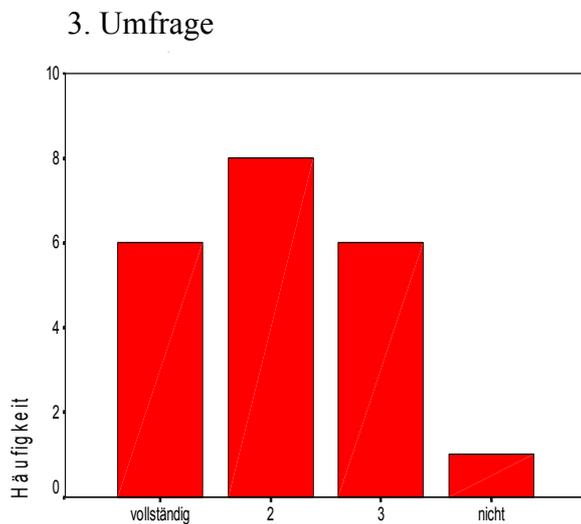
Ein weiterer Schwerpunkt der Untersuchungen hat sich auf den Lerneffekt bezogen. Die Umfrage sollte Auskunft darüber geben, ob der Lerneffekt im Empfangshörsaal schlechter oder gleich dem realen Hörsaal ist. Folgende Ergebnisse wurden innerhalb des Semesters ermittelt.



Lerneffekt ebenso gut



Lerneffekt ebenso gut



Lerneffekt ebenso gut

Abb. 48: Ergebnisse Umfrage „Lerneffekt“

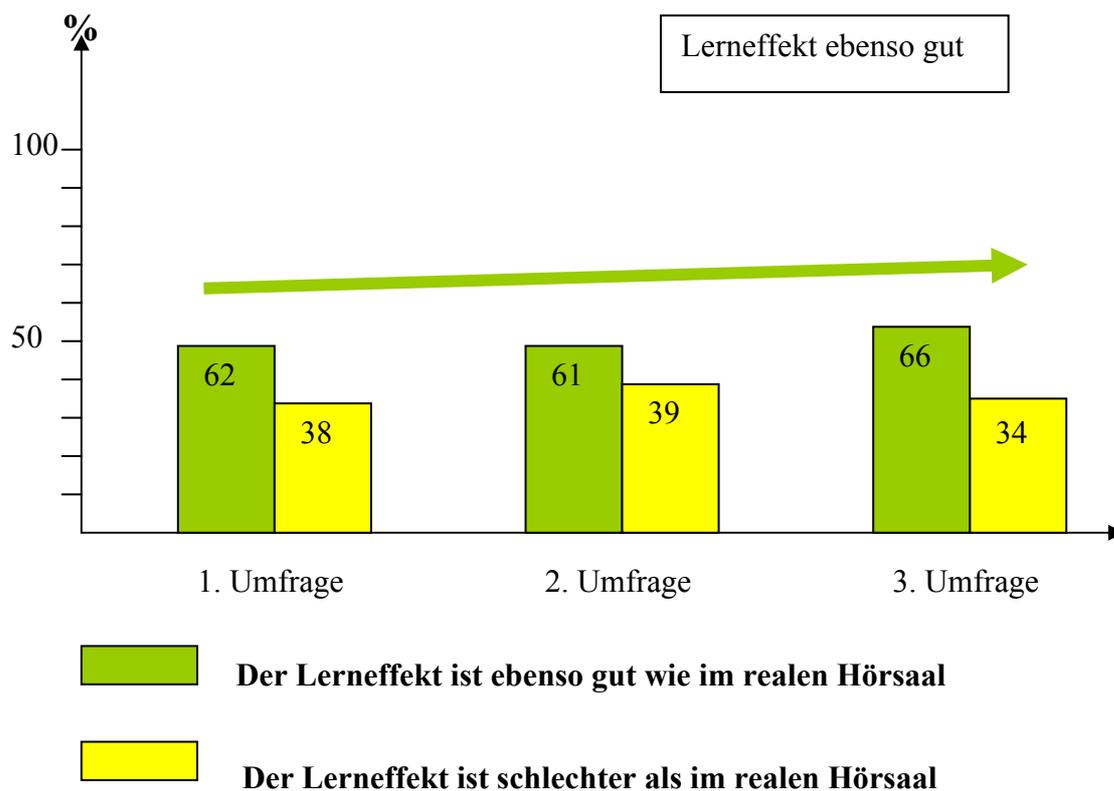


Abb. 49: Auswertung „Lerneffekt“

Der Lerneffekt ist einer der wichtigsten Untersuchungsgründe für den weiteren Einsatz des Teleteaching-Systems. Das am Anfang der Arbeit formulierte Ziel, daß sich für die Studenten im Empfangshörsaal keine Nachteile ergeben dürfen, weil sonst die Akzeptanz des Systems sinkt, ist mit den Ergebnissen dieser Analyse erreicht. Die Auswertung der statistischen Daten hat ergeben, daß der Lerneffekt im Empfangshörsaal nicht schlechter ist als im realen Hörsaal. Dieses Ergebnis hat sich am Ende des Semesters sogar noch verbessert. Diese tendenzielle Entwicklung zeigt außerdem, daß sich die Studenten an die neue Arbeitsweise gewöhnt haben und diese akzeptieren.

Dieses Ergebnis ist für die gesamte Entwicklung des Teleteaching-Systems von außerordentlicher Bedeutung und zeigt, daß diese Möglichkeit in der Lehre in Zukunft weiter eingesetzt werden kann und eine echte Erweiterung der Lehrformen darstellt. Jetzt ist es eine Aufgabe der Dozenten, das neue Medium zu nutzen und damit weitere universitätsübergreifende Studiengänge aufzubauen.

Das Ergebnis sollte aber in den folgenden Jahren durch weitere statistische Untersuchungen bestätigt bzw. durch weitere Analysen mit größerem Umfang präzisiert werden.

Die Frage nach der Lesbarkeit der Präsentationsdokumente soll Aufschluß über die Qualität der Darstellung in den Hörsälen geben. In den beiden Empfangshörsälen existiert je eine Präsentation für die Grafikdaten, und im realen Hörsaal wird außer der Projektion auf die elektronische Tafel das Bild nochmals groß an der Wand projiziert, damit auch weiter hinten sitzende Studenten alle Details erkennen können.

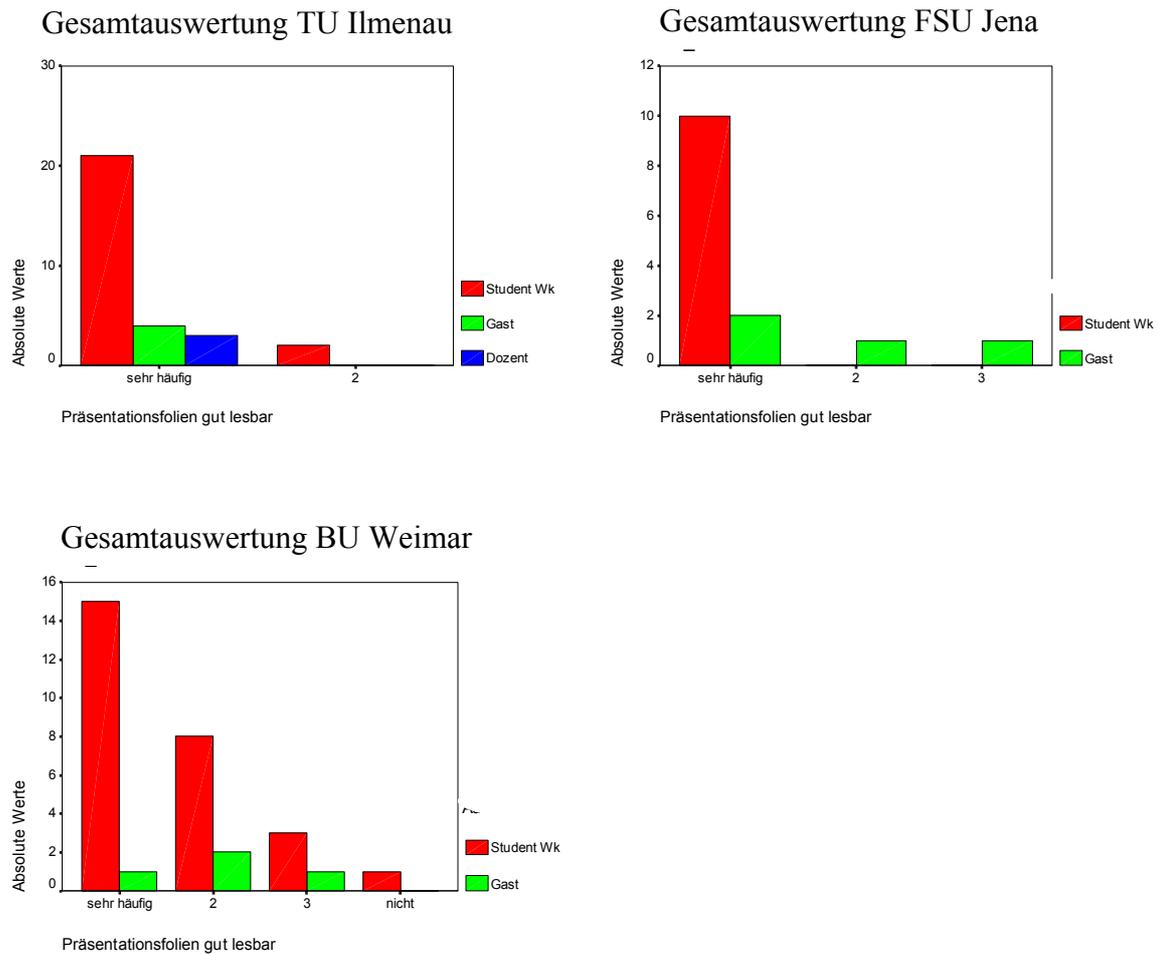


Abb. 50: Ergebnisse Umfrage „Lesbarkeit der Präsentationsgrafiken“

Das Ergebnis der statistischen Auswertung zeigt eindeutig, daß die Präsentationsgrafiken sehr gut lesbar sind. Das unterstreicht, daß die getrennte Darstellung von Videobild und Präsentationsgrafik und die damit verbundene Auflösung von 1024x768 optimal ist und in dieser Art von den Studenten akzeptiert wird.

Es wurden leider keine Vorlesungen ohne den Grafikkanal realisiert, so daß für diese Variante keine statistischen Daten vorliegen. Lediglich in einigen Tests sind die Präsentationsgrafiken mittels Videokamera aufgezeichnet worden. Das Ergebnis war auf Grund der Auflösung der PAL-Bilder unbefriedigend, so daß diese Möglichkeit nicht weiter verfolgt wurde.

Die qualitativ bessere Lösung ist, das beweist die Statistik eindeutig, die Übertragung in einem getrennten Grafikkanal, mit einer entsprechenden Auflösung, der Nutzung von Annotationssoftware und weiterer PC basierender Anwendungen.

Die im System eingesetzte **elektronische Tafel** ist das **Hauptarbeitswerkzeug der Dozenten**. Ohne deren Nutzung können keine Grafiken übertragen und kein Flip-Chart genutzt werden. Die Frage nach der Nutzung der Tafel soll Aufschluß darüber geben, ob der Dozent die neuen multimedialen Präsentationsmöglichkeiten anwendet.

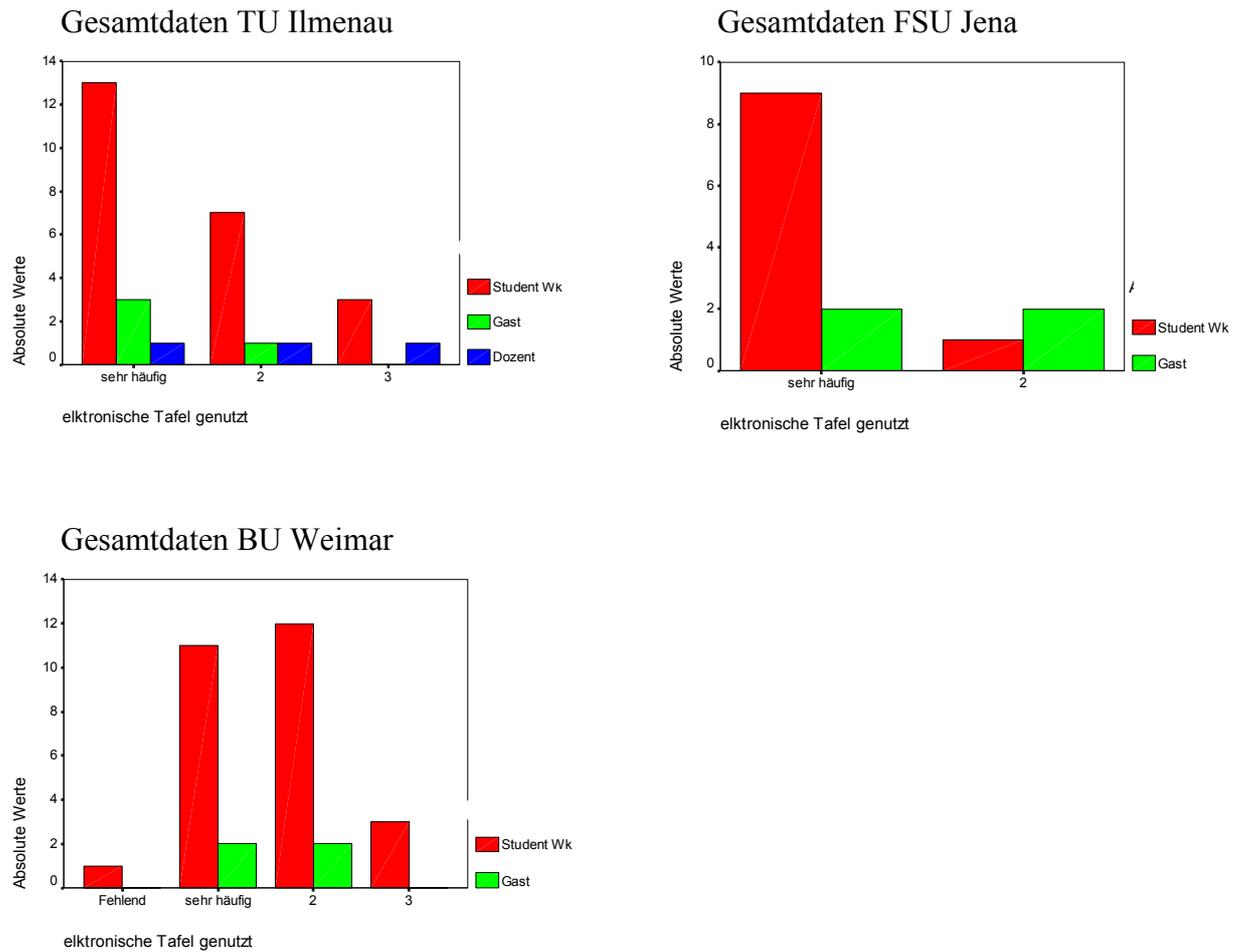


Abb. 51: Ergebnisse Umfrage „Nutzung der elektronischen Tafel“

Die Grafiken zeigen, daß durch die Dozenten die neuen Möglichkeiten zum Einsatz kommen und die Vorlesungen so überarbeitet wurden, daß die neuen multimedialen Technologien eingesetzt werden können.

Die genutzten Präsentationsgrafiken werden mittels Application-Sharing in die Empfangshörsäle übertragen. Jedoch möchten die Dozenten den Studenten nicht nur fertige Folien präsentieren, denn oft sind weiterführende oder zusätzliche Erläuterungen notwendig. Da der Dozent keinen Leserpointer oder Zeigestift nutzen kann (dieser kann nicht übertragen werden), wurde eine leicht anzuwendende **Annotationssoftware** in das System integriert, die als eigenständiges Programm mittels Application-Sharing in den Empfangshörsaal übertragen wird. Die Fragestellung soll Aufschluß über die Anwendung dieser Möglichkeiten durch den Dozenten liefern. Die folgende Frage soll Auskunft über die Nutzung dieser Software geben.

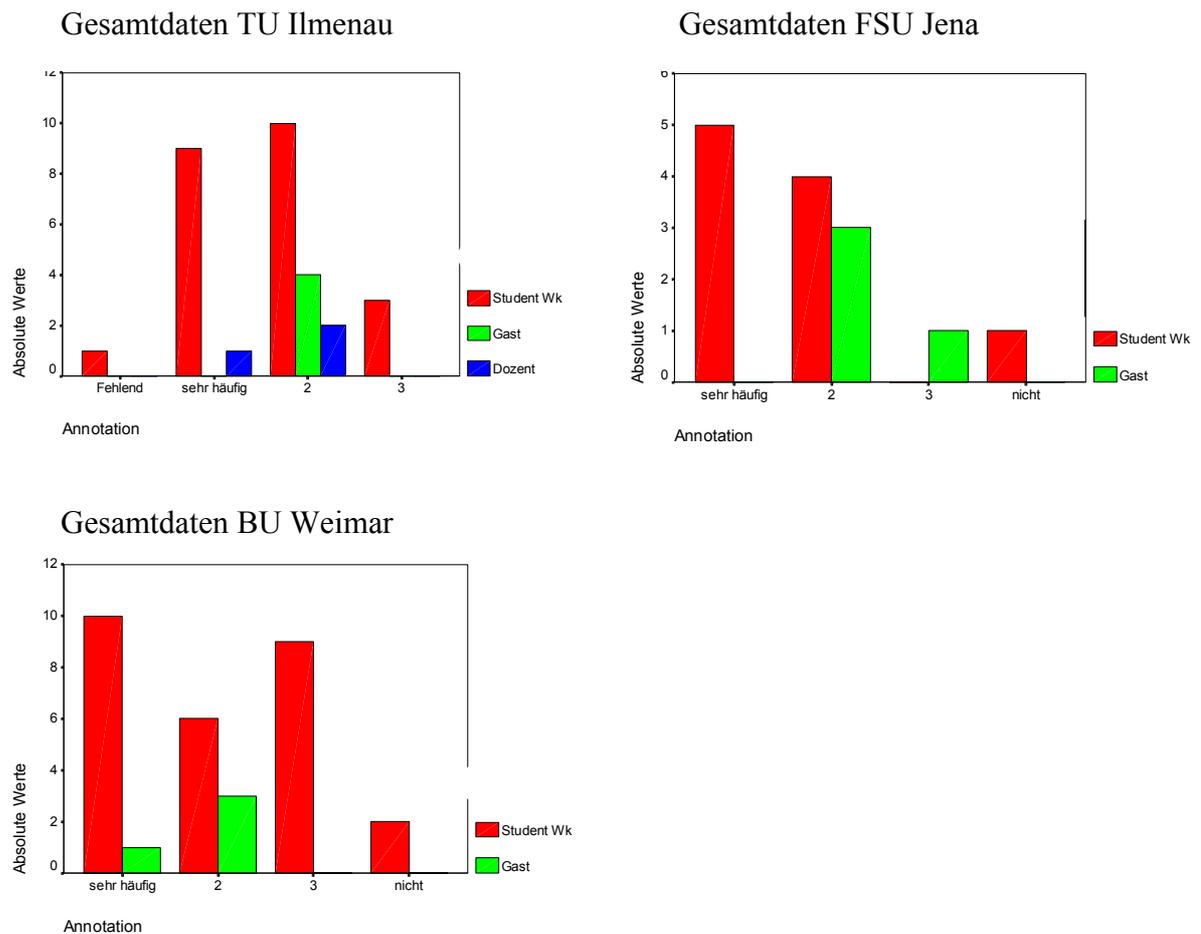


Abb. 52: Ergebnisse Umfrage „Nutzung der Annotationsmöglichkeiten“

Das Ergebnis der statistischen Auswertung bringt ebenfalls eindeutige Ergebnisse. Die Annotationssoftware ist unabdingbarer Bestandteil des Teleteaching-Systems und darf keinesfalls fehlen. Die häufige Nutzung dieser Applikation unterstreicht deren Notwendigkeit. Es ist sehr wichtig, daß unabhängig von der genutzten PC-Anwendung immer die gleiche Annotationssoftware zum Einsatz kommt, so daß sich der Dozent nicht an unterschiedliche Programme gewöhnen muß (aus diesen Gründen wird z.B. auf die Anwendung der integrierten Annotationssoftware im MS-PowerPoint verzichtet und das flexiblere SlideWorks eingesetzt).

Eine besonders wichtige Frage ist die nach der **Qualität der Videoübertragungen**. Dabei war es wichtig, ob Störungen aufgetreten sind und ob diese sich auf die Veranstaltung ausgewirkt haben. Eine kleine Störung muß nicht unbedingt negative Auswirkungen haben. Die ersten statistischen Auswertungen zeigen die Ergebnisse nach der Frage, ob Videostörungen aufgetreten sind.

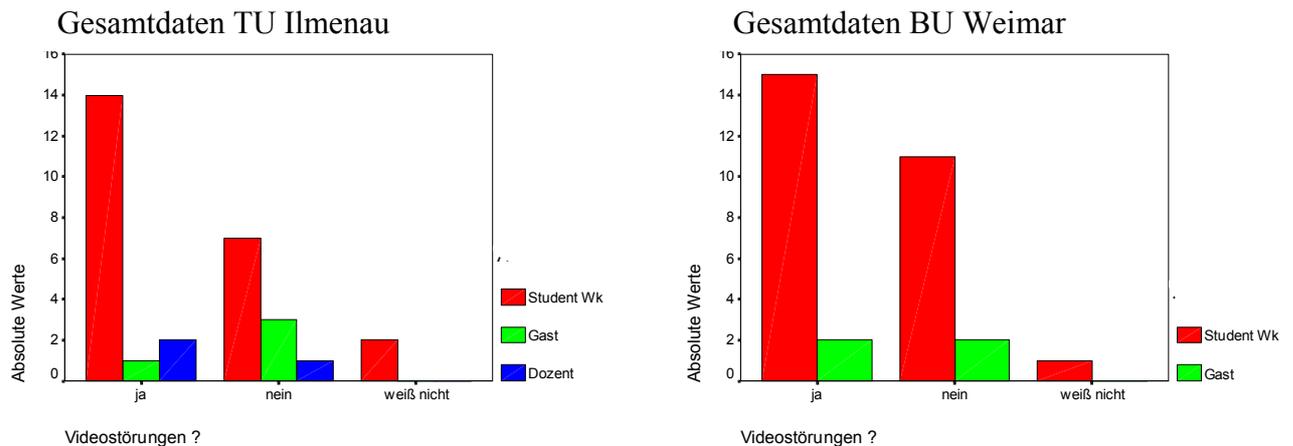


Abb. 53: Ergebnisse Umfrage „Videostörungen“

Beide Grafiken zeigen, daß es zu Bildstörungen während der Übertragungen gekommen ist. Für die Videobilder, die nach Ilmenau gesendet werden, ist das etwas unerklärlich, da hier eine sehr gute Netzanbindung vorliegt. Für die Videostörungen an der BU Weimar gibt es relativ einfache Erklärungen, denn hier ist eine unzureichende Netzversorgung vorhanden. Beide Videomaschinen (Sende- und Empfangsmaschine) und auch die Grafikmaschine sind in einem 10 Mbit/s Ethernetsegment. Damit sind Kollisionen und die daraus resultierenden Störungen schon vorprogrammiert. Es ist sogar etwas eigenartig, daß doch einige Studenten in Weimar der Meinung sind, es traten keine Störungen auf.

Dieses bekannte Problem der Netzanbindung der Maschinen in Weimar soll aber bis 03/99 beseitigt sein, so daß dann keine gravierenden Videostörungen mehr auftreten dürften.

Die Auswirkungen der Videostörungen auf die Qualität der Veranstaltung kann recht unterschiedlich sein. Das hängt im wesentlichen von der Art und Weise des Problems ab. Eine kleine Störung in der Videoübertragung, die sogenannten Artefakte, müssen sich nicht unbedingt negativ auf die gesamte Veranstaltung auswirken. Größere Komplettausfälle beeinträchtigen die Vorlesung unter Umständen wesentlich. Die folgenden Grafiken werden Aufschluß über die Problematik geben.

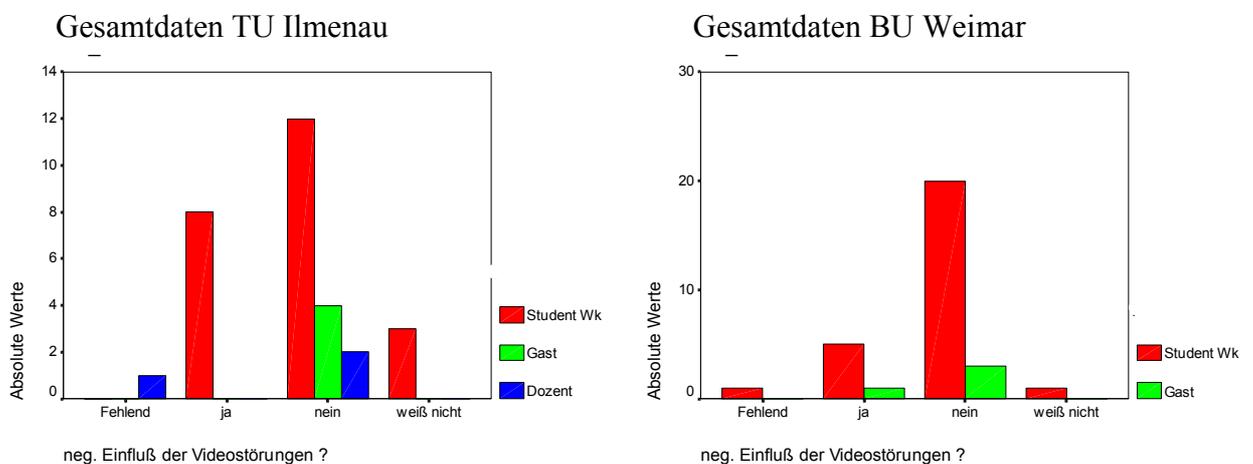


Abb. 54: Ergebnisse Umfrage „Negativer Einfluß der Videostörungen“

Die Grafiken ergeben, daß die aufgetretenen Videostörungen¹⁵ sich nicht negativ auf die Veranstaltungen ausgewirkt haben. Das heißt, selbst kleinere Störungen beeinträchtigen die Vorlesungen in Ihrer Qualität nicht. Das Ziel ist jedoch, immer eine störungsfreie Übertragung der Daten zu realisieren, was eine stabile Netzverbindung mit der entsprechenden Kapazität voraussetzt. Dieses Problem ist in Weimar noch zu lösen.

Warum in Ilmenau Störungen aufgetreten sind, ist noch zu analysieren, da hier die Netzverbindungen in Stabilität und Kapazität ausreichend sind. Aus diesem Grund wird das Problem im nächsten Jahr weiter verfolgt, um eventuell genauere Gründe für die Aussagen zu den Videostörungen zu erhalten.

Auf Grund der Art der Realisierung des Teleteaching-Projektes sind Video- und Grafikbild im Empfangshörsaal getrennt projiziert. Ob sich dies ungünstig auf die Studenten auswirkt, das sollte ebenfalls im Rahmen der statistischen Analyse untersucht werden. Relevante Daten lieferten dabei nur die Empfangshörsäle an der TU Ilmenau und an der BU Weimar. Jena fungierte in diesem Semester nur als Sendehörsaal, d.h., es wurde kein Videobild des Dozenten projiziert. Die folgenden Grafiken geben Aufschluß über die Akzeptanz der Studenten bei der Arbeit mit zwei Projektionsflächen.

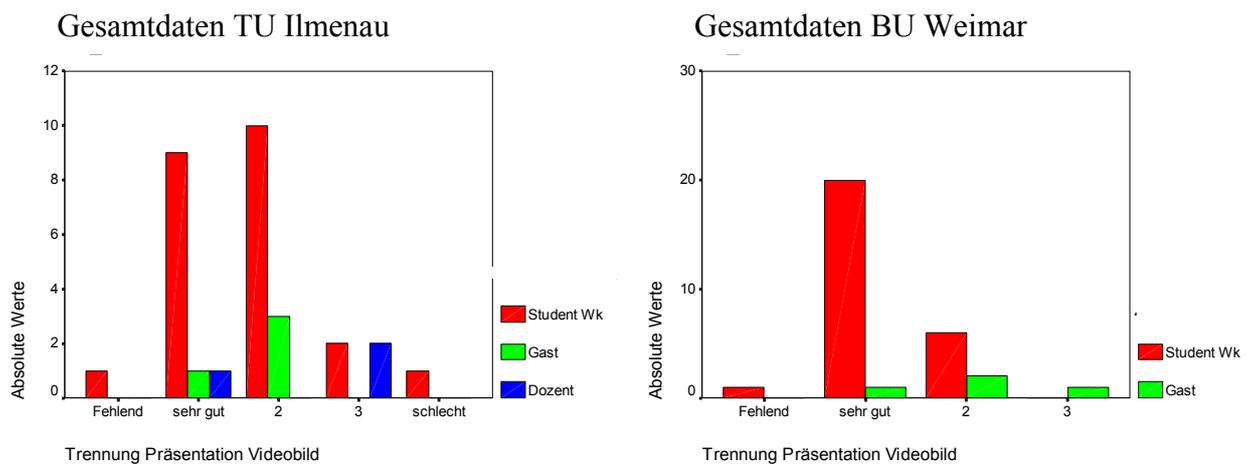


Abb. 55: Ergebnisse Umfrage „Trennung Videobild und Grafikpräsentation“

Das Ergebnis dieser statistischen Auswertung ist ebenfalls eindeutig. Die Studenten beurteilen die Trennung zwischen Video- und Grafikbild als positiv. Es wirkt sich somit nicht negativ aus, wenn zwei Bilder vorhanden sind. In einer realen Vorlesung ist auch der Dozent anwesend und es wird eventuell eine Grafik mittels OH-Projektor an die Wand projiziert. Die Studenten müßten dann ebenfalls zwischen zwei Blickrichtungen wechseln. Für zukünftige Untersuchungen wäre noch interessant, wie die Anordnung der Projektionsflächen erfolgen sollte. Videobild mittig oder links angeordnet, das gleiche trifft für die Grafik zu. Diese Untersuchung wurde in diesem Rahmen nicht realisiert.

¹⁵ Während der Veranstaltungen sind bedingt durch die Netzlast im Datennetz mehrfach Artefakte aufgetreten. Einen Komplettausfall gab es in den Vorlesungen, in welchen die Umfragen gemacht wurden, nicht.

Die **Wichtigkeit der Funktionalität der elektronischen Tafel** wurde ebenfalls untersucht. Es hat sich ergeben, daß die Studenten diese als besonders wichtig einschätzen, was folgende Statistik beweist.

Ohne die elektronische Tafel würde ein wesentliches Element im Gesamtsystem fehlen und viele Funktionsparameter wären nicht zu realisieren. Das gleiche trifft auf einige allgemeine Anforderungen (siehe Kapitel 1) zu.

Die Funktionalität der elektronischen Tafel konnte auch für Jena als Sendehörsaal mit untersucht werden, denn es ist unerheblich, von welchem Hörsaal die Tafel betrachtet wird.

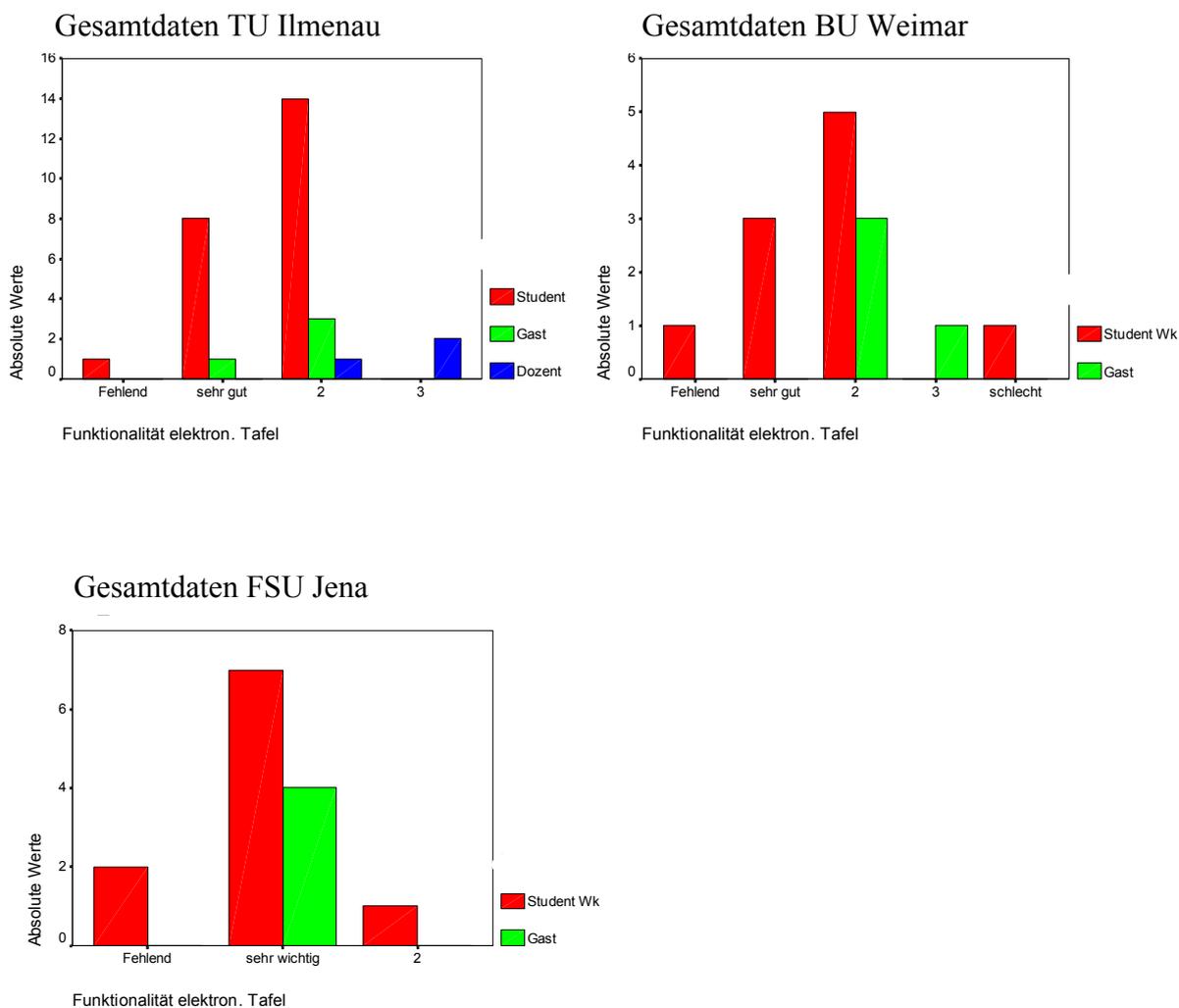


Abb. 56: Ergebnisse Umfrage „Funktionalität der elektronischen Tafel“

Die letzte untersuchte Fragestellung bezieht sich auf die weitere Nutzung von Teleteaching. Die Frage war, ob weitere Vorlesungen als Teleteaching stattfinden sollten. Das Ergebnis ist sehr gemischt, ein Teil der Studenten ist für weitere Vorlesungen, jedoch die Mehrzahl legt nicht unbedingten Wert auf diese Vorlesungsart. Wenn man die folgenden Grafiken betrachtet, so kann man als wesentliche Erkenntnis ableiten, daß die Studenten das System nicht ablehnen, dies beweisen auch vorangegangene Untersuchungen, aber auch nicht unbedingt den weiteren Ausbau forcieren möchten.

Schlußfolgernd kann somit festgestellt werden, daß Teleteaching von den Studenten akzeptiert wird und sie derartige Veranstaltungen als sinnvoll und im wesentlichen als gleichwertig zur realen Vorlesung betrachten. Die letzte Untersuchung zeigt aber nochmals eindeutig, daß der Trend nicht nur in Richtung Teleteaching gehen sollte. Ein sinnvoller Mix zwischen den unterschiedlichen Vorlesungsarten wäre also anstrebenswert.

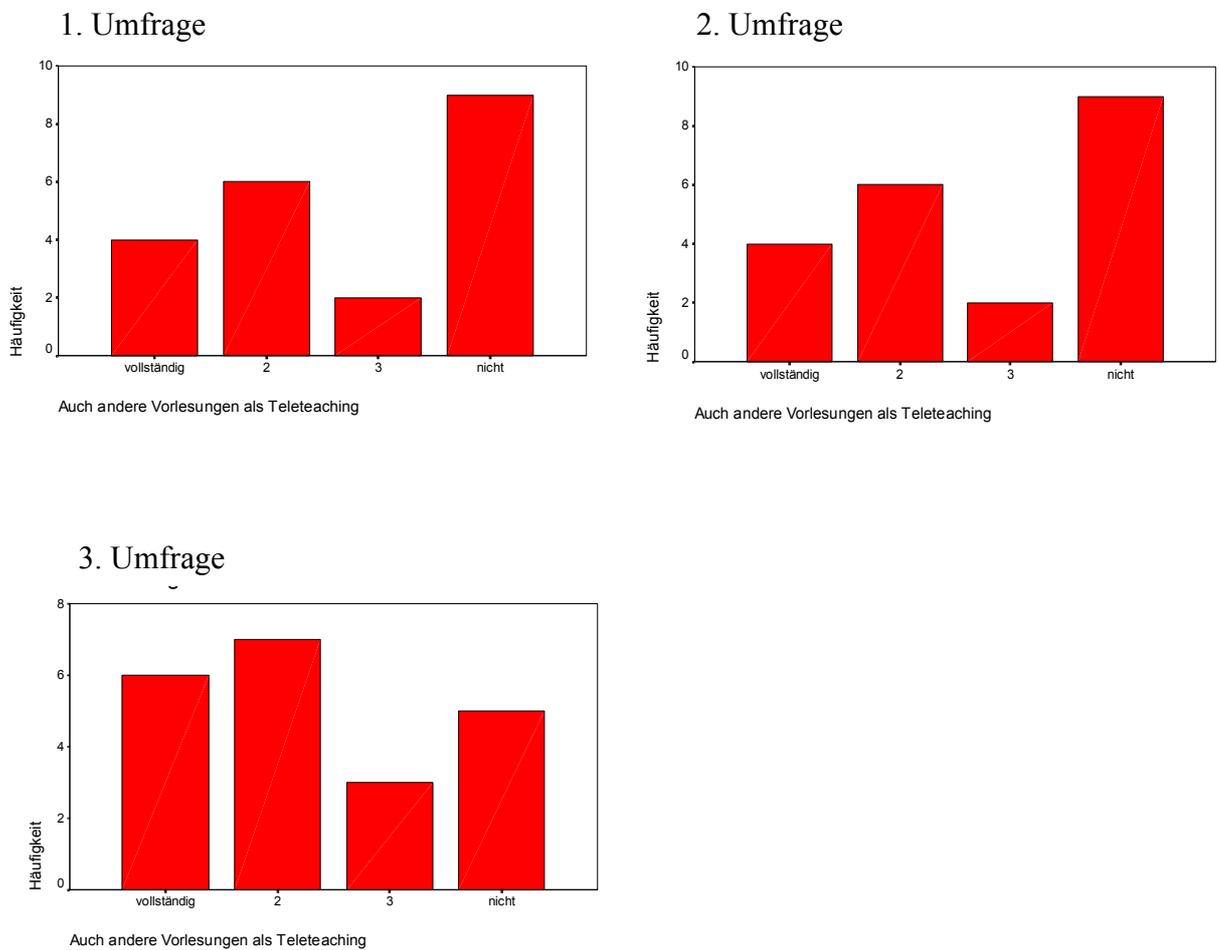


Abb. 57: Ergebnisse Umfrage „Weitere Vorlesungen mittels Teleteaching“

Die vollständigen Unterlagen zur statistischen Auswertung des Fragebogens Teleteaching sind in [36] zu finden.

6 Weitergehende Betrachtungen und tendenzielle Entwicklungen im Bereich des Teleteaching

Telelearning und Teleteaching sind keine unmittelbaren Trends der 90er Jahre. Bereits im vergangenen Jahrzehnt wurden Versuche unternommen, um Lehrveranstaltungen zu übertragen. Diese Übertragungen basierten aber auf analogem Weg. In der Einleitung wurden bereits die Gründe aufgezeigt, warum Teleteaching mittels Rechnernetzen und damit auf digitaler Basis erst jetzt möglich ist.

Nun ist ein großer Meilenstein in der Entwicklung der Teleteaching-Systeme genommen. Während ich diese Zeilen schreibe, findet gerade eine Vorlesung in Materialwissenschaften für die Studenten in Jena (real) und gleichzeitig für die Bauhausuniversität Weimar statt. Es ist fantastisch, wenn man am Ende eines derartigen Entwicklungszeitraumes von ca. 2 Jahren ein Ergebnis hat, welches genutzt und von den Anwendern akzeptiert wird. Das haben die statistischen Untersuchungen bereits bewiesen.

Betrachtet man aber die einheitliche Welt der Universitäten und Fachhochschulen in Deutschland, so ist **Thüringen ein Einzelfall**. Die meisten Projekte im Bereich Teleteaching wurden nicht weitergeführt. Dies soll hier in Thüringen nicht geschehen. Das entwickelte System soll anderen Universitäten und Fachhochschulen in Deutschland vorgestellt werden. Nur durch eine weite Verbreitung kann Teleteaching auch über die Grenzen der Bundesländer hinaus effektiv genutzt werden.

Für das Rechenzentrum der Friedrich-Schiller-Universität Jena ist aber die Entwicklung im Bereich Teleteaching noch lange nicht abgeschlossen. Durch dieses hier entwickelte neue Konzept und dessen Umsetzung haben sich **weitere Anwendungsgebiete** und offene Fragen ergeben. Das sind im wesentlichen:

- Wie verhält sich das System in der Praxis (bei längerer Nutzungsdauer),
- Welche Mängel und Unzulänglichkeiten sind aufgetreten,
- Was muß im Handling für den Dozenten und für die Studenten verändert werden,
- Kann das System auch im medizinischen Bereich eingesetzt werden (Telemedizin),
- Wie kann der Schwerpunkt Seminar realisiert werden,
- Gibt es Möglichkeiten für Praktikas,
- Wie können die Vorlesungen digital gespeichert und erneut abgerufen werden,
- Welche Anwendungsgebiete existieren außerhalb des universitären Bereiches.

