# Verteilte Virtuelle TV-Produktion im Gigabit-**Testbed West**

Kooperationsprojekt im Rahmen des Gigabit-Testbed West, gefördert durch das Deutsche Forschungsnetz – DFN e.V. mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMB+F).

Abschließender Bericht, 28.2.2000







Laboratory for Mixed Realities, Institut an der Kunsthochschule für Medien Köln http://www.lmr.khm.de

> vormals: Kunsthochschule für Medien Köln Arbeitsgruppe Charakteranimation Fächergruppe Kunst- und Medienwissenschaften

GMD Forschungszentrum Informationstechnik GmbH Institut für Medienkommunikation Bereich Digitale Medienproduktion http://imk.gmd.de/docs/ww/dmp/

# Inhaltsverzeichnis:

1	Ku	urzbeschreibung				
2	Pro	ojekt	datendaten	3		
	2.1	Pro	pjektpartner	3		
	2.2 Aut		or			
	2.3	La	ufzeit des Forschungsprojekts	4		
3	ATM-Betrieb			4		
	3.1	Ne	tzorganisation	4		
	3.2	ΑT	M-Hostadapter	6		
	3.3	Be	schaffte Hardware	8		
	3.4	Pro	ogrammierung Audio-, Grafik- und Videoübertragung	9		
	3.4	.1	Recherche und Tests der Systembibliotheken	9		
	3.4	.2	Struktur der Übertragungsmodule	10		
	3.5	Ski	izze der Datenwege	10		
	3.6	En	twicklung Renderlösung	13		
	3.7	Ste	euerung des Systemsetups	14		
4	Liv	e-Pr	äsentation auf der Internationalen Funkausstellung in Berlin	15		
	4.1	Со	ntententwicklung Testproduktion	16		
	4.2	An	passung eines Virtuellen Akteurs	16		
	4.3	Ers	stellung der virtuellen Kulisse	17		
	4.4	Zu	sätzliche technische Aufbauten	17		
	4.4.1 Außenstation "Krake"		Außenstation "Krake"	17		
	4.4	.2	Mixed Reality Interface "Hüpfball"	17		
	4.4	.3	Website	18		
	4.5	Te	chnische Planung IFA-Präsentation	19		
5	Ab	schl	ießende Bewertung	20		
	5.1	Te	chnologieverwertung VVTV	20		
6	Do	kum	entation, Vorträge, Presse	22		
7	l ita	aratı	ırverzeichnis	26		

# 1 Kurzbeschreibung

Im Rahmen des durch den DFN-Verein geförderten Projekts "Verteilte Virtuelle TV-Produktion" (VVTV) wurde eine software- und netzwerktechnische Infrastruktur für ein verteiltes virtuelles Studio mit echtzeitanimierten virtuellen Darstellern entwickelt und betrieben.

Die Weitbereichsverbindung stellt das Gigabit-Testbed-West bereit (GTB-West, siehe Abbildung 1).



Abbildung 1: Die Strecke zwischen dem FZ Jülich und der GMD Sankt Augustin wurde mit einer Bandbreite von 2,5 GBit/s betrieben. Auf dem Streckenverlauf von der GMD zur KHM Köln (dark fiber) standen 622 MBit/s Bandbreite zur Verfügung.

# 2 Projektdaten

# 2.1 Projektpartner

Laboratory for Mixed Realities, Institut an der Kunsthochschule für Medien Wissenschaftliche Leitung: Prof. Dr.-Ing. Georg Trogemann Peter-Welter-Platz 2 50676 Köln Tel. 0221 / 201 89-130 E-Mail: trogemann@khm.de

Bereich Digitale Medienproduktion Dipl.-Kfm. Ulrich Nütten GMD Forschungszentrum Informationstechnik GmbH Institut für Medienkommunikation Schloss Birlinghoven 53754 Sankt Augustin E-Mail: nuetten@gmd.de

# 2.2 Autor

Dipl.-Inform. Oliver Bunsen (Projektkoordination)

Laboratory for Mixed Realities, Institut an der Kunsthochschule für Medien Coloneum 50829 Köln

Tel. 0221 / 250-1022 E-Mail: bunsen@khm.de

WWW: http://www.lmr.khm.de .

# 2.3 Laufzeit des Forschungsprojekts

Dieser Bericht behandelt den gesamten Projektzeitraum vom 1.9.1998 bis 28.2.2000.

# 3 ATM-Betrieb

# 3.1 Netzorganisation

Die Abbildung 3 gibt Aufschluss über die ATM-Infrastruktur, die zur Nutzung im Projekt aufgebaut wurde. Mit Schaltung der Verbindung im Gigabit-Testbed-West Mitte April 1999 wurden die Grafikworkstations vom Typ Silicon Graphics Visual Workstation 320, Onyx2 und O2 parallel zur Zugehörigkeit zu den jeweiligen regulären Adressbereichen der KHM und der GMD in einem gemeinsamen IP-Adressbereich 192.168.110.xx zusammengefasst. Das IP (Internet Protocol) in diesem Adressbereich ist realisiert durch den ATM-Dienst Classical-IP. Der IP-Adressbereich 192.168.116.xx realisiert zusätzlich IP-Pakete mit einer MTU (maximum transfer unit) von 60KB. Die größeren IP-Pakete erlauben höhere Übertragungsraten für kontinuierliche Datenströme.

Der zentrale Switch Cisco LS-1010 an der KHM wurde bereits 1998 in Betrieb genommen, um auf Basis des ATM-Dienstes LAN-Emulation das Backbone der Einrichtung für die Protokolle AppleTalk und IP bereitzustellen (Adressbereiche: 194.95.160.x, 194.95.161.x, 194.95.162.x und 194.95.163.x). Im Rahmen des Forschungsprojektes wurde das Gerät um zusätzliche Portadapter zum Anschluss der Workstations und des Links zur Uni Köln erweitert (Liste der Komponenten im Zwischenbericht zum ersten Meilenstein). Der zusätzliche ATM-Betrieb mit dem Dienst Classical-IP hat aufgrund der hohen Bandbreite des Switch bisher zu keiner merklichen Beeinträchtigung der regulären Backbone-Funktion geführt.

Der zentrale Dienst "Classical-IP-ARP-Server" wird auf Hardware am Forschungszentrum Jülich bereitgestellt. Folgender ATM-Adresspräfix wurde vom DFN-Verein für die ATM-Hosts an der KHM zugewiesen: nsap 0x39.276f.31.000119.0000.0021.

Der Netzbetrieb war von Beginn der Schaltung im Mai 1999 an sehr stabil. Lediglich ein mehrtägiger Ausfall im Juni 1999 war durch Fremdverschulden zu beklagen. Bei Bauarbeiten an der neuen ICE-Strecke Köln-Frankfurt wurde am Köln-Bonner-Flughafen die Glasfaserleitung durchtrennt.

Die Arbeitsgruppe High-Speed-Networking am Institut für Medienkommunikation der GMD Sankt Augustin hat u.a. die Classical-IP-Netze für das Gigabit-Testbed-West definiert und stand bei technischen Fragen und Störungen aktiv beratend zur Seite. Die Administration und Einrichtung der Netze (Switches, Verkabelung) und Workstations (Netzwerkadapter, Betriebssystemkonfiguration) wurde von den beteiligten Partnern selbst durchgeführt. Abbildung 2 zeigt die ATM-Infrastruktur der GMD Sankt Augustin.

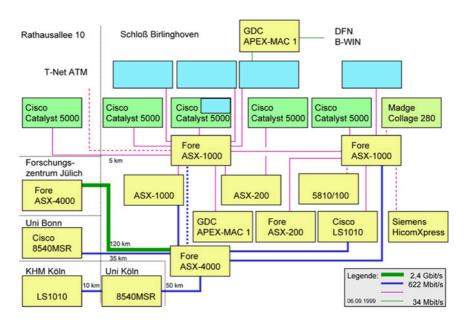


Abbildung 2: ATM-Backbone GMD Sankt Augustin. Die unten links sichtbare Anbindungen der Partnerinstitutionen FZ Jülich, Uni Bonn und der Kölner Hochschulen erfolgte über das Gigabit Testbed West des Deutschen Forschungsnetzes e.V.