Wenn man diese Anzahl an Fragen und offenen Problemen betrachtet, kann man eindeutig feststellen, daß wir uns mit der Entwicklung im Bereich Teleteaching immer noch am Anfang befinden. In den nächsten Jahren werden wir uns weiterhin mit diesem Thema beschäftigen müssen. Die multimediale Entwicklung in unserer Informationsgesellschaft wird uns immer wieder vor neue Probleme stellen. Die Hardware und die Netztechnologien entwickeln sich rasant und eröffnen immer neue Arbeitsgebiete. **Ich gehe nicht davon aus, daß derartige Teleteaching-Systeme die reale Universität überflüssig machen werden**, aber sie werden die Lehre wesentlich verändern. In einigen Jahren werden Systeme, wie das Jenaer Teleteaching, zum Alltag an den Universitäten und Fachhochschulen gehören. Diese Entwicklung stellt aber auch immer neue Anforderungen an das Lehrpersonal und an die Studenten. Die Letzteren werden sich aber sicherlich leichter und schneller an neue

Lehrformen gewöhnen als unter Umständen die Dozenten. Oft will man gewöhnte und eingeschliffenen Arbeitsweisen nicht ändern. Die schnelle Entwicklung wird dies aber nicht zulassen. Jeder Dozent wird sich in naher Zukunft mit diesen Technologien auseinandersetzen müssen. "Wer zuspät kommt, den bestraft das Leben". Dieser Satz wird wohl auch seine Gültigkeit haben, wenn man die multimediale Entwicklung im Bereich Lehre betrachtet. Heute wird noch an vielen Einrichtungen noch fast wie vor 100 Jahren gelehrt. Das kann und darf in einer Informationsgesellschaft mit Internet und weltweiter Kommunikation in allen Bereichen nicht sein. Wer hoch qualifizierte Menschen an Universitäten ausbilden will, muß auch hochmoderne Ausbildungstechnologien nutzen. Das Jenaer Teleteaching-System soll ein kleiner Beitrag dazu sein.

7 Testreihen und Untersuchungen

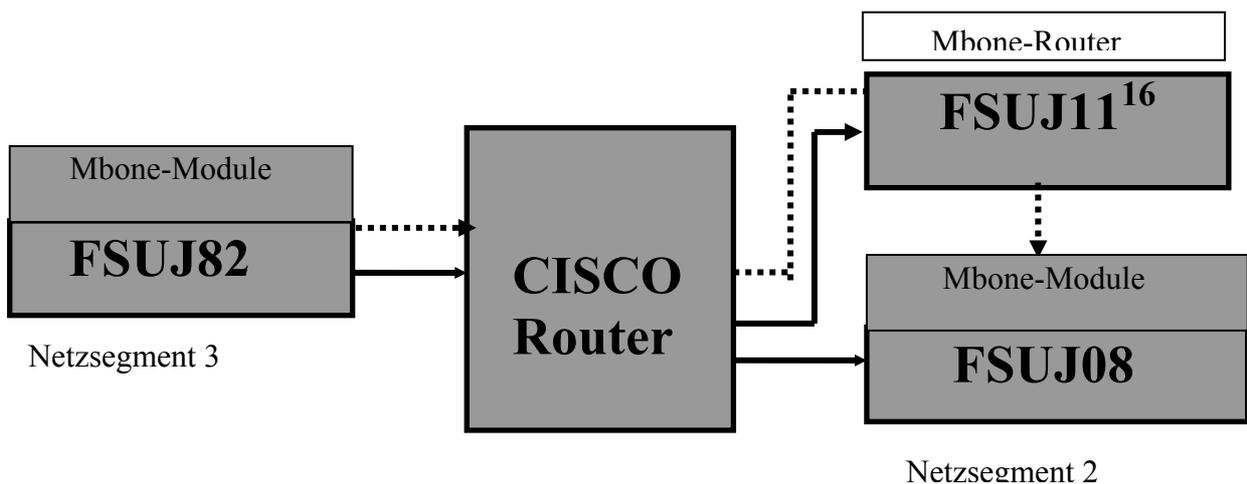
7.1 Mbone Tests

1. Mbone Test

Techn. Voraussetzungen:

* Maschine 1:	SGI INDIGO ² **FSUJ82** ¹⁶
	Standardkamera
	Standardmikrophon
* Maschine 2	SGI INDY **FSUJ08** ¹⁷
	Standardmikrophon
	Standardkamera

Senden mit FSUJ82: * auf Maschine laufen Mbone-Module und Mbone-Router
 Empfang mit FSUJ08: * auf Maschine laufen nur Mbone-Module
 Projektion mit Beamer (NEC)



..... Weg der Multicast Pakete
 ——— IP-Verbindung 10 Mbit/s Ethernet nicht geswitcht
 Abb. 58: Testszenario mit Mbone-Tools

Einstellungen im Mbone System

FSUJ82 - Sendemaschine

vic - Transmit aktiv	Rate Control	
	max. 1024 kbit/s	erreicht max. 600 kbit/s
	max. 30f/s	erreicht max. 8 f/s

Encoder	Device galileo
	Port Indy Cam

¹⁶ R4400SC Prozessor (64 Bit) 250MHz, 2 GB Festplatte, 64 MB Speicher, Solid IMPACT Grafikkarte

¹⁷ Standardausführung

Options Use JPEG for H261
Quality 1

Ergebnisse:

- Videoqualität zufriedenstellend
- auf Grund der Netzbelastung war keine bessere Qualität zu erreichen (Grundlast durch Studentenpool)
(Nutzung getrennter Netzsegmente notwendig)
- Audioqualität mäßig (Grund: analog Videoqualität)
- Whiteboard und Textboard Qualität sehr gut - sehr gute Eigenschaften in der Nutzung; gesamter Bildschirm kann genutzt werden

- Korrespondenz mit TU Dresden Audioqualität sehr schlecht (nicht nutzbar)
- Video mäßig (wenig f/s) Bildauflösung akzeptabel

Offene Probleme:

- Verbesserung der Video- und Audioqualität
- bessere Einbindung in Routersystem (Tunnel nach Dresden schalten) ---> evtl. Verbesserung der Qualität und Quantität von Mbone Übertragungen
- Prüfung von Möglichkeiten der Datenübernahme aus anderen Programmen für Präsentationsgrafik in das Whiteboard (besonders aus MS-Programmen)
- Nutzung Analogkamera
- Test Fremdeinspeisung Videosignal von zweiter Kamera

2. Mbone Test

Hardwareplattform: SGI (siehe Test 1)

- Kamerateat:
- SGI original Digitalkamera Qualität mangelhaft für Teleteaching mit Großbildprojektion
 - SUN Kamera Analoge Kamera Qualität gut kein Zoom (für Teleteaching ungeeignet)
 - Panasonic Videokamera S-VHS System mit Zoom Qualität sehr gut ; durch Zoom Funktion gut geeignet für Teleteaching eventuell Weitwinkelobjektiv einsetzen !!

Probleme:

- Lastverteilung auf Indigo² FSUJ82
=====> im Heißlauf muss Mbone-Router auf eine andere Maschine ausgelagert werden (evtl. wie im Testszenario)

Audiotests:

- Störeinträge durch Standardmikrofone
- Netzbrummgeräusche und Echoeffekte

- ====> Verwendung von Mikrofonen mit Richtcharakteristik

(Echowirkungen treten fast nicht mehr auf)
====> Netzbrummen: Nutzung der symmetrischen Eingänge in die Verstärkertechnik (SGI Indy erzeugt diese Fremdspannungen) Effekte fast gänzlich beseitigt

Audiorate: - Input=16 kHz
Output=Input beste Qualität unter Mbone auf SGI

3. Mbone Test

Problemstellung: Analyse der Arbeitsweise des Whitboardes und des Textboardes
====> Problem bleibt vorläufig unbearbeitet, erst müssen Netzlastprobleme im Ethernet gelöst werden

Durch weitere Tests innerhalb des Netzsegments 2 und 3 wurde festgestellt, daß die Qualität nicht verbessert werden kann, da die Netzgrundlast in den Segmenten bei ca. 30% liegt (ohne Videoübertragung). Mit der Videoübertragung steigt die Last bis auf über 40% und einer großen Anzahl Kollisionen (siehe Messprotokoll Anlage 6).

Videoqualität: ca. 500 kbit/s Ausgangsleistung (Empfangsqualität mangelhaft)
Frame-Rate maximal 6-12 f/s (für Ex-Physik ungenügend)
Audio: Audio war nicht zu verwenden. Durch die hohe Anzahl der Kollisionen im Netzsegment kann die Tonübertragung nicht garantiert werden.

====> **Synthese:** Wird ein Ethernetstrang verwendet, dann darf außer der Videosendemaschine keine weitere Maschine aktiv in diesem Segment arbeiten oder es müssen geschwitze Netze mit leistungsstarker Netzaktivtechnik verwendet werden.

In Auswertung der Tests der ersten Versuchsreihen mit Mbone werden folgende Feststellungen getroffen:

- 1) Nach ersten Überlegungen könnte das System eine Grundlage für Teleteaching sein.
- (3) Wesentliche Grundfunktionen sind vorhanden, die weitere Versuchsreihen rechtfertigen
Grundfunktionen: - - Videoübertragung möglich
- Audioübertragung möglich
- Whiteboardfunktion
- Textfunktion
- Tools sind einzeln und getrennt nutzbar (keine direkte Abhängigkeit vorhanden)
- laut theoretischen Angaben sind Frame-Raten bis 30 f/s möglich und Ausgangsleistung von 1 Mbit/s
- (4) Qualitative Veränderungen müssen unbedingt erzielt werden (im Audio- und Videobereich)

Zielstellung für folgende Testreihen:

Aufbau eines getrennten Netzsegments für die Videoübertragung. Als Sendemaschine wird wahlweise SGI Indigo² und SUN Ultra1¹⁸ verwendet. Mit diesem Versuchsaufbau soll im wesentlichen die Qualitätsverbesserung im Video- und Audibereich erreicht werden. Die Frame-Rate muss so groß werden, daß eine Nutzung im Bereich der Experimentalphysik möglich ist.

4. Mbone Test

Nachdem in den ersten Versuchsreihen gravierende Probleme im Netzbereich aufgetreten sind (Lastprobleme) wurde der gesamte Versuchsaufbau in seiner Netzstruktur geändert. Für die weiteren Testreihen wurde ein eigenes Netzsegment aufgebaut und die folgenden Maschinen eingebunden.

- (1) SGI Indigo² FSUJ82 (technische Parameter bereits im Test 1 spezifiziert)
- (2) SUN SPARC Ultra1 FSUJ81¹⁸

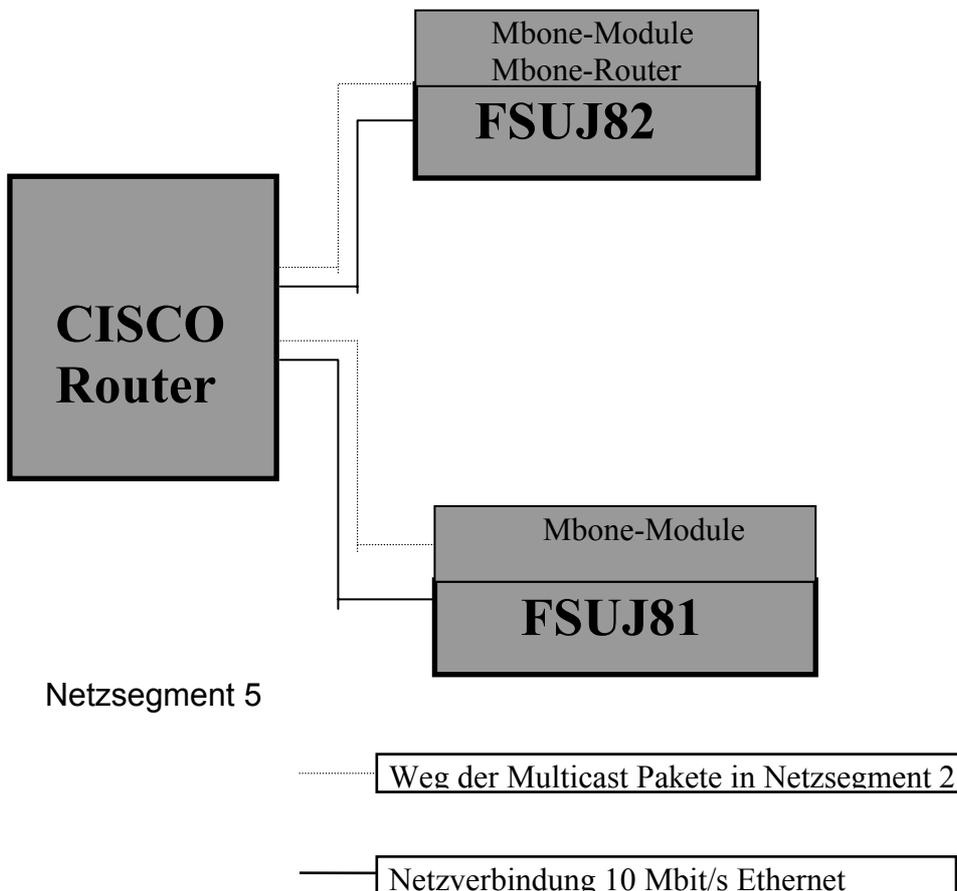


Abb. 59: Testszenario 4. Mbone Test

¹⁸ Ultra-SPARC Prozessor (64 Bit) 167MHz, 4 GB Festplatte, 64 MB Speicher, Creator 3D Grafikkarte

Testversion 1:

- FSUJ82 als Sendemaschine und Mbone-Router
- Qualität im Netzsegment gut Framerate bis ca. 20 f/s bei ca. 1Mbit/s Sendeleistung wenig Bewegung in den Bildsegmenten
- wenn viel Bewegung in den Bildern, dann rutscht Framerate sofort weg (bis auf 4-5 f/s)

Synthese:

- Maschinenleistung der FSUJ82 INDIGO² zu gering

Testreihen mit SGI Maschine mit höherer Leistung wird angestrebt z.B. Challenge (Mehrprozessorensystem)

- durch cancel des Mrouter keine wesentliche Verbesserung
- Audio leichte Verzerrungen

Testversion 2: FSUJ81 als Sendemaschine; FSUJ82 Empfang

- Qualität Video besser als im 1. Versuch, Framerate bis ca. 20f/s
- bei starken Bewegungen im Bild (d.h. jedes Bild wird übertragen) rutscht Framerate auf ca. 7-8 f/s ab
- Prozessorlast 100%
- > Maschine ist für derartige Anwendungen zu schwach

Synthese:

Testversuch mit 2 Prozessor SUN wird angestrebt, um Lastverteilung auf diesem System zu testen -----> Ziel: Erhöhung der f/s durch höhere Maschinenleistung der SUN bei stark bewegten Bildern

Gesamtergebnis:

Qualität der Audio- und Videoübertragung mit SUN ist entscheidend besser als mit INDIGO als Sendemaschine. Das Ergebnis ist für den angestrebten Anwendungszweck noch nicht zufriedenstellend. Die Negativeffekte durch eine schlechte Netzanbindung im Ethernet-Segment wurden durch das neue Segment kompensiert.

Weitere Ziele:

- Verbesserung der Frame-Rate und Qualität der Videobilder
- Verbesserung des Gesamtkonzepts erste Testversuche für komplette Vorlesungsübertragung

5. Mbone Test 1. Übertragung einer Vorlesung unter realen Bedingungen

Ziel: Testübertragung einer Vorlesung

Mit dieser Musterveranstaltung soll eine reale Umgebung getestet werden. Entsprechende Applikationen werden während der Vorlesung genutzt und verschiedene Kameras eingesetzt. Während der Präsentation des Netzwerkmanagementsystems soll im Hintergrund die reale Gerätekonfiguration aus dem Rechnerraum eingeblendet werden.

Applicationen auf den einzelnen Maschinen

SUN Ultra 1:	SDR VIC VAT	Konferenzsteuerung und Ankündigung senden Video empfangen Video
Indy:	InPerson Netscape Datensicherungssystem des URZ VIDEOIN	Videokonferenzsystem Präsentation VRML aus IMB Videoeingabesystem für Recorder S-VHS und Kamera(2) im Rechnerraum
Indigo ² (1)	M-Router VAT Audiotool	Routing Multicast Protokolle senden Audio Audiosteuerung IRIX und Auskopplung Audio für externen Verstärker
Indigo ² (2)	InPerson	Videokonferenzsystem (Gegenstelle)

Technische Realisierung

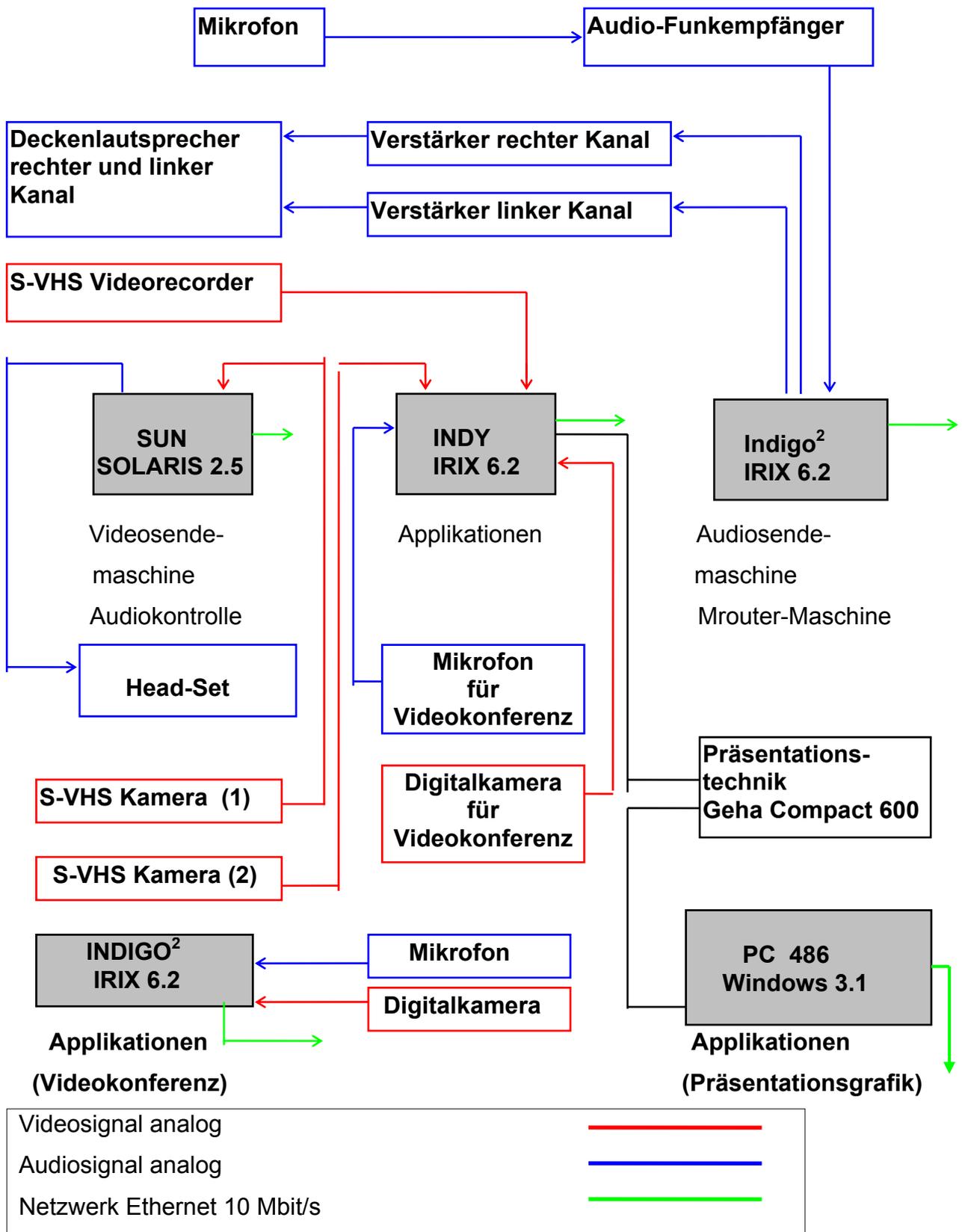


Abb. 60: Testaufbau zur Übertragung einer realen Vorlesung

Aufteilung der Technik

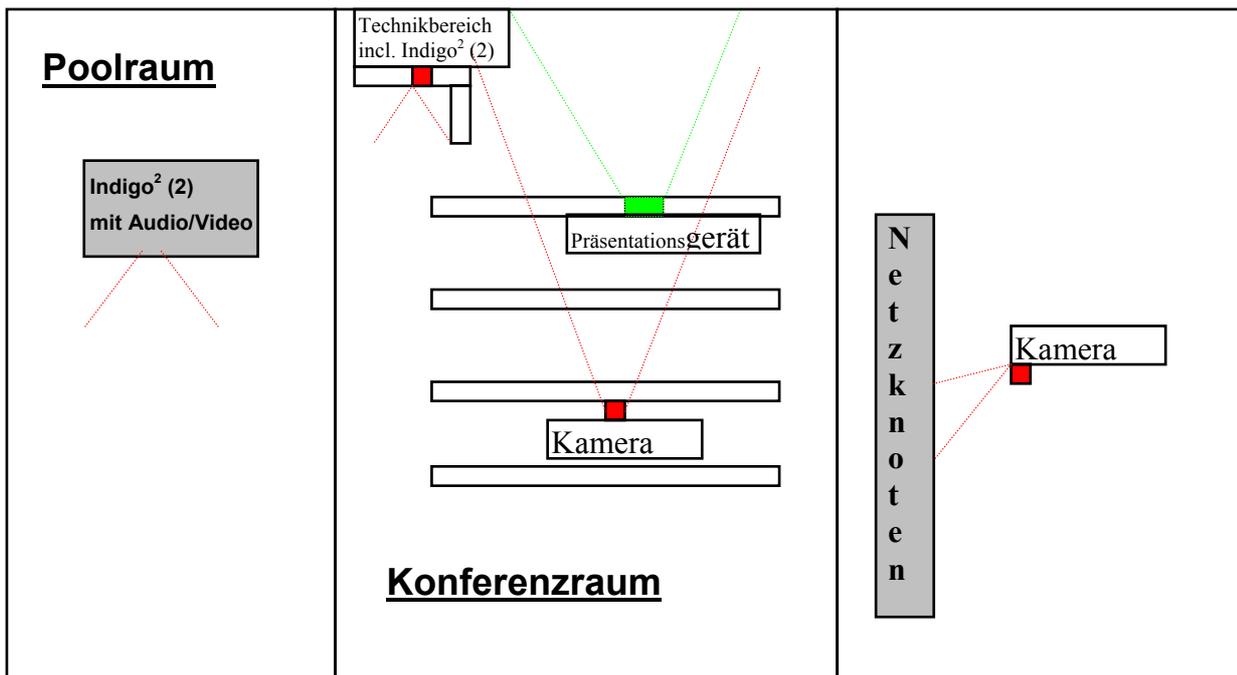


Abb. 61: Geräteanordnung des Testszenarios

Ergebnisdarstellung

Diese Testveranstaltung wurde mittels Mbone-Tools im Multicast-Verfahren gesendet. Um eine qualitative Einschätzung dieser Veranstaltung vornehmen zu können, wurden Vereinbarungen mit der TU Ilmenau und der TU Dresden getroffen. Weiterhin wurde die Veranstaltung innerhalb des Rechenzentrums der FSU auf eine weitere Maschine übertragen. Reaktionen der beteiligten Universitäten:

(1) TU Ilmenau

Es wurden max. 12 Frame/s empfangen. Daraus ist ersichtlich daß kein flüssiges Videobild vorhanden war. Die Audioqualität ist etwa identisch mit der eines Telefones. Es wurden einige Störungen in Form von Aussetzern festgestellt. Zusammenfassend kann eingeschätzt werden, daß der Inhalt der Veranstaltung zu verstehen war, jedoch für Teleteaching ist dieses System nicht einsetzbar.

(3) TU Dresden

Analoge Ergebnisse wie in Ilmenau, jedoch wesentlich mehr Tonstörungen. Der Grund der Tonstörungen wurde nicht weiter analysiert, da auch das Ergebnis in Ilmenau keine positiven Ergebnisse gebracht hat, die weitere Untersuchungen im Multicast-Bereich rechtfertigen würden.

7.2 InPerson Tests

1. InPerson Test

Techn. Voraussetzungen:

* Maschine 1:	SGI INDIGO ² **FSUJ82**
	Standardkamera
	Standardmikrophon
* Maschine 2	SGI INDY **FSUJ08**
	Standardmikrophon
	Standardkamera

Senden und empfangen mit FSUJ82: * auf Maschine laufen InPerson und Mbone-Router

Empfang und senden mit FSUJ08 * auf Maschine läuft InPerson
Projektion mit Beamer (NEC)

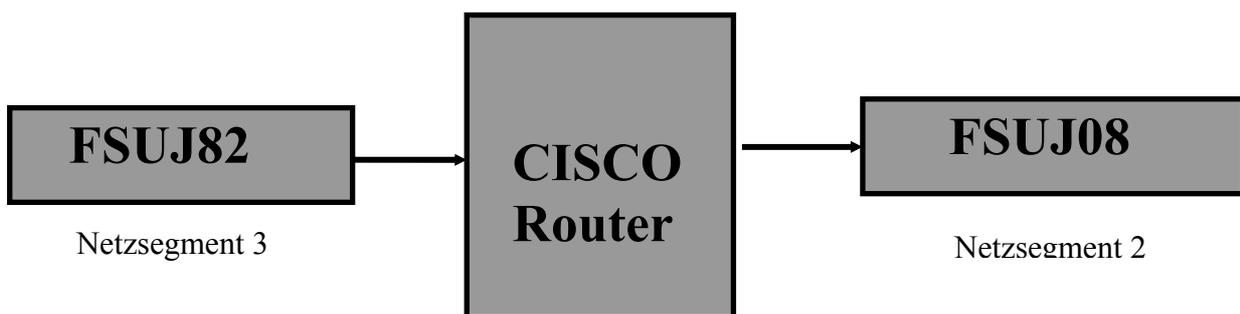


Abb. 62: Testszenario InPerson

Einstellungen im InPerson System

Standardeinstellungen

Audio: Input Rate: 16kHz günstigste Qualität
Output Rate: Input=Output

Ergebnisse:

- Videoqualität gut
- auf Grund der Netzbelastung war keine bessere Qualität zu erreichen (Poolarbeitsplätze im Segment 3)
→ Nutzung unabhängiger Netzsegmente notwendig
- Audioqualität gut (negativ wirkte sich Echoeffekt aus)
- Whiteboard Qualität sehr gut - sehr gute Eigenschaften in der Nutzung; gesamter Bildschirm kann nicht genutzt werden

Offene Probleme:

- Verbesserung der Video- und Audioqualität
- Vermeidung der Echoeffekte

- Prüfung von Möglichkeiten der Datenübernahme aus anderen Programmen für Präsentationsgrafik in das Whiteboard (besonders aus MS-Programmen)
- Nutzung Analogkamera
- Test Fremdeinspeisung Videosignal zweiter Kamera

Prüfung des Zusammenhangs Multicasting und InPerson
 Nach Abschalten des Tunnels zwischen Segment 2 und 3 Fehler in InPerson; keine Videoübertragung möglich
 ==> Klärung des Effektes

2. InPerson Test

Techn. Voraussetzungen: * Grundvariante analog Test 1
 * Änderungen: * beide SGI mit S-VHS Kamera ausgestattet

Neue Einstellungen im Video-Panel auf analog Kamera (PAL-System)
 Analog Input Kontraste nachgeregelt und Composite Y/C Bandpass geändert

Ergebnisse:

- deutlich verbesserte Videoqualität
- Frame-Rate wesentlich höher ca. 15 f/s
- Netzlast ca. 900kbit/s
- durch Erhöhung der Bandwith auf 2500-4000 kbit/s Verschlechterung der Qualität besonders im Audibereich
- Netzüberlastung ---> Ausstoß der Maschinen zu groß
 Rücksetzen auf 1000 kbit/s Qualität Video/Audio gut

Offene Probleme:

- Echoeffekte konnten nicht beseitigt werden, da dort nicht die entsprechende Audioaustattung vorhanden ist
 ==> Aufrüstung der Audioaustattung (Mikrofontechnik mit Richtcharakteristika und Mischpult mit Equalizer

7.3 Intel ProShare Tests

Intel ProShare wurde als Videokonferenzsystem für die **Übertragung der Präsentationsgrafiken** ausgewählt.

Installation: ProShare wurde als System 200 auf einem WINDOWS 95 Rechner mit Intel Pentium Prozessor 200 installiert. Die im Lieferumfang mit enthaltenen Zusatzplatinen (Videokarte und Audio/ISDN-Karte) wurden in den Rechner eingebaut. Eine Videokamera und ein Kopfhörer/Mikrofon-Set sind mit den entsprechenden Karten zu verbinden.

Die Softwareinstallation erfolgte mittels beiliegender CD. Während der Installation ergaben sich keine Probleme. WIN 95 erkannte die entsprechende Hardware problemlos. Während des ersten Starts des Konferenzsystems erfolgt automatisch eine Kalibrierung der Videokomponenten.

Folgende Programme werden durch das Install-Programm generiert:

- Deinstallation
- Diagnose und Konfiguration
- Konferenz-Manager Benachrichtigung
- Optionen für Konferenzdienste
- ProShare Conferencing
- Readme

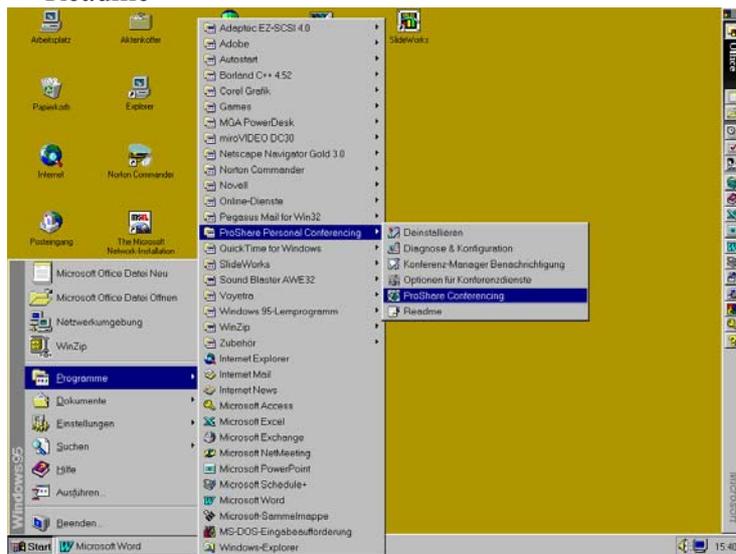


Abb. 63: Aufruf des Videokonferenz-Systems Intel-ProShare

Für LAN-Nutzung wird ein Conference-Manager vorausgesetzt, der die Koordinierung der Konferenzen im LAN übernimmt (siehe Anlage 1). Ohne der Manager sind keine Videoübertragungen im Netz möglich. Das System arbeitet dann als Audio- und Datenübertragungssoftware (siehe Anlage 1).

Testbedingungen:

Hardwareausstattung:

- PC mit INTEL Pentium 200
- Matrox-Millennium Grafikkarte
- Mirro DC 30 Videokarte
- Sound Blaster AWE32
- Netzwerkkarte SMC ISA-Bus
- Zusatzkarten Intel ProShare (Video- und Audio/ISDN-Karte)

Nach der Installation muß das System konfiguriert werden, wenn Arbeit im Netz vorgesehen. Eingabe IP Adressen und Default-Router IP-Adresse. Im Programmteil „Diagnose und Konfiguration“ erfolgt die Eintragung und auch ein Test der Netzzugriffe bei IPX und TCP/IP.

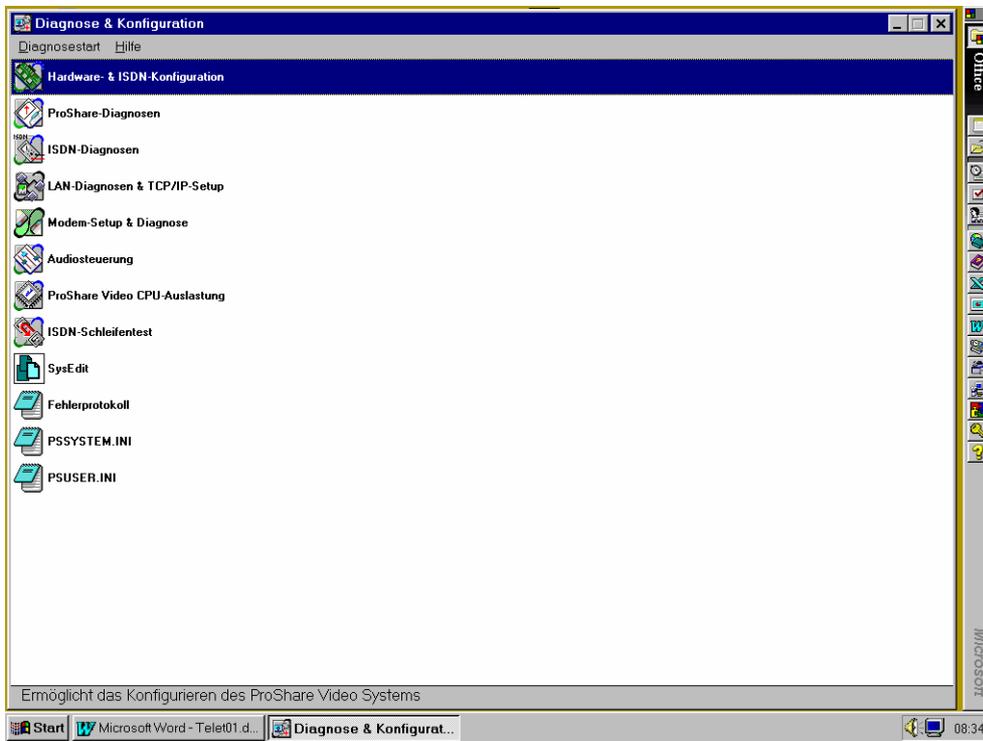


Abb. 64: Konfigurationsmöglichkeiten von Intel ProShare

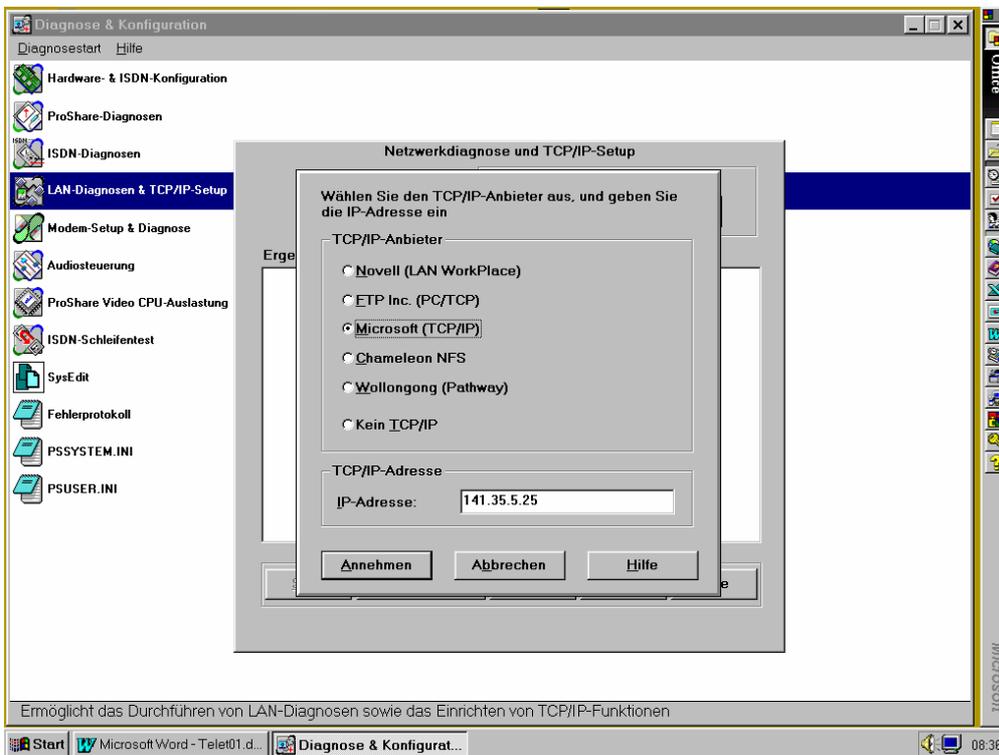


Abb. 65: Netzwerkd Diagnose Intel ProShare

Lastanalysen:

ProShare ohne Video: Grundlast ca. 150 kbit/s

ProShare Application Sharing (PowerPoint): ca. 250 kbit/s (gemessener Wert)

Testaufbau:



Abb. 66: Testaufbau Intel ProShare

Test mit IPX und TCP/IP:

- Beide Varianten funktionieren problemlos im Audio- und Application Sharing Bereich. Für Video ist ein Conference Manager erforderlich, der separat behandelt wird.
- Es wurde eine gute Performance bei relativ geringer Netzlast erreicht.
- im Bereich ApplicationSharing (MS PowerPoint) treten Probleme auf, wenn in der Version 7.0 mit Animationen gearbeitet wird (zufälliges Umblenden und Sound Effekte). Mit diesen Hilfsmitteln sollte sparsam umgegangen werden, da hier **erhebliche Verzögerungen** bei der Übertragung eintreten.
 - besonders gravierend tritt dieses Problem auf, wenn Umblendungen von rechts oder links gemacht werden. Besser ist die Einblendung von innen. Dort wirken die Verzögerungen nicht direkt störend.
 - Nutzung von Sound Effekten und zeichenweiser Einblendung wirkt sich ebenfalls negativ auf die Performance aus. Die Verzögerung wirkt störend.
 - Soundeffekte mit einer Größe von mehr als 5MB werden nicht übertragen. Das System verarbeitet die Datenmenge nicht ordnungsgemäß, bzw. es kommt zu erheblichen Verzögerungen (größer 20s). Diese Möglichkeit der Animation sollte bei Applikation Sharing mit PowerPoint 7.0 nicht genutzt werden.

Weitere Tests im ApplicationSharing wurden mit folgenden Programmen durchgeführt:

- Netscape
- MS-WORD
- SlideWorks
- IMP - IncoBoard Steuerprogramm

Bei diesen Tests ergaben sich keinerlei Probleme. Auch bei dem Verteilen von mehreren Programmen ergaben sich keine besonderen Nebeneffekte. Für die gesamte Arbeit ist es günstig, wenn die zu verteilenden Programme vor dem Start von ProShare bereits gestartet sind. Die Anwendungen müssen dann nur freigegeben werden und stehen sofort zur Verfügung. Der Wechsel zwischen den verschiedenen Anwenderprogrammen erfolgt problemlos.

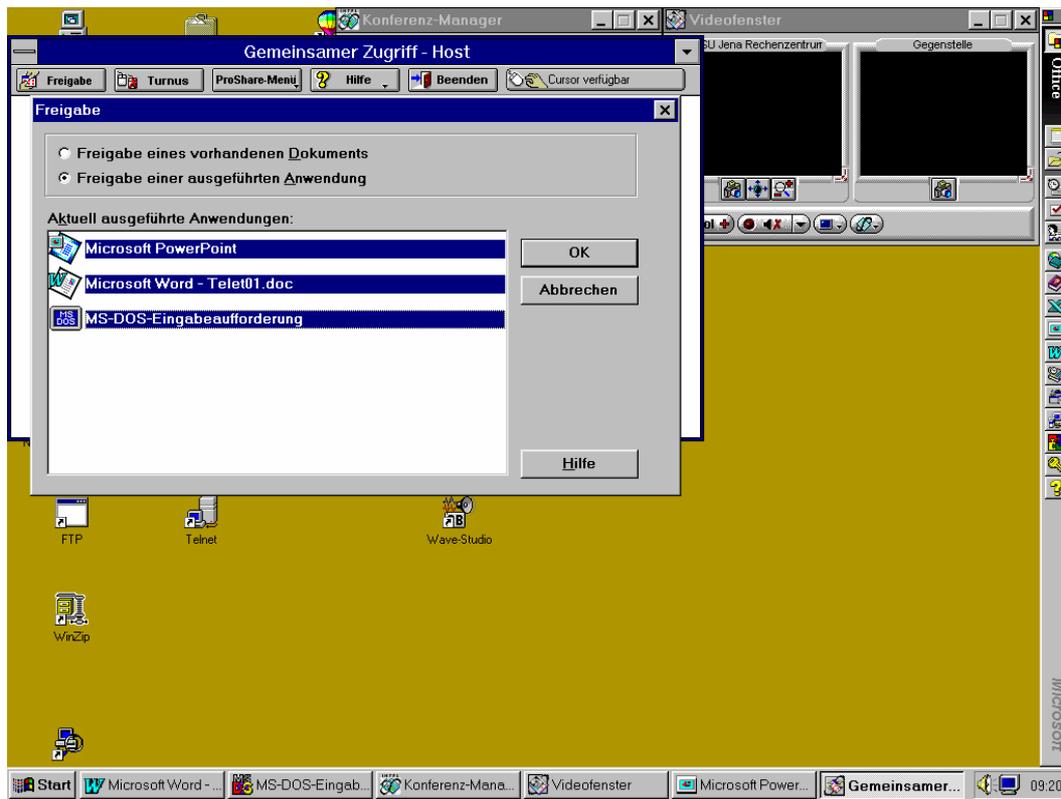


Abb. 67: Application-Sharing mit Intel ProShare

Übertragung Audio-Effekte aus PowerPoint mittels ProShare:

Die Audio Effekte aus MS PowerPoint können ebenfalls mit ProShare übertragen werden, dabei muß aber beachtet werden, daß das Audiosignal aus PowerPoint über die Sound Blaster Karte ausgegeben wird und das Audio von ProShare über die eigenen Karten übertragen wird. Es muß also das Outputsignal von PowerPoint zum Inputsignal von ProShare werden.