<sup>1</sup> Beim IP-Protokoll organisiert das Address Resolution Protocol (ARP) mittels Broadcast-Abfragen an alle Hosts im Netzsegment, die Zuordnung von IP-Adressen zu Hosts. Die Identifikation erfolgt über die hardwaremäßig

eindeutig definierte MAC-Adresse (Medium Access Control) der Netzwerkadapter. Die verbindungsorientierte Netzwerktechnologie ATM unterstützt jedoch inhärent keine Broadcastkommunikation, wie das Ethernet. Beim Dienst Classical-IP over ATM wird die Funktionsweise des ARP-Verfahrens durch Abfragen eines zentralen Datenbankservers (Classical-IP-ARP-Server) mit vorgefertigten Zuordnungstabellen daher nur emuliert.

# 3.2 ATM-Hostadapter

Die Produktverfügbarkeit der ATM-Hostadapter an den SGI Workstations war vielfach unbefriedigend. Der Betrieb der Adapter FORE HE622 ist entgegen zuvor gemachten Herstellerangaben in den Workstations vom Typ O2 nicht möglich. Hier wurde auf Adapterkarten vom Typ PCA 200 mit niedrigerer Bandbreite (theoretisches Maximum 155 Mbit/s) ausgewichen. Dank der eingebauten Hardware-Videokompression in diesen Workstations konnten sie bei eingeschalteter M-JPEG-Kompression trotzdem zum Aufbau von Videoverbindungen eingesetzt werden. Bei den ersatzweise verwendeten Adaptern handelt es sich um eine vorübergehende Leihgabe der GMD, eine Kulanzleistung des Herstellers FORE (im Juli 1999) und eine zusätzliche Beschaffung der KHM (Oktober 1999).

Der Betrieb des Adapters HE 622 erfolgte stabil in den Maschinen SGI Onyx2IR mit einer Grafikpipe und in PCs vom Typ SGI VW320 und PII300 mit Asus Board.

Die SGI Onyx2IR der GMD mit 4 Graphikpipes und 12 CPUs konnte erst im Juli 1999 nach mehrfachem Austausch des ATM-Adapters und der Treibersoftware wieder stabil betrieben werden. Die Systemabstürze haben Einschränkungen für den übrigen Betrieb des Instituts für Medienkommunikation an der GMD zur Folge gehabt<sup>2</sup>.

-

<sup>2</sup>Ausführliche Messprotokolle zur Übertragungsleistung verschiedener Komponenten (Adapterkarten, Workstations) wurden im Rahmen des Gigabit-Testbed-West bereits von der Abteilung High Speed Networking am Institut für Medienkommunikation der GMD Sankt Augustin veröffentlicht [Ho00]. Daher wird an dieser Stelle auf die Darstellung der im Projekt VVTV gesammelten Messdaten verzichtet.

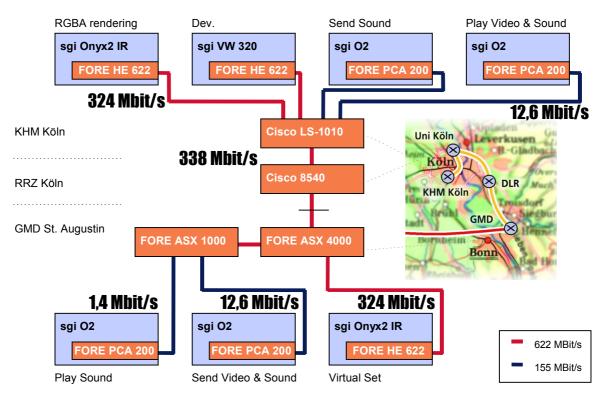


Abbildung 3: ATM-Hosts Verteiltes Virtuelles Studio KHM Köln – GMD St. Augustin, Übersicht über die Übertragungsbandbreiten im Betrieb "Remote Rendering".

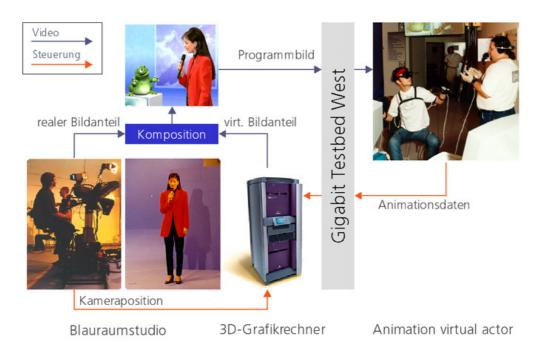


Abbildung 4: Szenario "Remote Animation", bei dem nur die Steuerungsdaten der Animation des virtuellen Akteurs entfernt zugespielt werden. Beim Szenario "Remote Rendering" wird die vollständige computergraphische Realisierung der Figur entfernt ins Blauraumstudio zugespielt.

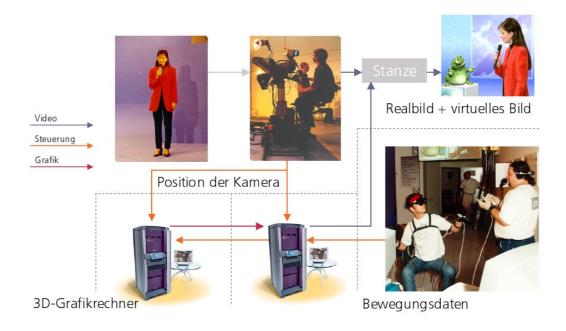


Abbildung 5: Szenario "Remote Rendering", bei dem die Rendermaschinen verteilt Anteile der virtuellen Kulisse rendern.

# 3.3 Beschaffte Hardware

Folgende Beschaffungen wurden mit Investitionsmitteln getätigt, die der Projektförderer zur Verfügung gestellt hat:

- 1 Silicon Graphics PCI Card Cage zur Aufnahme einer ATM-Adapterkarte in der SGI Onyx2 der KHM, das Card Cage stellt einen Adapter zwischen einem Slot zum SGIproprietären XIO-Bus und 3 Slots nach dem Industriestandard PCI dar,
- 2 ForeRunner HE622, MMF, SC ATM-Adapterkarten für PCI Slots,
- 2 Lizenzen für Treibersoftware,
- 2 Cisco Light Stream 1010 Carrier Module zur mechanischen Aufnahme und Stromversorgung der Portadaptermodule,
- 2 Portadapter Cisco STS12c MM zum Anschluss von Endgeräten,
- 2 Portadapter Cisco STS12c SM zum Anschluss der Long Range Verbindung zwischen der KHM und dem Rechenzentrum der Universität Köln, ein Portadapter wird im Switch Cisco LS 1010 der Universität Köln betrieben,
- LWL Patchkabel zum Anschluss von Endgeräten an Portadapter.
- 1 Sony Trinitron Farbmonitor zur Darstellung von übertragenen Videosignalen,
- 1 Set Videowandler "adapt", Analog S-Video,FBAS zu Digital D1 als Adapter für das Digitale Videoboard der SGI Onyx2 IR.

Investitionen aus Eigenmitteln der KHM:

- 1 Digital Video Option DIVO für die SGI Onyx2 der KHM,
- 1 Memory Upgrade 512 MB für SGI Onyx2,
- 1 Frame Synchronizer zum Abgleich von Videoquellen,
- 1 Rack für Device Server PC, Motion Capture PC und Datenhandschuhe,
- 1 Device Server PC als Anschluss für Datenhandschuhe,
- 8 Videokabel,
- 2 Arbeitsplatzrechner (PC Windows NT, 333MHz), (Apple Macintosh 7600/132)
- 1 Striped Video Disk Array für SGI Onyx, 17 GB,
- 1 Videokamera Sony EVID31

Die Abwicklung der Beschaffungen erfolgte mit Unterstützung durch die Verwaltung der KHM Köln. Die Geräte wurden aufgebaut, eingerichtet und sind in Betrieb genommen. Insbesondere im Zusammenhang mit den Erweiterungen der SGI Onyx2 sind umfangreiche Administrationsaufgaben am Betriebssystem ausgeführt worden.