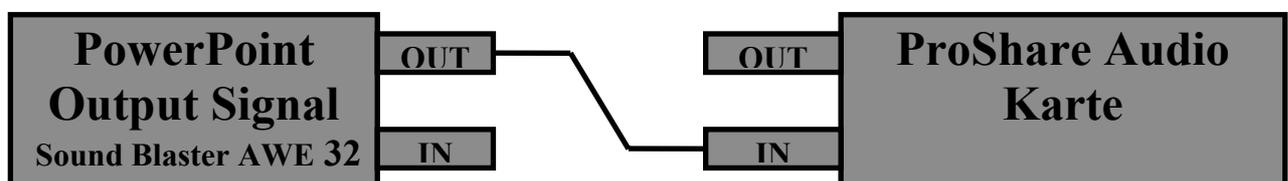


Abb. 68: Kopplung ProShare Audiokarte und Sound Blaster Karte

Qualitätsverbesserungen im Audibereich kann durch die Verwendung von besseren Mikrofonen und externen Lautsprechern erreicht werden. Werden mehrere verschiedene Audiosignale übertragen, so ist die Verwendung eines Mischpultes zu empfehlen.

Besonderheiten bei der Verwendung von ProShare und MS PowerPoint:

- Wenn MS PowerPoint unter ProShare genutzt wird und der Präsentationsmanager für PowerPoint geöffnet ist, dann tritt auf der Empfangsseite ein geringer Verlust ein. Das heißt, die Folie ist nicht vollständig auf dem Bildschirm zu sehen.
- Beide PC Systeme haben eine Bildschirmauflösung von 1024x768
- Dieser Effekt liegt darin begründet, daß auf der Empfangsseite das entsprechende Host Fenster geöffnet wird. Damit geht ein Teil der full screen Präsentation des Senders verloren.
- Eine Möglichkeit der Beseitigung dieses Problems besteht darin, daß der Sender der Präsentationsgrafik mit einer Auflösung von 800x600 arbeitet und der Empfänger weiterhin mit 1024x768. Durch diese verschiedenen Auflösungen wird erreicht, daß die Grafik des Senders vollständig in das Host Presenter Fenster des Empfängers paßt. Es kommt somit nicht zu Verlusten von Teilen der Präsentation.

ProShare Netzwerk Nutzung

Gemeinsame Nutzung von Anwendungen und Übertragung von Dateien für maximal 5 User. Videokonferenzen sind im LAN nur zwischen zwei Teilnehmern möglich.

Information: Bei Nutzung von ISDN ist auch eine Multipoint Videokonferenz möglich. Der Test dieser Variante war aber nicht Gegenstand der Untersuchung.

Nutzung der Möglichkeiten von Videoclips in PowerPoint 7.0

PowerPoint 7.0 bietet die Möglichkeit der Präsentation von Videoclips innerhalb der Darstellung der Grafiken. Das Video wird dann in einem speziellen Fenster innerhalb der „Folie“ abgespielt.

Dieses Video wird durch das ApplicationSharing von PowerPoint nicht mit übertragen. Somit besteht nicht die Möglichkeit, diese Präsentationsmöglichkeit zu nutzen.

Präsentation von PowerPoint Grafiken mittels Großbildprojektion (Beamer):

Teststellung:

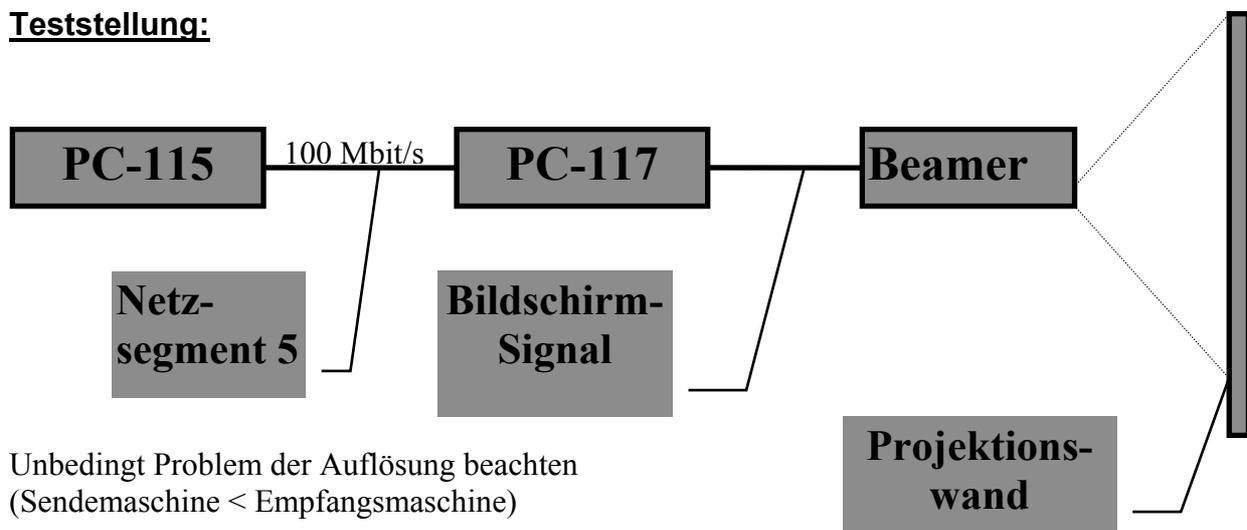


Abb. 69: PowerPoint Testaufbau

Bei Verwendung von Beamern auf LCD-Basis unbedingt klare Schriftarten verwenden (z.B. Arial). Es kann sonst durchaus zu Problemen bei der Präsentation kommen und nicht die vollständige und gute Lesbarkeit garantiert werden. Dies ist aber ein Problem der LCD-Technologie und kann nicht ausgeschaltet werden.

Folgende Beamer wurden im Test untersucht:

Geha compact 600	ohne multimedia Box keine direkte Videoeinkopplung möglich, aber dafür 3 Rechnereingänge. Qualität: 1024x768 LCD-Prinzip
Liesegang DV 1024	direkte Videoeinspeisung möglich, dafür nur ein Rechnereingang vorhanden. Qualität: 1024x786 LCD-Prinzip geringe Lichtleistung
Sanyo 8805	Video- und Datenprojektor XGA-Auflösung gute Lichtleistung (600 ANSI Lumen) Motorzoom und -Fokus RS232-Schnittstelle angegebene Trapezverzerrung funktioniert nicht !! bestes Gerät im Test (Stand 10/97)

7.4 Test Netmeeting

MS-Netmeeting ist eine Netzkommunikationssoftware für Video, Audio und Daten. Mit diesem Nutzungsprofil ist sie für den Einsatz im Videokonferenzbereich gut einsetzbar. Der Test erfolgte mit der Version 2.0 Beta 4.

Installation:

Die Installation erfolgte aus einem mit ftp übertragenem File von Microsoft. Netmeeting hat ein problemlos funktionierendes Setup. Während der Installation traten keine Probleme auf.

Testsystem:

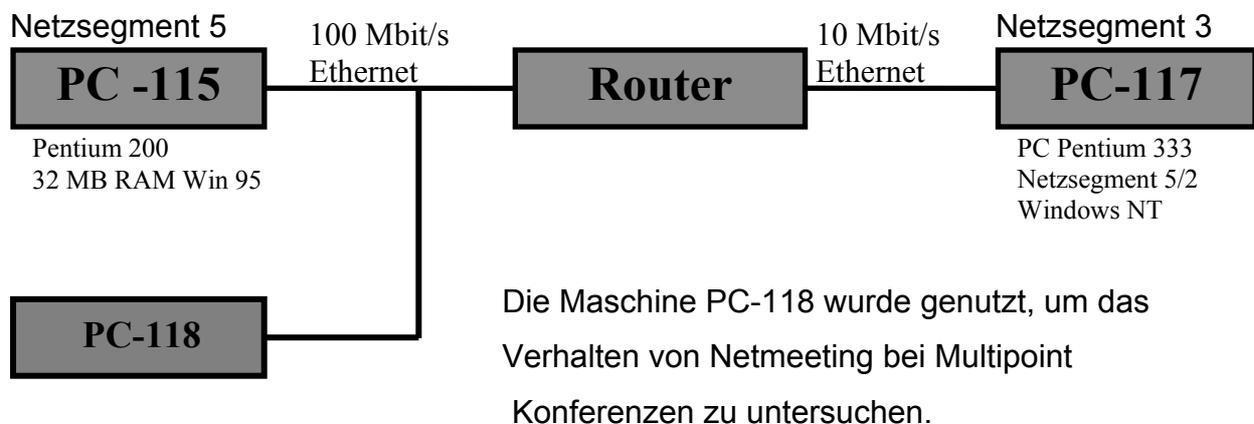


Abb. 70: Testszenario MS-Netmeeting

Es wurde am URZ der FSU Jena ein Testszenario aufgebaut, mit welchem die wesentlichsten Funktionen (die für Teleteaching relevant sind) getestet wurden. Dabei wurden folgende Kriterien besonders betrachtet:

- Übertragungsqualität
- Übertragungsgeschwindigkeit
- Lastverhalten der Maschine bei Nutzung von MS-Netmeeting und verschiedenen Anwendungen bei Application-Sharing

Allgemeine Betrachtungen

MS-Netmeeting ist ein Videokonferenzsystem mit Whiteboardfunktion und Application-Sharing Möglichkeit. Das Programmsystem ist analog den Microsoft typischen Oberflächen aufgebaut und zeichnet sich durch eine gut strukturierte und leicht bedienbare Oberfläche aus. Der Verbindungsaufbau ist leicht möglich und wird durch gut kommentierte Fenstertechnik unterstützt.

Verschiedene einstellbare Optionen und die Nutzung des Application-Sharing sind gewöhnungsbedürftig und nicht unbedingt sofort ersichtlich. Nach einigen Tests ist das gesamte Tool jedoch leicht und schnell zu bedienen.

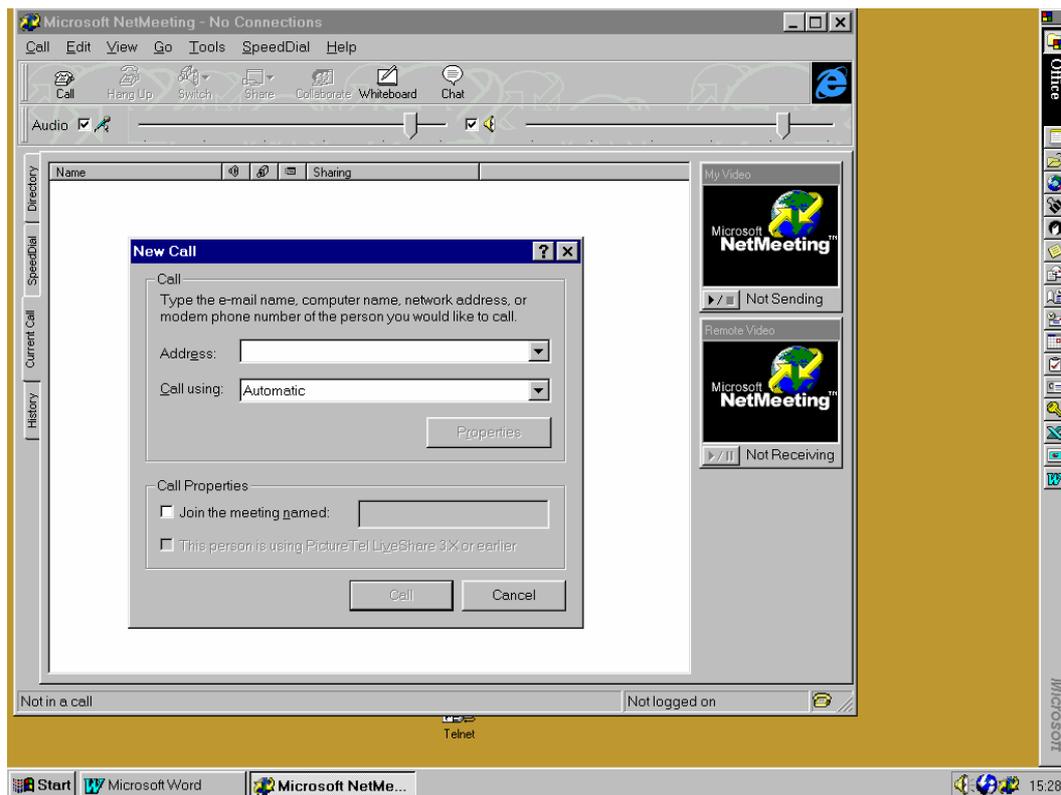


Abb. 71 : Desktop MS-NetMeeting mit Call-Fenster

Vor den bereits erwähnten Untersuchungen wurde die Arbeit mit MS-Netmeeting und MS-Powerpoint als Anwendung unter Nutzung von Application-Sharing getestet.

Application-Sharing

Application-Sharing wurde zwischen zwei Usern mit PowerPoint getestet.
Ergebnisse:

- Applicationen lassen sich leichter sharen als im ProShare
 - Geschwindigkeit der Übertragung im Netz ist erheblich besser als bei ProShare
 - Gemeinsame Arbeit am Dokument ebenfalls gut realisierbar
 - Es werden nur 256 Farben übertragen → bei Nutzung von Farbtiefen größer 256 sind an der Gegenstelle entsprechende Rasterungen zu erkennen
- Dieses Problem muß bei der Erstellung der Grafik beachtet werden!

Übertragungsqualität

Durch die Nutzung von MS-Netmeeting mit Application-Sharing treten keine Verluste während der Übertragung auf die entfernte Station auf. Die Qualität der Darstellung auf der lokalen Maschine ist äquivalent der Empfangsmaschine. Alle Tests wurden mit einer Auflösung von 1024x768 durchgeführt. Bei der Erstellung der Grafiken sollten jedoch die Hinweise aus dem Punkt "Application Sharing" (siehe oben) beachtet werden.

Übertragungsgeschwindigkeit

Die Übertragungsgeschwindigkeit bei Anwendung von Application-Sharing ist abhängig von der bestehenden Netzverbindung und von der Datenrate, die von der Maschine über das Netz gesendet wird. Die Netzverbindung zwischen den Testmaschinen war eine 100 Mbit/s Verbindung. Damit ist garantiert, daß keine Verzögerungen seitens der Verbindung entstehen. In einem Test wurde MS-Netmeeting Application-Sharing mit unterschiedlichen Anwendungen getestet.

- (1) MS-Netmeeting Application-Sharing mit MS PowerPoint als verteilte Anwendung. Im PowerPoint wurden Photos eingebunden, um eine große Datenmenge zu übertragen. Jedes Bild ist mindestens 1,5 Mbyte groß. Die übertragene Datenmenge ist aus Anlage 24 ersichtlich. Es wurden in den Spitzen etwa 350-450 kbit/s übertragen. Daraus kann man ableiten, daß ein 1,5 MByte großes Bild etwa 3s für die Übertragung benötigt. Eine deutliche Verzögerung ist damit bei Anwendungen mit großen Datenmengen gegeben. Für die praktische Anwendung sollte beachtet werden, daß derartige große Files immer zu Verzögerungen führen, wenn mit MS-Netmeeting und Application-Sharing gearbeitet wird. Bei Standardfolien (Schrift und PowerPoint-Zeichnungen) ist die Verzögerung unwesentlich.
- (2) In einem weiteren Test wurde MS-Netmeeting mit SlideWorks als verteilte Applikation getestet. Die Verzögerungen sind bei dieser Anwendung fast nicht zu bemerken, was die Analyse in Anlage 25 untermauert. Es sind nur Übertragungsraten von etwa 80 kbit/s zu messen.
- (3) Auch bei Nutzung des Softwarepaketes FlipChart sind nur Übertragungskapazitäten bis etwa 120 kbit/s messbar. Auch bei dieser Applikation ist bei der Übertragung keine wesentliche Verzögerung feststellbar.
- (6) In einem letzten Test wurde die empfangene Datenmenge gemessen, wenn MS-Netmeeting Audio- und Videodaten empfängt. Die durchschnittliche Datenmenge lag bei diesem Test bei etwa 120 kbit/s.

Lastverhalten der Maschine

Bei diesen Test soll ermittelt werden, ob eine Standardmaschine für die Arbeiten im Teleteaching-System einsetzbar ist, oder ob das zu benutzende System sehr hohen Anforderungen genügen muß. Als Testmaschine dient ein PC mit einem Intel Pentium Prozessor mit 200 MHz und 32 MB Hauptspeicher.

Es wurden drei Tests mit unterschiedlichen Applikationen durchgeführt. Dabei wurde jeweils die prozentuale Prozessorauslastung gemessen.

- (1) Bei MS-Netmeeting mit Audio- und Videokommunikation lag die durchschnittliche Prozessorauslastung zwischen 80 und 90% (siehe Anlage 11 und 12).
- (2) Wurde MS-Netmeeting mit verteilten Applikationen (FlipChart und SlideWorks) genutzt, dann lag die prozentuale Prozessorauslastung nur bei etwa 45% (siehe Anlage 13).
- (3) Im letzten Test wurde MS-Netmeeting mit PowerPoint als verteilte Applikation verwendet. Dabei wurden die Präsentation mit den gescannten Fotos genutzt. Aus Anlage 14 ist ersichtlich, daß hier die prozentuale Prozessorauslastung oft bei 100% lag. Werden derartigen Anwendungsfälle ständig im Teleteaching-System genutzt, dann sollte eine Maschine mit mehr Leistung als Grafikmaschine zum Einsatz kommen.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß eine Maschine mit einem Pentium Prozessor und mindestens 200 MHz Taktfrequenz bei 32 MB Hauptspeicher als Grafikmaschine ausreichend ist, wenn nicht sehr große Datenmengen in den Präsentationsgrafiken gespeichert werden. Ist dies der Fall, dann muß mit Verzögerungen bei der Übertragung gerechnet werden, und andere Applikationen auf der Maschine werden auf Grund der Überlastung behindert. Es sollte dann ein System mit mehr Leistung zum Einsatz kommen.

7.5 Optivision-Tests

Die verwendeten MPEG-2 basierenden Videosende- und Empfangsmaschinen der Firma Optivision wurden vor und während der Einführungsphase umfangreichen Tests unterzogen. Der Aufbau und die Arbeitsweise der Systeme wurde bereits erläutert, so daß an dieser Stelle darauf verzichtet werden kann.

Im folgenden werden unterschiedliche Testszenarien vorgestellt und deren Ergebnisse diskutiert. Die Systeme wurden in den verschiedensten Einsatzvarianten getestet.

Optivision-Test 1

Im Test 1 wurde das Testszenario 1 verwendet. Der Sender ist mit einem Encoder ausgestattet und wird mit einem S-Videosignal versorgt. Der Netzwerkadapter ist eine 10/100 Ethernetkarte. Der Empfänger ist mit einer Decoderkarte ausgestattet. Das Ausgangssignal wurde auf einem Kontrollmonitor dargestellt. Der Netzwerkadapter ist ebenfalls eine 10/100 Ethernetkarte.

Die beiden Maschinen sind über ein LAN verbunden, in dem keine weitere Aktivtechnik vorhanden ist. In diesem Einsatzfall erfolgt eine unidirektionale Übertragung. Es sollten folgende Ergebnisse ermittelt werden:

- Welche Datenrate kann in einem 10 Mbit/s Netzwerk maximal übertragen werden, ohne das Bildstörungen auftreten?
- Welche Datenrate kann das Optivision System maximal erzeugen (100 Mbit/s Netz)?
- Wie verändert sich die Qualität des Videobildes bei unterschiedlichen Datenraten?

Ergebnisse Test 1

Mit diesem Testszenario wurde in einem 10 Mbit/s Netz eine Datenrate von 5 Mbit/s erreicht. Bis zu dieser Netzlast traten keine Artefakte im Videobild auf. Eine weitere Erhöhung der Sendeleistung erzeugte eine zu hohe Netzbelastung. Die Folge war ein unbrauchbares Videobild. Aus der Anlage 18 ist ersichtlich, daß bei einer Datenrate von 8 Mbit/s der Encoding-Prozeß kurz gestartet wurde und daß sofort eine Reinitialisierung erfolgte, da diese Datenmenge nicht übertragen werden kann (grüne Linie entspricht Byte/s gesendet). Es stehen 10 Mbit/s zur Verfügung (gelbe Linie). Bei 6 Mbit/s erfolgte bereits der Abbruch der Übertragung.

$$\frac{80 \text{ Byte/s} \times 8}{0.0001} = 6400000 \text{ bit/s} = \underline{\underline{6,1 \text{ Mbit/s}}}$$

Das Ergebnis zeigt, daß eine Datenrate von 8 Mbit/s in einem Ethernet-Netz nicht realisierbar ist. Ein analoger Test wurde mit 6 Mbit/s Sendeleistung realisiert und brachte ein ähnliches Ergebnis. Auch hier konnte keine stabile Übertragung erreicht werden. Die Ergebnisse sind aus Anlage 19 ersichtlich. Mit dieser Datenrate wurde für kurze Zeit ein Bild aufgebaut (siehe grüne Linie im Diagramm). Es konnte jedoch bei einer erreichten Übertragungsrate von 6 Mbit/s keine kontinuierliche Übertragung garantiert werden.

Erst bei einer Datenrate von 5 Mbit/s konnte eine stabile Übertragung erreicht werden. Die Bildqualität war sehr gut und es traten keine Störungen auf. Die erreichten 70 x 0.0001 Byte/s entsprechen einer Netzlast von 5,34 Mbit/s.

Damit kann eindeutig festgestellt werden, daß mit einer Sendemaschine in einem 10 Mbit/s Ethernet-Netzwerk maximal ein MPEG-2 Datenstrom von 5 Mbit/s übertragen werden kann (siehe Anlage 20).

In einem weiteren Test sollte die maximale Sendeleistung der Optivision Maschinen ermittelt werden. Dazu wurde ein Netzwerk von 100 Mbit/s zwischen den beiden Testmaschinen realisiert (Testszenario 1).

Im ersten Versuch wurden eine Sendeleistung von 8 Mbit/s in der INI-Datei eingestellt. Das Ergebnis war eine fehlerfreie Übertragung des MPEG-2 Datenstromes bei einer hochwertigen Bildqualität. Die Meßdaten sind aus der Anlage 21 ersichtlich. Die gelbe Linie zeigt, daß es sich um ein 100 Mbit/s Fast Ethernet Netzwerk handelt. Die grüne Linie sind die gesendeten Byte/s. Auf der Maschine wurden keine Daten empfangen (blaue Linie).

Im weiteren Verlauf des Experiments wurde die Übertragungsrate auf 12 Mbit/s erhöht. Auch hier sind keinerlei Fehler aufgetreten, was aus der Anlage 22 ersichtlich ist. Bild und Tonqualität waren in diesem Test ebenfalls hervorragend, wobei zwischen einer Sendeleistung von 8 Mbit/s und den 12 Mbit/s keine Veränderungen festgestellt werden konnten. Das Diagramm der Übertragung mit 12 Mbit/s ist in Anlage 14 zu finden. Die grüne Linie zeigt 160 Byte/s bei einer Skalierung von 0,0001. Dies entspricht einer Gesamtsendeleistung von 12,2 Mbit/s.

$$\frac{160 \text{ Byte/s} \times 8}{0,0001} = 128 \times 10^5 \text{ bit/s} = \underline{\underline{12,2 \text{ Mbit/s}}}$$

Eine Erhöhung der Übertragungsrate auf 14 Mbit/s brachte keine stabile Übertragung mehr. Es wurden keine Bilder mehr übertragen. Der Encoder brach die Übertragung gleich nach der Initialisierung ab und versuchte einen Neustart, welcher ebenfalls erfolglos blieb. Die Ergebnisse sind aus Anlage 23 ersichtlich. Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß mit dem Optivision-System eine maximale Übertragung von 12 Mbit/s fehlerfrei möglich ist.

Die Bildqualität mit einer MPEG-2 Kompression ist ab einer Datenrate von 2 Mbit/s brauchbar, d.h. fehlerfrei und stabil.

Von einer guten Übertragungsqualität kann man aber erst ab 3 Mbit/s sprechen. Hier ist aber deutlich zu erkennen, daß das übertragene Bild noch eine geringe Tiefenschärfe aufweist. Mit der weiteren Erhöhung der Datenrate verbessert sich diese wesentlich. Bei einer Sendeleistung von 6 Mbit/s kann man von einer sehr guten Qualität sprechen. Eine weitere Erhöhung bringt keine wesentliche Verbesserung der Bildqualität.

TestszENARIO 1

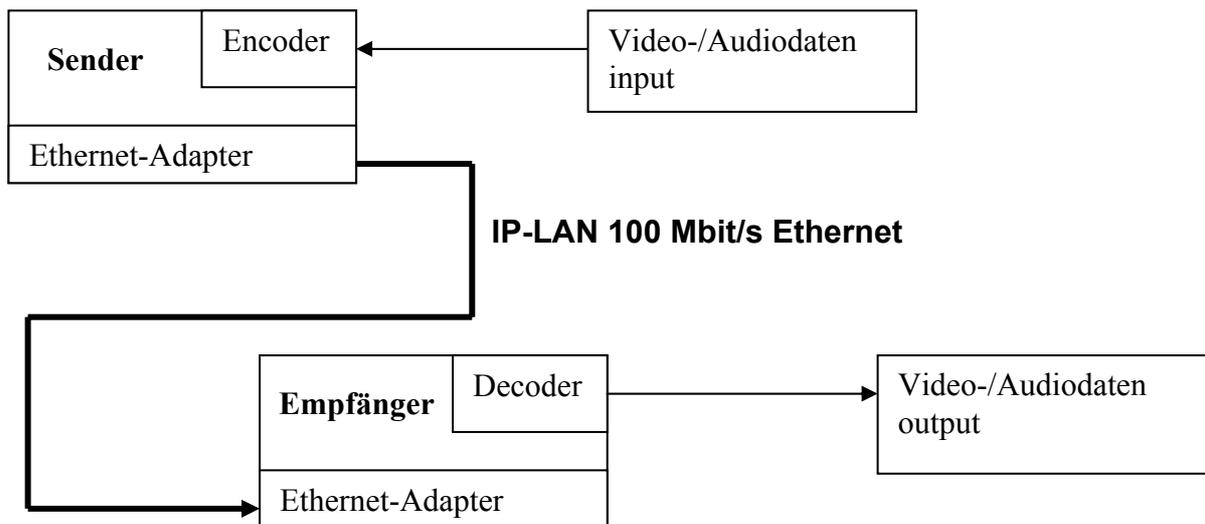


Abb. 72: Optivision TestszENARIO 1

Optivision-Test 2

In einem weiteren Test sollte untersucht werden, wie sich die Maschinen verhalten, wenn sich zwischen Sender und Empfänger ein reales Netzwerk mit entsprechender Aktivtechnik befindet. Aus diesen Gründen wurde ein TestszENARIO aufgebaut, wo die beiden Optivision-Systeme in unterschiedlichen Netzsegmenten angeschlossen sind. Ein weiterer Test wurde im realen B-WiN zwischen Ilmenau und Jena durchgeführt. Die Maschinen waren jeweils mit 100 Mbit/s geschwicht am Netzwerk angeschlossen.

Es wurde analog zum TestszENARIO 1 mit einem unidirektionalen Datenstrom gearbeitet.

Ergebnisse Test 2

Im Test 2 wurden analoge Ergebnisse wie im Szenario 1 festgestellt. Die Qualität der Übertragung war ebenfalls gleich. Lediglich eine etwas größere Gesamtverzögerung, bedingt durch die Aktivkomponenten, konnte ermittelt werden. Da aber Ton und Bild gleichermaßen verzögert sind, kann dieser Sachverhalt als unwesentlich betrachtet werden. Nach einigen Tests zwischen Jena und Ilmenau kann auf dieser Strecke mit ca. 0,5s Delayzeit gerechnet werden. In Diskussionen ist diese feststellbar, aber akzeptabel.

Voraussetzung für eine Übertragung im WAN ist aber die entsprechende Aktivtechnik, die die anfallende Datenlast problemlos verarbeiten kann. Sind in bestimmten Abschnitten Geräte vorhanden, die an ihrer Leistungsgrenze arbeiten, kann die notwendige Übertragungsqualität nicht garantiert werden. In diesem Fall müßten entsprechende Kanäle im B-WiN geschaltet werden, um die benötigte Bandbreite durchgängig zur Verfügung zu haben. Störungen durch andere Nutzer bzw. ander bandbreitenintensive Anwendungen könnten damit ausgeschlossen werden.

Testszenario 2

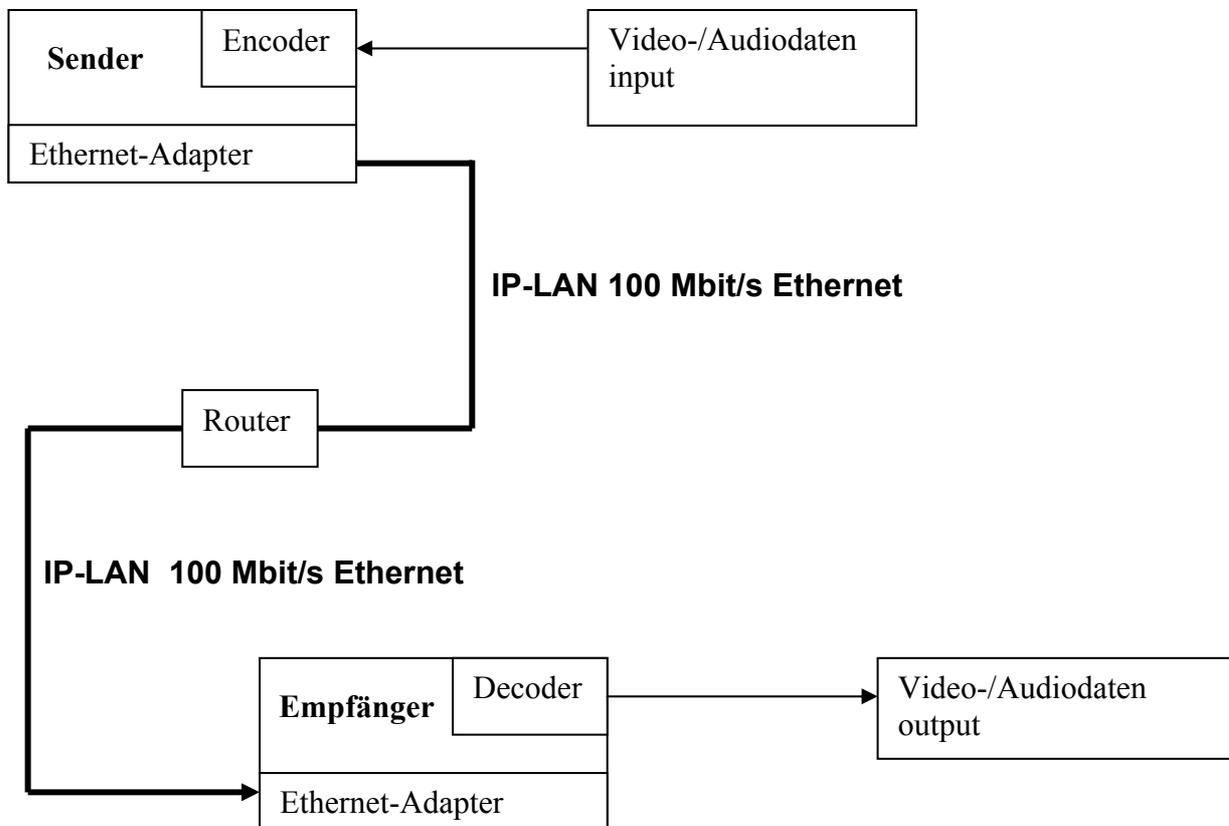


Abb. 73: Optivision Testszenario 2

Optivision-Test 3

Die im Testszenario 3 aufgezeigte Variante der Zusammenarbeit von drei Einrichtungen wurde in der Praxis nicht getestet, da die notwendigen Geräte (2 Encodermaschinen pro Einrichtung) nicht vorhanden waren. Diese Variante ist ökonomisch auch nicht vertretbar, da eine wesentlich bessere Lösungsvariante existiert. Bei der Vorstellung der Optivision-Systeme wurde bereits auf die Möglichkeit des Multidestination hingewiesen. In dieser Variante können mit einer Encodermaschine zwei Datenströme an unterschiedliche Empfänger gesendet werden. Diese Möglichkeit wird im folgenden Testszenario 4 genutzt. Hier arbeiten drei Einrichtungen direkt zusammen und können bidirektional miteinander kommunizieren.

Optivision-Test 4

Im 4. Optivision Test wurde ein reales Szenario genutzt, wie es im Teleteaching zwischen Ilmenau, Weimar und Jena zum Einsatz kommt. Die Sendemaschinen arbeiten im Multidestination-Modus und übertragen jeweils 3 Mbit/s an die Empfangsmaschinen, d.h., jede Maschine hat eine Gesamtsendeleistung von 6 Mbit/s. Diese Datenrate wird problemlos realisiert, was bereits im Test 1 nachgewiesen wurde. Dieses Ergebnis ist in Verbindung mit der Prozessorlast aus Anlage 28 ersichtlich. Es traten während der gesamten Testphase keine Ton- und Bildstörungen auf. Die Empfangsmaschinen in dem Teleteaching-System sind mit zwei Decoderkarten ausgestattet und empfangen immer jeweils einen Rückkanal aus den Empfangshörsälen. Die Belastung dieser Maschine, die 2 Datenströme von jeweils 3 Mbit/s decodieren muß, ist aus der Anlage 29 ersichtlich.

Dieser Gesamttest hat gezeigt, daß die Arbeit mit zwei Empfangshörsälen bei einer Übertragungsleistung von 3 Mbit/s problemlos möglich ist. Nach den vorherigen Messungen kann sogar davon ausgegangen werden, daß bei 3 Mbit/s mit maximal 4 Empfangshörsälen gearbeitet werden kann. Dies ist jedoch nur eine theoretische Aussage, basierend auf den vorangegangenen Tests, die bis jetzt noch nicht praktisch untersucht werden konnte.

Testszenario 3

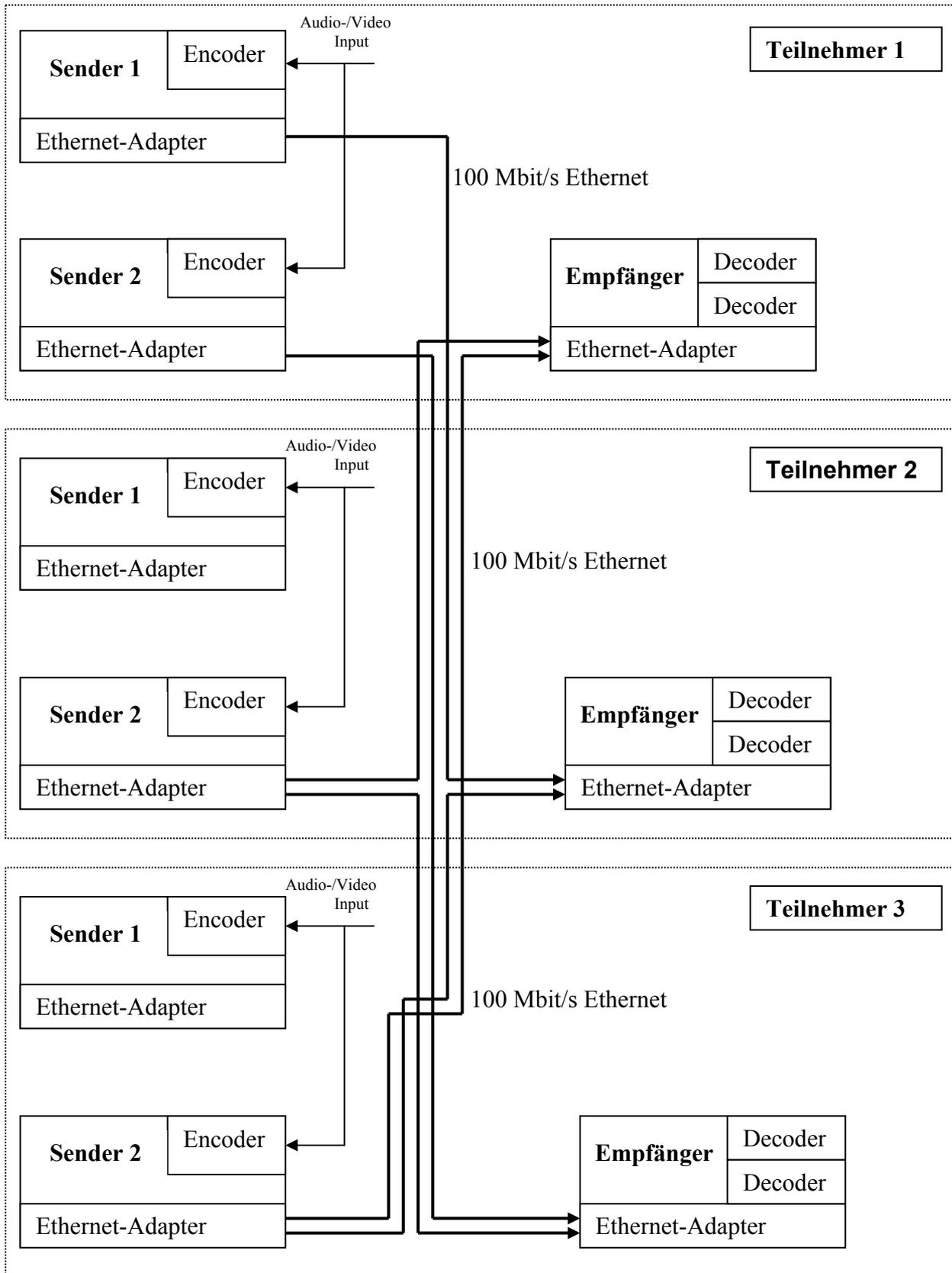


Abb. 74: Optivision Testszenario 3

TestszENARIO 4

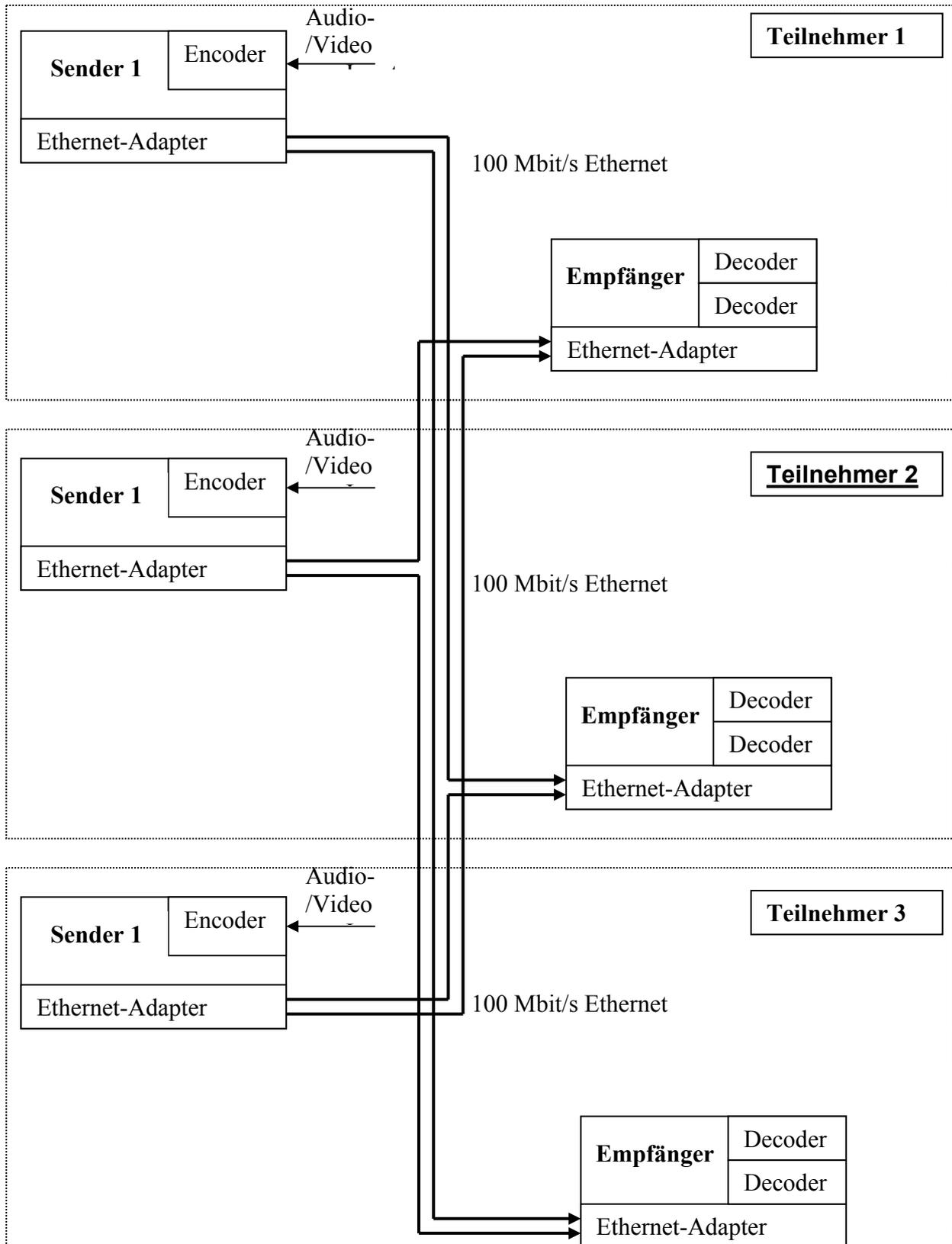


Abb. 75: Optivision TestszENARIO 4

Optivision-Test 5

In einem letzten und abschließendem Test soll untersucht werden, wie sich ein Optivision-System verhält, wenn es mit einer Encoder- und einer Decoderkarte ausgestattet ist. Das heißt, Sende- und Empfangsmaschine sind in einem System gemeinsam vorhanden. Um diese Untersuchungen zu realisieren, wurde folgendes Testszenario realisiert.