# 3.4 Programmierung Audio-, Grafik- und Videoübertragung

# 3.4.1 Recherche und Tests der Systembibliotheken

Zur Vorbereitung der Softwareentwicklung wurden umfangreiche Tests mit den folgenden Systembibliotheken des Silicon Graphics Betriebssystems IRIX 6.5 durchgeführt:

- AudioLibrary, Bibliothek zur Ansteuerung der Audiohardware von SGI Workstations,
- DMLibrary, Digital Media Library, stellt mit dem Konzept der DMBuffer ein einheitliches Speicher-, Konvertierungs und Transportmodell für Videobilder, 3D-Grafiktexturen und Movies dar.
- DMULibrary, Digital Media Utility, Makroroutinen für die DMLibrary,
- DMNet Library, Bibliothek zum Transport von DMBuffern zwischen Applikationen über Shared Memory oder Netzwerk (derzeit unterstützt werden HIPPI und TCP/IP)
- VLibrary, Bibliothek zur Ansteuerung der Videohardware von SGI Workstations,
- OpenGL, offener Industriestandard für 3D Grafikprogrammierung.

Weiterhin wurden Plattformabhängigkeiten (Pixel Packings, Buffering, Parameter Settings) zwischen den Maschinentypen Ony2IR, O2, Octane und Indigo2 High Impact evaluiert. Mit dieser Expertise konnten die ersten Kernkomponenten der Software zur Audio- und Videoübertragung realisiert werden.

Nach der im ersten Projektabschnitt vorgenommenen Sichtung und Tests der Programmierschnittstellen des UNIX-Derivats des Herstellers Silicon Graphics, IRIX Version 6.5, konnten im zweiten Projektabschnitt die Module zur Audio-, Grafik- und Videoübertragung in ihrer Substanz erfolgreich implementiert werden.

# 3.4.2 Struktur der Übertragungsmodule

Grundsätzlich teilen sich die Module für alle Medienformen (Audio, PAL-Video und RGBA-Grafik) in Sender und Empfänger auf. Die Sender erhalten ein Audio- oder Video-Frame über einen Input-Jack (z.B. Video-In, Mikro-In,...) oder direkt durch die Übergabe von Datenströmen von einem anderen Programm (z.B. dem Renderer für virtuelle Akteure: Softwaremodule sind für die jeweilige Plattform "Trick17-Player"). Die Betriebssystemversion optimiert. Sie verwenden hardwarenahe Bibliotheken, damit möglichst wenig Verzögerung (engl. delay) bei der Verarbeitung und beim Transport entsteht. Genutzt wird die Digital-Media-Bibiothek (dmLib) für den Zugriff auf die Hardware, die Digital-Media-Network-Bibliothek (dmNet) für die Übertragung der Daten im datenunabhängigen Containerformat der Digital-Media-Bibliothek (dmBuffer) und die Bibliotheken ,Video-Library' (VL) und ,Audio-Library' (AL) für den Video- und Audiozugriff. Silicon Graphics verfolgt bei seiner Medien-API das Konzept von "Pfaden" aus Knoten und Verbindungen, mit echtzeitfähig Transportwege, Endpunkte und Bearbeitungsinstanzen Mediendatenströme durch das System definiert werden. (Technische Referenz: SGI Online Books, Sektion "Developer").

Das sendende Modul zur Bildübertragung berücksichtigt als Eingangsquellen

- den digitalen Videoeingang D1 (Version f
   ür SGI Onyx mit digitaler Videoerweiterung DIVO-Board),
- den analogen Videoeingang Composite/S-Video (Version für SGI O2, Videooption),
- und aus parallel laufenden Applikationen per Shared Memory übertragene Grafikframes (Systembibliothek IRIX).

Das empfangende Modul bietet zusätzlich zu den spiegelbildlichen Funktionen die Möglichkeit der Darstellung in einem Fenster der graphischen Oberfläche X-Windows. Zur echtzeitfähigen Darstellung von Video oder gerenderter Grafik erfolgte die Programmierung mit der X-Windows-Erweiterung GLX (Graphics Library Extension), mit der es möglich ist, hardwareunterstützt in den Displaybuffer des Fenstersystems zu rendern. Die verwendete Graphikbibliothek ist OpenGL.

Die Audiomodule greifen auf die Standard-Audio-Schnittstellen der SGI Workstation zu.

# 3.5 Skizze der Datenwege

Das Sendemodul bei der SGI Onyx2IR wird in erster Linie genutzt, um die in Echtzeit hardwaregerenderten Frames mit dem virtuellen Akteur zur Rendermaschine für das virtuelle Set zu verschicken. In Abbildung 6 ist in der oberen Hälfte der Signalweg für ein anliegendes Videosignal skizziert. Die untere Pipeline zeigt ein System unter Last, wenn gleichzeitig auf der Maschine gerendert wirde. Die Graphikhardware rendert jedes Frame mit 32bit Farbtiefe (Komponenten RGBA) und der PAL-Größe 720x576 Pixel in den schnellen Bufferspeicher der Graphikhardware. Ein Speicherabzug jedes gerenderten Frames wird umgehend aus dem Grafikbuffer in einen "shared"-Bereich des Systemspeichers transportiert. Dort kann das

Send-Modul auf ein neues Frame zugreifen und es in der Form eines abstrakten Datencontainers, dem dmBuffer, behandeln. Der dmBuffer wird mit der Bibliothek dmNet über TCP/IP über die reservierte Classical-IP-ATM-Verbindung verschickt. Das Receive-Modul stellt die Frames anderen Applikationen (insbesondere dem Renderer für das virtuelle Studio "3DK") per shared-memory oder an einem Videoausgang zur Verfügung. Es werden insgesamt 25 Frames pro Sekunde gerendert. Da die Daten unkomprimiert übertragen werden, entsteht somit ein koninuierlicher Datenfluß von ca.310 Mbit/s. Auch unter hoher Systemlast bewältigen die ATM-Hostadapter und die Systemarchitektur der SGI Onyx die Übertragung mit einer für eine flüssige Figurenanimation ausreichende Framerate (20 fps).

Optimierungsspielraum bietet der Umstieg von TCP auf UDP oder native ATM-Übertragung. Das TCP-Protokoll verlangt die Berechnung einer checksum für jedes Datenpaket, was den Overhead beträchtlich erhöht. Eine geringe weitere Optimierungsmöglichkeit ergibt sich, wenn das modulare Konzept der Systemarchitektur verlassen wird und die Übertragungseinheit einen synchronisierten Bestandteil der Renderapplikation darstellt.

# Kopplung High-End Rendermaschinen

- Messen der Verzögerung
- 1 Frame RGB 1,6 MB, 40 ms, 320 Mbit/s, Display: Texture OpenGL

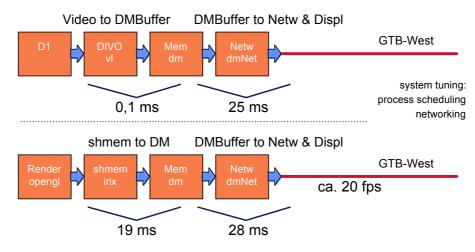


Abbildung 6: Weg der Datenströme durch das System. Die höchste Verzögerung entsteht beim Versenden der Frames.

Die Workstations vom Typ O2 wurden zur Übertragung von Kontrollvideo und –audio genutzt. Da die ATM-Hostadapter vom Typ FORE HE-622 nicht wie durch die Hersteller SGI und FORE versprochen in diesen Maschinen betrieben werden konnten, mußte auf den Typ PCA-200 mit niedrigerer Bandbreite ausgewichen werden, weshalb der Einsatz von Kompressionshardware für die Videoübertragung unverzichtbar wurde. Die damit in Kauf genommene höhere Latenzzeit hielt sich jedoch im vertretbaren Rahmen. Die Verarbeitung erfolgt analog zu den Modulen für die Plattform SGI Onyx. Zusätzlich wurde zur Kompression und Dekompression der dmIC ("digital media Image Converter", ein

hardwareunterstützter Echtzeit-M-JPEG Codierer für PAL- oder NTSC-Video ) in den Verarbeitungspfad eingesetzt. Zudem sieht das interne Model der Datenverwendung etwas anders aus, da bei diesen Maschinen der vorhandene Speicher gleichzeitig Grafik-, wie auch Hauptspeicher ist. Dadurch können die Videodaten ohne zusätzlichen Kopiervorgang im Grafikspeicher angezeigt werden, indem die zuständige Bibliothek einfach einen Speicherzeiger umsetzt.

Die ATM-Hostadapterkarte FORE PCA-200 besitzt eine theoretische Übertragungsbreite von 155 Mbit/s. In der Praxis liegt der erreichbare Wert bei ca. 90 Mbit/s. Trotz dedizierter Kompressionshardware zeigt die Leistungsfähigkeit der Videokompression eine Abhängigkeit von der Taktrate des Prozessors. Zusätzlich steigt die Prozessorlast mit erhöhter Kompressionsrate. Die

Abbildung 7 zeigt, dass bei 100% Qualität ("mathematically lossless") nicht mehr 25, sondern nur 18 Frames pro Sekunde erreicht werden. Dies liegt aber nicht darin begründet, daß die Übertragungszeit zu hoch wäre (ein Frame hätte ohne Komprimierung theoretisch 40ms Zeit), sondern dass die Verarbeitungszeit der Kompressionshardware "dmlC" gerade bei niedriger Kompressionsrate so hoch ist, dass die Gesamtzeit für die Verarbeitung eines Bildes in Kombination mit der Übertragung das 40ms-Zeitfenster zwischen zwei Videoframes überschreitet. Günstiger werden die Werte erst bei einer Qualitätsstufe von ca. 80-85 %. Die Übertragungszeit bei rund 50 KB/f liegt bei knapp unter 8ms. Der dmlC hat bei diesem Kompressionsfaktor genügend Zeit das jeweilige Bild zu verarbeiten, ohne eine Verzögerung oder Drop-Outs zu verursachen. Bei konstant vorgewählter Qualitätsstufe bestimmt der Informationsgehalt im Frame die erzielbare komprimierte Größe. Daher kann eine von Drop-Outs freie Übertragung beim Wechsel auf hochfrequentes Bildmaterial (z.B. computergenerierte Bilder) "unerwartet" instabil werden. Bei der Wahl der Qualitätsstufe ist daher die Natur des zu erwartenden Quellmaterials abzuschätzen.

Versuche haben gezeigt, daß bei Variation des Qualitätsfaktors zwischen 4 % und 51 % kaum Veränderungen in der KB – Größe beobachtbar sind. Werte unter 50% führen ohnehin zu nicht mehr akzeptablen qualitativen Einschränkungen. Optimal haben sich Werte um die 75 % erwiesen, was auch in der Standbildkompression als guter Erfahrungswert für JPEG-Kompression gilt.

Insgesamt konnte ein stabiler Kanal für die Übertragung der generierten Bilder zur GMD und zurück (Sendebild) zur KHM aufgebaut werden.

Qualität	KB/s	ms/f	KB/f	f/s
4 %	627	3,1	25,1	25
16 %	617	3,0	24,5	25
21 %	738	3,6	29,0	25
31 %	736	3,1	29,3	25
41 %	725	3,5	29,0	25
51 %	722	2,9	28,76	25
61 %	805	3,7	32,08	25
70 %	908	4,1	36,37	25
80 %	1132	5,1	45,57	25
85 %	1328	8,0	56,19	24
90 %	1540	8,8	67,43	23
94 %	2105	9,8	93,70	22
97 %	2650	16,8	140,71	18
100 %	3616	18,7	197,73	18

Abbildung 7: Videoübertragung von SGI O2 zu SGI O2 mit M-JPEG Komprimierung bei variierendem Kompressions-/Qualitätsfaktor.

Der Bandbreitenbedarf für die Übertragung der Audiodaten mit ca.17Kb/s stellt sich gegenüber den Bilddaten äußerst marginal dar. Die Implementierung der Audiomodule gestaltete sich jedoch deutlich aufwendiger, da die Systembibliotheken für Audiodaten keine vorbereiteten Mechanismen zur Paketierung und Buffering bieten. Hier wurden entsprechende Mechanismen entworfen und implementiert, die ohne große Bufferspeicher auskommen, damit nur minimale Latenzen in der Übertragung entstehen.

# 3.6 Entwicklung Renderlösung

Im Zusammenhang mit dem virtuellen Akteur "Der Schattenmann" wurde vom Projektpartner IMK-GMD eine für die virtuelle Studiotechnik neuartige Renderingoption für virtuelle Charaktere geschaffen. In einem zweiten Renderingdurchlauf pro Field des Videobildes wird die Silhouette der virtuellen Figur als Schatten in das virtuelle Set projiziert.

Die Silhouette kann entfernt gerendert werden (im Projekt am Standort Köln) und wird über eine ATM-Verbindung (GTB-West) zugespielt.

Ein weiterer Arbeitspunkt im Zusammenhang mit der speziell im Projekt verwendeten Ganzkörperfigur "Der Schattenmann" bestand in der Weiterentwicklung der Motion Capture Treibersoftware für die Animation ganzer Skelette (Abbildung 8).



Abbildung 8: Für den "Schattenmann" wurde die Software "3DK" für das virtuelle Studio um einen zusätzlichen Renderschritt ergänzt, in dem die 2D-Schattenprojektion des dreidimensionalen virtuellen Akteurs berechnet wird.

# 3.7 Steuerung des Systemsetups

Im Projektverlauf ist eine Toolbox aus handlichen Programmen für Senden/Empfangen von Audio/Video/Graphik für verschiedene Hardwaretypen des Herstellers Silicon Graphics entstanden (SGI O2 und Onyx2IR). Die Programme können auf den beteiligten Hosts sämtlich über die Kommandozeile konfiguriert und gestartet werden.

Um den Aufbau einer komplex verschalteten Produktionsumgebung zu erleichtern wurde eine zentrale Managementapplikation in JAVA implementiert (Abbildung 9). Die Applikation wird von einem Operator an einem zentralen Managementrechner bedient und ist als JAVA-Applikation weitestgehend hardwareunabhängig.

Start und Abbruch der Programme auf den entfernten Hosts erfolgt in der gegenwärtigen Version der Managementsoftware mit dem rexecd-Protokoll. Für die Laufzeitkommunikation der Programme mit der Managementkonsole wurden diese um UDP-Schnittstellen erweitert. Damit können Konfigurationsparameter (Kompressionsrate, Zielsystem) zur Laufzeit von zentraler Stelle gesteuert werden.

In der Weiterentwicklung Managementsoftware soll das rexecd-Protokoll durch eine Lösung mit secure shell (ssh) ersetzt werden, da die Sicherheitsmöglichkeiten insbesondere bezüglich der Passwortübertragung hierbei wesentlich größer sind. Die Verwendung des rexecd hat gegenüber einer Lösung mit daemons (UNIX Konzept für im Netz angebotene Services) den Vorteil, dass keine aufwendigen Installation der Software unter Administratorenprivilegien notwendig wird.

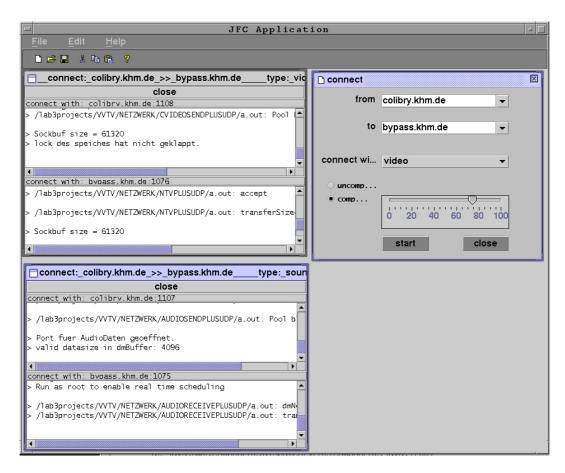


Abbildung 9: Zentrales Kontrollfenster auf der Management-Workstation. Mit der JAVA-Applikation können die Verbindungen zwischen den im ATM-Netz vorhandenen Quellen und Senken für Audio und Video verwaltet werden.