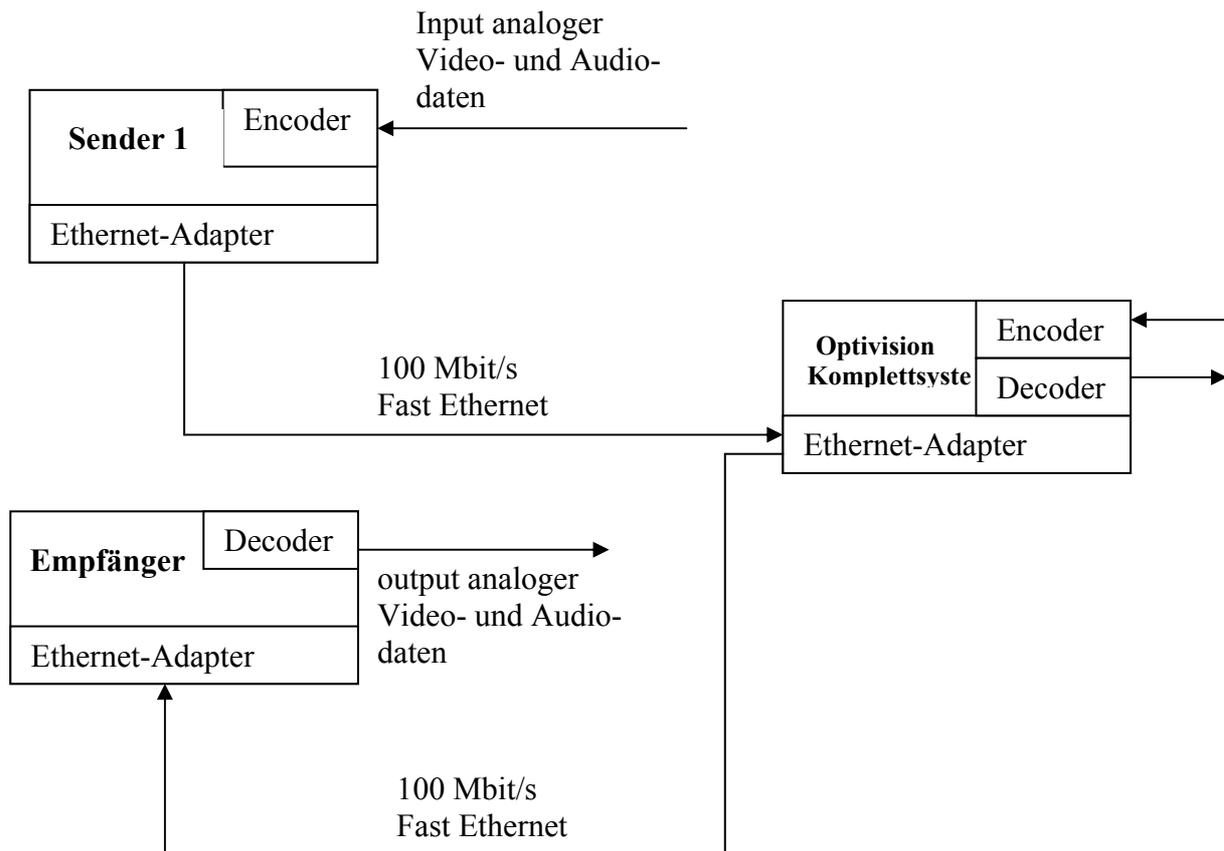


Abb. 76: Optivision Testszenario 5

Für diese Untersuchungen war nur die Ergebnisse des Komplettsystems von Bedeutung. Die einzelnen Sende- und Empfangsmaschinen wurden bereits untersucht. Die Ergebnisse der Tests sind in den Anlagen 15, 16 und 17 dargestellt.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß die Arbeit mit einem Komplettsystem möglich ist und sehr gute Übertragungsqualitäten bringt, wenn das System an ein 100 Mbit/s Netzwerk mit full duplex angeschlossen ist und die Gesamtdatenrate (Empfangs- und Sendeleistung) 12 Mbit/s nicht übersteigt. Die Anlagen 16 und 17 zeigen diesen Sachverhalt. Eine weitere Erhöhung der Sendeleistung oder der Empfang eines Datenstromes von mehr als 6 Mbit/s führt zu Problemen in der Maschine und damit zum Abbruch des Encoding-Prozesses. Die Prozessorauslastung in einem Komplettsystem ist aus Anlage 15 ersichtlich.

8 Abschließende Betrachtungen

Die rasante Entwicklung der Kommunikationstechnologien und der Computertechnik haben die Entwicklung dieses Teleteaching-Systems erst möglich gemacht. Vor einigen Jahren wäre ein System in dieser Art, d.h. die Verteilung von online Lehrveranstaltungen, nicht möglich gewesen. Erst die Realisierung der Netzinfrastruktur in Thüringen und die Leistung der Rechner ermöglichten diese Entwicklung und die erfolgreiche Überführung in die Praxis. Das System wurde in der vorliegenden Arbeit in allen seinen Einzelheiten und den aufgetretenen Problemen vorgestellt. An dieser Stelle möchte ich eine kurze Zusammenfassung geben und einige tendenziell mögliche Entwicklungen betrachten.

Das Ziel dieses Systems war die Live-Übertragung von Lehrveranstaltungen, speziell Vorlesungen, an andere Universitäten in Echtzeit. Dieses System soll genutzt werden, wenn spezielle Lehrveranstaltungen von den Einrichtungen nicht abgedeckt werden können, oder wenn fakultative Vorlesungen angeboten werden sollen. Ein Teleteaching-System wird nur durch die Studenten und Dozenten akzeptiert, wenn die Qualität der Veranstaltung im entfernten Hörsaal sich nicht wesentlich von der realen Vorlesung unterscheidet. Aus diesem Grund wurde auch die Evaluation durchgeführt, welche ein positives Ergebnis gebracht hat. Für den Studenten ist es bedeutsam, daß er den gleichen Lernerfolg erzielt, während der Dozent immer darauf bedacht ist, daß seine Lehrveranstaltung im entfernten Hörsaal die analoge Qualität hat. Um diese Ziele zu erreichen, wurden dieses neue Teleteaching-Konzept erarbeitet. Die Hauptmerkmale dieses Systems sind:

- Zweikanalige Übertragung vom Sendehörsaal in den Empfangshörsaal
 - PC Kanal für die Übertragung PC orientierter Anwendung mit Application-Sharing-Technologie
 - Video- und Audiosendekanal für die Übertragung von Ton und Bild aus unterschiedlichen Quellen mit MPEG-2 Kompression
- Realisierung eines Rückkanals für Audio- und Videodaten, um den Dozent und den Studenten eine direkte Kommunikation zu ermöglichen,
- Verwendung einer elektronischen Tafel mit entsprechender Software in Verbindung mit dem Grafikkanal.

Diese bereits im Detail erläuterten Features des Systems haben eine völlig neue Qualität in der Realisierung der Lehrveranstaltungen gebracht. Dieses hat sich auch deutlich in der Reaktion der Studenten gezeigt (siehe statistische Auswertung).

Das vorgestellte System befindet sich seit zwei Semestern im Einsatz und wird durch die Werkstoffwissenschaften der FSU Jena, der BU Weimar und der TU Ilmenau genutzt. Ab dem Sommersemester 1999 werden zwei weitere Vorlesungsreihen mittels Teleteaching in entfernte Hörsäle übertragen.

Während der gesamten Einführungsphase ist nur eine Veranstaltung komplett ausgefallen. Der Grund war ein Leitungsschaden zwischen Jena und Ilmenau. Eine weitere Vorlesung mußte auf Grund eines Fehlers in einem Switch am Rechenzentrum der FSU abgebrochen werden. Beide Veranstaltungen wurden zu einem späteren Zeitpunkt per Videoband nochmals übertragen. Dies war nur möglich, da alle Vorlesungen zusätzlich aufgezeichnet werden, um eine spätere Übertragung realisieren zu können.

Diese positive Resonanz der Studenten und Dozenten auf das System soll aber nicht bedeuten, daß die vorgestellte Konzeption vollständig ausgereift ist. Während der gesamten Einführung wurden verschiedene Unzulänglichkeiten festgestellt, die in Zukunft bearbeitet werden müssen, um das Teleteaching-System weiter zu verbessern. Das betrifft besonders das Handling des Gesamtsystems. Zur Zeit ist für die Durchführung einer Vorlesung immer ein Regiemitarbeiter notwendig, der den Dozenten unterstützend zur Seite steht. Die Zukunft derartiger Systeme sollte aber sein, daß auf Regieassistenten verzichtet wird und der Dozent das System vollständig selbst steuert. Das bedeutet natürlich, daß weitere Handlungsabläufe automatisiert werden müssen, um den Vorlesenden nicht mit technischen Handlungsabläufen zu belasten. Dazu muß an einer einheitlichen Oberfläche gearbeitet werden, die in Abhängigkeit vom Dozenten, der benötigten Verbindung usw. die notwendige Arbeitsumgebung schafft. Erste Ansätze dazu wurden bereits mit den beiden Tools aus Kapitel 6.5 geschaffen. Diese gilt es weiter anzupassen und zu optimieren.

Das realisierte System muß an weiteren Universitäten und Fachhochschulen installiert werden, um eine flächendeckende Zusammenarbeit innerhalb der Hochschullandschaft zu ermöglichen. Zum momentanen Zeitpunkt sind nur Übertragungen innerhalb der Thüringer Universitäten möglich. Wenn eine weitere Verbreitung dieses Systems erreicht ist, dann ist auch eine flexiblere Zusammenarbeit unterschiedlicher Bereiche möglich. Diese Einigung auf einen gemeinsamen Standard, der die Basis für die Zusammenarbeit bildet, ist jedoch der schwierigste Teil.

Das vorgestellte Teleteaching-System zur Übertragung von Vorlesungen ist jedoch nur ein Teil der universitären Lehrformen. Eine weitere und ebenso wichtige bildet das Seminar. Hier findet man eine sehr komplizierte Form der unterschiedlichen Möglichkeiten der Zusammenarbeit zwischen Seminarleiter und Studenten. Diese Funktionen über einen verteilten Seminarraum zu realisieren, ist das Ziel eines weiteren Projektes. Dieses befindet sich zur Zeit im Bearbeitung und wird voraussichtlich ab dem Wintersemester 99/00 in vollem Umfang genutzt. Auf Einzelheiten soll an dieser Stelle nicht eingegangen werden.

Die Übertragungsmöglichkeit der Video- und Audiodaten über Rechnernetze unter Nutzung der MPEG-2 Kompression kann auch in vielen weiteren Bereichen angewendet werden. So wurden die Optivision-Systeme im Bereich Telemedizin zur Live-Übertragung von Operationen in der Neurochirurgie und in der minimal invasiven Kinderchirurgie eingesetzt. Damit haben die Studenten die Möglichkeit, komplizierte Operationen mitzerleben, auch wenn sie nicht im Operationssaal anwesend sind. Oft liegt auch das Operationsfeld so tief im Inneren, daß nur der Operateur selbst einen Einblick hat. Über vorhandene Kamerasysteme werden die Daten in entsprechende Hörsäle übertragen. Durch eine Rückkanal erhalten die Studenten bzw. der anwesende Dozent die Möglichkeit der direkten Kommunikation mit dem Chirurgen.

Alle diese hier erwähnten Möglichkeiten zeigen, wie schnell sich der Bereich der multimedialen Systeme entwickelt und wieviele Anwendungsmöglichkeiten bereits jetzt existieren. Mit der weiteren Entwicklung der Rechnernetze und der Leistung der Maschinen wird sich auch das Anwendungsgebiet vergrößern. Heute ist es noch nicht möglich, daß HDTV-Videodaten in Echtzeit komprimiert werden, um sie danach über vorhandenen Netze zu übertragen. Die Leistung der Hardware reicht dazu noch nicht aus. Es wird aber nur noch wenige Jahre dauern, dann ist auch dieses Problem gelöst.

Heute ist der Einsatz von Videoservern noch keine Selbstverständlichkeit, aber durchaus möglich. An der FSU Jena wird über einen derartigen Einsatz nachgedacht, um Vorlesungen

zu speichern und danach beliebig abrufbar zu gestalten. Ein Problem ist dabei jedoch die Arbeit mit den vorgestellten zwei Kanälen und deren Synchronisation. Diese Gedanken sind bereits vorhanden und eröffnen neue Möglichkeiten, um das Gebiet Teleteaching und Telelearning weiter zu entwickeln. Ich gehe davon aus, daß die hier vorliegende Arbeit einen gewissen Beitrag dazu geleistet hat und die Basis für weitere Entwicklungen auf diesem Gebiet ist.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Übersicht Weltmarktentwicklung von Videokonferenzsystemen	10
Abbildung 2: Weltmarktanteile der Videokonferenzsoftware-Hersteller	11
Abbildung 3: Gliederung Teleteaching	14
Abbildung 4: Übertragung der Videosignale aus dem Sendehörsaal in einen Empfangshörsaal	21
Abbildung 5: Videorückübertragungssystem	22
Abbildung 6: Übertragung der Audiosignale in den Empfangshörsaal	24
Abbildung 7: Rückübertragung des Audiosignals	24
Abbildung 8: Grafikübertragungssystem	26
Abbildung 9: Universitäre Lehrformen	28
Abbildung 10: Zusammenhang Dozent-Regie-Technik	29
Abbildung 11: Zusammenhang Technischer Aspekt	37
Abbildung 12: B-Win Deutschland	38
Abbildung 13: Übertragung von Grafiken mit Intel ProShare	49
Abbildung 14: Anwendung einer MCU bei ISDN Videokonferencing	51
Abbildung 15: Bedienoberfläche von SUN ShowMe	53
Abbildung 16: Video Panel IRIX 6.2	55
Abbildung 17: Übersicht über die Mbone Tools	56
Abbildung 18: Parametrierung von vic für IRIX	59
Abbildung 19: Bildschirm-Layout von vic auf PC	60
Abbildung 20: Oberfläche des Audio-Tools vat unter Windows 95	61
Abbildung 21: Desktop von MS-Netmeeting mit Fenster Call	64
Abbildung 22: Desktopstruktur während einer Präsentation im LAN/WAN (Vorführender)	65
Abbildung 23: Aufbau und Schnittstellen des TWS Encoder-Systems	68
Abbildung 24: Belegung der Optivision Decoder-Karte	68
Abbildung 25: One-Way System – Point to Point	69
Abbildung 26: Two-Way Optivision-System – Point to Point	69
Abbildung 27: Multi Channel Optivision-System - Multipoint to Point	70
Abbildung 28: Multi Destination	72
Abbildung 29: Ausgabe und Präsentation des Videosignals	79

Abbildung 30: Datennetzstruktur für das Teleteaching-System in Thüringen	82
Abbildung 31: Komponenten des Teleteaching-Systems	83
Abbildung 32: Videübertragung im Teleteaching-System	85
Abbildung 33: Aufbau des Audiosendesystems	87
Abbildung 34: Anschluß des elektronischen Whiteboardes	89
Abbildung 35: Toolbox von SlideWorks	89
Abbildung 36: Anwendung von SlideWorks in Verbindung mit Netscape	90
Abbildung 37: Programm FlipChart als Ersatz für die Kreidetafel	91
Abbildung 38: Grafikübertragungssystem	92
Abbildung 39: Videübertragung Rückkanal	93
Abbildung 40: Audio Rückübertragung	94
Abbildung 41: Desktop MS-Netmeeting – Freigabe von Anwendungen	98
Abbildung 42: Oberfläche des Programms TT#START mit Auswahl Startart	100
Abbildung 43: Übersicht Programm TT#START	101
Abbildung 44: Ergebnisse Umfrage „Persönlicher Kontakt“	107
Abbildung 45: Auswertung „Persönlicher Kontakt“	108
Abbildung 46: Ergebnisse Umfrage „Konzentration“	109
Abbildung 47: Ergebnisse Umfrage „Konzentration“ 2. Teil	110
Abbildung 48: Ergebnisse Umfrage „Lerneffekt“	111
Abbildung 49: Auswertung „Lerneffekt“	112
Abbildung 50: Ergebnisse Umfrage „Lesbarkeit der Präsentationsgrafiken“	113
Abbildung 51: Ergebnisse Umfrage „Nutzung der elektronischen Tafel“	114
Abbildung 52: Ergebnisse Umfrage „Nutzung der Annotationsmöglichkeiten“	115
Abbildung 53: Ergebnisse Umfrage „Videostörungen“	116
Abbildung 54: Ergebnisse Umfrage „Negativer Einfluß der Videostörungen“	116
Abbildung 55: Ergebnisse Umfrage „Trennung Videobild und Grafikpräsentation“	117
Abbildung 56: Ergebnisse Umfrage „Funktionalität der elektronischen Tafel“	118
Abbildung 57: Ergebnisse Umfrage „Weitere Vorlesungen mittels Teleteaching“	119
Abbildung 58: Testszenario mit Mbone-Tools	122
Abbildung 59: Testszenario 4. Mbone-Test	125
Abbildung 60: Testaufbau zur Übertragung einer realen Vorlesung	128
Abbildung 61: Geräteanordnung des Testszenarios	129

Abbildung 62: Testszenario InPerson	130
Abbildung 63: Aufruf des Videokonferenzsystems Intel ProShare	132
Abbildung 64: Konfigurationsmöglichkeiten von Intel ProShare	133
Abbildung 65: Netzwerkdiagnose Intel ProShare	133
Abbildung 66: Testaufbau Intel ProShare	134
Abbildung 67: Application-Sharing mit Intel ProShare	135
Abbildung 68: Kopplung ProShare Audiokarte und SoundBlaster Karte	135
Abbildung 69: PowerPoint Testaufbau	136
Abbildung 70: Testszenario MS-Netmeeting	138
Abbildung 71: Desktop MS-Netmeeting mit Call-Fenster	139
Abbildung 72: Optivision Testszenario 1	144
Abbildung 73: Optivision Testszenario 2	145
Abbildung 74: Optivision Testszenario 3	147
Abbildung 75: Optivision Testszenario 4	148
Abbildung 76: Optivision Testszenario 5	149

Anlagenverzeichnis

- Anlage 1: INTEL ProShare Test
- Anlage 2: B-Win Karte Deutschland
- Anlage 3: Optivision Lastverteilung Teil 1
- Anlage 4: Optivision Lastverteilung Teil 2
- Anlage 5: Optivision Lastverteilung Teil 3
- Anlage 6: Lastanalyse
- Anlage 7: Lastanalyse Router Input/Output Test 1
- Anlage 8: Lastanalyse Router Input/Output Test 2
- Anlage 9: Mbone Struktur Deutschland
- Anlage 10: European MBone
- Anlage 11: MS-Netmeeting Audio- und Videokommunikation
(Prozessorlast)
- Anlage 12: MS-Netmeeting Audio- und Videokommunikation (Prozessorlast)
- Anlage 13: MS-Netmeeting ohne Audio- und Videokommunikation (Prozessorlast)
- Anlage 14: MS-Netmeeting Application-Sharing mit MS-PowerPoint und arbeiten
in dieser Anwendung
- Anlage 15: Lastverteilung Optivision TX/RX Maschine
- Anlage 16: Netzwerklast Optivision RX/TX System
- Anlage 17: Netzwerklast Optivision RX/RX System
- Anlage 18: Optivision Test 8 Mbit/s
- Anlage 19: Optivision Test 6 Mbit/s
- Anlage 20: Optivision Test 5 Mbit/s
- Anlage 21: Optivision Test 8 Mbit/s bei Fast Ethernet
- Anlage 22: Optivision Test 12 Mbit/s bei Fast Ethernet
- Anlage 23: Optivision Test 14 Mbit/s bei Fast Ethernet
- Anlage 24: MS-Netmeeting Test Application Sharing mit Grafik (Photos)
- Anlage 25: MS-Netmeeting Test mit SlideWorks in MS-PowerPoint
- Anlage 26: MS-Netmeeting mit Whiteboard Programm unter Application-
Sharing
- Anlage 27: MS-Netmeeting mit Audio und Video
- Anlage 28: Empfangen mit 3 Mbit/s und mit 6 Mbit/s

- Anlage 29: Senden mit 2x3Mbit/s, senden mit 6 Mbit/s (2 Datenströme a 3 Mbit/s)
- Anlage 30: Statistischer Fragebogen
- Anlage 31: Implementierung des Teleteaching-Systems an der FSU Jena
- Anlage 32: Kostenbetrachtungen
- Anlage 33: Struktur des Thüringennetzes mit Aufteilung der Kanalkapazitäten
- Anlage 34: Netzanbindung der Hochschulen vor Einrichtung des Thüringennetzes

Literaturverzeichnis

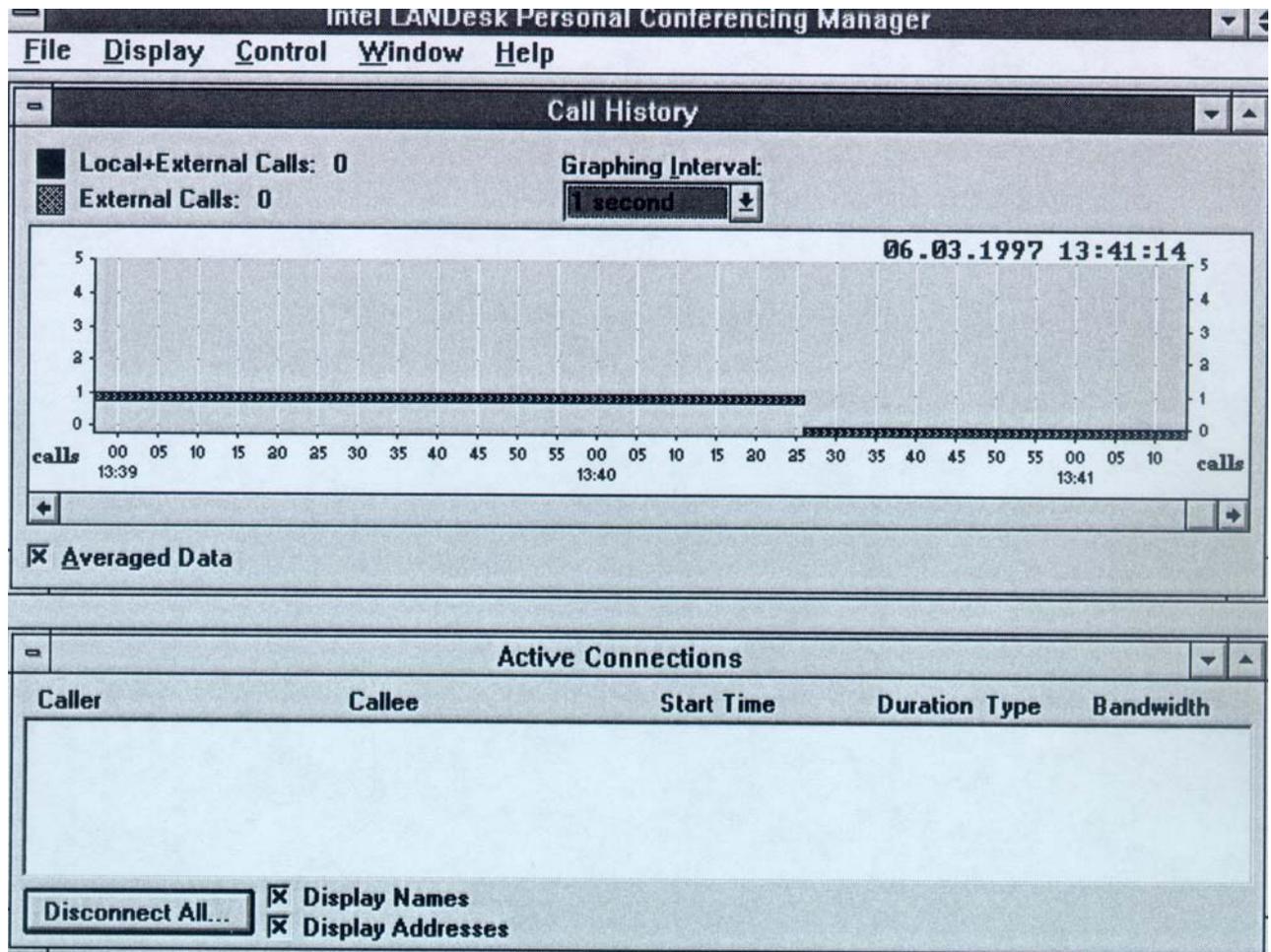
- /01/ Indigo² Video for Indigo² IMPACT Programmer's Guide
- /02/ Indigo² Video for Indigo² IMPACT Owner's Guide
- /03/ IndyCam Installation Guide for Indigo²
- /04/ Mbone – Installation und Nutzung Arbeitspapier FSU Jena URZ
- /05/ Intel ProShare Installationshandbuch
- /06/ UNIX Systemadministration Aleen Fritsch O'Reilly Internat.Thomson
Verlag 1996 2.Auflage
- /07/ UNIX Grundlagen Addison Wessly Verlag
- /08/ Unterlagen Telelearning Prof. Körndle TUD Schrift „Studienplatz 2000“
- /09/ Teleteaching mittels Videokonferenzen Johann Günther
Wien 1996 Universitäts-Verlagsbuchhandlung Ges.m.b.H.
- /10/ Bilddatenkomprimierung mit JPEG und MPEG
Heiner Küster Franzis-Verlag GmbH 1995 ISBN 3-7723-7281-3
- /11/ Mikrosoft WINDOWS 95 Support Bd 1 und 2
Microsoft Press
- /12/ Mbone Tools
WWW-Unterlagen RRZN Uni-Hannover
- /13/ WWW-Unterlagen Handbuch Confman Version 1.1 2.Auflage
Uni Hannover Lehrgebiet Rechnernetze und verteilte Systeme
- /14/ Neue Informations Technologoen Auswirkungen auf Forschung und
Lehre Unterlagen zum Deutsch-Französischem-Seminar
Karlsruhe 26/27 Oktober 1995
- /15/ Studieren und weiterbilden mit Multimedia
BW Bildung und Wissen Verlag und Software GmbH Nürnberg1998
- /16/ Systemunterlagen Optiviso in Stand 1997
- /17/ PC intern 5 Systemprogrammierung M.Tischer B.Jennrich
Verlag DATA BECKER 1995
- /18/ Videokompressionsverfahren im Vergleich T.Milde
Verlag für digitale Technologie GmbH Heidelberg 1995

- /19/ DVB Digitales Fernsehen U.Freyer
Technik Verlag Berlin 1997
- /20/ The Technical Guide to Installing, Configuring and Supporting Netmeeting 2,0
In your Organization Microsoft Netmeeting 2.0 Ressource Kit
Microsoft Corporation 1997
- /21/ Das Projekt Teleteaching an den Universitäten Heidelberg und Mannheim
PIK 18 1995 K.G. Sauer Verlag München
- /22/ Multimediale Teleteaching-Infrastruktur zwischen der TU Dresden und der
TU Bergakademie Freiberg
http://www.telematik.tu-freiberg.de/mm_0104.htm (31.07.96)
- /23/ Teleteaching Dresden-Freiberg O.Neumann, S.Stöcker, A.Schill, K.Irmscher,
H.Körndle PIK 20 (1997) 1 K.G. Saur Verlag München
- /24/ Das Projekt TeleTeaching der Universitäten Heidelberg und Mannheim
<http://www.Informatik.Uni-Mannheim.de/informatik/pi4/projects/teleTeaching>
(10.01.1997)
- /25/ Die virtuelle Universität F.Bodendorf, R.Grebner, C.Langenbach
DFN-Mitteilungen 41 6/96
- /26/ Telekooperation in Forschung und Lehre F. Wolf
Mitteilungsblatt des Regionalen Rechenzentrums Erlangen Nr.70 02/98
- /27/ Teleteaching Projekt Nürnberg-Erlangen
<http://teleteaching.wi2.uni-erlangen.de/mmtt/ziel/index.html> (06/98)
- /28/ Digitales Fernsehen A. Ziemer
Hüthig Verlag Heidelberg 1997
- /29/ SPSS für Windows Wolf-Michael Köhler
Viehweg Verlag 1996
- /30/ Multimedia 2000 Neue Märkte – neue Arbeitsplätze
Deutscher Instituts-Verlag GmbH Köln 1997
- /31/ ShowMe Video with ShowMe Audio Version 2.0.1
SUN Microsystems 1994
- /32/ ShowMe Whiteboard with ShowMe Audio Version 2.0.1
SUN Microsystems 1994
- /33/ ShowMe SharedApp with ShowMe Audio Version 2.0.1
SUN Microsystems 1994

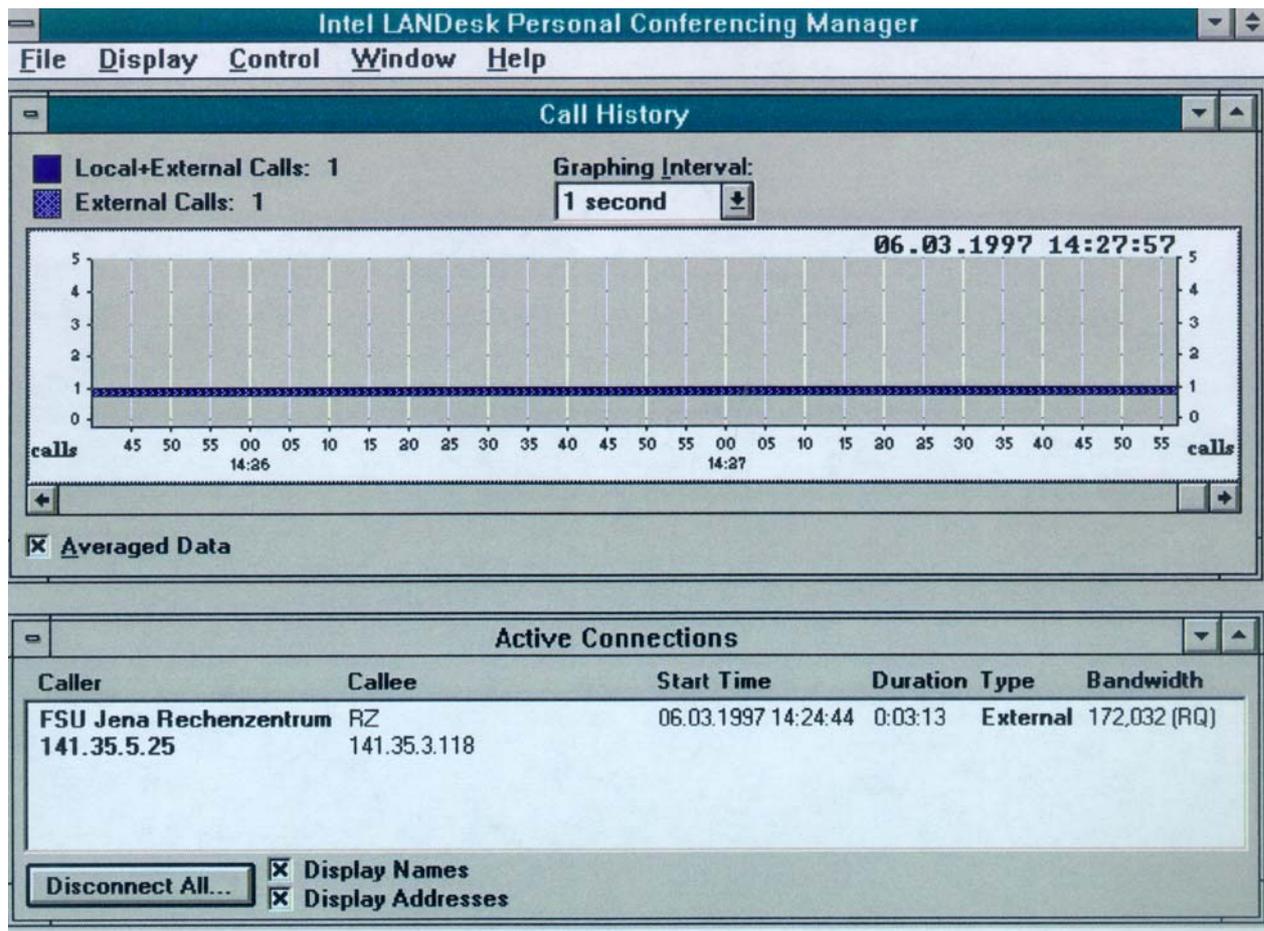
- /34/ SUN Video User's Guide
SUN Microsystems 1994 Revision A
- /35/ Die akademische Lehre im Netz
Heinz Gralki Forschung & Lehre 2/98
- /36/ Teleteaching-Projekt vom IfI im Gigabit Testbed
RZ-Mitteilungen, Rechenzentrum der Humboldt Universität Berlin
Nr. 17 Februar 1999
- /37/ Telekonferenzdienste des RZ – Software, Equipment, praktischer Einsatz
RZ-Mitteilungen, Rechenzentrum der Humboldt Universität Berlin
Nr. 17 Februar 1999
- /38/ Teleteaching eine neue Komponente in der universitären Lehre
Leonhard Friedrich, RAABE Fachverlag für Wissenschaftsinformationen 1999
- /39/ Teleteaching mit MPEG-2 O. Götz, B. Fankhänel, P. Hennecke
PIK 23 (2000) 2 K.G. Saur Verlag München
- /40/ Ein neues Teleteaching Konzept O. Götz, B. Fankhänel
PIK 21 (1998) 1 K.G. Saur Verlag München
- /41/ Teleteaching-eine akzeptable Form der universitären Lehre
D. Dymont, W. Frindte, Werkstattbericht 1999
- /42/ Zwischenbericht zur Evaluierung von Teleteaching – Berichtsjahr 1999
W. Frindte, M. Klassen
- /43/ Zwischenbericht zur Evaluierung von Teleteaching – Berichtsjahr 2000
W. Frindte, M. Klassen

Anlage 1: Intel ProShare Tests

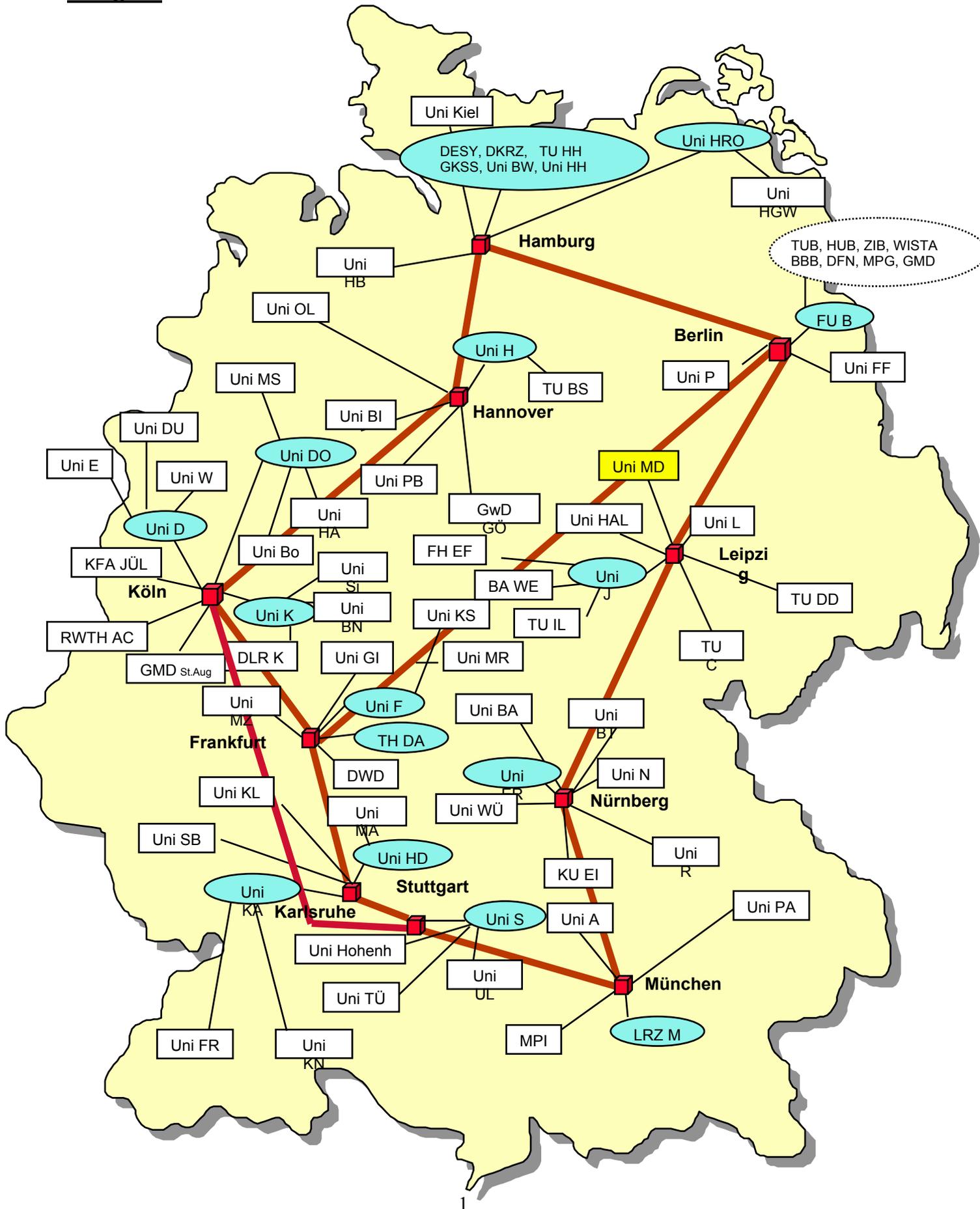
Umschaltung von Videokonferenzen 2 Partner (141.35.5.25 und 141.35.3.118) auf 3er Konferenz (INTEL LAN Desk Manager steuert Konferenzen)



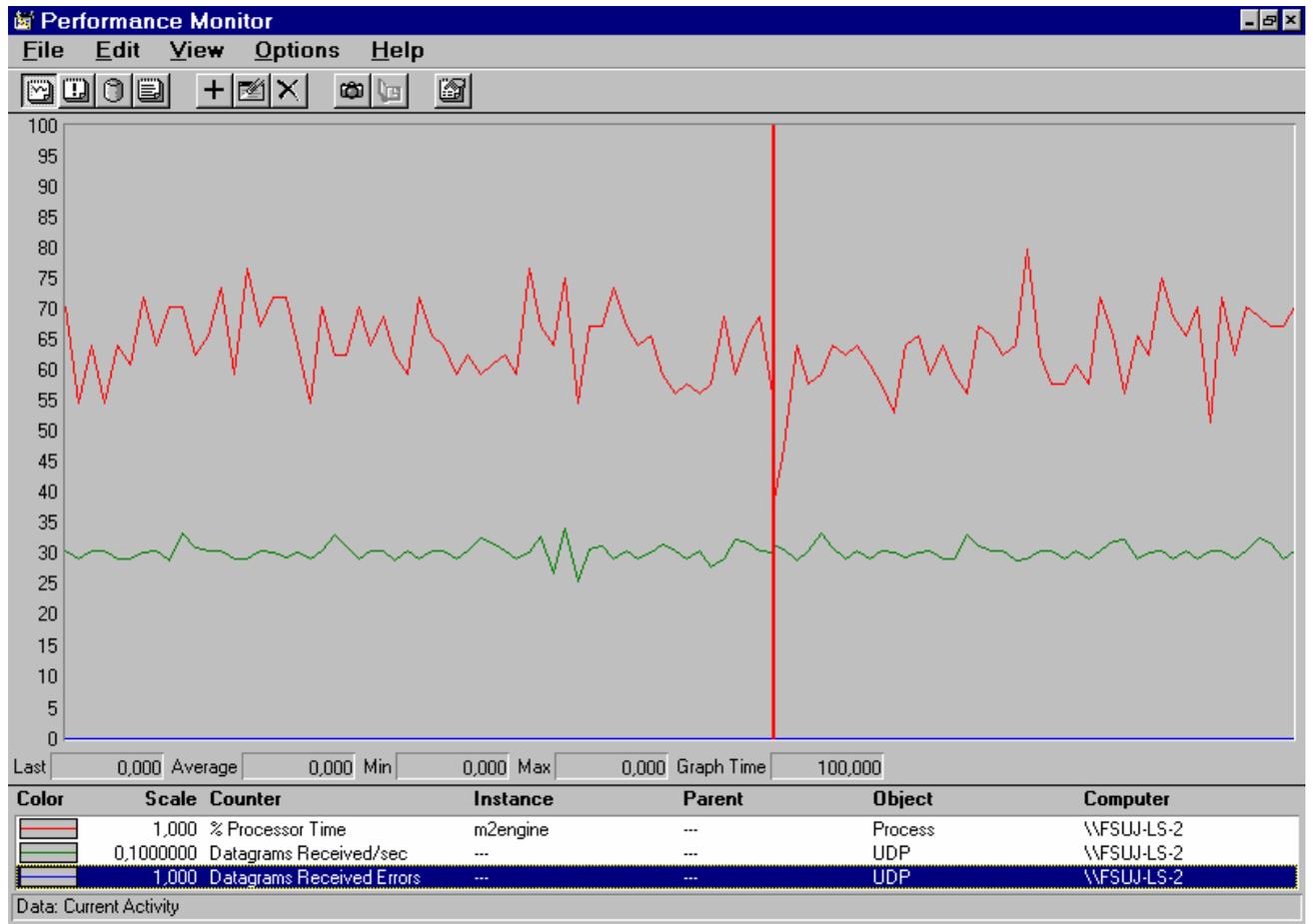
Videokonferenz mit 2 Teilnehmern (1 Teilnehmer in einem externen Subnetz)