# 4 Live-Präsentation auf der Internationalen Funkausstellung in Berlin

Als Glücksfall hat sich die mit dem Forschungsprojekt assoziierte Produktion der TV-Kinderspielshow "Ich sehe was, was Du nicht siehst!" erwiesen. Die Produktion ist die Umsetzung der Diplomarbeit der KHM-Studentin Christiane Büchner. Das völlig neuartige Format einer Kinderspielshow unterstützt inhaltlich das Prinzip der verteilten virtuellen TV-Produktion (siehe Abbildung 10) und stellt die bisher gekannten Nutzungsformen des virtuellen Studios auf den Kopf.

Die Produktion konnte durch die Hilfe vieler unterstützende Kooperationspartner (breite Unterstützung von Studierenden der KHM Köln, vom WDR Köln, dem DFN Verein, dem ORB Potsdam, der GMD Sankt Augustin, das IRT München, die deutsche Niederlassung von Silicon Graphics und der Firma Xync Tracking Systeme) als Low-Budget-Produktion trotzdem mit dem Umfang einer professionellen Fernsehproduktion realisiert werden.

Für das Forschungsprojekt ergab sich die einmalige Gelegenheit die entwickelte Software und die gewonnene Expertise vor einer großen Öffentlichkeit bei der Internationalen

Funkausstellung in Berlin zu präsentierten. Der Termin der Ausstellung im Sommer machte es erforderlich, dass der ursprüngliche Zeitplan für die Arbeitspakete des Projekts VVTV umdisponiert werden musste.



Abbildung 10: Arbeitsaufnahmen aus der Produktion ``Ich sehe was, was Du nicht siehst''. Die interaktive TV-Kinderspielshow aus dem virtuellen Studio wurde auf der Internationalen Funkausstellung 1999 in Berlin koproduziert. Die Funktionseinheiten Echtzeitanimation des virtuellen Akteurs (Bild oben links), Außenstation (Bild unten rechts) und Blauraum (Bild unten links) können mit Hilfe der Technologien aus dem Projekt VVTV aus drei entfernten Standorten kombiniert (Bild oben rechts) werden.

# 4.1 Contententwicklung Testproduktion

Die Konzeption und Ausgestaltung der Testproduktion wurde im Wesentlichen von Christiane Büchner durchgeführt und stand dem Forschungsprojekt freundlicherweise als Testszenario für die verteilte Produktion zur Verfügung. Das Team des Forschungsprojekts hat die Entwicklung der Kinderspielshow technisch beratend unterstützt.

# 4.2 Anpassung eines Virtuellen Akteurs

Der dreidimensionale virtuelle Akteur "Der Schattenmann" ist die erste Ganzkörperfigur der Arbeitsgruppe, die sich frei im Raum bewegen kann. Entsprechend musste eine Ganzkörper-Skelett-Treibersoftware entwickelt werden, mit der aus den unzusammenhängenden Daten des magnetischen Motion-Capture-Systems die Gelenkanimation der Beine errechnet wird. Die Natur des Virtuellen Akteurs als Schattensilhouette machten zusätzliche Anpassungen der Software notwendig.

# 4.3 Erstellung der virtuellen Kulisse

Das Projektteam hat bei der Modellierung der 3D-Kulissenobjekte beratend zur Seite gestanden. Die animierten Kulissenobjekte des virtuellen Sets wurden von den Projektpartnern bei der GMD erstellt. Dort geschah auch die Endmontage der Szenen aus den Kulissenobjekten.

# 4.4 Zusätzliche technische Aufbauten

# 4.4.1 Außenstation "Krake"

Im Rahmen der IFA-Präsentation wurde modellhaft ein weiterer Standort zur verteilten Produktion eingeführt. Der erste Standort war das virtuelle Studio. Der zweite Standort die Außenstelle zur für die Motion Capture Animation des virtuellen Akteurs am Messestand des DFN-Vereins. Die überdimensionale "Krake" (Abbildung 11) fungiert als dritte Außenstation als externes Interface für die beteiligten Kindermannschaften und kann – entsprechende Netzwerkinfrastruktur vorausgesetzt – aus der Entfernung in das Spielgeschehen eingefügt werden. Für die in den Plüschextremitäten der Krake eingebauten Drucktaster wurde eine programmierbare Eingabeeinheit für Linux-PCs entwickelt. Die Einheit wandelt die zahlreichen Tasteninputs in aufbereitete Steuerbefehle für die Renderer der virtuellen Kulisse. Die Steuerbefehle werden per UDP/IP im Datennetz übertragen. Die im Forschungsprojekt entwickelten Systeme zur Videoübertragung über ATM-Netze können eingesetzt werden, um in die "TV-Bullaugen" der Krake das Geschehen aus dem entfernten Studio zuzuspielen.



Abbildung 11: Remote Interface "Krake".

# 4.4.2 Mixed Reality Interface "Hüpfball"

Der Diplomand Leonhard Geiger [Gei00] hat das Mixed Reality Interface "Hüpfball" entwickelt. Mit diesem Interface kann das Kandidatenkind in der Kinderspielshow große Distanzen in der virtuellen Kulisse überwinden (Abbildung 12). Das Kind bestimmt durch entsprechendes Hüpfen selbst die Richtung und Geschwindigkeit der Bewegung im virtuellen

Raum. Es erlebt seine Bewegung in der virtuellen Welt mit Hilfe eines Head-Mounted-Display<sup>3</sup>.

## 4.4.3 Website

Die Fernsehshow wurde cross-medial um eine Website ergänzt. Die zuschauenden Kinder finden im Netz einen interaktiven Baukasten mit den Kulissenobjekten der Sendung vor (die "DraiDeeFee"). Damit können sie eigene Geschichten gestalten und diese mitsamt Bild an die Redaktion schicken. Aus den Geschichten und Bildern der Kinder entstehen wieder neue Folgen der Kinderspielshow.

Die Website<sup>4</sup> dient nicht nur der Dokumentation des TV-Projekts und des Forschungsprojekts VVTV; mit dem Kulissenbaukasten wird das Thema der netzbasierten Interaktion und Verteilung um eine asynchrone Variation für niedrige Bandbreiten und handelsübliche Internet PCs und eine große Zahl aktiver Benutzer erweitert.

Der Kulissenbaukasten (Abbildung 13) ist eine schlanke Shockwave-Anwendung, bei dem Welten aus zweidimensional ikonischen Repräsentationen der 3D-Objekte komponiert werden können. Durch Click auf den Knopf "Fertigstellen" wird die Hochleistungs-Grafik-Workstation SGI Onyx2IR der KHM veranlasst, die Szene in 3D zu rendern. Das gerenderte Standbild wird nach einer minimalen Render- und Antwortzeit im Shockwave-Plug-In dargestellt.

Um eine kurze Antwortzeit zu gewährleisten, die nahezu interaktives Arbeiten gestattet, wurde die Anwendung als "Fast-CGI"-Modul<sup>5</sup> binär in den freien Apache-Webserver einkompiliert. Der Webserver erhält über eine POST-Aufforderung vom Webclient die Beschreibung der 3D-Szene in Form eines schlanken Codes (Art und Position der beteiligten Objekte, sowie Position der virtuellen Kamera) und startet über die Fast-CGI-Schnittstelle den Renderingprozeß. Dieser liest aus einer Datenbank die Original-3D-Modelle, die auch im virtuellen Studio eingesetzt werden, mit ihren Texturen ein (Format: OpenInventor) und rendert die Szene hardwareunterstützt auf der SGI Onyx2IR im unkomprimierten Format SGIrgb. Mit einer frei erhältlichen JPEG-Bibliothek wird das Bild anschließend für die Übertragung beträchtlich komprimiert. Der Webserver schickt das JPEG-Bild an die Shockwave-Applikation im Webclient zurück, wo es schließlich dargestellt wird.

\_

<sup>3</sup> Das virtuellen Studio ist als Mixed Reality Anwendung eine Komposition aus realer (physikalisches Geschehen im Blauraum), virtueller (computergenerierte Welt) und in übertragener Bedeutung auch subjektiver Welt (Erlebnisqualität für die Agierenden vor der Kamera). Mixed Reality Interfaces erlauben erlebbare Interaktion zwischen den sonst nur simultan und unabhängig nebeneinander existierenden Welten. Je intensiver eine echte, nicht gespielte Interaktion zwischen den Welten stattfindet, desto überzeugender kann das gemischte Resultat für den Zuschauer werden. Zum Konzept der Kinderspielshow gehört die Herstellung zahlreicher Interaktionsbeziehungen während der Aufzeichnung und zeitlich darüber hinaus (z.B. öffentliche Fortsetzung des Spielgeschehens im Web).

<sup>&</sup>lt;sup>4</sup> Auftragsleistung für den DFN-Verein.

<sup>&</sup>lt;sup>5</sup> "Fast-CGI" ist eine besonders geschwindigkeitsoptimierte CGI-Schnittstelle (Common Gateway Interface), über die ein Webserver die Ausführung externer Programme veranlaßt (siehe auch http://www.fastcgi.com/).

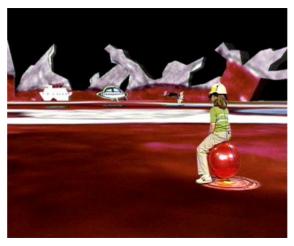


Abbildung 12: Mixed Reality Interface "Hüpfball".



Abbildung 13: Web-Baukasten für 3D-Kulissen.

# 4.5 Technische Planung IFA-Präsentation

Für die Präsentation auf der IFA in Berlin musste umfangreiche koordinatorische Arbeit geleistet werden. Dies betraf die technische Planung und Koordination mit den Partnern, die Beschaffung der Geräte, die Verwaltung von Haushaltsmitteln und die Bereitstellung von Pressematerial.

Die Abbildung 16 und Abbildung 17 stammen aus den im Zusammenhang mit der Präsentation von VVTV vorgenommenen technischen Planungsarbeiten. en zusammen.

# 5 Abschließende Bewertung

Mit der Ansiedlung von VVTV an der Kunsthochschule für Medien Köln wurde die Gelegenheit geschaffen, ein rechner- und netzwerktechnisches Entwicklungsvorhaben in enge Wechselwirkung mit einem praktischen gestalterisch-konzeptionellen Projekt treten zu lassen.

Abweichend von der verbreiteten, zeitlich nacheinanderfolgenden Beschäftigung unterschiedlicher Disziplinen mit einer Thematik, wurden unter dem interdisziplinären Ansatz Technologie- und Formatentwicklung einer interaktiven Kinderspielshow simultan betrieben. Mit Abschluß des Projekts steht nun neben dem technologischen Know-How eines mittels Rechnernetzen verteilten virtuellen Studios auch ein erprobtes Beispiel für die Anwendung der noch sehr kostspieligen Technologie zur Verfügung. Das Format der TV-Kinderspielshow kann von der verteilten Produktionstechnologie tatsächlich profitieren, indem beispielsweise die spezialisierte Dienstleistung der Motion-Capture-Technologie entfernt eingespielt werden kann oder die Außenstation der "Krake" direkt in den Räumen der mitspielenden Schulklasse aufgebaut wird.

Mit der Mitarbeit vieler Studierender der KHM an dem TV-Projekt, mit der Teilnahme der Schulklassen und durch die öffentlichkeitswirksame Präsentation auf der Internationalen Funkausstellung in Berlin konnte die Hochtechnologie des Gigabit-Netzes einem nicht primär technisch ausgerichteten Nutzerkreis nahegebracht werden.

# 5.1 Technologieverwertung VVTV

Das im Projekt realisierte neuartige Produktionsszenario der entfernten Live-Zuspielung von echtzeitanimierten virtuellen Darstellern für Fernseh- oder Eventproduktionen ist ein Modellfall für fortgeschrittene Szenarien der verteilten Medienproduktion, bei denen spezialisierte Dienstleistungen bedarfsabhängig per Netz zugeschaltet werden.

Die im Projekt erstellte Softwaremodule zur Videoübertragung eignen sich auch für die Verwendung in Kommunikations- und Kollaborationssystemen. In der verteilten virtuellen Workbench, einem Forschungsprojekt im Bereich Metacomputing im GTB-West, wurden die Module zur Videoübertragung erfolgreich eingesetzt, um die dargestellte 3D-Szene mit der nur minimal verzögert dargestellten Aufnahme des entfernten Kommunikationspartners zu unterlegen (siehe Abbildung 14).

Anwendungen auf der Workbench, einem interaktiven 3D-Projektionstisch, dienen der wissenschaftlichen Kommunikation und Kollaboration.



Abbildung 14: Verteilte Kollaborative Workbench der GMD Sankt Augustin mit Videomodulen aus dem Projekt VVTV. Mit Hilfe von Shutterbrillen wird das Doppelbild des Projektionssystem für jedes Auge separiert. Durch interaktives Rendering der 3D-Modelle in Relation zur Betrachterposition entsteht ein starker räumlicher Eindruck des bearbeiteten Objekts, wie er durch einfache Stereowiedergabe nicht erzielbar ist.

Anlässlich der im Jahr 2000 in Berlin stattfindende Ausstellung "Sieben Hügel - Bilder und Zeichen des 21. Jahrhunderts" wurde ein Projektvorschlag des Laboratory for Mixed Realities für eine verteilte Videoinstallation ausgearbeitet. Die Installation nutzt das Gigabit-Wissenschaftsnetz "G-WIN" des DFN-Vereins zur Übertragung von Videobildern von sechs Standorten der Bundesrepublik Deutschland. Die Kopfbewegungen des Betrachters der Installation im Berliner Ausstellungsgebäude werden registriert und zur Steuerung der entfernten motorischen Kameras genutzt.

Damit wird beim Besucher die Illusion von Telepräsenz erzeugt. Für die technische Lösung der Videoübertragung wird auf die im Projekt VVTV aufgebauten Kompetenzen zurückgegriffen.

Zu dem Projektvorschlag existieren funktionierende technische Vorstudien. Hierbei wurde eine Videobrille (dem Benutzer kann hiermit ein Videobild in PAL-Format direkt vor seinen Augen dargestellt werden) mit einem magnetischen Trackingsystem ausgestattet. Das Trackingsystem vom Typ Polhemus FastTrack registriert die Kopforientierung und Lage des Brillenträgers. Die Daten entsprechen ungefähr seiner Blickrichtung. Mit diesen Daten wird mit minimaler Verzögerung die Ausrichtung einer motorischen Kamera vom Typ Sony EVID-31 über eine Internetverbindung ferngesteuert. Das Kamerabild wird mittels der Videoübertragungsmodule aus dem Projekt VVTV in die Brille des Benutzers übertragen. Mit seinen intuitiven Kopfbewegungen kann der Benutzer auf diese Art und Weise eine entfernte Szene frei überblicken (Abbildung 15).



Abbildung 15: "Remote Eye" – Der Benutzer steuert mit seinen intuitiven Kopfbewegungen die Blickrichtung einer über Netz angebundenen Motorkamera. Er sieht in seiner Videobrille das Bild der entfernten Kamera.

# 6 Dokumentation, Vorträge, Presse

Die Online-Dokumentation zum Forschungsprojekt befindet sich ausgehend von der URL http://www.khm.de/~actor/projects .