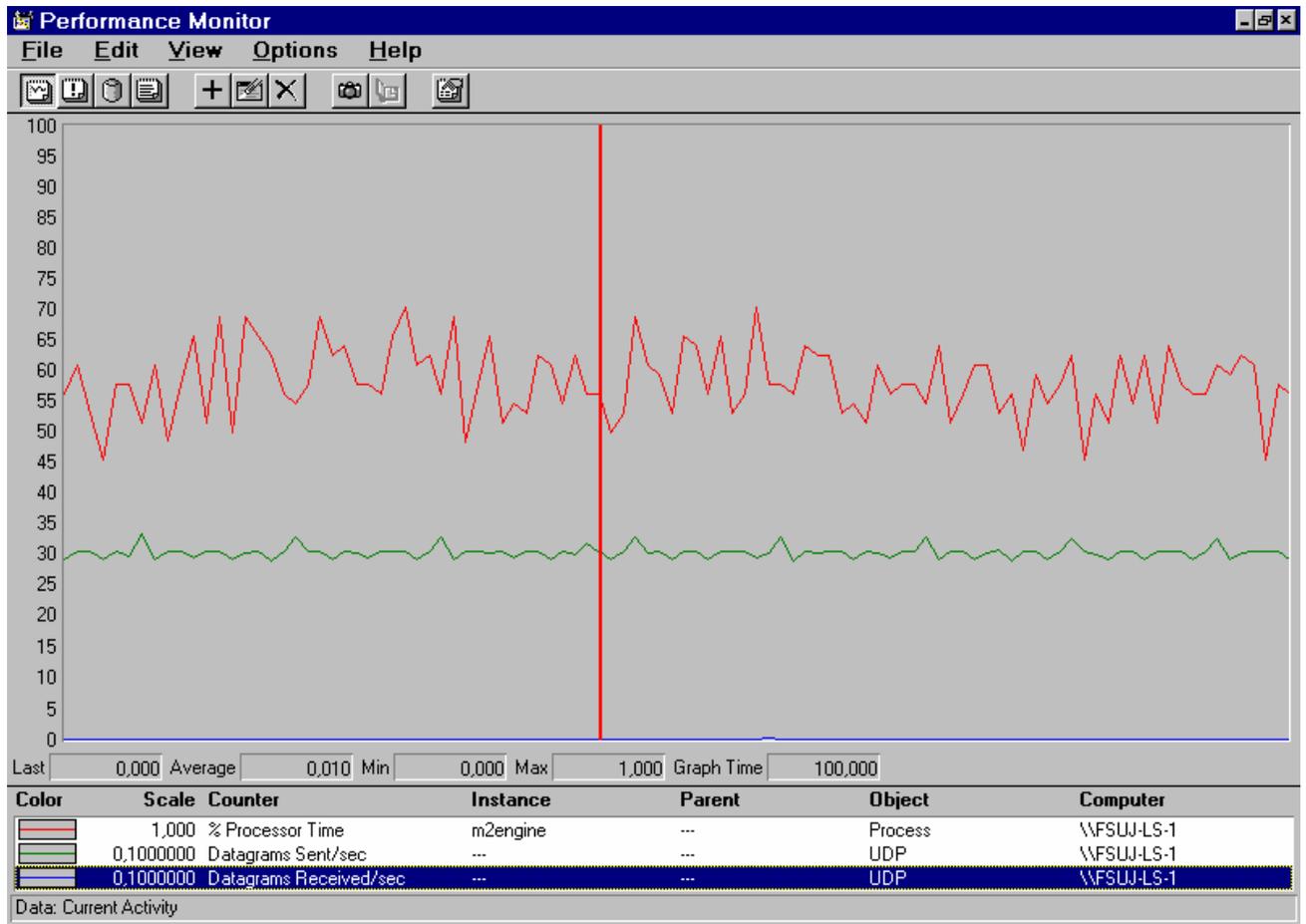
Anlage 2: B-WiN Karte Deutschland



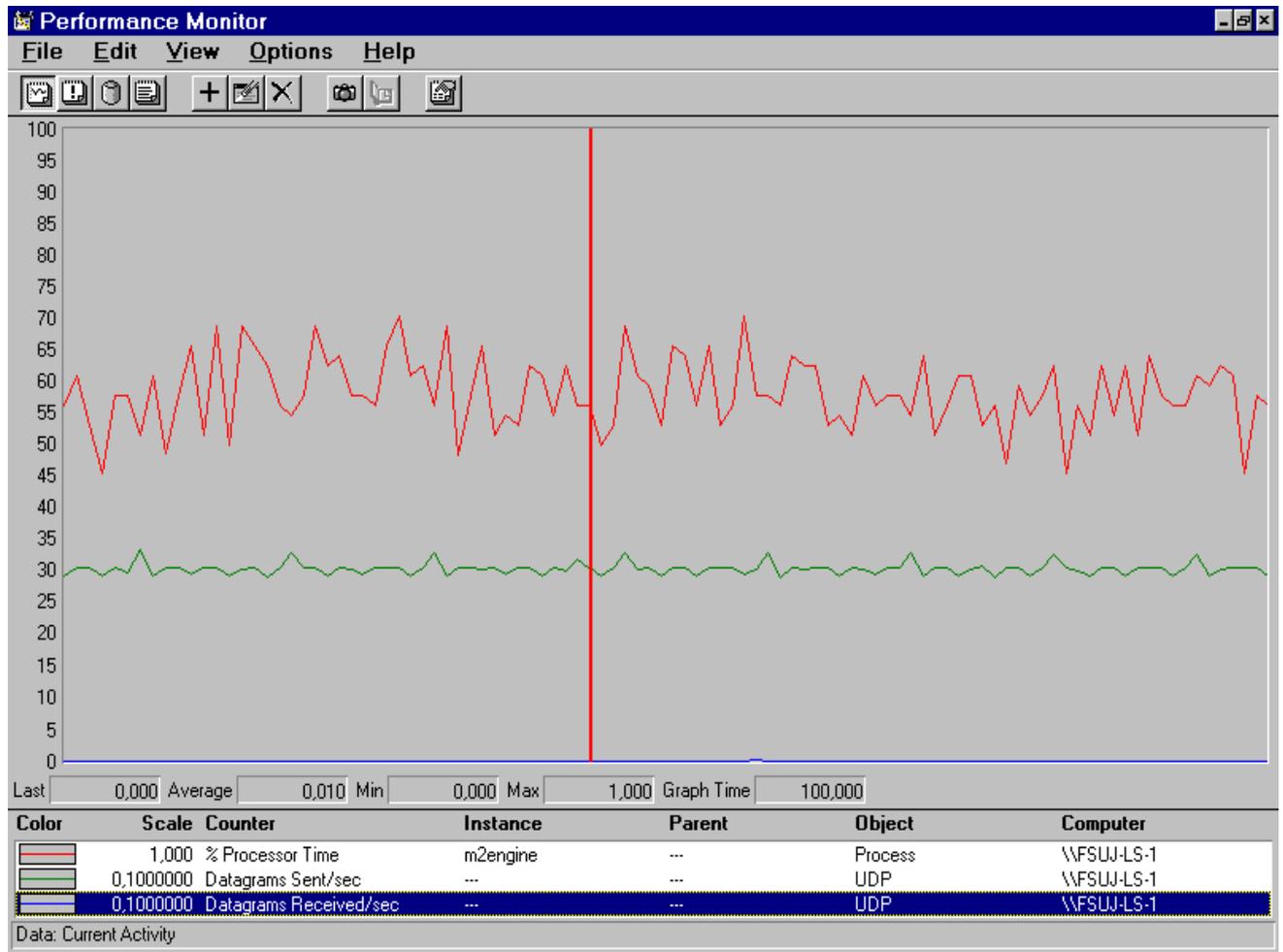
Anlage 3: Optivision Lastverteilung Teil1



Anlage 4: Optivision Lastverteilung Teil2



Anlage 5: Optivision Lastverteilung Teil 3



Anlage 6:

00:24
Run Station

LANalyzer(R) Network Analyzer by NCC
 00:17:59, Collection stopped, test finished
 c:\xln\lanz\802.3\default

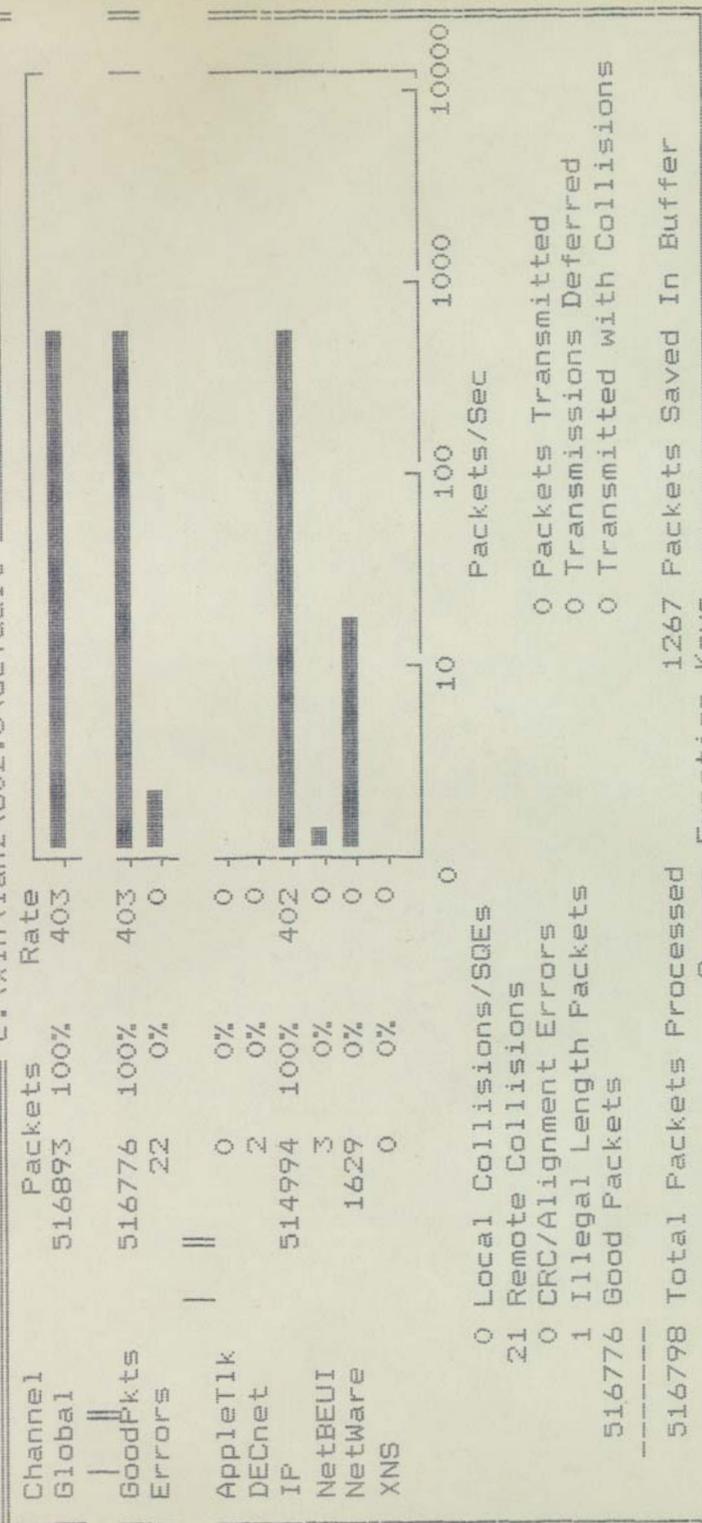
Stations seen: 14

No.	Station Address	Packet Rate		Total Packets		Avg. Size		Errors	
		Rcv	Xmt	Rcv	Xmt	Rcv	Xmt	Rcv	Xmt
1	Broadcast	0	0	541	0	373	-		
2	CISCO 70-1 E1/4	0	0	2296	15003	124	466		
3	Cisco*CCCCC	0	0	5	0	341	-		
4	fsuj08 INDY	0	0	116	117	127	151		
5	fsuj81 SUN usparc	0	0	10269	1073	997	269		
6	fsuj82 Indigo^2	1	0	170386	696	941	238		
7	Sun81683D	0	1	855	167777	129	979		
8	USoCa*000001	0	0	7	0	64	-		
9	USoCa*000004	0	0	41	0	64	-		
10	USoCa*000005	0	0	79	0	97	-		
11	USoCa*000102	0	0	7	0	78	-		
12	WstDigo15FC4	0	0	0	4	-	89		
13	WstDigoF278EB	0	0	234	194	789	83		
14	00 60 5C 8C 13 65	0	0	1553	1525	247	71		

Screen Function Keys

F1 Help	F2	F3 Global	F4 Rate	F5 Util	F6 Station	F7 TxStats	F8	F9 More	F10 Back
---------	----	-----------	---------	---------	------------	------------	----	---------	----------

01/01/90 LANalyzer(R) Network Analyzer by NCC 00:23
 00:17:59, Collection stopped, test finished Run Rate
 c:\nlanz\802.3\default

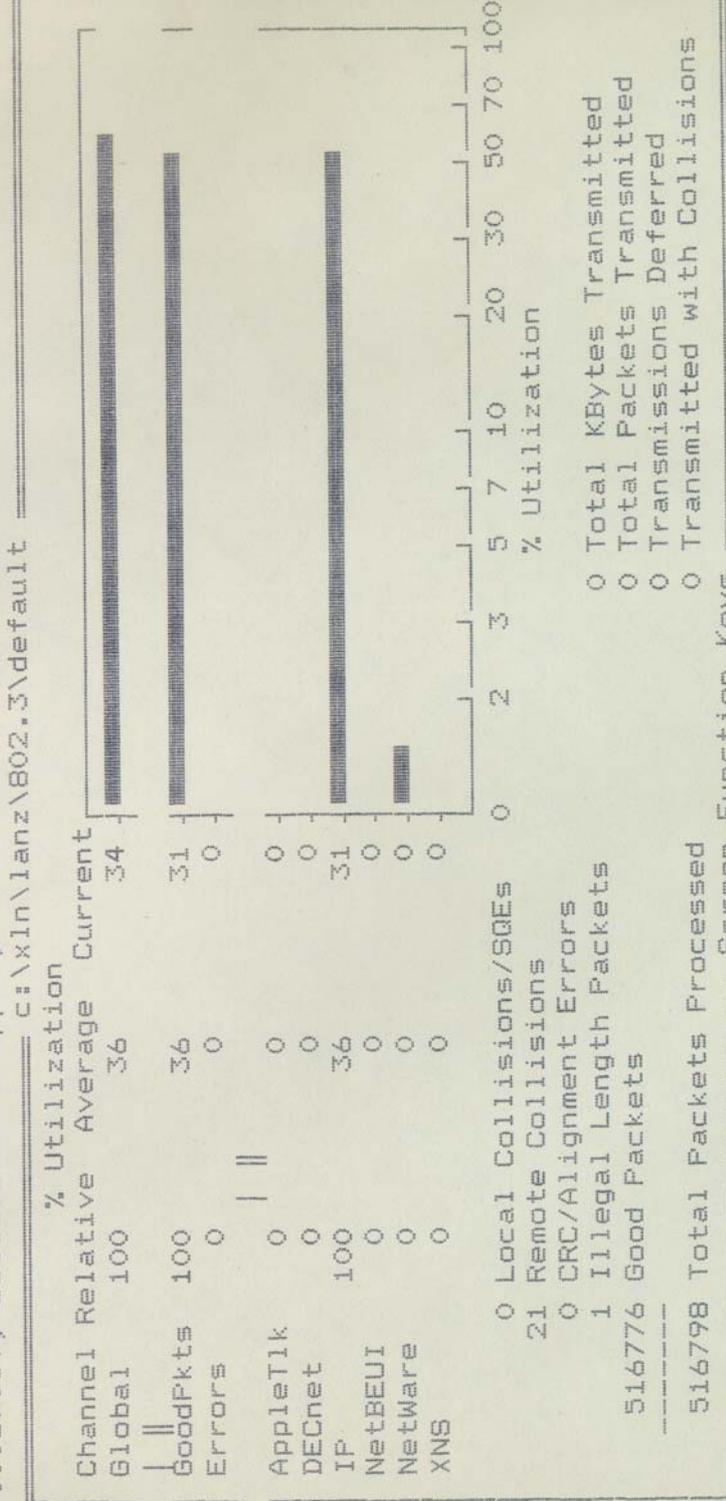


0 Local Collisions/SQEs
 21 Remote Collisions
 0 CRC/Alignment Errors
 1 Illegal Length Packets
 516776 Good Packets

 516798 Total Packets Processed 1267 Packets Saved In Buffer

F1 Help F2 Global F3 Rate F4 Util F5 Station F6 TxStats F7 More F8 Back F9 F10

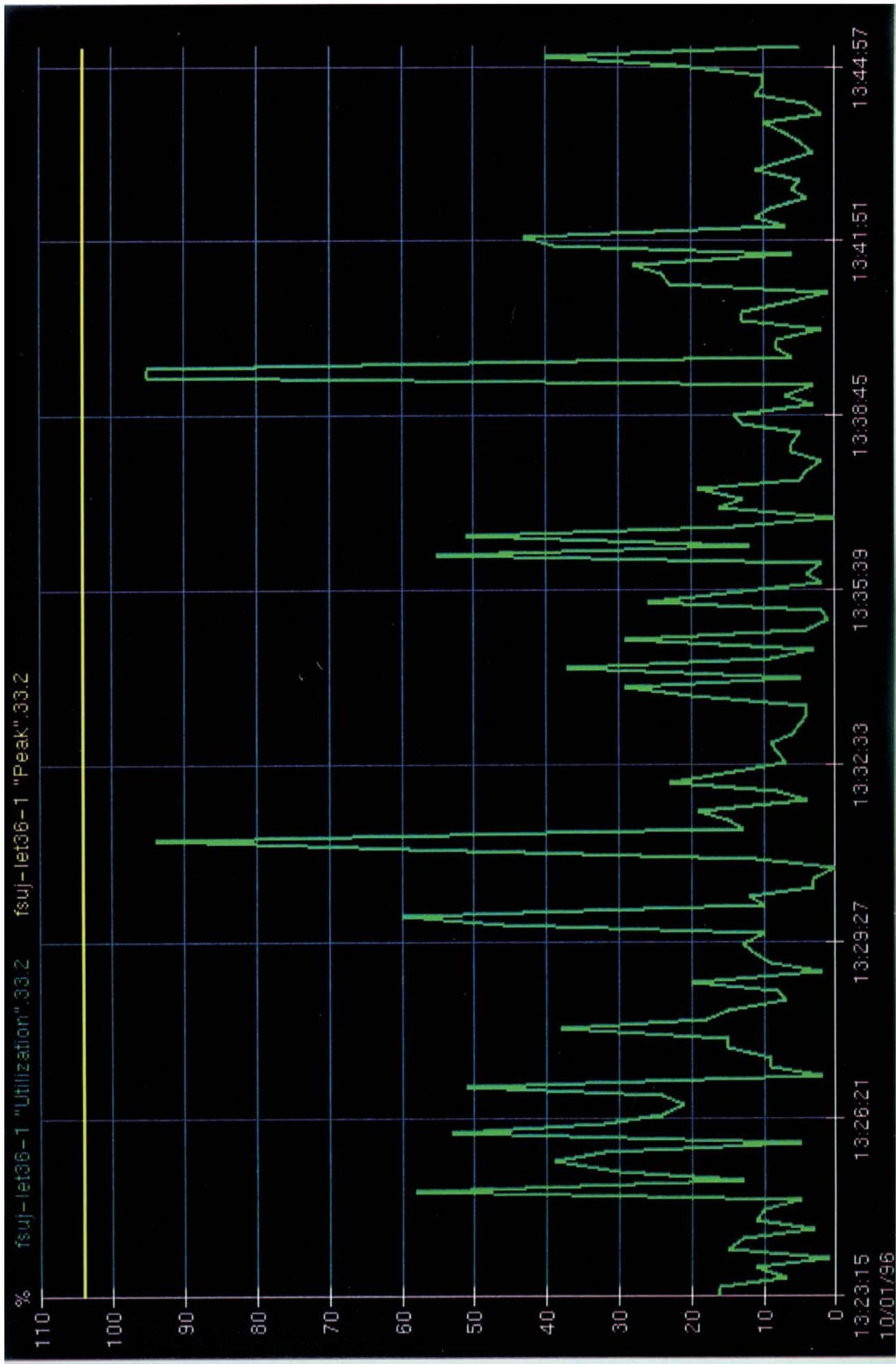
01/01/90 LANalyzer(R) Network Analyzer by NCC 00:29
 00:17:59, Collection stopped, test finished Run Util



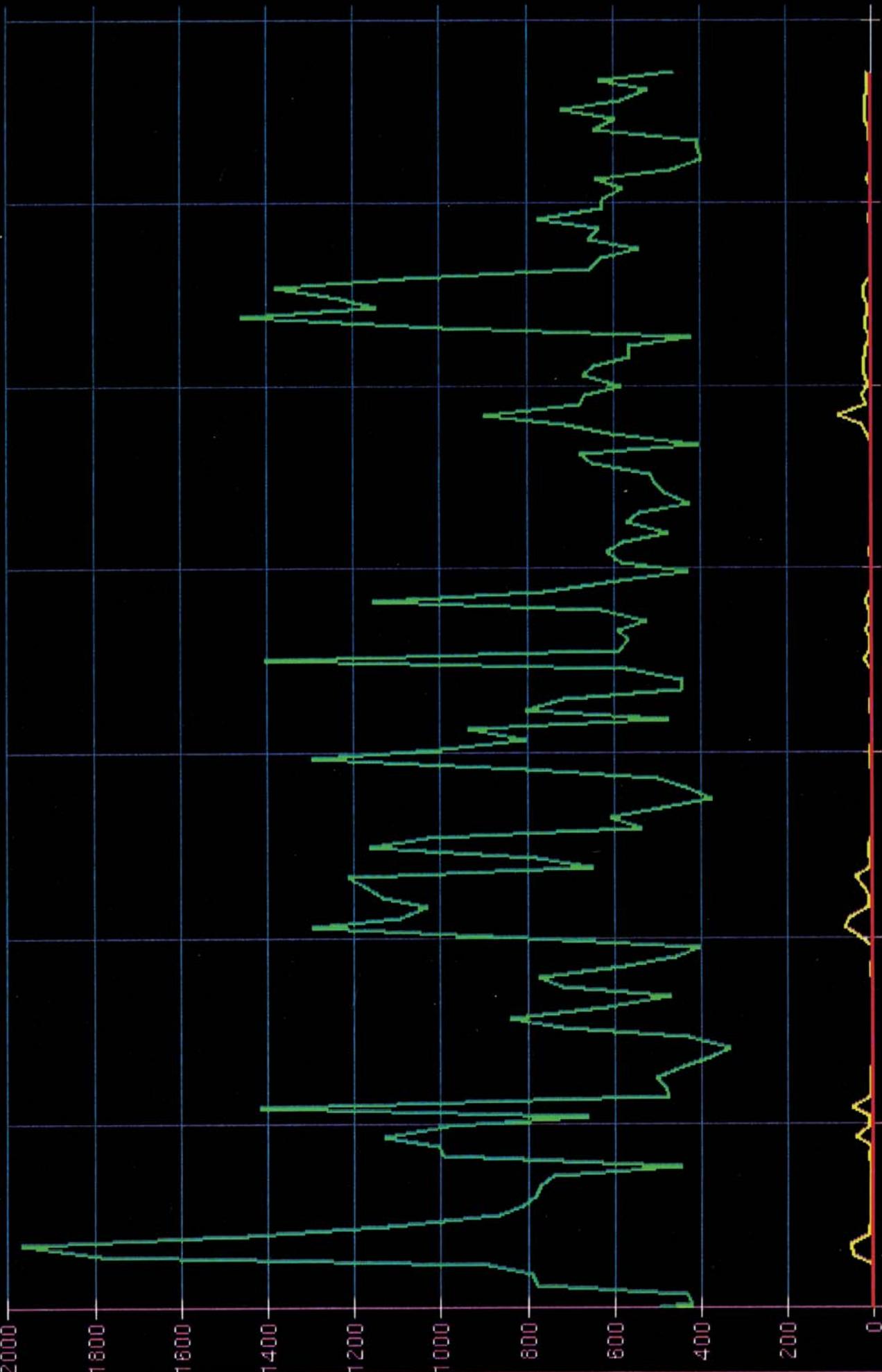
0 Total KBytes Transmitted
 0 Total Packets Transmitted
 0 Transmissions Deferred
 0 Transmitted with Collisions

Screen Function Keys: F5 Util, F6 Station, F7 TxStats, F8 More, F9 Back, F10 Back

Anlage 7: Lastanalyse Router Input/Output Test 1



number fsuj-let36-1 "Total Collisions".33.2 fsuj-let36-1 "Total Packets".33.2 fsuj-let36-1 "Total Errors".33.2

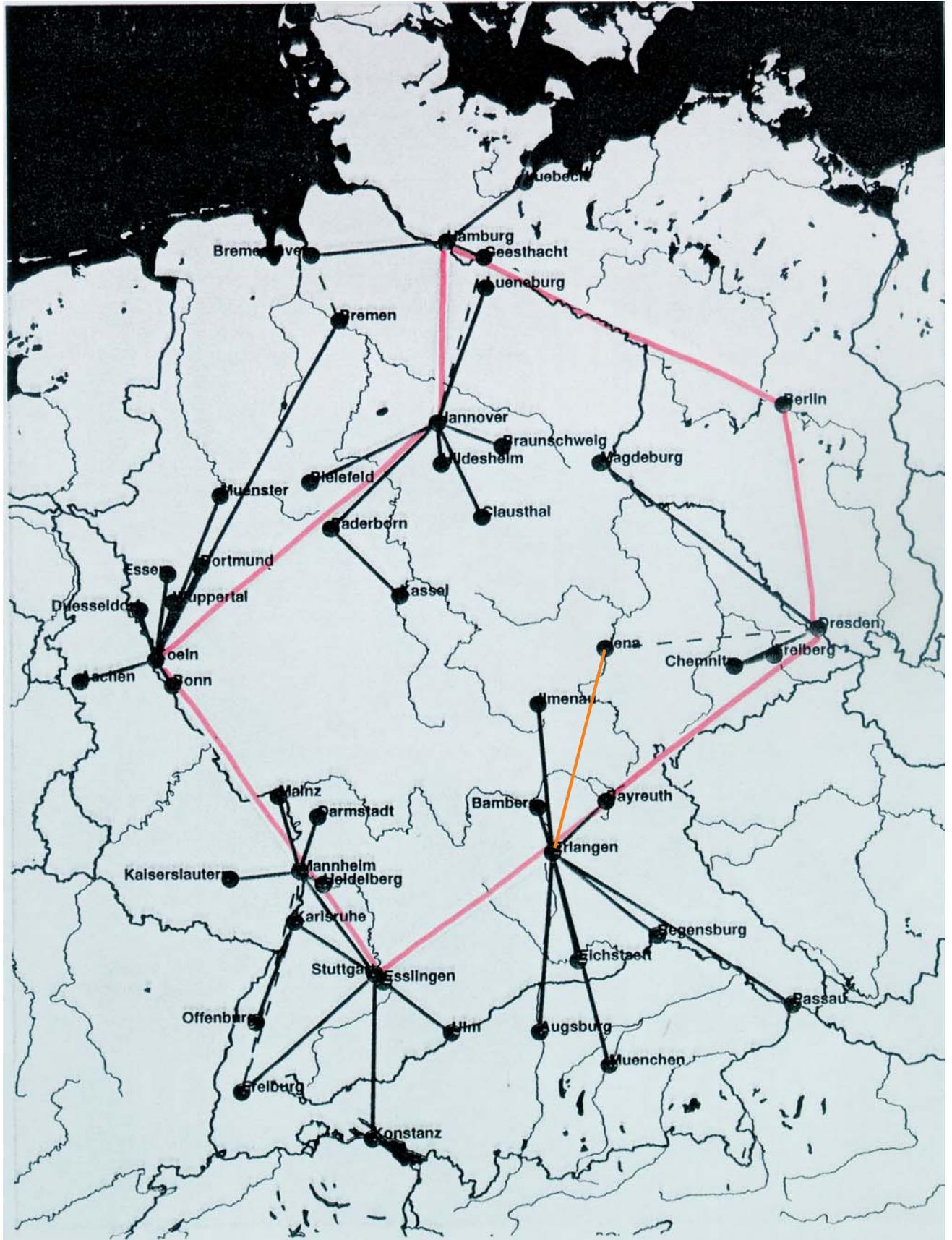


Anlage 8: Lastanalyse Router Input/Output Test 2

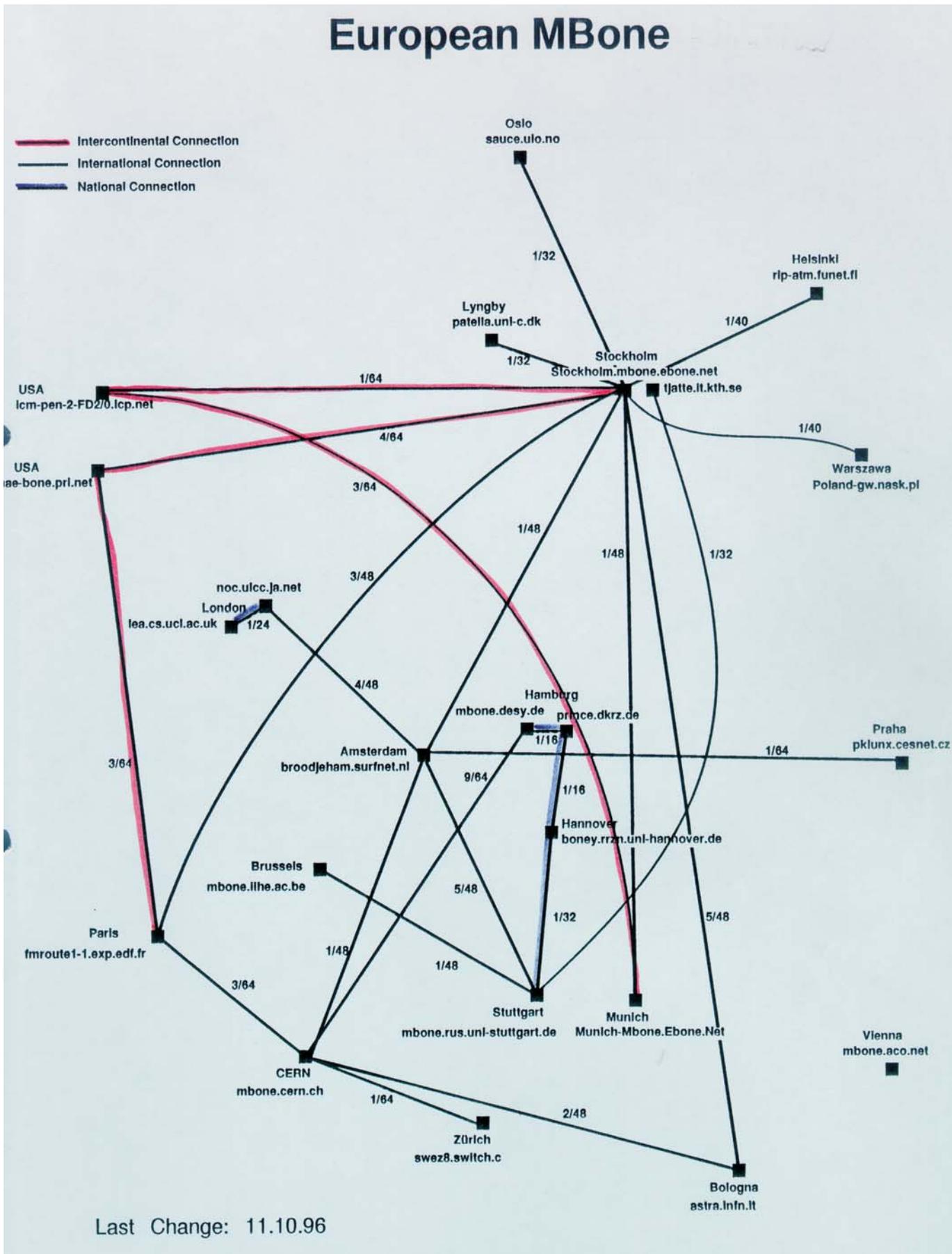


Veranstaltung 27.11.96
Sendeleistung SUN SPARC
ca. 400-500 kbit/s

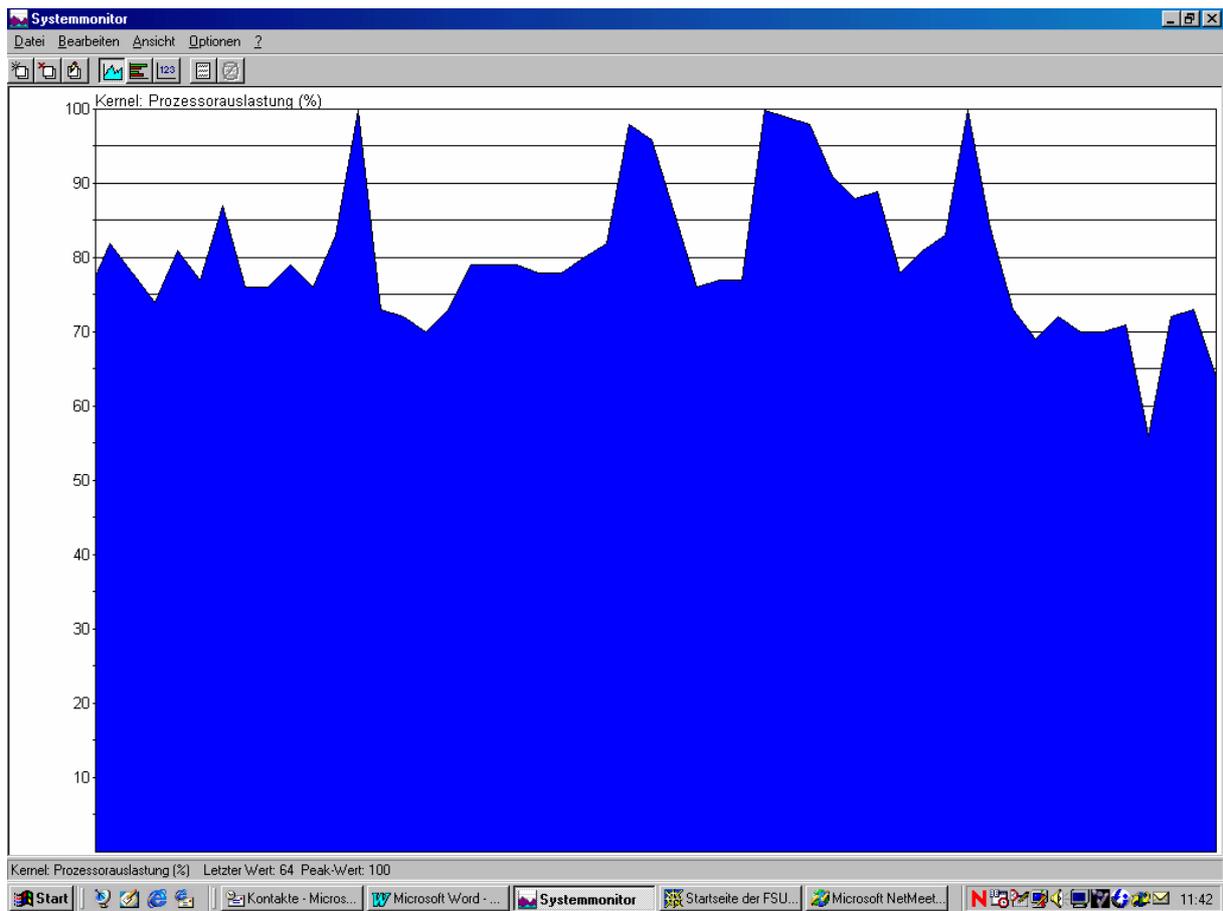
Anlage 9: Mbone Struktur Deutschland



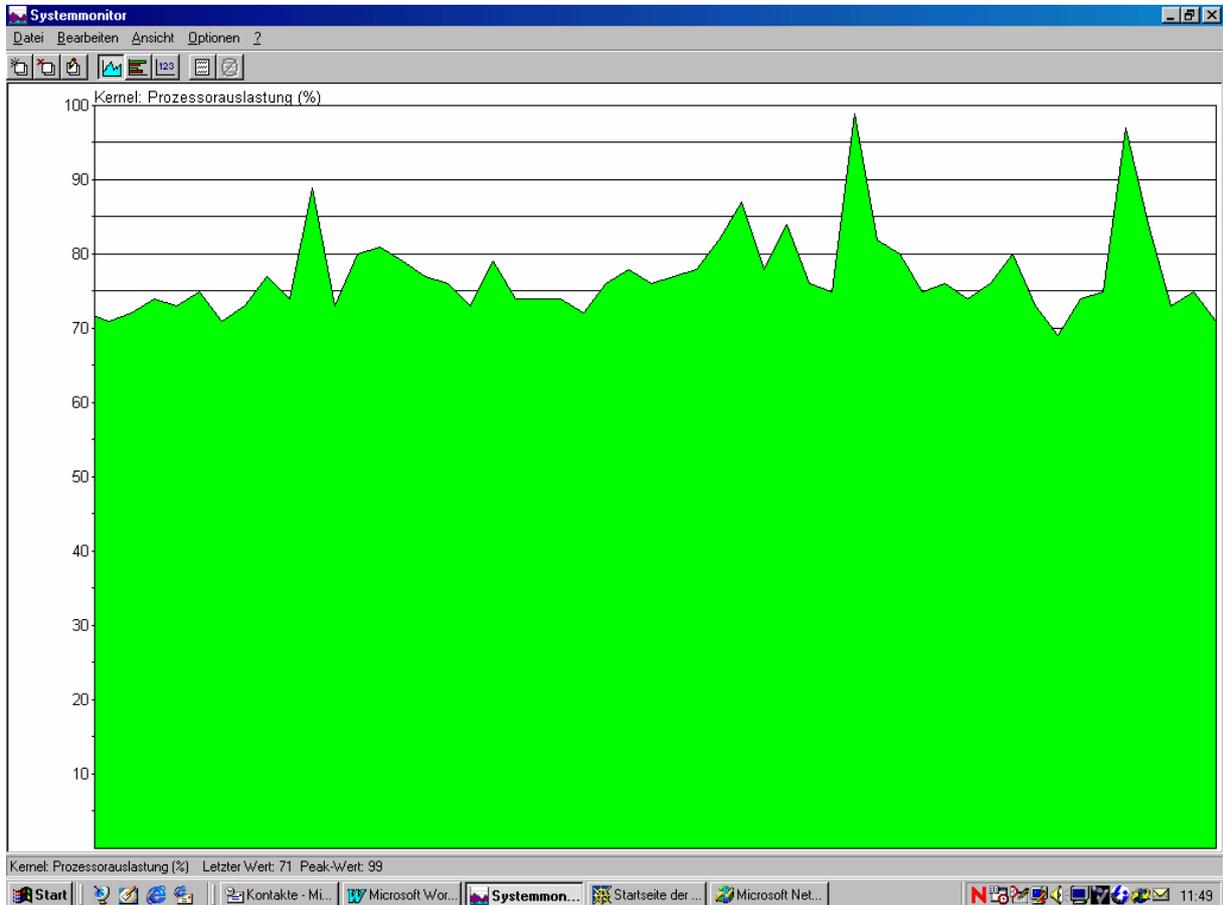
Anlage 10: European Mbone



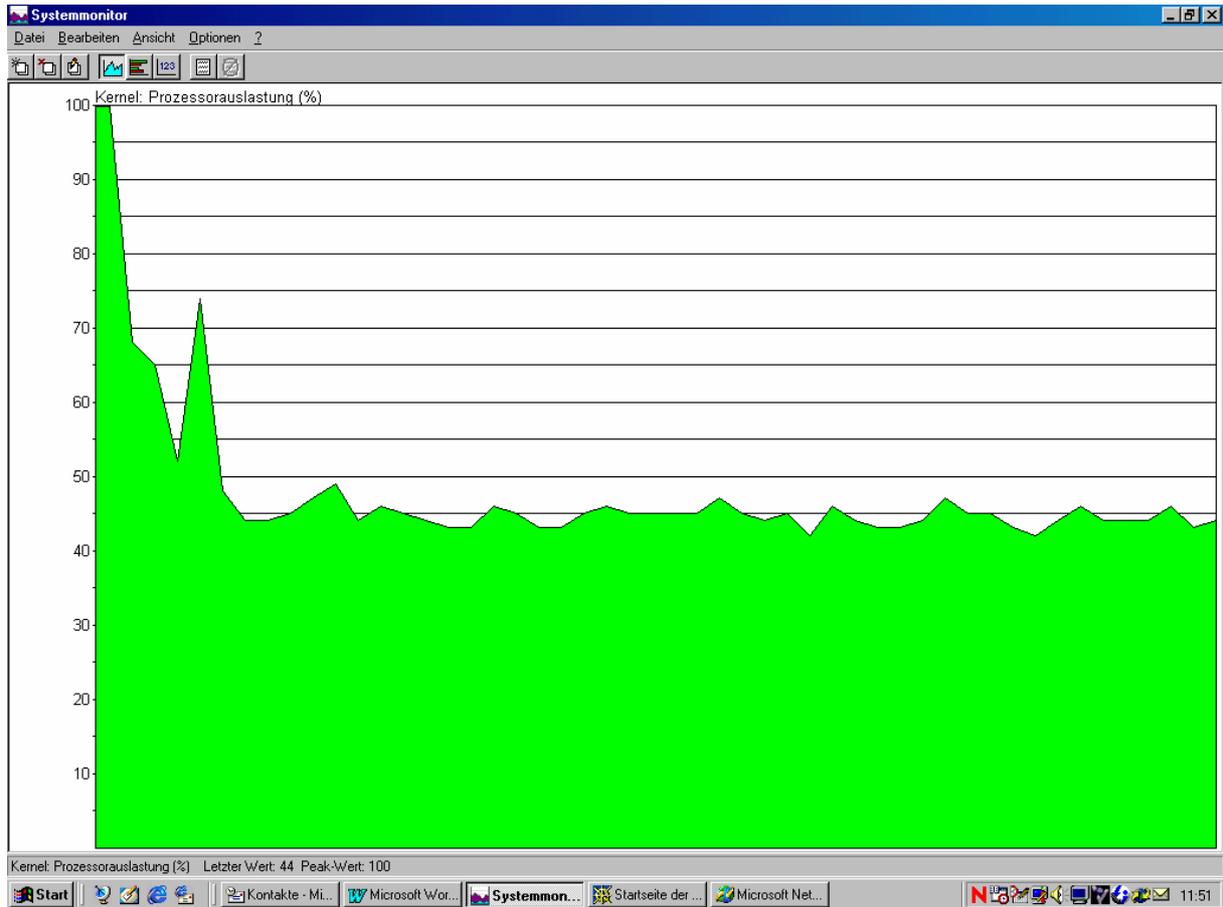
Anlage 11: MS-Netmeetig Audio-und Videokommunikation (Prozessorlast)