Dort stehen verschiedene Dokumente, u.a. die Präsentationsfolien aus einigen Vorträgen, zum Download bereit:

- Beitrag "Patchwork TV" in den DFN Mitteilungen, Heft 47, S. 14 15, Juni 1998,
- dokumentierende Quicktime-Videoclips,
- Vortragsfolien "Verteilte Virtuelle TV-Produktion", Presseseminar DFN e.V., München,
  27. Oktober 1998,
- Vortragsfolien "Echtzeit Netzwerke in der Medienproduktion", DFN Symposium "Fortgeschrittene Kommunikationstechnik", Berlin, 9. März 1999,
- Vortrag "Das virtuelle Studio im Netz", Technisch-Wissenschaftliches-Forum, Int. Funkausstellung Berlin 1999, September 1999,
- Vortrag "Verteilte Virtuelle TV-Produktion", Projektgruppentreffen Gigabit-Testbed-West, GMD Sankt Augustin, 22.10.99.
- Vortrag "Verteilte Virtuelle TV-Produktion", Abschlußkolloqium Gigabit-Testbed-West, Jülich, 1.2.2000,
- Antrag an das Deutsche Forschungsnetz für eine Verlängerung des Projekts VVTV [Bun00],
- Diplomarbeit Leonhard Geiger "Mixed Reality Interfaces"[Gei00],
- Schriftliche Ausarbeitung der Diplomarbeit von Christian Büchner "TV-Kinderspielshow"[Bue99].

Videoproduktionen an der KHM in Verbindung mit VVTV:

- Illustrierendes Videomaterial zum Vortrag beim Abschlußkolloqium Gigabit-Testbed-West in Jülich, 2.2.2000,
- TV-Kinderspielshow "Ich sehe was, was Du nicht siehst!" Musikclip,
- TV-Kinderspielshow "Ich sehe was, was Du nicht siehst!" Sendeversion.

# Presseberichterstattung:

- Rhein-Sieg Rundschau, 13. September 1999,
- I and C World, Das Magazin für Information und Kommunikation der Siemens AG, 1/99 und 4/99,
- Die Computerzeitung,
- Der Tagesspiegel,
- Die Wirtschaftswoche, Sonderteil zur CeBIT 2000,
- Wissenschaftsmanagement spezial, Zeitschrift für Innovation, Deutsches Forschungsnetz, 1/99.

Berichterstattung zum Kooperationsprojekt ``Ich sehe was, was Du nicht siehst":

- Radiointerview Deutschlandfunk,
- Radiointerview Deutsche Welle,
- Fernsehbericht Westdeutscher Rundfunk Kinderprogramm.

# Anbindung an den Lehr- und Forschungsbetrieb der KHM:

- Vortrag im Rahmen des Seminars "Mythos Computer" Wintersemester 98/99,
- Gastdiplomarbeit der FH Köln Fachbereich Fotoingenieurwesen: "Mixed Reality Benutzerschnittstellen für das virtuelle Studio",
- Diplomprojekt KHM von Christiane Büchner,
- Technische Live-Präsentation "Verteilte Virtuelle TV-Produktion", Präsentationswoche der KHM Köln, Juli 1999.

# Reisen für Recherche, Präsentation, Koordination:

- September 98: Int. Broadcast Convention, Amsterdam, Recherche zur virtuellen Studiotechnik und Videoübertragung über ATM,
- Oktober 98: DFN Journalistenseminar München, Projektvorstellung,
- Januar 99: SGI Developer Forum München, Recherche zur Betriebssystemplattform (Bibliotheken, Echtzeitfähigkeit, Grafik), Beratung mit SGI-Entwicklern zu ATM-Adaptertreibersoftware,
- März 99: DFN Symposium Berlin, Vortrag zu Produktionsnetzen,
- Zahlreiche Fahrten zwischen KHM, Köln und GMD, Sankt Augustin zu Projektbesprechungen, Proben und technischen Tests,
- Juni 99, Besuch der MECON, Messe Köln, Recherche zu Trends in der TV-Produktionstechnik,

- August/September 99, Internationale Funkausstellung Berlin 1999, Vortrag und Produktion,
- 22.10.99, Vortrag beim Projektgruppentreffen Gigabit-Testbed-West, GMD Sankt Augustin,
- 1.2.00, Vortrag beim Abschlußkolloqium Gigabit-Testbed-West, Jülich.

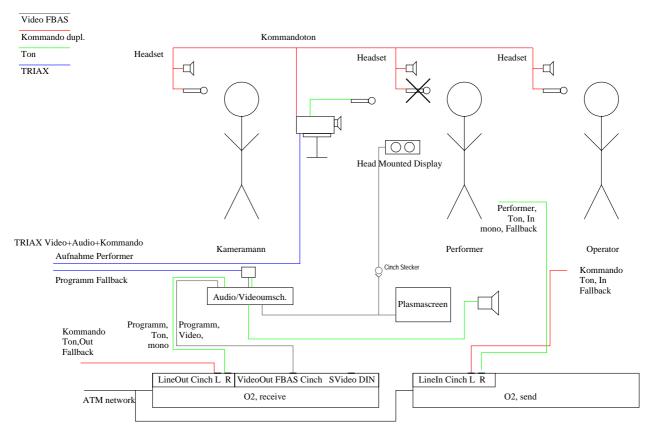


Abbildung 16: Video- und Audioverkabelung bei der Außenstelle "DFN-Stand", dem Schauplatz für die Motion Capture Animation des virtuellen Akteurs.

Datennetz VVTV/Ichsehwas Compilation: bunsen@khm.de 2 Kameras: 2 Onyx2 mit 4 CPUs, je 1 Pipe mit DIVO Actor: 1 Onyx2 mit 4 CPUs, 1 Pipe mit DIVO

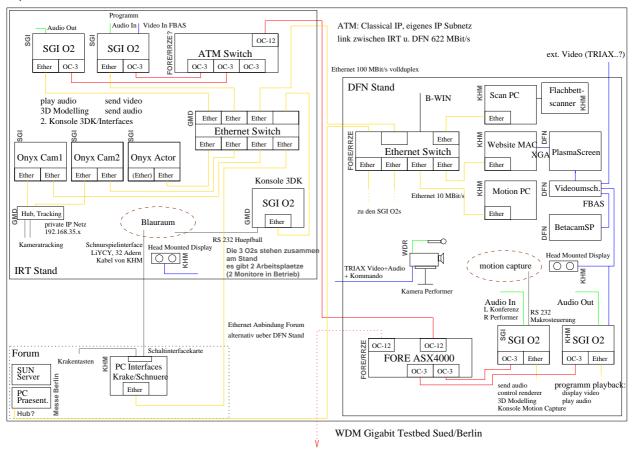


Abbildung 17: Technisches Setup der Präsentation von VVTV bei der IFA in Berlin.

# 7 Literaturverzeichnis

[act99] Arbeitsgruppe character animation an der KHM. http://www.khm.de/actor, Laboratory for Mixed Realities, 1999.

[A95] ATM Internetworking.

May 1995.

Cisco Systems, Inc.

[Bau96] S. Bauckmann.

Emotionale Steuerung virtueller Charaktere.

Diplomarbeit, Kunsthochschule für Medien Köln,

Universität Dortmund, 1996.

[Bec99] C. Becker.

Ich sehe was, was Du nicht siehst.

http://ichsehewas.khm.de, Laboratory for Mixed Realities, 1999.

[Bha98] M. Bhatia.

QoS over the Internet: The RSVP protocol.

http://www.cis.upenn.edu/bhatia/rsvp.html. 1998.

[BK99] M. Billinghurst und H. Kato.

Collaborative Mixed Reality.

Proceedings of the International Symposium on Mixed Reality, March 19 - 21, 1999, Yokohama.

[Bra71] Paul T. Brady.

Effects of transmission delay on conversational behaviour on echo-free telephone circuits.

Bell-System-Technical-Journal, Vol. 50(1): 115-134, 1971.

[Bri98] Groupware and computer-supported cooperative work.

http://www.usabilityfirst.com/groupware/.

Diamond Bullet Design, 1998.

[Bue99] C. Buechner.

Ich sehe was, was Du nicht siehst!

Diplomarbeit, Kunsthochschule für Medien Köln, 1999.

[Bun96] O. Bunsen.