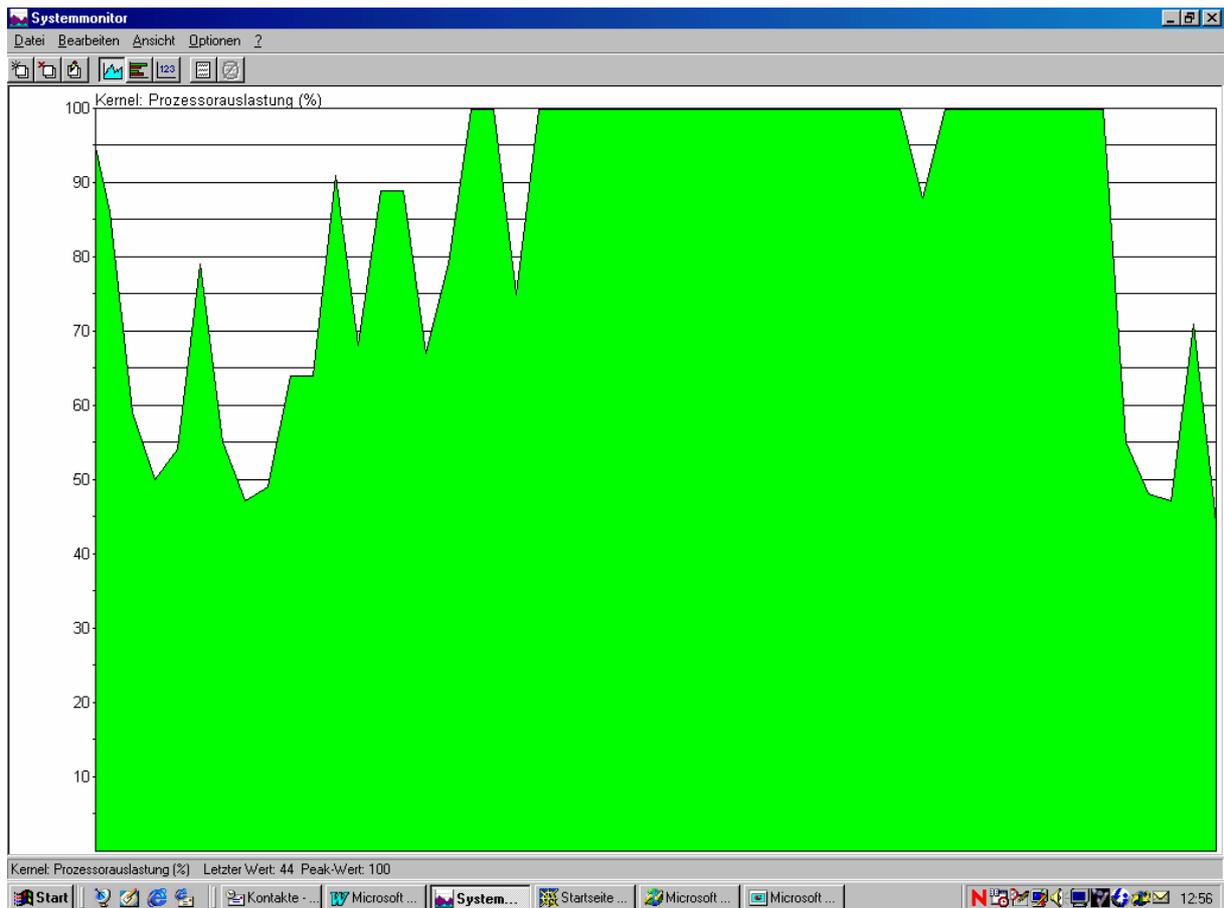
Anlage 12: MS-Netmeeting Audio- und Videokommunikation (Prozessorlast)



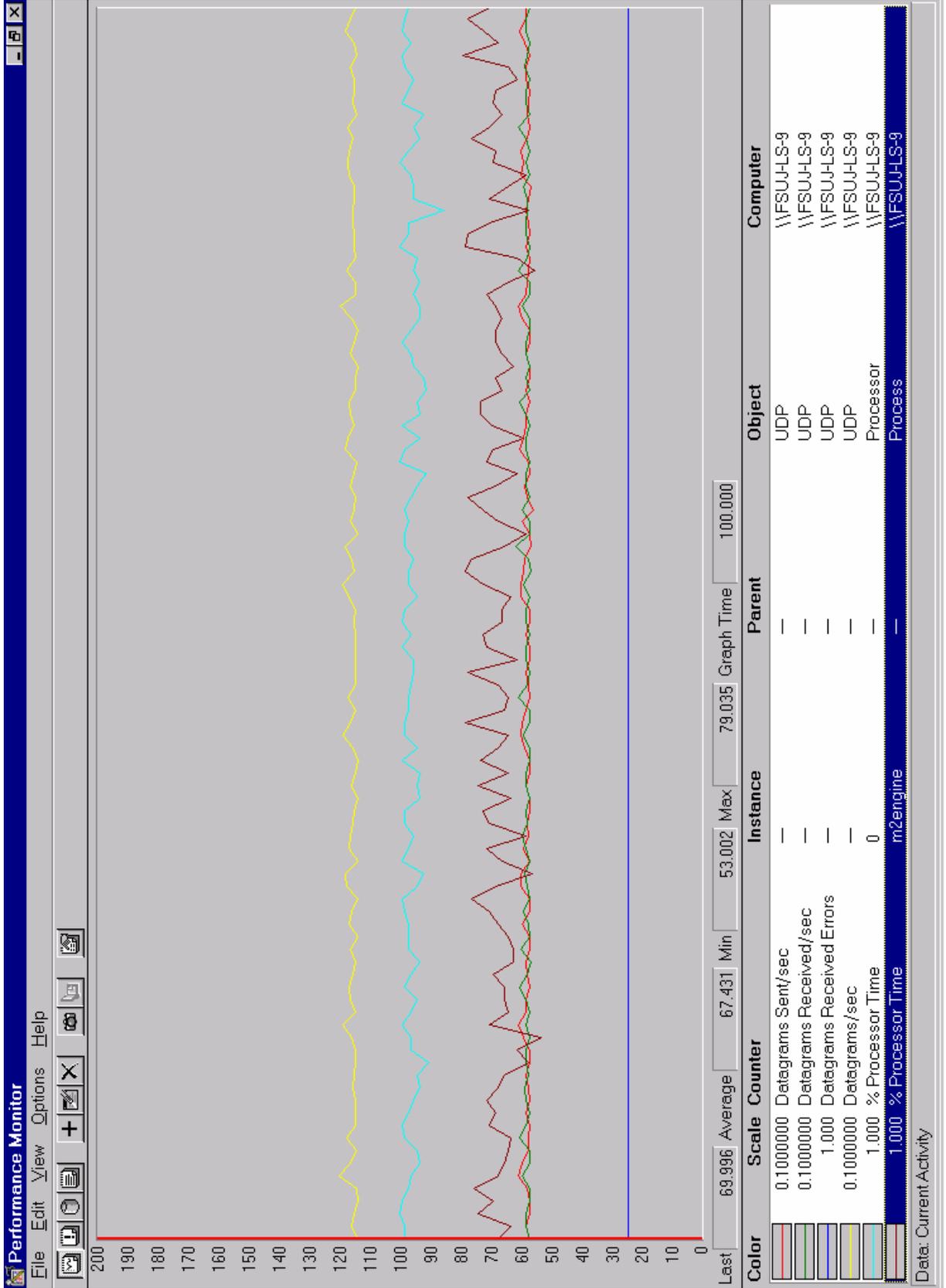
Anlage 13: MS-Netmeeting ohne Audio- und Videokommunikation (Prozessorlast)



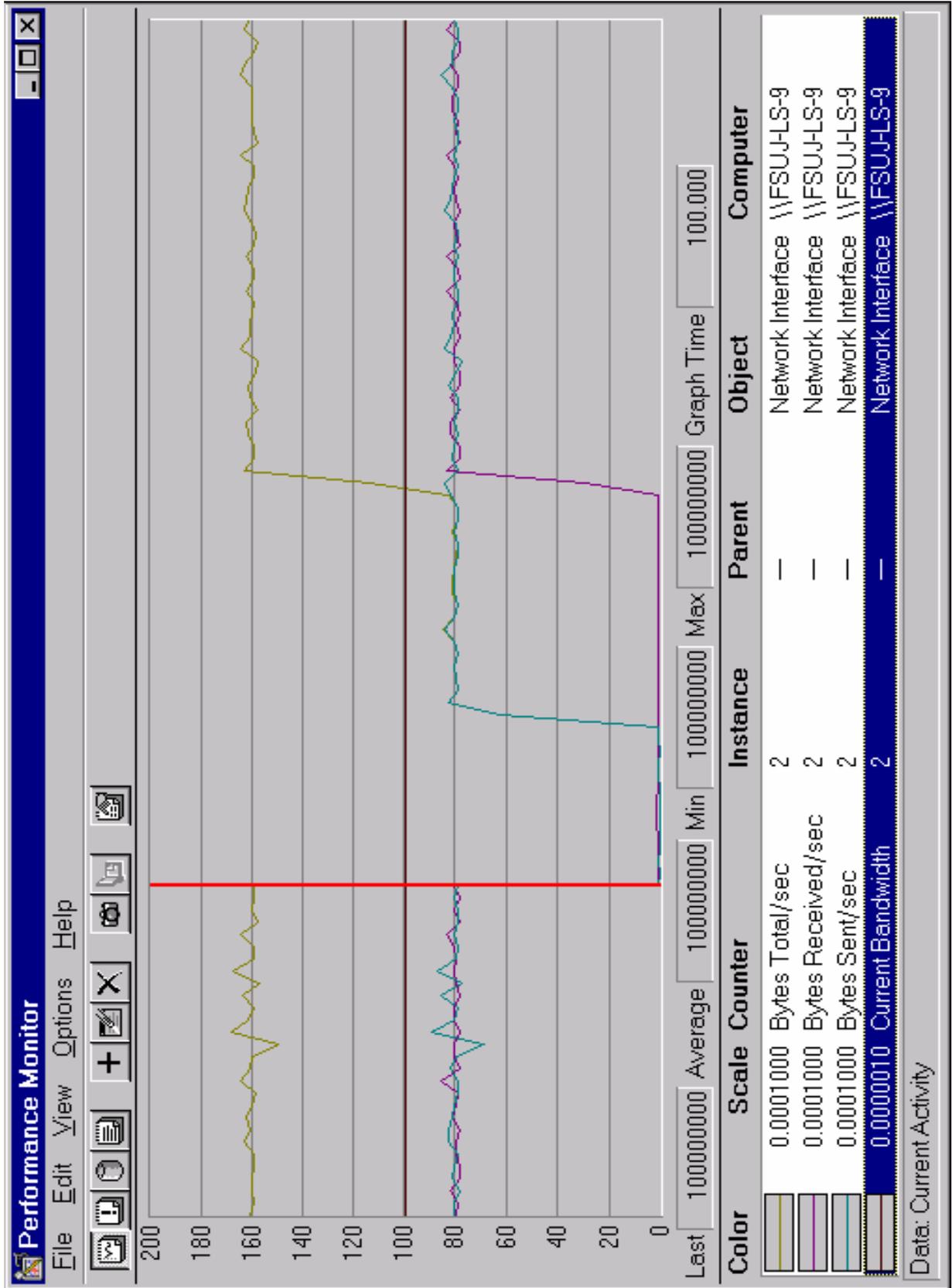
Anlage 14: MS-Netmeeting Application-Sharing mit PowerPoint und arbeiten in dieser Anwendung

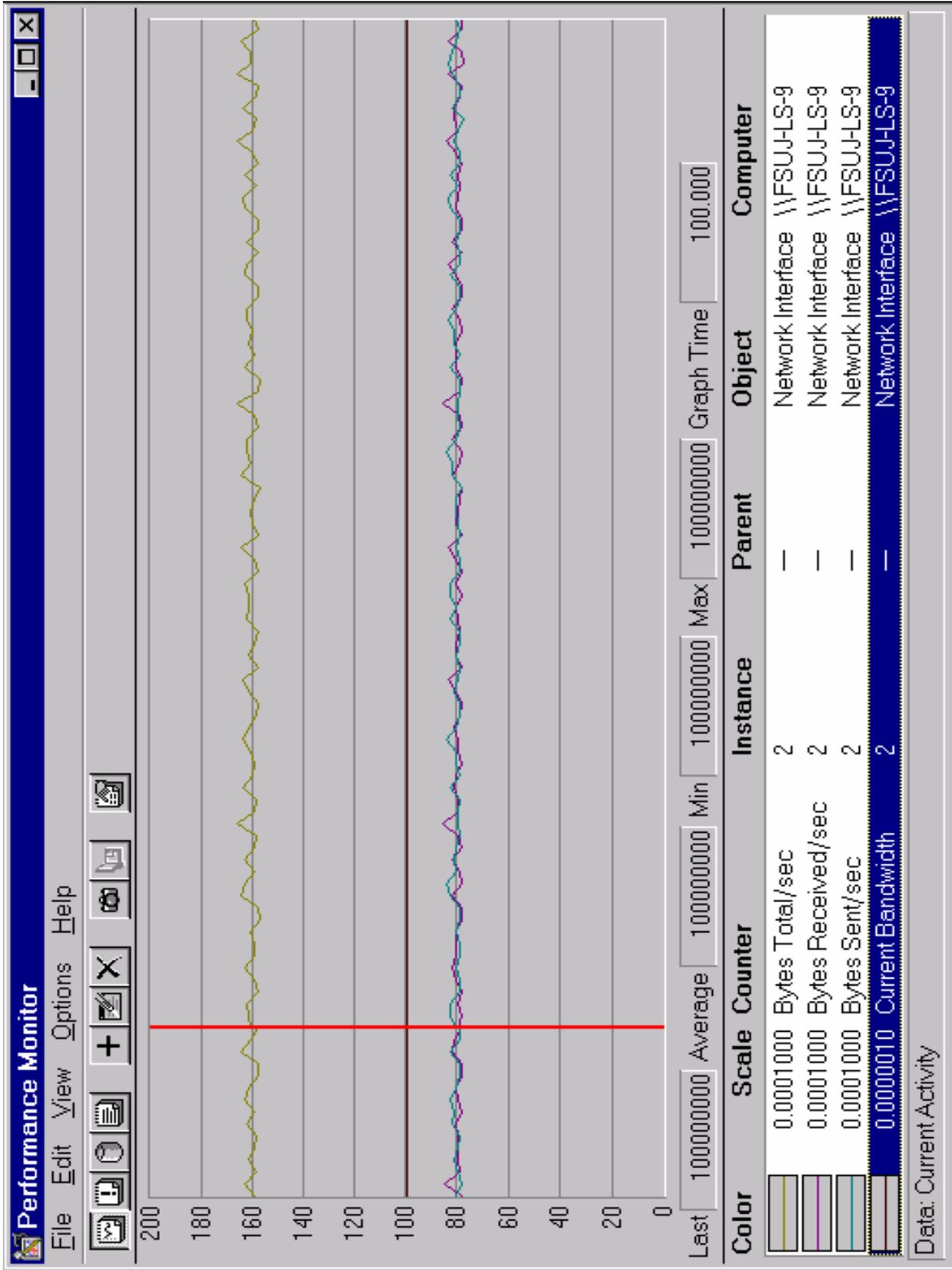


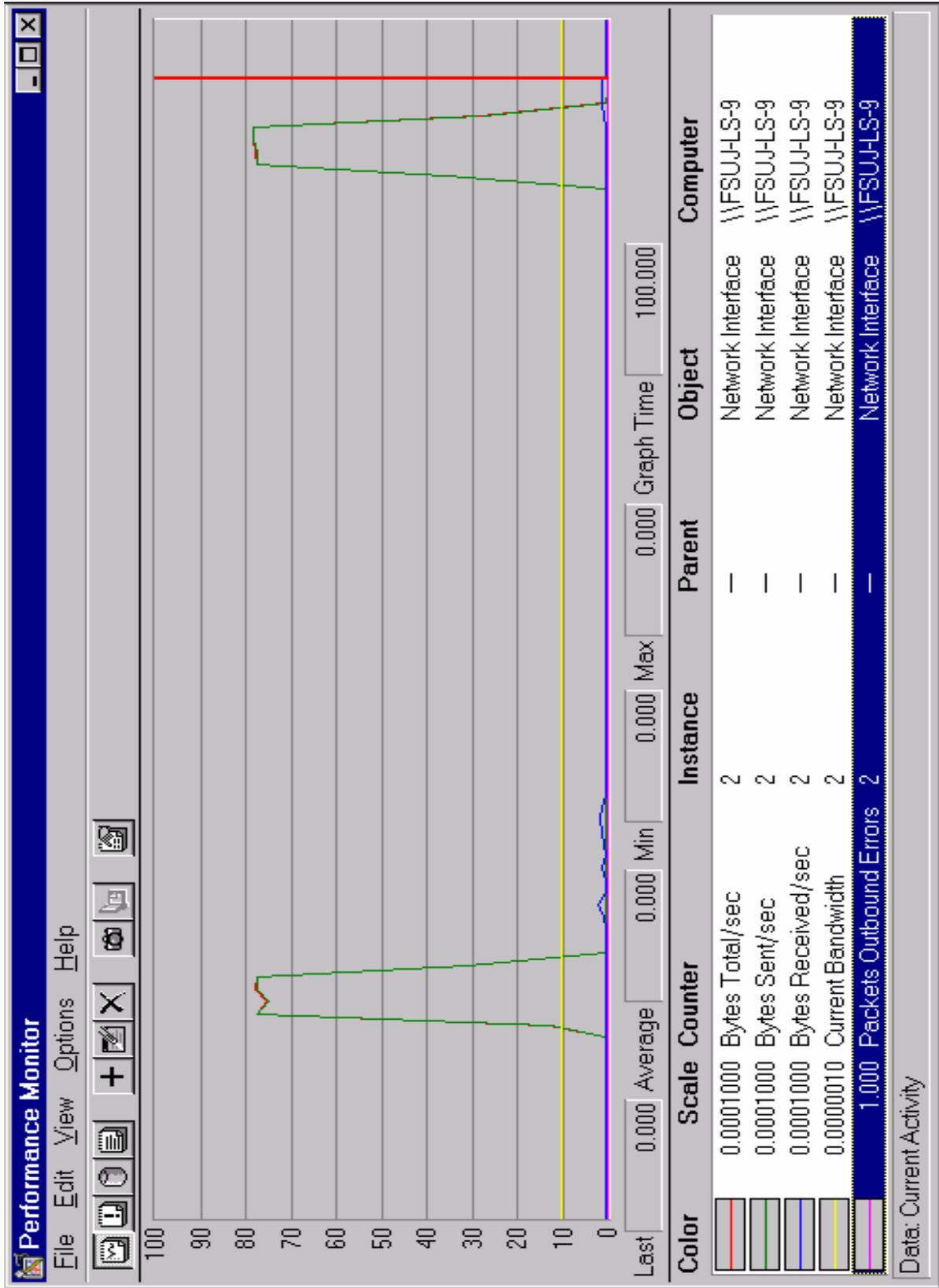
Anlage 15: Lastverteilung Optivision TX/RX Maschine



Anlage 16: Netzwerklast Optivision RX/TX System





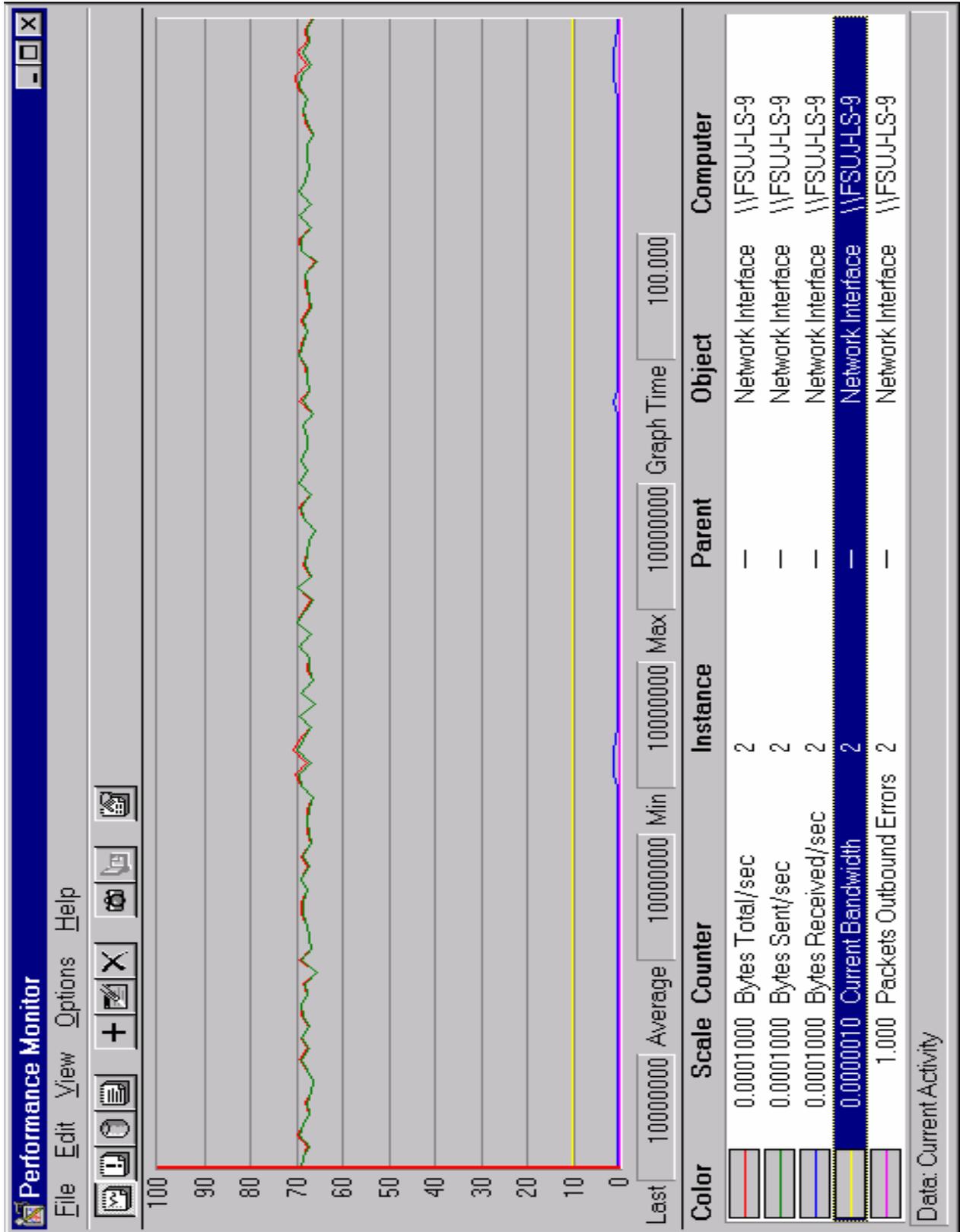


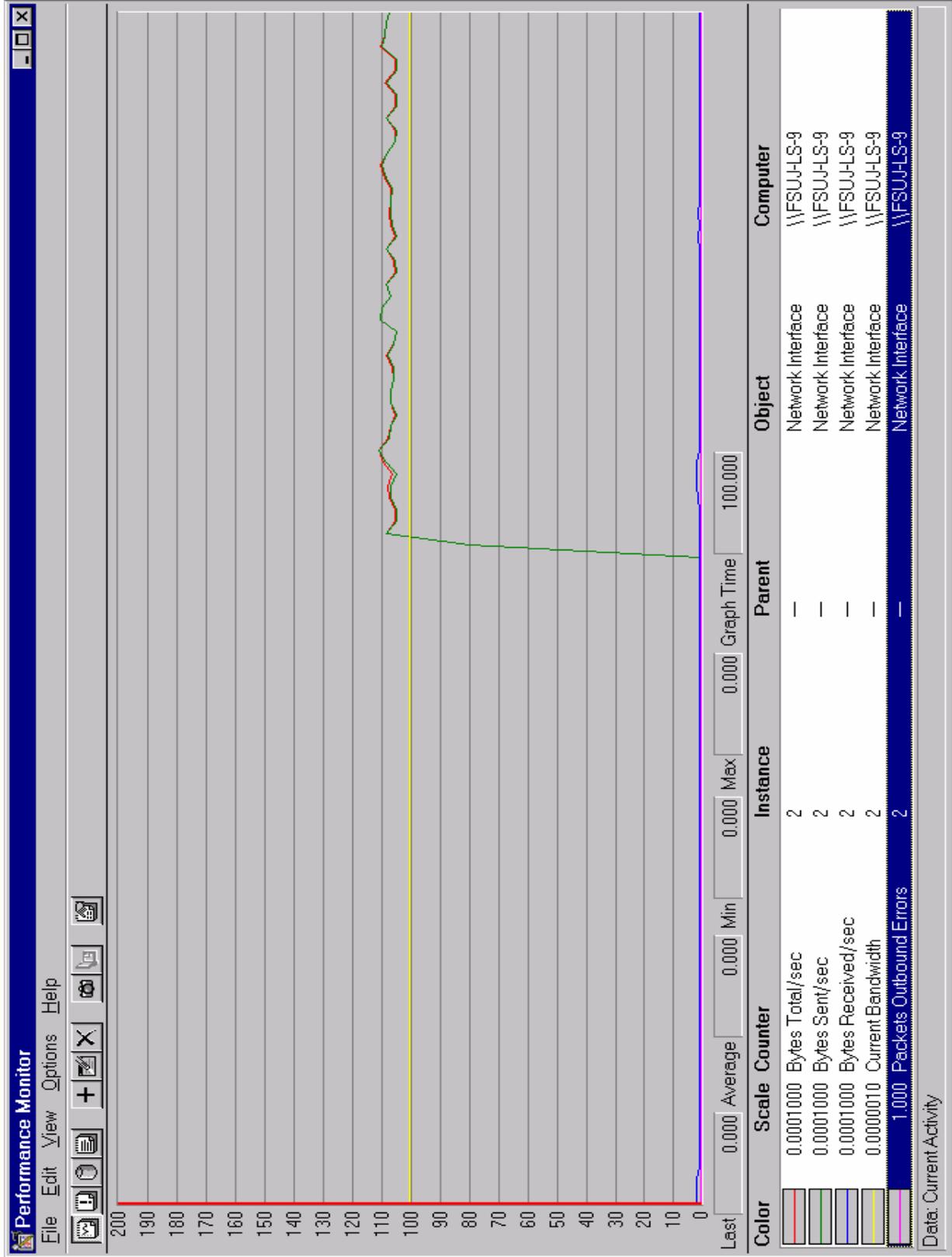
Performance Monitor
 File Edit View Options Help

Last: 0.000 Average: 0.000 Min: 0.000 Max: 0.000 Graph Time: 100.000

Color	Scale	Counter	Instance	Parent	Object	Computer
	0.0001000	Bytes Total/sec	2	—	Network Interface	\\FSUJ-LS-9
	0.0001000	Bytes Sent/sec	2	—	Network Interface	\\FSUJ-LS-9
	0.0001000	Bytes Received/sec	2	—	Network Interface	\\FSUJ-LS-9
	0.0000010	Current Bandwidth	2	—	Network Interface	\\FSUJ-LS-9
	1.000	Packets OutboundErrors	2	—	Network Interface	\\FSUJ-LS-9

Data: Current Activity





Performance Monitor

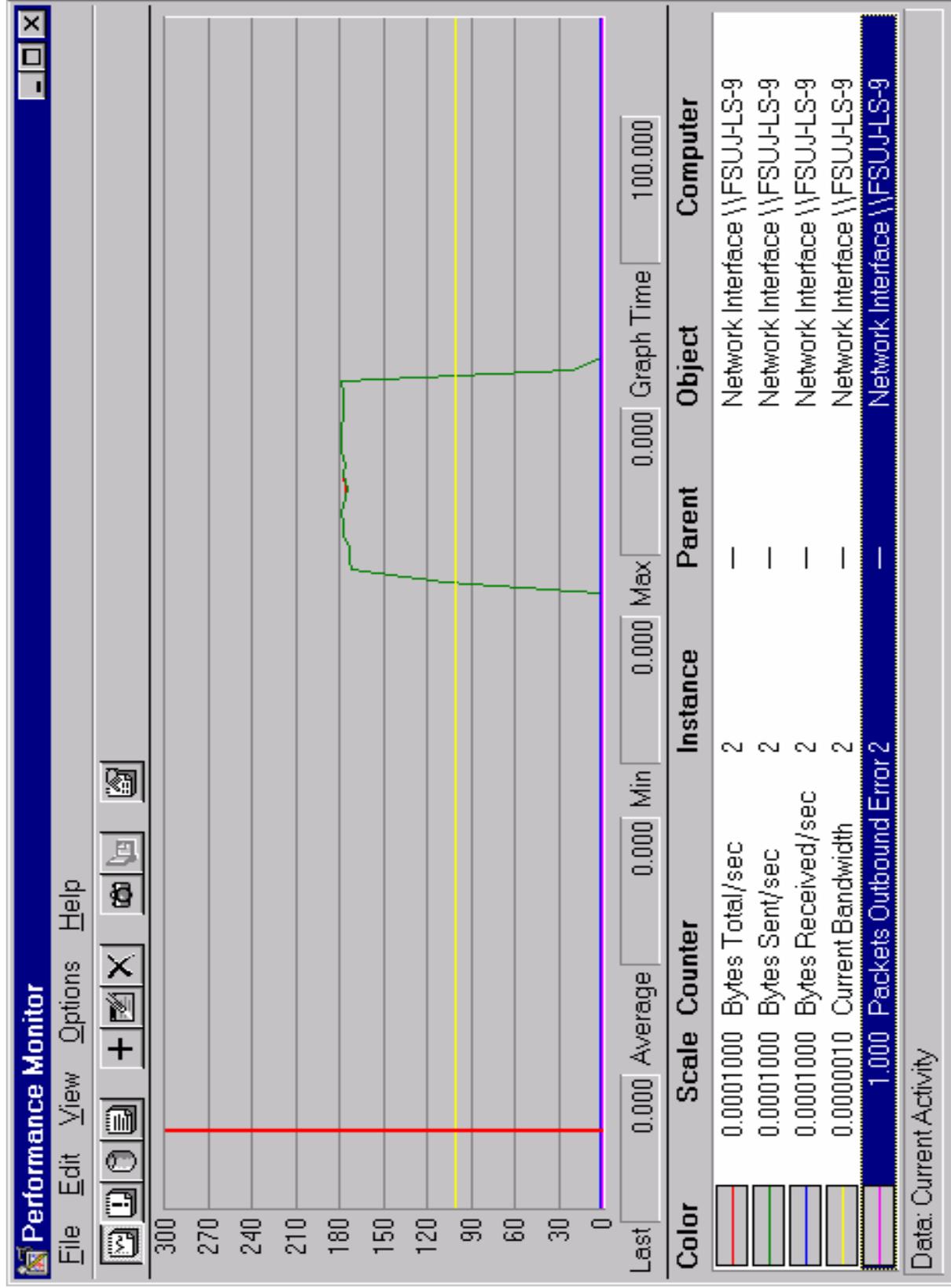
File Edit View Options Help

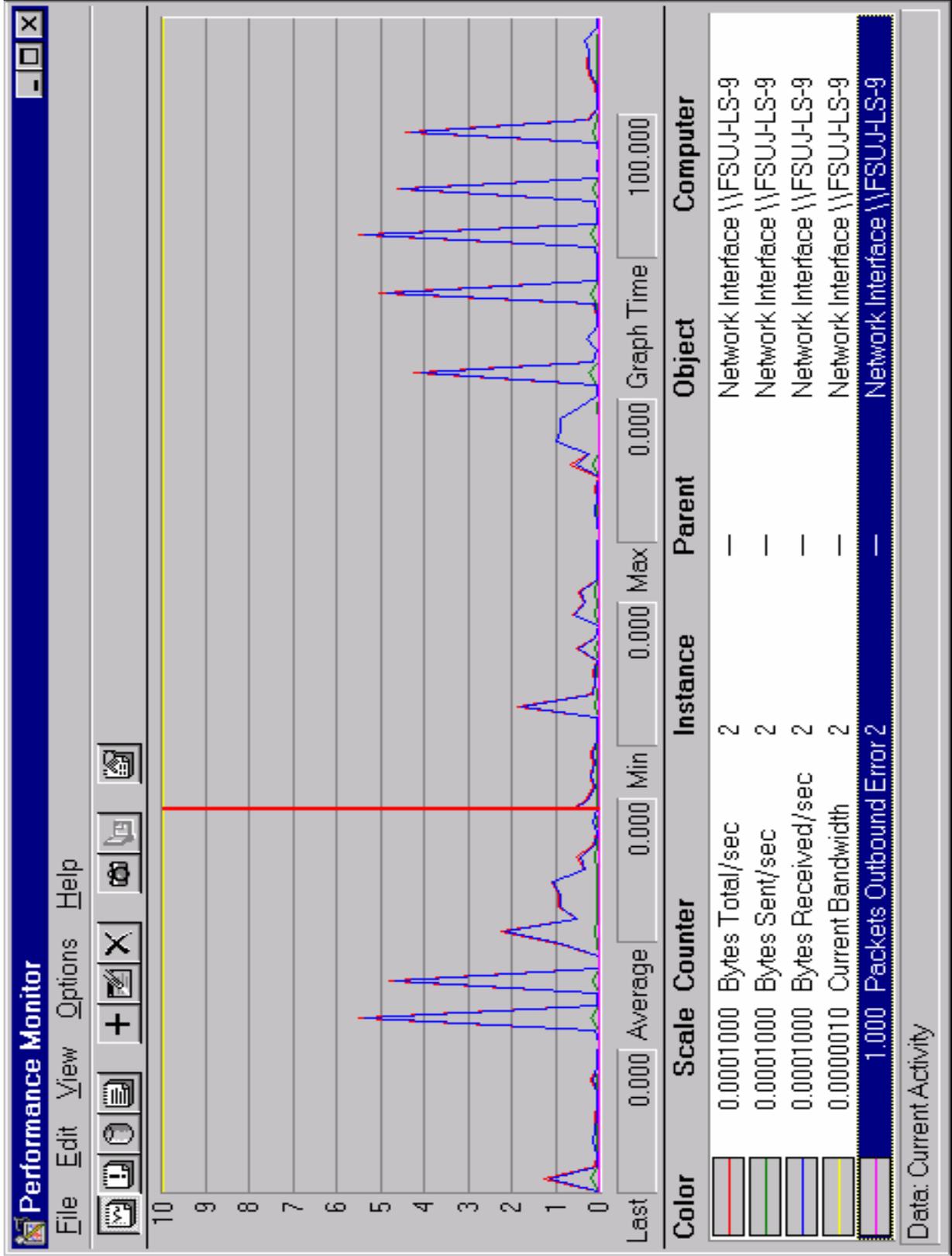
The Performance Monitor window displays a line graph with a vertical axis from 0 to 200 and a horizontal axis from 0 to 100,000. A red line starts at 0, jumps to approximately 160 at x=10,000, and then fluctuates between 140 and 160. A green line follows a similar path but stays slightly below the red line. A yellow horizontal line is drawn at y=100. A blue vertical line is at x=100,000. A pink horizontal line is at y=0. Below the graph is a table of network statistics.

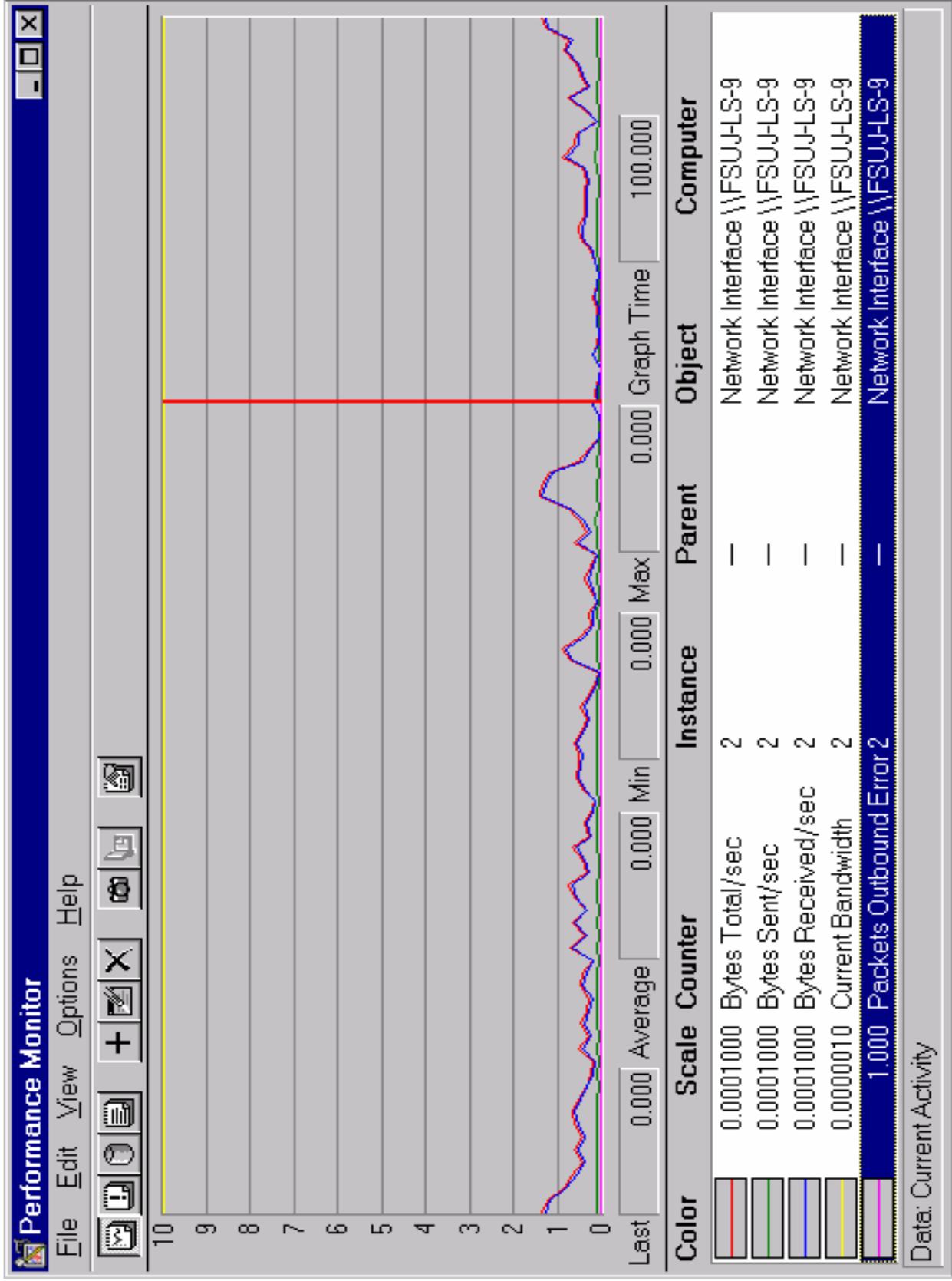
Color	Scale	Counter	Instance	Parent	Object	Computer
	0.0001000	Bytes Total/sec	2	—	Network Interface \\FSUJ-LS-9	FSUJ-LS-9
	0.0001000	Bytes Sent/sec	2	—	Network Interface \\FSUJ-LS-9	FSUJ-LS-9
	0.0001000	Bytes Received/sec	2	—	Network Interface \\FSUJ-LS-9	FSUJ-LS-9
	0.0000010	Current Bandwidth	2	—	Network Interface \\FSUJ-LS-9	FSUJ-LS-9
	1.000	Packets Outbound Error 2	2	—	Network Interface \\FSUJ-LS-9	FSUJ-LS-9

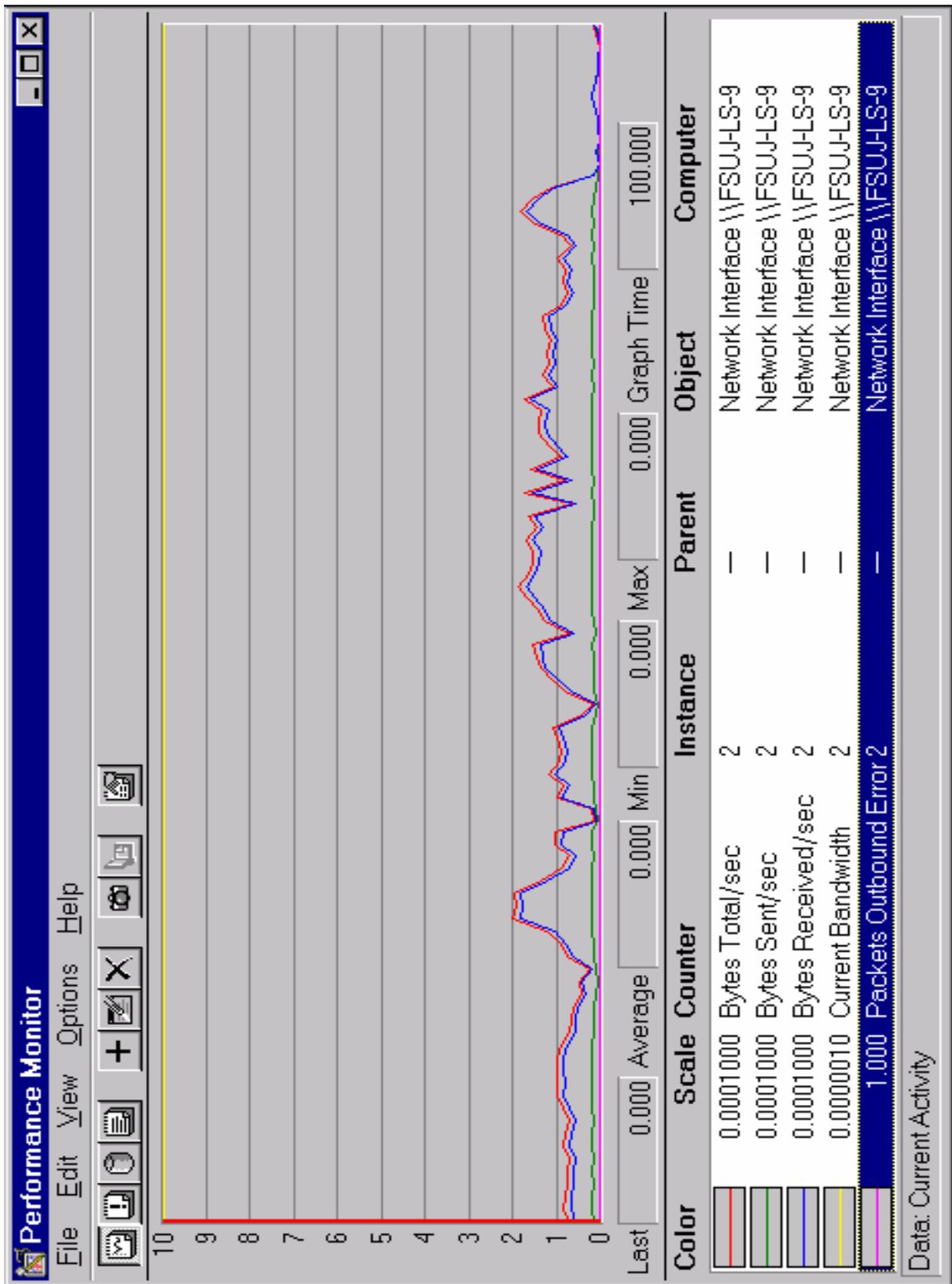
Last: 0.000 Average: 0.000 Min: 0.000 Max: 0.000 Graph Time: 100.000

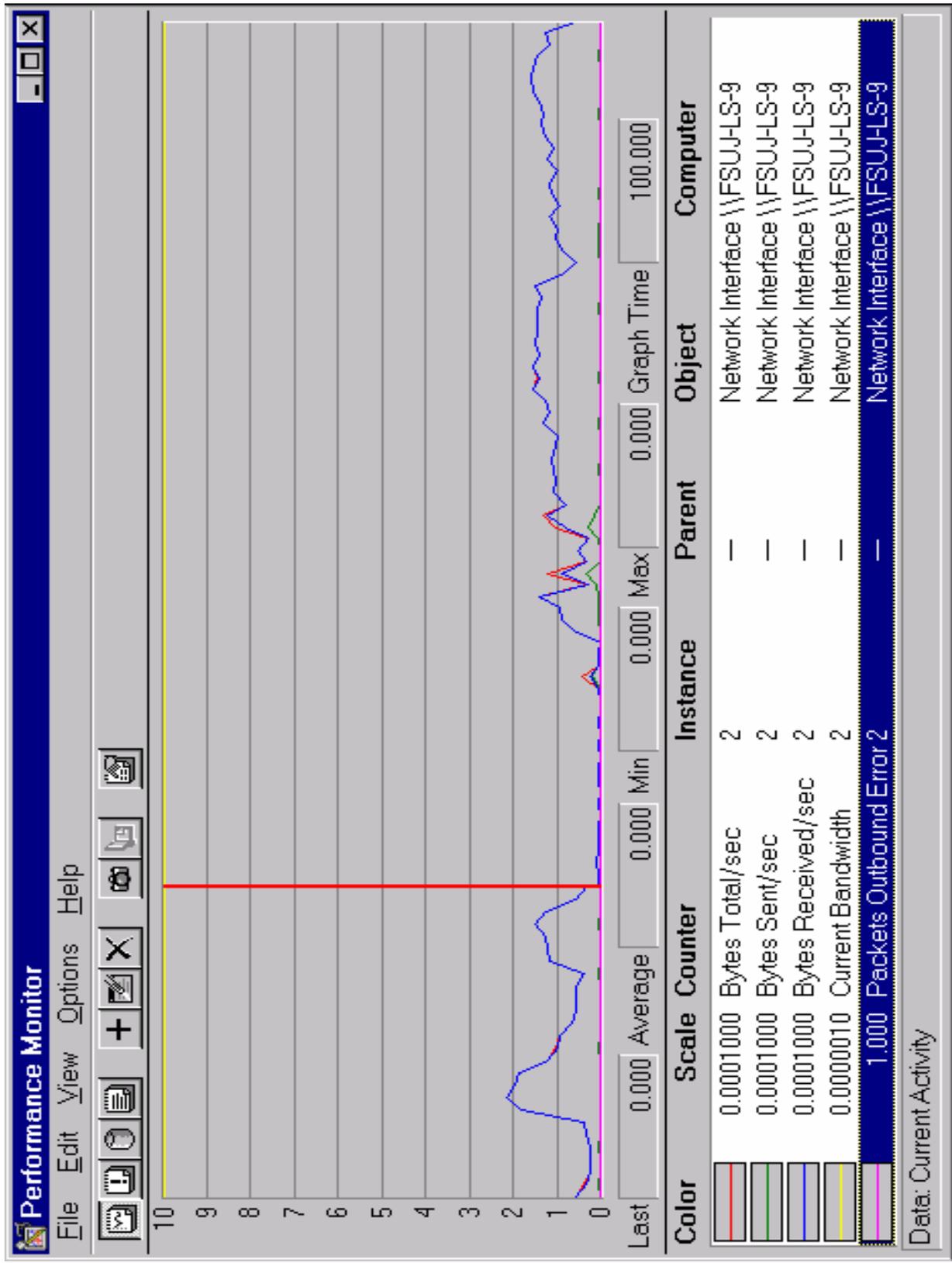
Data: Current Activity



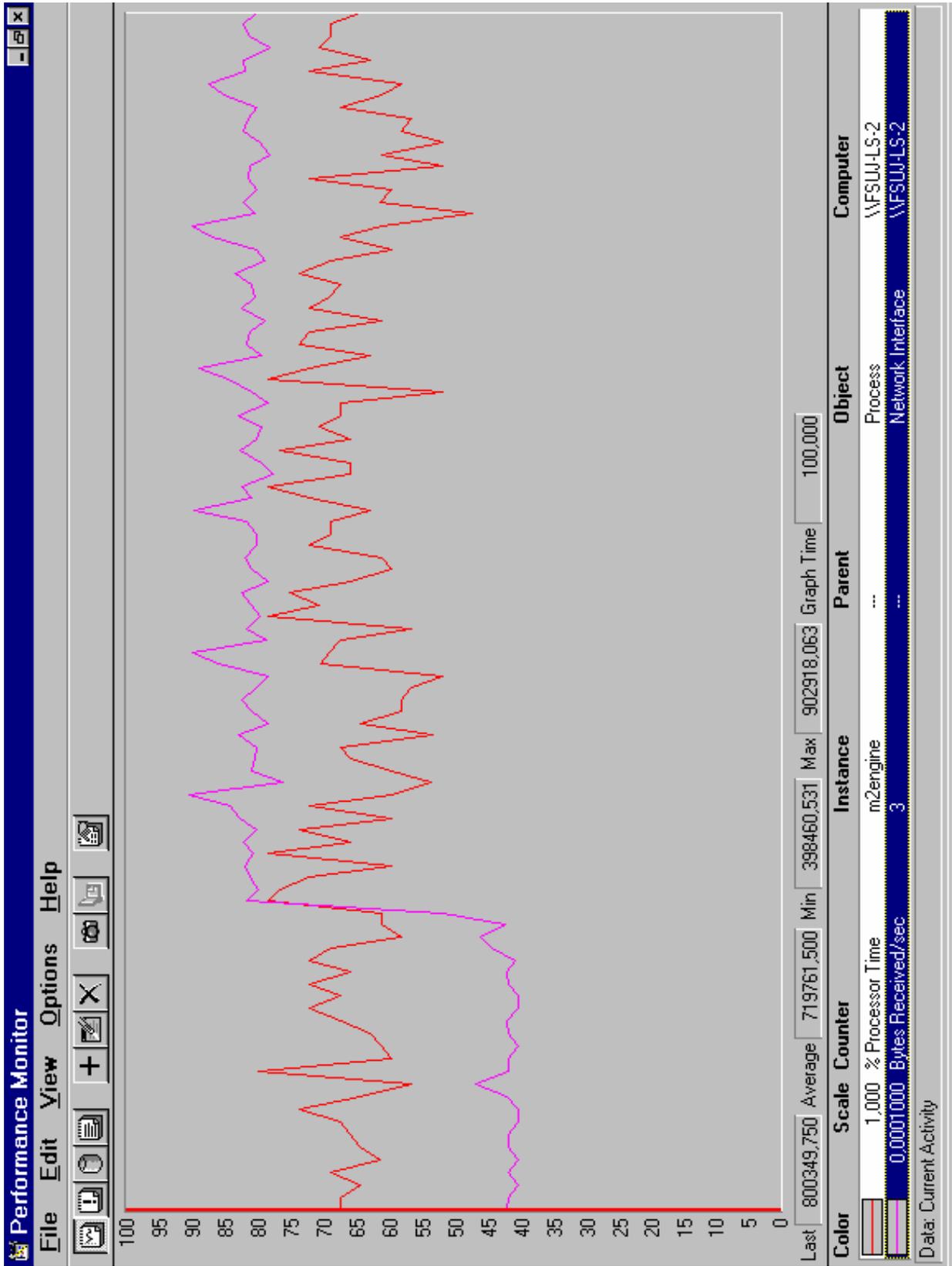


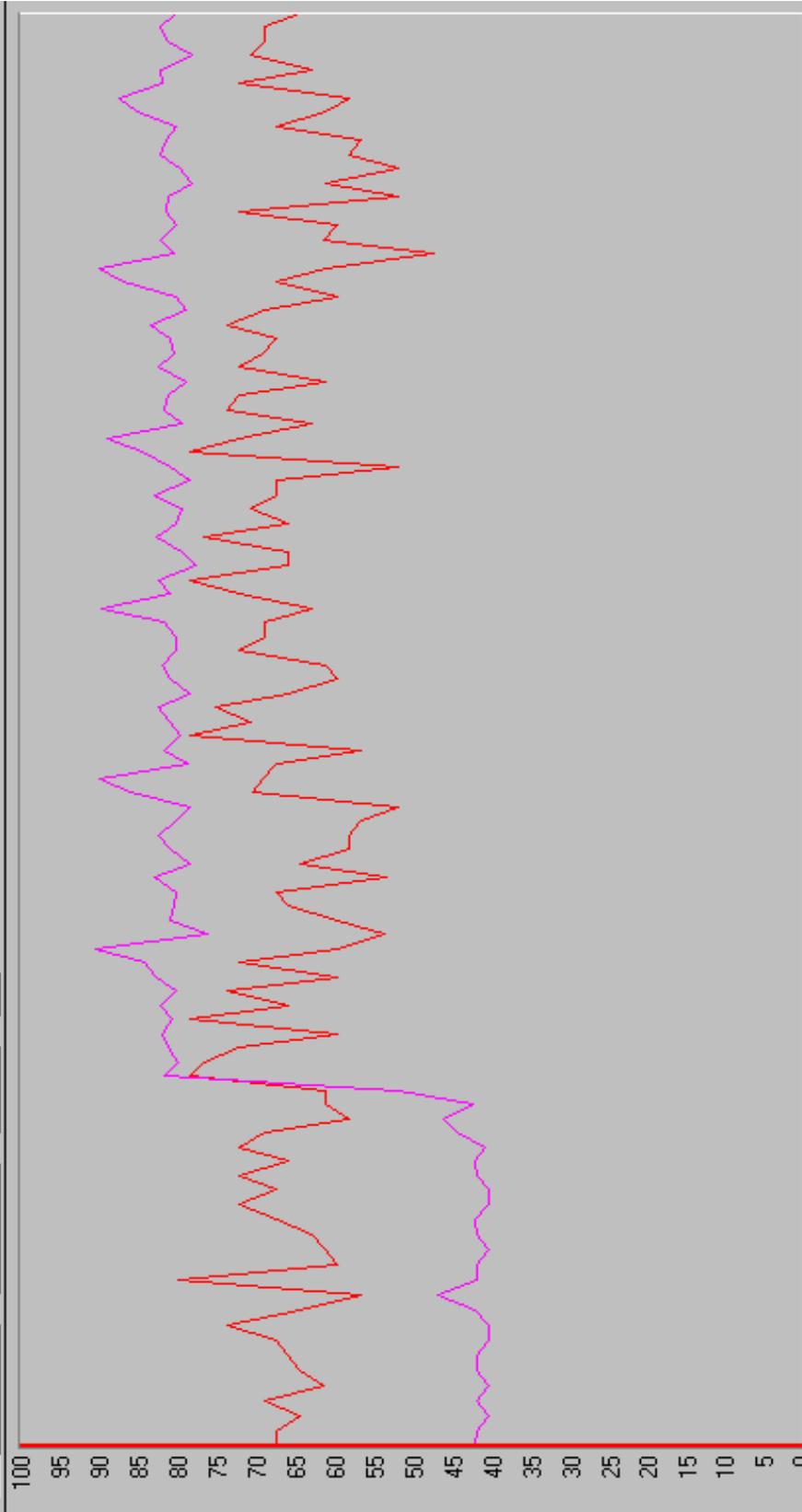






Anlage 28: Empfangen mit 3 Mbit/s und mit 6 Mbit/s (2 Datenströme)

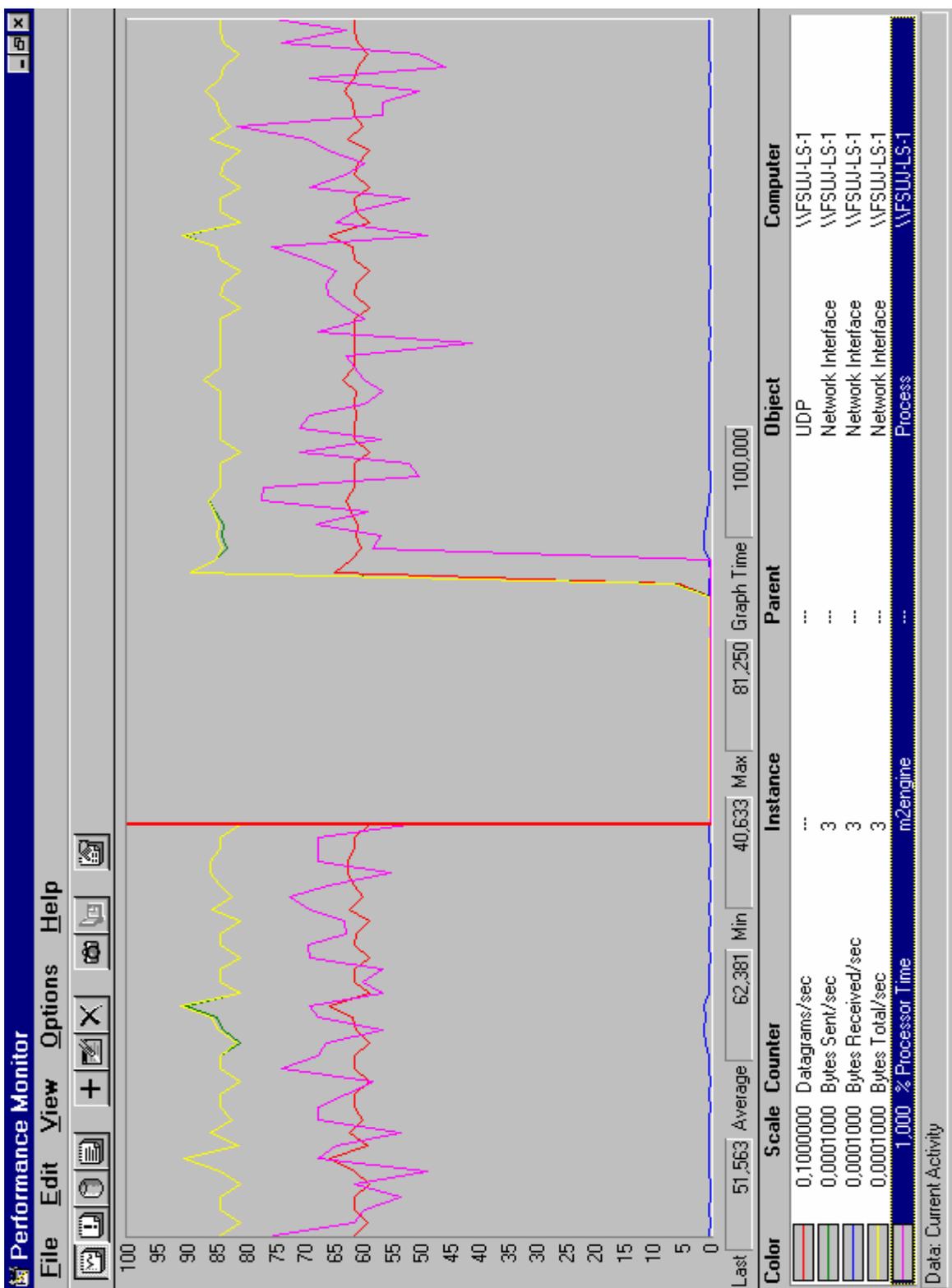




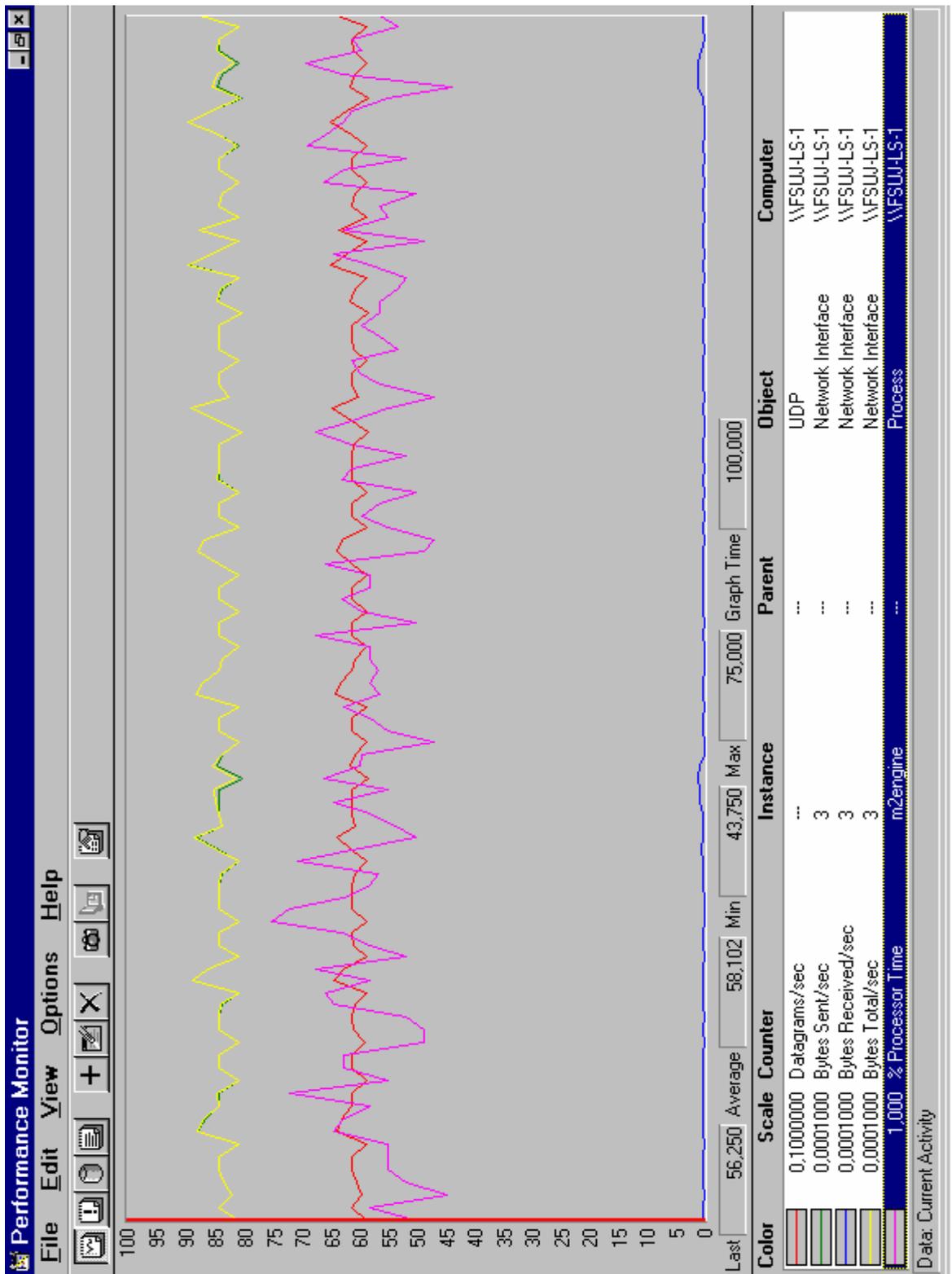
Last 800349,750 Average 719761,500 Min 398460,531 Max 902918,063 Graph Time 100,000

Color	Scale Counter	Instance	Parent	Object	Computer
Red	1,000 % Processor Time	m2engine	...	Process	\\FSUJ-LS-2
Purple	0.0001000 Bytes Received/sec	3	...	Network Interface	\\FSUJ-LS-2

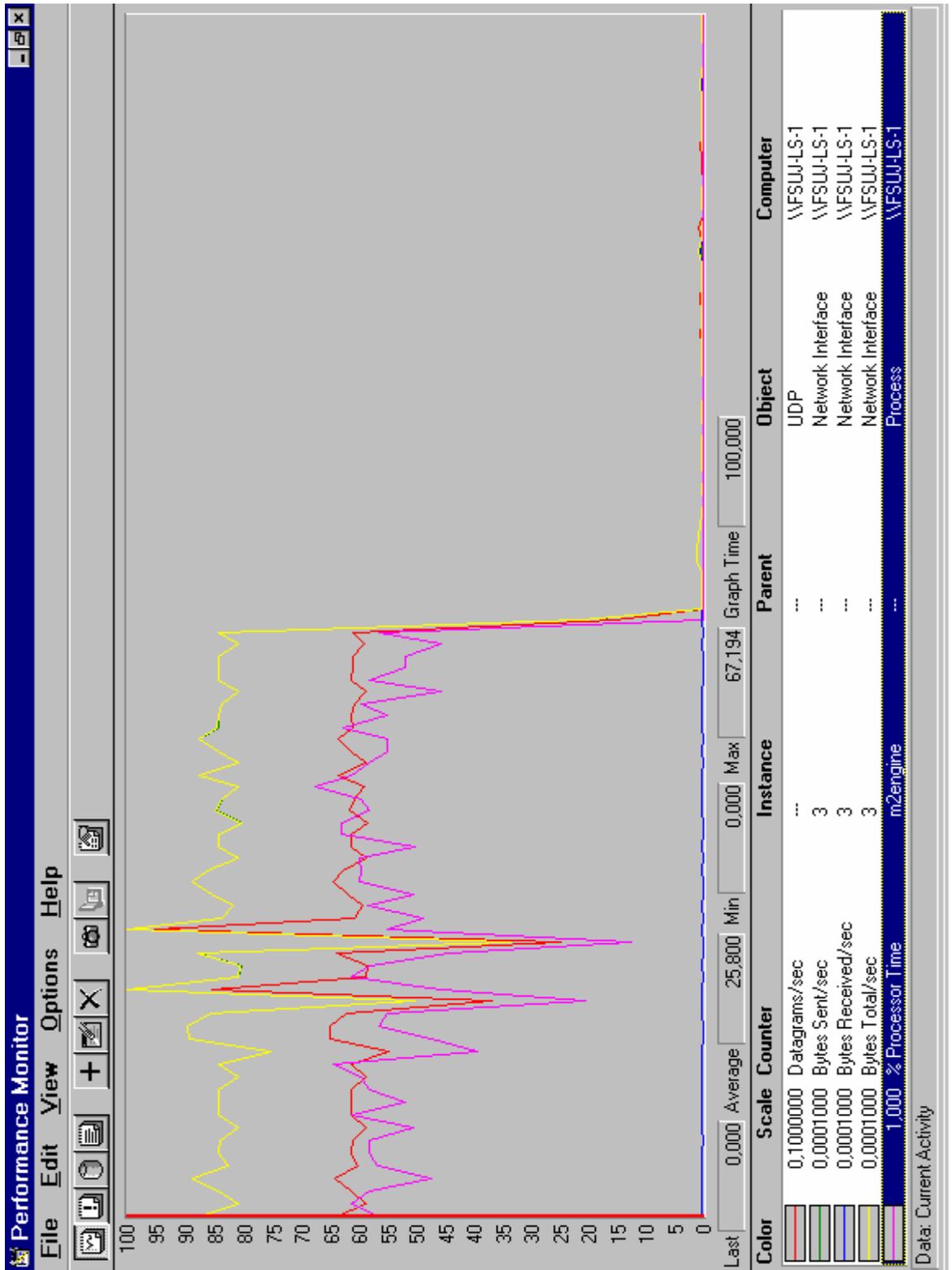
Anlage 29: Senden mit 2x 3 Mbit/s



senden mit 6 Mbit/s (2 Datenströme a 3 Mbit/s)



Senden mit 6 Mbit/s (2 Datenströme a 3 Mbit/s) und Beenden des Sendevorgangs)



Was kann Ihrer Meinung nach verbessert werden ?

.....
.....
.....
.....

allgemeine Bemerkungen (dürfen selbstverständlich umfangreich sein.):

.....
.....
.....
.....
.....

- 1) Der Code ist zur Durchführung der statistischen Verlaufsuntersuchung erforderlich. Damit Ihre Anonymität gewahrt bleibt, sollen Sie denselben selbständig aus Daten, die nicht in Ihren Personalunterlagen enthalten sind, kreieren. Um sicherzustellen, daß Sie jedesmal den gleichen Code verwenden, gibt es eine Bildungsvorschrift:
für die ersten beiden Ziffern nehmen Sie den Geburtstag Ihrer Mutter, für die folgenden 4 Ziffern nehmen Sie Geburtsmonat und das Geburtsjahr Ihrer Großmutter mütterlicherseits (falls Sie diese Daten nicht kennen, die selben des Großvaters mütterlicherseits).

Beispiel :

Geburtstag der Mutter	<u>01.08.30</u>
Geburtstag der Großmutter m.	<u>31.01.03</u>

CODE : 010103

Anlage 31: Implementierung des Teleteaching-Systems an der FSU Jena

1 Vorbetrachtungen

Im Rahmen eines HSPIII Antrages wurden die finanziellen Mittel für das Teleteaching-Projekt vom Thüringer Wissenschaftsministerium freigegeben. Der praktische Hintergrund und damit das erste Anwendungsgebiet war die Realisierung des Studienganges Materialwissenschaft zwischen der FSU Jena, der TU Ilmenau und der Bauhausuniversität Weimar.

Jede dieser 3 Einrichtungen sollte mit einem Hörsaal entsprechend der hier vorgestellten Teleteaching-Konzeption ausgestattet werden. Mit dieser Realisierung wurde erstmalig ein Verbundstudiengang zwischen drei Universitäten mittels Teleteaching etabliert. Dieser Studiengang ist auch erstmals ein Anwendungsfall für ein Teleteaching-Konzept außerhalb der Informatik.

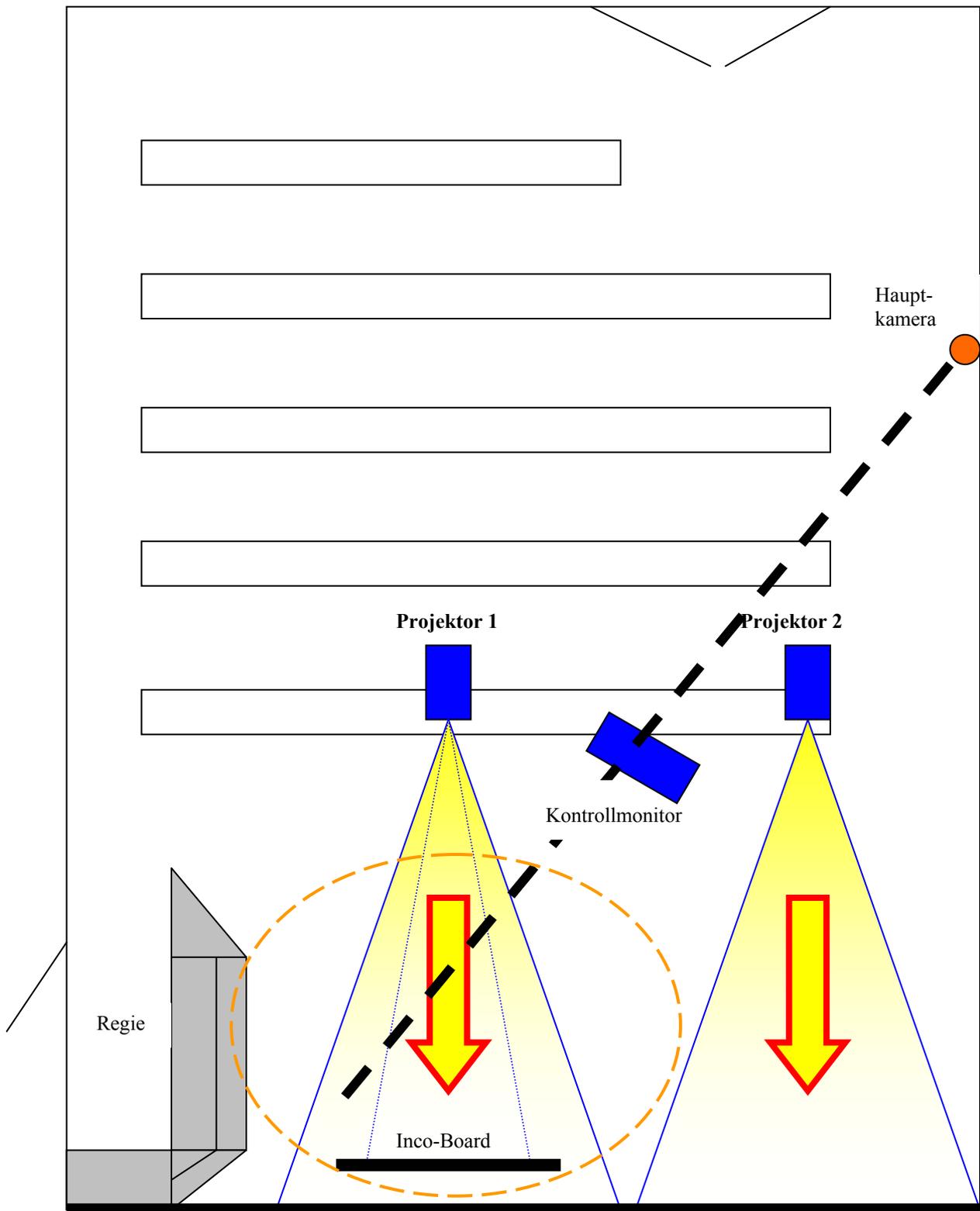
In den folgenden Abschnitten wird die Implementierung des Systems in einem Hörsaal des Rechenzentrums der FSU Jena und die Netzanbindung zwischen den drei Einrichtungen dargestellt. Die aufgetretenen Probleme wurden bereits unter Punkt 5.3 erläutert.

2. Bautechnische Realisierung und Anordnung der Geräte

Für die Einrichtung des Teleteaching-Hörsaales wurde ein Raum im Rechenzentrum der FSU Jena ausgewählt. Dieser Hörsaal hat eine Kapazität von ca. 50 Plätzen, ist klimatisiert und fensterlos. Damit sind dort optimale Voraussetzungen für die Realisierung eines derartigen Vorhabens gegeben. In diesem Abschnitt wird im Wesentlichen auf die Anordnung der Gerätetechnik und die Raumaufteilung eingegangen. Das betrifft die Anordnung:

- des Regietisches,
- der Kameras,
- der Projektoren,
- der Medienwände,
- der Experimentalkamera
- und der Lichtenanlage.

Anordnung der Präsentationsgeräte im Teleteaching-Hörsaal



Anordnung der Projektionsgeräte

Projektionswand

----- Hauptarbeitsbereich des Dozenten

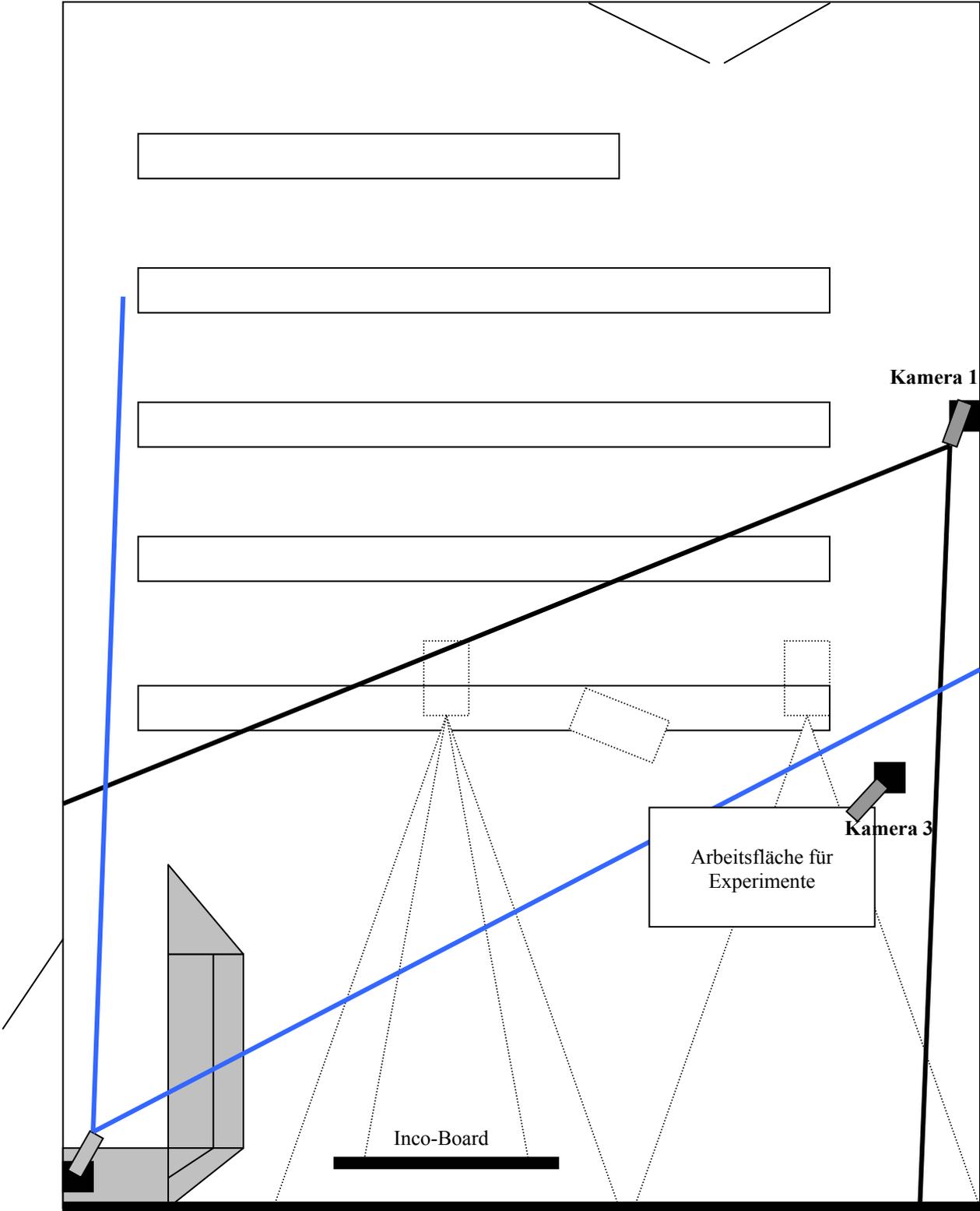
----- Hauptblickrichtung des Dozenten bei Kommunikation mit Empfangshörsaal

Im Hörsaal wurden zwei Projektoren (Typ Sanyo PLC 8805E) mit entsprechenden Halterungen an der Decke montiert. Auf Grund der Gesamtbreite der Medienwand wurde eine maximale Bildbreite für jedes Projektionsbild von 2.60 m möglich. Der Abstand der Projektoren von der Medienwand beträgt 4.70 m.

Das Gerät in Richtung Wand ist eine Festmontage. Der Projektor in der Raummitte wurde mit einer Absenkvorrichtung versehen, um die Projektion auf das Inco-Board zu ermöglichen. Während der Montagearbeiten durch die beauftragte Firma sind einige Probleme in Bezug auf die Projektion aufgetreten (siehe Punkt 5.3), die inzwischen gelöst bzw. teilweise abgeschwächt wurden.

Das dritte Projektionsgerät ist eine Fernsehgerät im Bereich des Dozentenarbeitsplatzes. Er liefert die Rückvideos aus den Empfangshörsälen und garantiert den Blickkontakt des Dozenten zu seinen Studenten. Wichtig ist, daß das Fernsehgerät in einer Ebene mit der Hauptkamera steht, damit haben die Studenten in den Empfangshörsälen den direkten Blickkontakt mit ihrem Dozenten, da dieser zum Fernsehgerät schaut und damit gleichzeitig in Richtung Kamera.

Anordnung der Videokameras im Teleteaching-Hörsaal



Kamera 2

Projektionswand

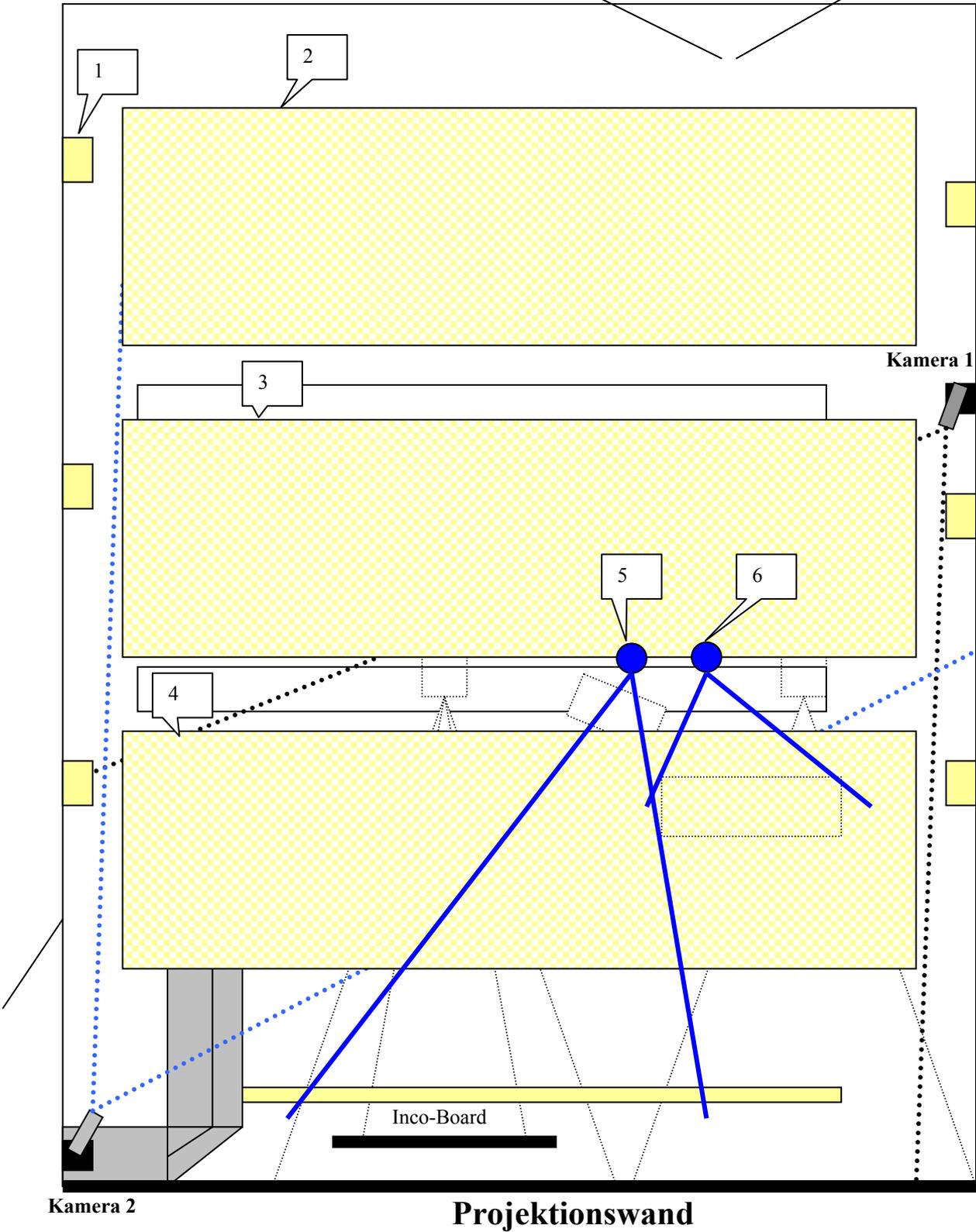
Anordnung der Kamerasysteme

Für den Teleteaching-Hörsaal wurden drei Kameras vorgesehen. Die Hauptkamera (Kamera 1 in der Skizze) ist eine Dreichip-Kamera mit Schwenkneigekopf (Typ siehe Punkt 3 dieser Anlage). Diese Kamera wird hauptsächlich genutzt, wenn der Hörsaal als Sendehörsaal fungiert. Mit ihr erfolgt die Aufnahme des Dozentenbildes. Durch den Schwenkneigekopf und ein entsprechendes Telekonferenzobjektiv überstreicht sie einen großen Bereich im Hörsaal. Das Objektiv hat einen sehr großen Zoombereich. Die Bewegungsfreiheit des Dozenten wird dadurch nicht eingeschränkt. Gesteuert wird die Kamera über die zentrale Raumsteueranlage.

Das zweite Kamerasystem (Kamera 2) dient der Aufnahme des Auditoriums und wird im Wesentlichen nur genutzt, wenn der Raum Empfangshörsaal ist. Die Kamera ist eine Einchip-Videokamera (Typ siehe Punkt 3 dieser Anlage) ebenfalls mit Schwenkneigekopf. Da diese Kamera nur für die Aufnahme des Auditoriums genutzt wird, sind qualitative Einschränkungen möglich gewesen (Einchip, preiswerteres Objektiv). Ein über die zentrale Raumsteueranlage zu bedienender Schwenkneigekopf ist aber auch bei dieser Kamera notwendig, um das gesamte Auditorium zu überstreichen und mittels der Zoom-Funktion spezielle Personen im Bild zu erfassen.

Als dritte Kamera (Kamera 3 in der Skizze) wurde ein Camcorder auf Stativ installiert. Er dient der Aufnahme von Experimenten. Aus diesem Grund ist die Flexibilität durch ein Stativ realisiert worden. Je nach Experiment kann die entsprechende Kameraeinstellung manuell festgelegt werden. Für diese Kamera existiert auch keine Anbindung an die zentrale Raumsteuerung.

Beleuchtungsanlage im Teleteaching-Hörsaal



Anordnung der Beleuchtungssysteme

An die Beleuchtungsanlage werden in diesem System besondere Anforderungen gestellt. Fernsehtechnisch existiert im Hörsaal eine undenkbbare Situation. Einerseits wird auf eine oder mehrere Flächen im Frontbereich des Hörsaals projiziert. Das setzt eine gewisse Abdunkelung voraus (Abhängig von der Lichtleistung der Projektoren), andererseits muß der Raum gut ausgeleuchtet sein, um Videoaufnahmen zu realisieren (Dozentenbild) und den Studenten die Möglichkeit der Mitschrift zu geben.

Aus diesen Gründen wurde auf die Beleuchtung sehr großer Wert gelegt. Der Hauptteil der Lichtenanlage besteht aus Deckenleuchtstofflampen. Diese sind in drei Hauptgruppen gegliedert (2,3,4 auf der Skizze). Diese Hauptgruppen sind einzeln dimmbar und können über die zentrale Raumsteueranlage geregelt werden. Damit wurde die Möglichkeit geschaffen, daß der vordere Teil sehr weit abgedunkelt werden kann (Abstimmung mit der Kamera notwendig). Die Lichtgruppen 2 und 3 können dann mehr Licht bieten, um den Raum nach hinten besser auszuleuchten.

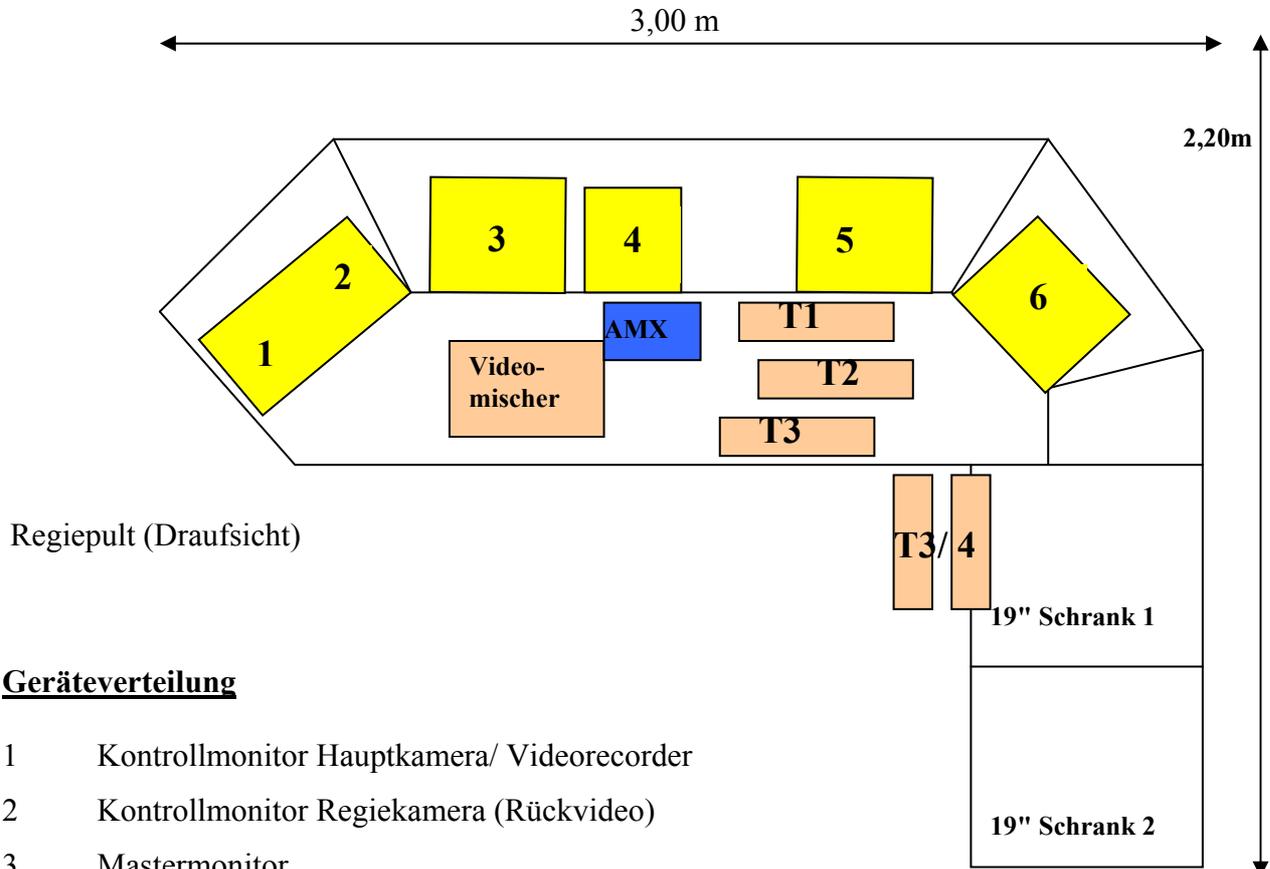
Die bereits vorhandenen dimmbaren Wandleuchten (1 in der Skizze) wurden über die Raumsteuerung geschaltet und können bei reinen Videopräsentationen genutzt werden. In diesem Fall sollte der Raum fast abgedunkelt werden. Für Teleteaching- Veranstaltungen sind diese nicht notwendig.

Für die notwendige direkte Ausleuchtung des Frontbereiches wurden zwei Spotlights installiert. Der erste (5 auf der Skizze) dient der zusätzlichen Ausleuchtung des Tafelbereiches, ohne jedoch die Projektion zu beeinträchtigen. Der zweite Spotlight (6 in der Skizze) wird benutzt, um den Experimentaltisch auszuleuchten. Damit wird garantiert, daß die Experimentalkamera genügend Licht für gute Videoaufnahmen zur Verfügung hat. Dabei darf aber keine Beeinträchtigung der rechten Projektionsfläche auftreten.

In dieser Form der Anordnung des Beleuchtungssystems wurden die besten Ergebnisse innerhalb der Tests erzielt. Weitere mögliche Probleme und Unzulänglichkeiten werden sich dann im laufenden Betrieb zeigen.

3. Technische Realisierung

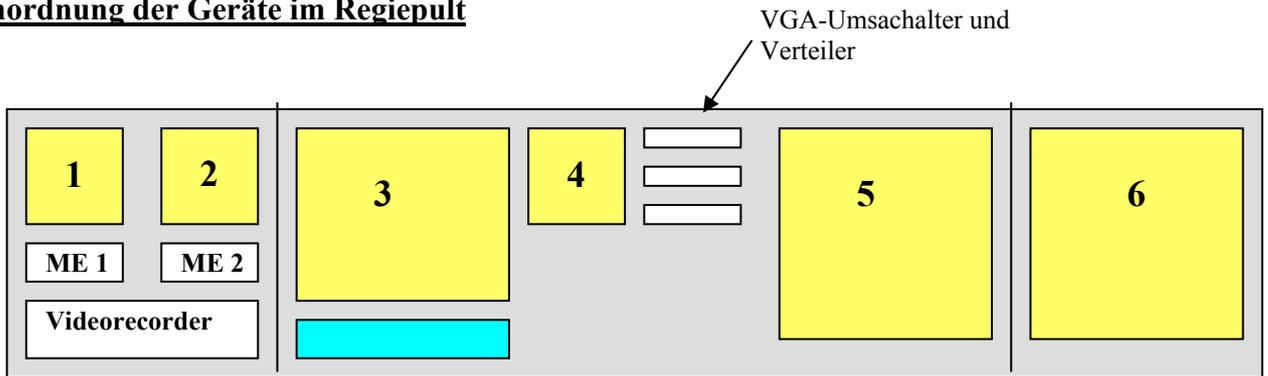
Aufbau und Geräteanordnung des Regiepultes



Geräteverteilung

- 1 Kontrollmonitor Hauptkamera/ Videorecorder
- 2 Kontrollmonitor Regiekamera (Rückvideo)
- 3 Mastermonitor
- 4 Kontrollmonitor Experimentalkamera/ Rückvideosignale (Quadsplitt)
- 5 Monitor SGI/SUN
- 6 Monitor GrafikPC (WIN95) / Monitor Multimedia PC (WIN NT, LINUX, DOS/WIN 3.11)
- T1 Tastatur SGI
- T2 Tastatur SUN
- T3 Tastatur Grafik PC
- T4/5 Tastaturen Videosende- / Empfangssystem
- AMX Touchpanel zentrale Raum- und Gerätesteuieranlage

Anordnung der Geräte im Regiepult

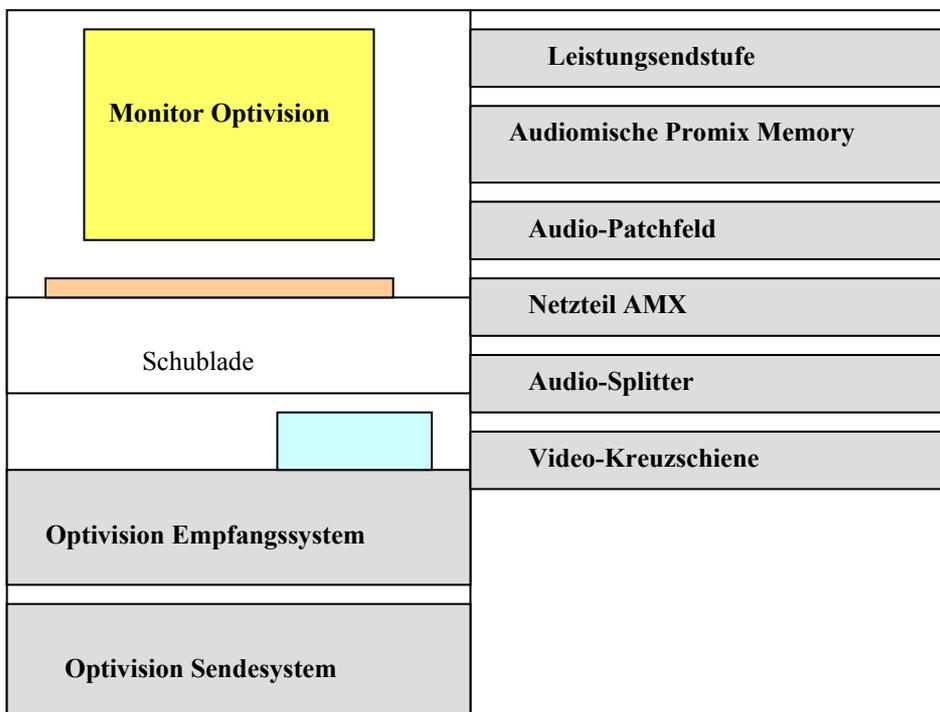


Geräteanordnung Regiepult (Frontalansicht)

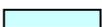
1-6 Kontrollmonitore und Bildschirme (Funktion siehe vorherige Seite, Abbildung Draufsicht)

 AMX-Steuerunit

Geräteanordnung im 19" Schrank 1 und 2



Geräteanordnung 19" Schrank Regie

 Tastatur Optivision  Monitorumschalter

3.1. Videotechnik

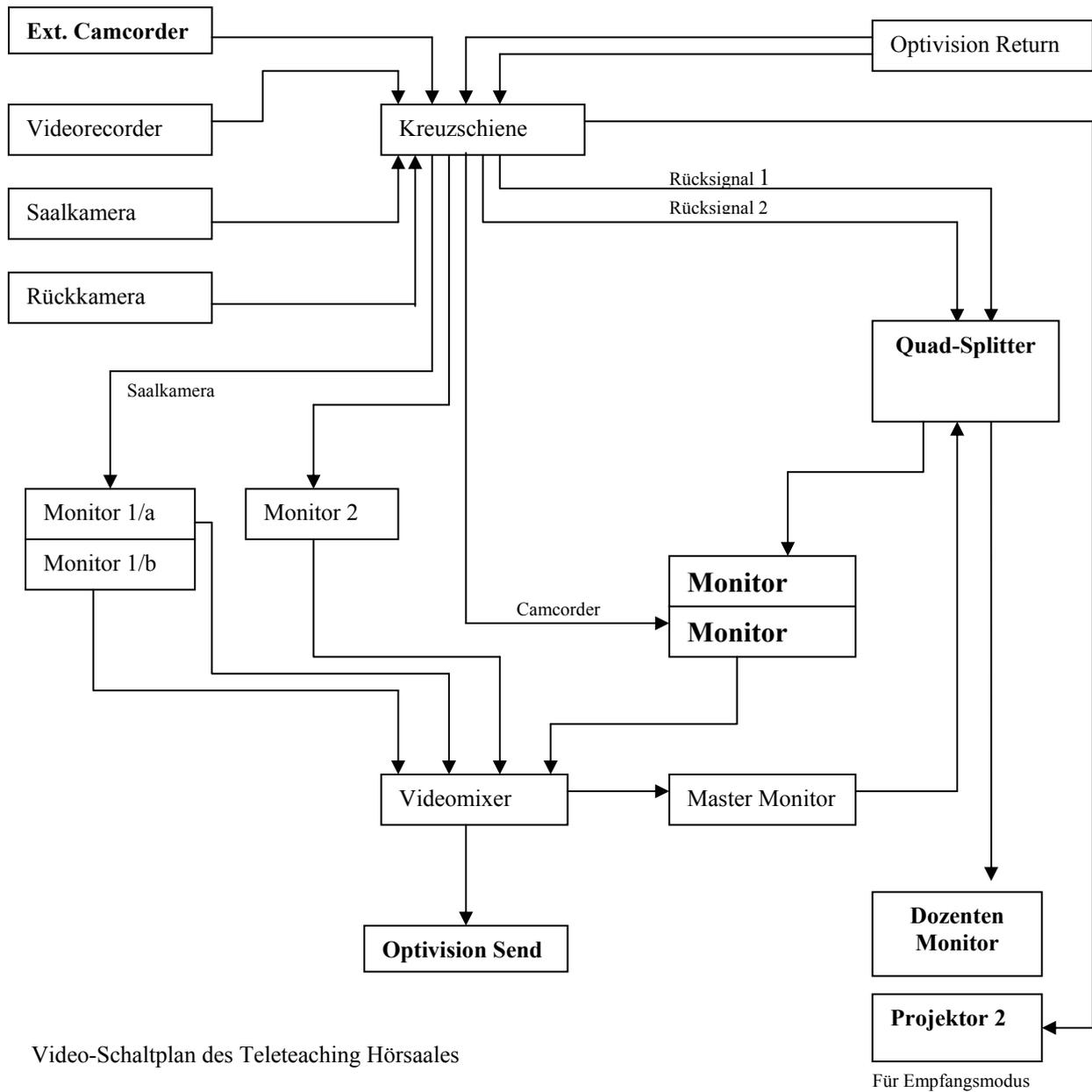
Die Teleteaching Hörsaal soll multifunktional nutzbar sein. Das bedeutet, er soll sowohl als Sende- als auch als Empfangshörsaal dienen. Aus diesem Grund sind einige spezielle Details zu beachten, um diese Funktionalität zu garantieren. Die unterschiedlichen Videosignale der Quellen sind in den verschiedenen Modi anders zu routen. Über die zentrale Raumsteuerung wird der entsprechende Modus gewählt. Die zugehörigen Videosignale werden dann über eine Videokreuzschiene verteilt. Durch den Einsatz dieses Gerätes ist es möglich, die unterschiedlichen Quellen auf alle vorhandenen Senken zu schalten. Eine entsprechende Grundinitialisierung (je nach gewähltem Modus) der Kreuzschiene erfolgt durch die Raumsteueranlage.

Als Videoquellen wurde eine zentrale Saalkamera installiert (Anordnung siehe Punkt 2 dieser Anlage). Diese Kamera ist eine Dreichip CCD Kamera der Firma Panasonic mit einem Telekonferenzobjektiv. Die Kamera ist auf einem S/N Kopf montiert. Dieser wird über die zentrale Raumsteuerung gesteuert und besitzt mehrere frei definierbare feste Positionen. Die Kamerafunktionen werden über ein Steuergerät in der Regie bedient, welches ebenfalls mit der Raumsteueranlage verbunden ist.

Die Rückkamera ist nur für den Empfangsmodus von Bedeutung, da in diesem Anwendungsfall ein Rücksignal in den Sendehörsaal geschickt werden muß. Diese Kamera ist eine Einchip Gerät der Firma Sanyo, welches ebenfalls auf einem S/N Kopf montiert ist. Auch hier erfolgte eine Einbindung in die Raumsteuerung, um alle Funktionen von einem Touchpanel der Regie aus zu realisieren.

Für die Aufnahme von Experimenten wurde ein Externer SVHS Camcorder der Firma Panasonic eingesetzt, welcher auf einem Stativ am Experimentaltisch befestigt ist. Als Zusprieler für Videobänder kommt ein SVHS Recorder der Firma Panasonic zum Einsatz.

Die letzte Videodatenquelle bildet der Optivision-Empfänger mit seinen zwei Decoderkarten. Er liefert jeweils die Rückbilder im Sendemodus oder das Dozentenbild im Empfangsmodus. Alle diese Signale werden über die bereits erwähnte Kreuzschiene geroutet. Für jede Datenquelle ist ein Kontrollmonitor vorhanden. Es kommen Geräte der Firma Panasonic mit A/B Umschaltung zum Einsatz, um die Anzahl der Monitore zu reduzieren. Diese mögliche Doppelbelegung kann dafür genutzt werden. Der Kontrollmonitor für die Rückvideodaten hat einen vorgeschalteten Quadrantenteiler, so daß auf einem Monitor 4 Videobilder dargestellt werden können. Jeweils 2 Rückvideos und ein Masterbild. Dieser Monitor ist einmal als 10“ Gerät im Regiepult vorhanden und als 70cm Fernsehgerät im Hörsaal als Kontrollmonitor für den Dozenten (Anordnung siehe Punkt 2 dieser Anlage). Die folgende Grafik zeigt den Datenfluß der Videosignale.



Video-Schaltplan des Teleteaching Hörsaales

3.2 Audiotechnik

Die zentrale Einheit des Audiosystems bildet ein Audiomischer mit mehreren getrennten Ein- und Ausgängen. Dies ist notwendig, da nicht alle Signale zusammengefaßt werden können. Die Rücksignale aus dem entfernten Hörsaal dürfen nur auf die Verstärkeranlage des Hörsaales gelegt werden und nicht wieder zur Sendemaschine gelangen. Eine Audioschleife wäre sonst das Ergebnis. Die Signale der beiden Funkmikrofone müssen sowohl auf die Anlage im realen Hörsaal gelegt werden, als auch auf das Optivision-Sendesystem.

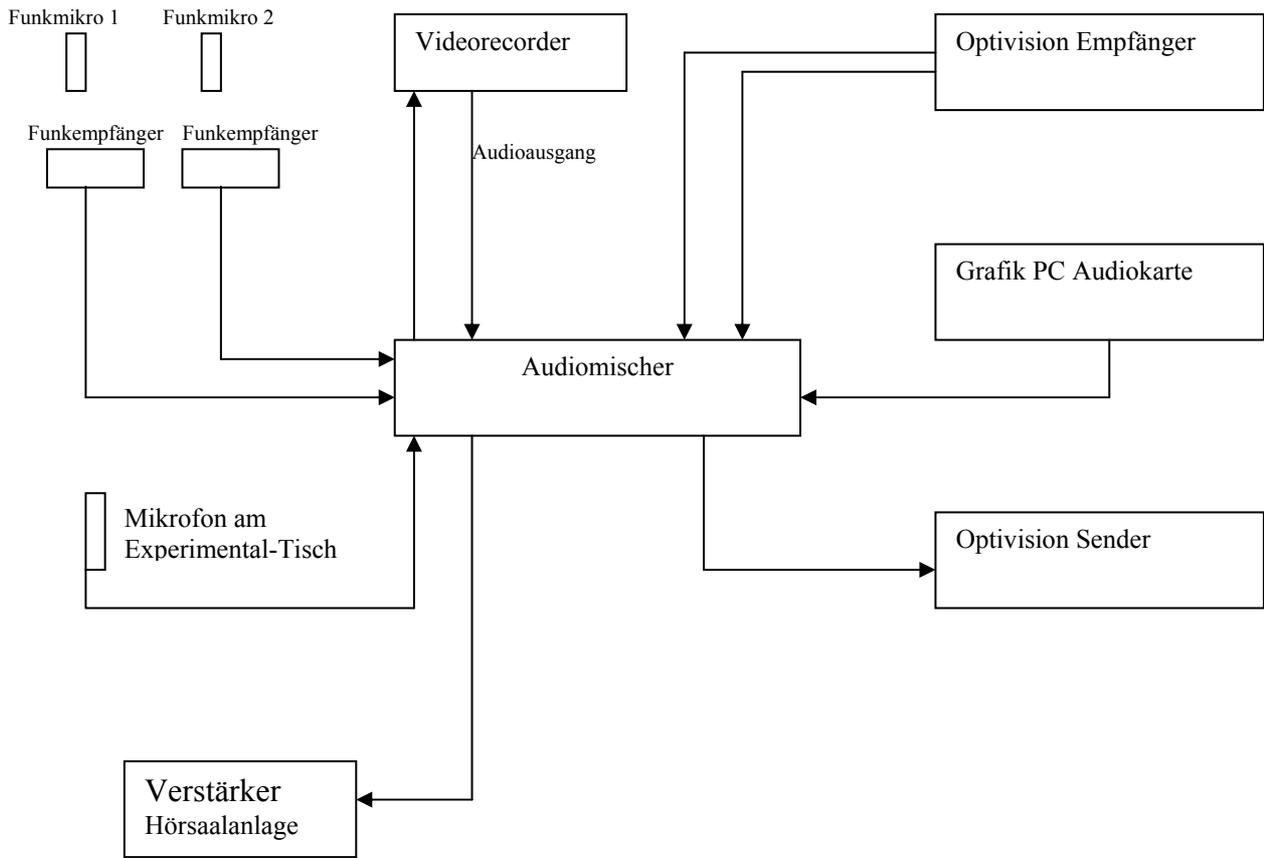
Der Videorecorder muß mit seinem Audioausgang ebenfalls am Mischer angeschlossen werden. Die Signale müssen auf die Hörsaalanlage und zum Sendesystem geroutet werden. Weiterhin ist ein Eingangssignal für diesen Recorder vorzusehen, um Veranstaltungen aufzeichnen zu können. Dabei ist zu beachten, daß sowohl die lokalen Audiosignale, als auch die aus den entfernten Hörsälen am Recorder anliegen.

Eine zusätzliche Datenquelle bildet das Mikrofon des am Experimentaltisch eingesetzten Camcorders. Dieses Signal wird im lokalen Hörsaal und in den entfernten benötigt. Eine Besonderheit im Sendehörsaal ist der Ausgang der Soundkarte des Grafik PC. Dieses Signal wird ebenfalls in allen Hörsälen benötigt, wenn der Dozent Grafiken mit Soundunterstützung benutzt.

Für den Einsatz im Sendehörsaal werden Sennheiser Funkmikrofone benutzt, die die notwendige Übertragungsstabilität und Qualität erreichen. Es wird ein Ansteckmikrofon für den Dozenten und ein Handmikrofon für die Kommunikation im Hörsaal benutzt. Im Empfangshörsaal kommt nur das Handmikrofon im Auditorium zum Einsatz.

Der Audiomischer verfügt über zwei weitere wesentliche Eigenschaften:

- (1) Es können unterschiedliche Szenen programmiert werden, die die verschiedenen Arbeits-Modi darstellen (Sendemodus, Empfangsmodus, Einzelhörsaal).
- (2) Die verschiedene Szenen gestatten auch unterschiedliche Verschaltungen der einzelnen E/A-Kanäle, da der Signalfluß im Empfangshörsaal anders als im Sendehörsaal ist.



Signalfluß Audio des Teleteaching-Systems

3.3. Rechentechnik

Als rechentechnische Basis kommt ein PC mit MPEG-2 Encoderkarte als Audio-/ Videosendemaschine zum Einsatz. Alle im Hörsaal entstehenden analogen Audio- und Videosignale, welche für den Empfangshörsaal bestimmt sind, müssen in diese Maschine eingespeist werden.

Technische Parameter der Sendemaschine

- Pentium 166 Prozessor
- 32 MB Hauptspeicher
- 2 GB Festplatte
- EISA-Bus (bedingt durch die Encoder-Karte)
- MPEG-2 Encoderkarte (belegt zwei EISA-Slots für die Encoder-Karte und einen weiteren Slot für das DVIO-Board)
- WINDOWS NT 4.0

Zum Empfang des Rücksignals dient eine WINDOWS NT Maschine mit MPEG-2 Decoder. Aus den Empfangshörsälen wird jeweils ein Audio- /Videosignal geliefert. Für jeden angeschlossenen Hörsaal ist ein Decoder notwendig. Für die direkte Zusammenarbeit von drei Universitäten müssen demzufolge zwei MPEG-2 Decoder in der Maschine vorhanden sein.

Technische Parameter der Empfangsmaschine

- Pentium 166 Prozessor
- 32 MB Hauptspeicher
- 1,0 GB Festplatte SCSI
- EISA-Bus (bedingt durch die Decoder-Karte)
- MPEG-2 Decoderkarte (belegt einen EISA-Slot)
- WINDOWS NT 4.0

Die Steuerung der MPEG-2 Encoder bzw. Decoder erfolgt über die zugehörige Software. Zur Parametrierung werden am Sender und am Empfänger jeweils eine INI-Datei benötigt.

Parametrierung der INI-Datei für den Sender

```
[mpegnet]
logging=no
logfile=jenatx.log
txchannels=1
priority=normal
```

```
[default]
mux=mix
protocol=multicast
videowindow=0
audiowindow=0
standard=pal
```

```
videoinput=svhs
videobitrate=3M
videocompression=mpeg2
audiobitrate=224k
audiomode=stereo
framestructure=ibp
vbvsize=224000
destinations=2\
destination1=141.35.5.11
destination2=141.35.5.11
videoport1=0x2000
audioport1=0x2002
videoport2=0x3000
audioport2=0x3002
```

Parametrierung der INI-Datei für den Empfänger

```
[mpegnet]
logging=no
logfile=jenarx.log
priority=normal
```

```
[default]
protocol=multidest
standard=pal
```

```
[rxchannel1]
videoport=0x2000
audioport=0x2002
decoderaudiolleft=30
decoderaudiolright=30
```

```
[rxchannel2]
videoport=0x3000
audioport=0x3002
decoderaudiolleft=30
decoderaudiolright=30
```

Die dritte Maschine im Gesamtsystem ist der PC zur Grafikübertragung. An ihm ist das Inco Board über eine serielle Schnittstelle angeschlossen. Da auf diesem Rechner alle Applikationen laufen, die der Dozent innerhalb seiner Vorlesung einsetzt und auch das Kommunikationsprogramm Netmeeting zum verteilen dieser Applikationen, muß diese Maschine recht leistungsfähig sein und genügend Plattenkapazität aufweisen.

Technische Parameter der Grafikmaschine:

- Pentium II 200 MHz
- 32 MB RAM
- 4 GB Festplatte SCSI
- Windows 95 (Bedingung, da nur für WIN 95 Treiber für Inco Board vorhanden)

3.4. Zentrale Steuerung

Die Steuerung des gesamten Teleteaching-Systems wurde mit einer AMX-Raumsteueranlage realisiert. Die Raumsteueranlage besteht aus folgenden Grundkomponenten:

- Grundgerät mit 14 möglichen Einschüben
- Touch Panel
- Netzteil

Für die unterschiedlichen Steuerfunktionen werden verschiedene Einsteckkarten genutzt. Relaiskarten für die Steuerung der Raumfunktionen (z.B. Lichanlage) und die zentrale Stromversorgung der verschiedenen Geräte (Netzeinschaltfeldsteuerung). Weiterhin werden Steuerkarten für die Quellenumschaltung von Geräten (z.B. Projektoren) und eine MIDI-Karte für die Steuerung des Audiomischers eingesetzt.

Folgende Funktionen werden über die AMX-Raumsteueranlage realisiert:

- Lichtsteuerung im Hörsaal (getrennte Steuerung aller Lichtstromkreise)
- Stromversorgung aller Geräte (zentrale E/A)
- Quellenumschaltung der Projektoren
- Quellenumschaltung der VGA-Verteiler
- Audiosteuerung
- Grundinitialisierung des Videomischers
- Steuerung der Hauptkamera
- Steuerung der Regiekamera
- Steuerung des Videorecorders
- Absenkvorrichtung für Projektor
- Projektorsteuerung (Zoom, Fokus)

Durch die Arbeit mit dieser zentralen Raum- und Gerätesteuerung wird der Bedienumfang für die einzelnen Geräte auf ein Minimum reduziert. Das Touch-Panel hat eine graphische Bedienoberfläche und ist damit sehr einfach zu bedienen. Ein eingeübter Dozent hat damit die Möglichkeit seine Vorlesung sogar allein (ohne Regiebetreuung) zu halten.

Ohne diese zentrale Steuerung wäre der Bedienumfang, besonders in der Phase der Anfangsinitialisierung sehr groß. Alle Grundparameter (besonders die der Audiosignale) müßten per Hand eingestellt werden. Diese Grundinitialisierung übernimmt ebenfalls die AMX-Steueranlage. Der Dozent oder Regiemitarbeiter kann im Basismenü am Touch-Panel zwischen den drei möglichen Grundfunktionen des Hörsaals auswählen:

- Nutzung als Einzelhörsaal
- Nutzung als Sendehörsaal
- Nutzung als Empfangshörsaal

Je nach Nutzungsart werden dann die Geräte initialisiert und die Anlage in einen funktionsfähigen Anfangszustand gesetzt. Spezielle Einstellungen können dann über das Touch-Panel eingestellt werden (z.B. Kamerasteuerung, Videorecordersteuerung usw.). Auf weitere Einzelheiten der zentralen Raumsteuerung wird nicht weiter eingegangen.

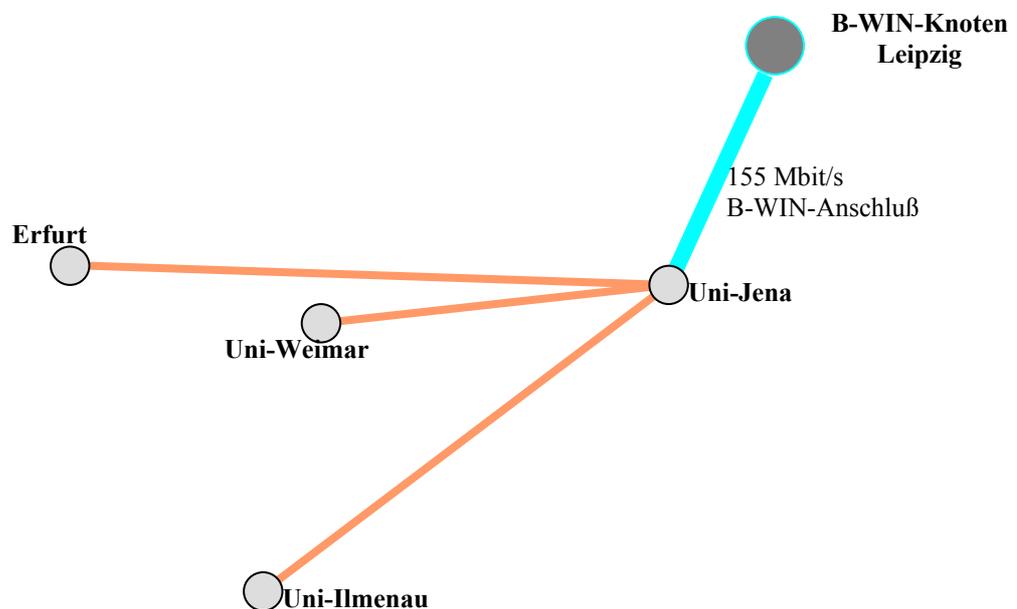
3.5. Abstimmung des Systems

Durch die zentrale Raumsteuerung ist die Anlage nach dem Einschalten und der Auswahl einer bestimmten Nutzungsart in einem funktionsfähigem Anfangszustand. Eine Abstimmung mit den Empfangshörsälen muß nur noch in geringem Umfang erfolgen.

Bei manchen Dozenten ist jedoch eine Nachregulierung des Audiopegels notwendig, da jeder Mensch unterschiedlich laut spricht. Die ist jedoch einfach am digitalen Audiomischer zu realisieren. Weitere Abstimmungen sind nicht notwendig.

3.6. Netzanbindung

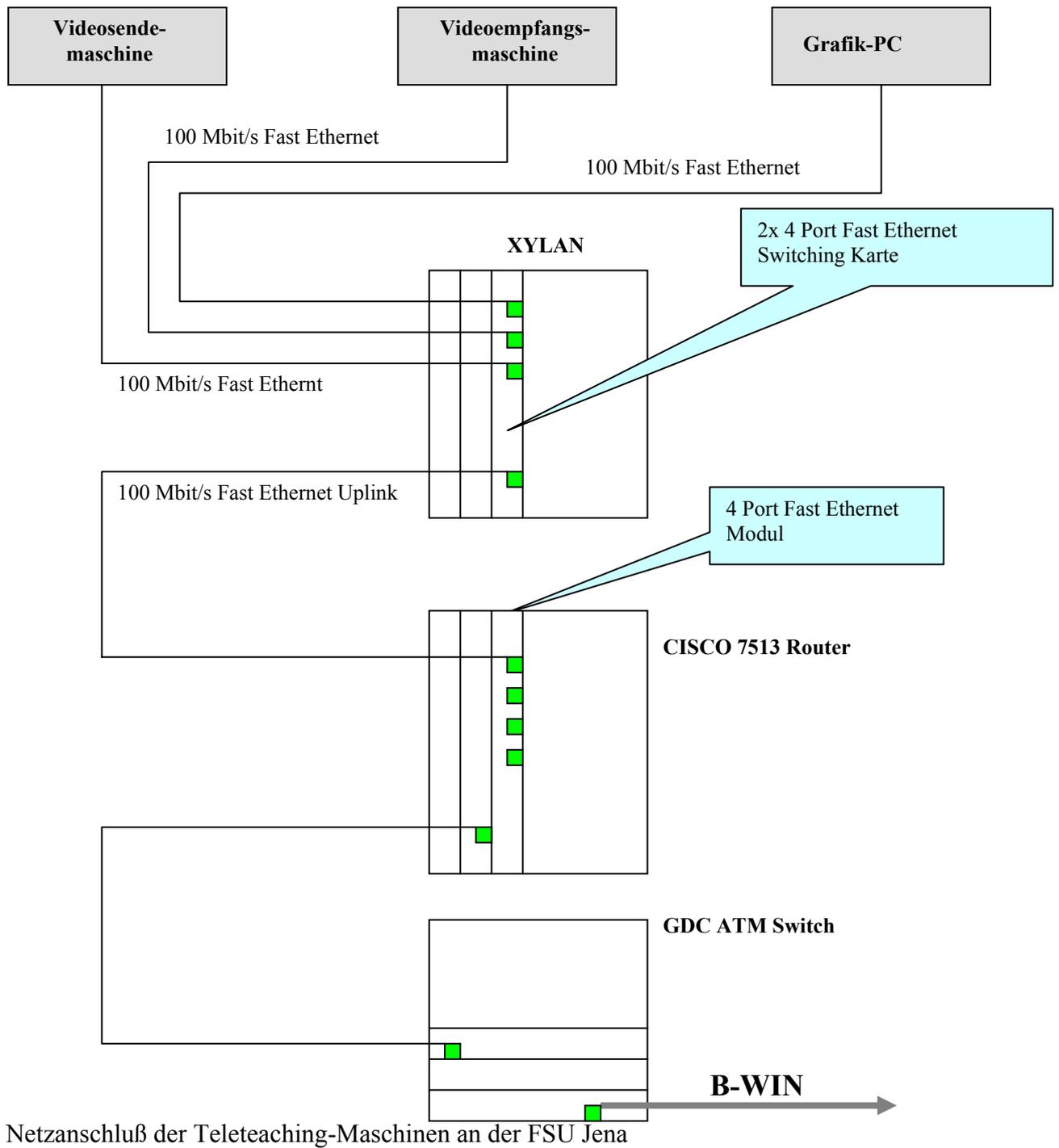
Das Teleteaching-System der Thüringer Universitäten nutzt das Breitband-Wissenschaftsnetz und dabei speziell das seit Mai 1998 zur Verfügung stehende Thüringennetz, welches integraler Bestandteil des B-WiN ist.



— 34 Mbit/s B-WIN Anschluß und 121 Mbit/s Thüringen-Netz

Struktur des B-WiN in Thüringen

Die 121 Mbit/s des Thüringen-Netzes werden für die Datenübertragung der Teleteaching-Veranstaltungen genutzt. Die Internetzugänge der drei Thüringer Universitäten werden damit nicht belastet. Durch diese Übertragung ist auch garantiert, daß der gesamte IP-Internetverkehr sich nicht störend auf die Teleteaching Veranstaltungen auswirken kann, da diese ihre eigenen separaten Verbindungen haben (siehe Anlage 33 und 34). Ein wichtiger Faktor ist aber dann noch die interne Netzanbindung der drei Teleteaching-Maschinen innerhalb der Universitäten. In Jena sind die Maschinen über ein eigenes Netzsegment über einen Switch der Firma XYLAN (Fast Ethernet) direkt auf einen eigenen Routerport (CISCO 7513) geschaltet. Die folgende Abbildung zeigt nochmals graphisch die Anbindung der Maschinen.



Anlage 32: Kostenbetrachtungen

1. Allgemeines

Im Zeitalter der „knappen Kassen“ an den Universitäten und Fachhochschulen sind ökonomische Betrachtungen zu dem in dieser Arbeit vorgestellten Teleteaching System unbedingt erforderlich. Eine derartige Realisierung von Lehrveranstaltungen darf nicht zu einer Materialschlacht werden und dabei vielleicht noch ein mangelhaftes Ergebnis präsentieren.

Um effektive ökonomische Betrachtungen anstellen zu können, muß zunächst der Einsatzbereich für das Teleteaching-System eingegrenzt werden. Das hier vorgestellte System hat folgende Einsatzfelder:

- Nutzung innerhalb der Thüringer Universitäten im Studiengang Materialwissenschaften,
- Übertragung von optionalen Lehrveranstaltungen für verschiedene Fachgebiete,
- Übertragung von Fachsymposien innerhalb der Thüringer Universitäten,
- Übertragung an andere deutsche Universitäten (Empfangstechnik vorausgesetzt)
- Aufbau weiterer Studiengänge mit geringen Studentenzahlen.

Weiterhin können die eingerichteten Multimediahörsäle auch für "normale" Lehrveranstaltungen genutzt werden. Die installierte Technik eignet sich für die multimediale Unterstützung und Durchführung von Lehrveranstaltungen. Innerhalb von Vorlesungen können Videomittschnitte über die unterschiedlichen Kamerasysteme realisiert werden. Dadurch kann die Veranstaltung durch den Dozenten auch nachbereitet und eine mögliche Eigenkontrolle realisiert werden.

Durch den universellen Aufbau des Hörsaales sind auch DV-Lehrgänge auf verschiedenen Betriebssystemen möglich, da diese Maschinen mit installiert wurden. Durch die universelle Funktionalität ist bereits ersichtlich, daß für das breite Anwendungsfeld des Multimedia-Hörsaales eine Investition lohnenswert ist. Die Ergebnisse der universitären Ausbildung lassen sich leider nicht in Mark und Pfennig ausdrücken. Es ist aber sicherlich unbedingt notwendig innerhalb der deutschen Universitäten Veränderungen in der Ausbildung anzustreben. Neue Medien und Lehrmethoden müssen dringlichst genutzt werden, um nicht den Anschluss im internationalen Bildungsmarkt zu verlieren.

Der folgende Ausspruch muß nicht in den nächsten Jahren weiterhin seine Gültigkeit behalten: "Das Internet hat die deutschen Universitäten mittlerweile erreicht, die Lehre hat sich aber kaum verändert" [35].

Der Gesamtumfang der Investitionen für den Multimediahörsaal im Rechenzentrum in Jena haben sich auf ca. 250.000 DM belaufen. Darin sind auch einige technische Veränderungen innerhalb der Elektroanlage enthalten. Bauliche Veränderungen waren hier nicht notwendig. Eine genaue Auflistung der technischen Komponenten erfolgt im Anschluß an diese Ausführungen.

2. Eingesetzte technische Komponenten

2.1. Rechentechnik

• Multimediarechner	8500.00 DM
• Optivision Sendesystem incl ATM und Ethernet Karten MPEG-2 Encoder Karte, incl. Monitor	80000.00 DM
• Optivision Empfangssystem ATM und Ethernet Karten 2 Decoder Karten, incl. Monitor	20000.00 DM
<hr/>	
	108500.00 DM

2.2. Audio- und Videotechnik

• 2 Daten -/ Videoprojektoren Sanyo PC 8805	40200.00 DM
• 1 Neigevorrichtung für PC 8805	2500.00 DM
• 1 Kamera für Rückvideo incl. Fernsteuerung VCC3972P Sanyo	6500.00 DM
• AMX Steuerzentrale	15400.00 DM
• AMX Touch Panel	7000.00 DM
• 1 Videomischer Panasonic WL MX 50	8900.00 DM
• 1 Audiomischer Promix Memory	3000.00 DM
• 1 Verstärker SPA20	1100.00 DM
• Lautsprechersystem (4 Lautsprecher) JL	1600.00 DM
• 2 Spotleuchten dimmbar	600.00 DM
• 3 Kontrollmonitore 10" Panasonic	5900.00 DM
• 1 Kontrollmonitor 14" Master-Monitor	1800.00 DM
• 1 Quad-Splitter	2700.00 DM
• 1 Verteiler VGA	1100.00 DM
• 1 Verteiler 13W3	1000.00 DM
• 1 Inco Board Geha	8000.00 DM
• 1 Handmikrofon Sennheiser Funk	2500.00 DM
• 1 Ansteckmikrofon Sennheiser Funk	2500.00 DM
• 1 Videorecorder Panasonic	2500.00 DM
• 1 Hauptkamera incl. Steuereinheit und AMX Anbindung	25000.00 DM
• 1 Camcorder Panasonic incl. Stativ für Experimente	3000.00 DM
<hr/>	

2.3. Bauliche Veränderungen im Jenaer Hörsaal

• Umbau Lichtanlage mit drei getrennten Regelkreisen Alle drei Regelkreise dimmbar und über AMX gesteuert	10.000.00 DM
• Dimmbare Wandleuchten Einbindung in AMX	vorhanden
• Tafelbeleuchtung Einbindung in AMX	vorhanden
• Regietisch (Anfertigung)	7500.00 DM
• Verkabelung Audio/ Video	3000.00 DM
<hr/>	
	20500.00 DM

Die Baumaßnahmen und der Einbau der Geräte wurden über externe Firmen realisiert (außer Elektroarbeiten). Die angegebenen Preise sind der Ausschreibung entnommen.

Wenn die Gesamtheit der Investition mit ca. 250.000 DM betrachtet wird und die Möglichkeiten welche sich mir einem derartigen System ergeben, kann man sicherlich pauschal aussagen, daß es sich bei diesem System nicht um eine technische Materialschlacht handelt.

Es wurde erstmals, mit vertretbarem Aufwand, ein Teleteaching-System installiert, welches auch von Nichtinformatikern bedien- bzw. beherrschbar ist.

Welche Akzeptanz dieses System bei den Dozenten und bei des Studenten erreicht hat, ist durch eine statistische Analyse nachgewiesen. Dazu wurde ein entsprechender Fragebogen erarbeitet (Anlage 30) und die notwendigen Auswertungen durchgeführt (siehe Kapitel 5.4).

Anlage 33: Struktur des Thüringennetzes mit Aufteilung der Kanalkapazitäten