Animationsorientierte Optimierung von Polygonnetzen .

Diplomarbeit, Kunsthochschule für Medien Köln,

RWTH Aachen, 1996.

[BT97] O. Bunsen und G. Trogemann.

Mesh Optimization for Animation Purposes.

In: Simulation & Animation,

Society for Computer Simulation International, 1997.

[BBO+97] O. Bunsen, D. Bollmann, R. Opalla, J. Piesk und G. Trogemann.

Clones und Clowns: Virtuelle Akteure in den Medien.

Tagungsband Multimedia-Tag,

Regionales Rechenzentrum der Universität zu Köln, Oktober '97.

## [BT98a] O. Bunsen und G. Trogemann.

Verteilte Virtuelle TV-Produktion im GTB-NRW.

Forschungsantrag an den DFN-Verein, Kunsthochschule für Medien Köln, 1998.

#### [BT98b] O. Bunsen und G. Trogemann.

Patchwork-TV: Verteilte virtuelle TV-Produktion im Gigabit-Testbed West.

DFN Mitteilungen, Heft 47, S. 14 - 15, Juni 1998.

# [Bun98] O. Bunsen.

Verteilte virtuelle TV-Produktion im Gigabit-Testbed West - Materialsammlung. http://www.khm.de/actor/projects/vvtv, September 1999.

### [Bun00] O. Bunsen.

Verteilte virtuelle TV-Produktion 2 – Antrag für Anschlußprojekt.

Laboratory for Mixed Realities, Januar 2000.

## [Bur99] J. Burghardt.

MPEG-2 für Fernseh-Anwendungen.

FKT, Fernseh- und Kinotechnik.

Nr. 3, 1999.

## [Cha97] D. Chappel.

Making Sense of Distributed Objects.

American Programmer, December, 1997.

### [cis98] Introduction to Gigabit Ethernet.

http://www.cisco.com/warp/public/729/gigabit/gigt tc.htm, Cisco Systems Inc., 1998.

#### [CHY] P. Chung, Y. Huang, S. Yajnik.

DCOM and CORBA Side by Side, Step by Step, and Layer by Layer.

Bell Laboratories, Lucent Technologies, Murray Hill, New Jersey, 1998.

## [Det] O. Detken.

TCP/IP over ATM: Komplexität bremst die Performance.

gateway - Network World, Heft Nr. 1, Januar 1998.

# [FHT] T. Frank, M. Hoch und G. Trogemann.

Automated Lip-Sync for 3D-Character Animation.

15th IMACS World Congress on Scientific

Computation, Modelling and Applied Mathematics, August 24-29, Berlin/Germany, 1997.

#### [Fle97a] G. Fleischmann.

Performance Animation: über die Entfernung des Animators vom Einzelbild.

Formdiskurs, Zeitschrift für Design und Theorie,

2(1):96-107, Januar 1997. Gemischtwaren - digital.

## [Fle97b] G. Fleischmann.

Synthetische Darsteller: Anwendungen, Probleme und

Perspektiven

Jahrbuch 1995/96 für Künste und Apparate der

Kunsthochschule für Medien Köln , Verlag der Buchhandlung Walther König Köln, 1996.

[FOM96] G. Fleischmann, R. Opalla und A. Mähler.

Real-Time Animation of 3D Characters.

Proceedings of the 96 European SMPTE Conference on Imaging

Media, Cologne, 1996.

[Gei00] L. Geiger. "Mixed Reality Interfaces im Virtuellen Studio". Diplomarbeit Fachhochschule Köln, Kunsthochschule für Medien Köln, Februar 2000.

### [GF99] G. Goebbels und W. Frings.

GTBW - Complex Visualization over a Gigabit-WAN,

http://www.kfa-juelich.de/zam/RD/coop/gigabit/gtbw vis.html, 1998.

#### [Hei97] F. Heimbrecht.

Interaktive Evolution von Basisbewegungen für die Mimik

dreidimensionaler Charaktere.

Diplomarbeit, Kunsthochschule für Medien Köln,

Universität Dortmund, 1997.

## [Ho00] F. Hommes.

Gigabit Testbed West - GIGAnet

Gigabit Testbed West, Abschlußkolloquium, 31.1.-1.2.2000 Jülich,

http://www.gmd.de/People/Ferdinand.Hommes/vortraege\_und\_veroeffentlichungen.htm

#### [HT99] F. Heimbrecht und G. Trogemann.

Modelling Facial Expressions by Interactive Evolution.

Multimedia Modelling - Modeling Multimedia Information and Systems.

Ahmed Karmouch Ed.,

Ottawa, October 1999, World Scientific.

#### [RBR99] N. Ren, R. Boutaba, Y. Rasheed et al.

Distributed Video Production: Tasks, Architecture and QOS Provisioning.

Multimedia Modelling - Modeling Multimedia Information and Systems.

Ahmed Karmouch Ed.,

Ottawa, October 1999, World Scientific.

# [Hs99] B. Heidsiek.

Schauplatz - Die Medienstadt Babelsberg bekommt ein High-Tech-Postproduktionszentrum.

c't-Magazin für Computertechnik, Nr. 7, 1999.

## [HFG94] M. Hoch, G. Fleischmann und B. Girod.

Modeling and animation of facial expressions based on B-Splines.

The Visual Computer, vol. 11, no. 2, 1994, pp 87-95.

#### [HF96] M. Hoch und G. Fleischmann.

Social Environment: towards an intuitive user interface.

Proceedings: 3D Image Analysis and Synthesis '96, S.

155--161. Universität Erlangen-Nürnberg, November 1996.

## [Hoc97] M. Hoch.

Object Oriented Design of the Intuitive Interface.

3D Image Analysis and Synthesis, Proceedings, Erlangen November 17-19, Infix 1997, pp 161-167.

#### [Hoc99] M. Hoch.

Intuitive Schnittstelle.

Eine neue Computerumgebung für die Planung bildkünstlerischer Prozesse , DISCG1, Dissertationen zur Computergraphik, Band 1, ISBN 3-89601-601-6, Infix 1999.

## [Hof99] H. Hoffmann.

Task Force for Harmonized Standards for the Exchange of Program Materials as Bitstreams, Teil 3. Netzwerke und Transferprotokolle.

FKT, Fernseh- und Kinotechnik.

Nr. 7, 1999.

## [IU97] H. Ishii und B. Ullmer.

Tangible Bits: Towards Seamless Interfaces between People, Bits and Atoms.

Proceedings of CHI'97, March 22-27, ACM, 1997.

#### [Kat96] P. Kattwinkel.

Entwicklung eines visuell programmierbaren

Bewegungstransformationssystems für die Performance Animation.

Diplomarbeit, Kunsthochschule für Medien Köln,

Universität Dortmund, 1996.

#### [Köp99] R. Köppe.

ARD-Projekt HYBNET.

Vortrag, Technisch-Wissenschaftliches Forum Internationale Funkausstellung Berlin, 1999.

## [Mei97] M. Meister.

Ein Kommunikationsmechanismus für verteilte virtuelle Umgebungen.

Diplomarbeit, Bauhaus-Universität Weimar,

1997.

#### [MIF98] B. MacIntyre und S. Feiner.

A Distributed 3D Graphics Library.

Proceedings of SIGGRAPH 1998,

Orlando, June 1998.

# [OHE97] R. Orfali, D. Harkey und J. Edwards.

Instant CORBA.

John Wiley & Sons, March 1997.

## [Pie97] J. Piesk.

Natürlichsprachliche Interaktion mit autonomen 3D-Charakteren:

Konzeption und Implementierung eines virtuellen Darstellers als

dialogfähigen Agenten.

Diplomarbeit, Kunsthochschule für Medien Köln,

Universität Paderborn, Mai 1997.

## [PT97a] J. Piesk und G. Trogemann.

Animated Interactive Fiction: Storytelling by a

Conversational Virtual Actor.

Proceedings of VSMM'97, IEEE Computer Society

Press, September 1997.

http://miralabwww.unige.ch/vsmm97/,

http://www.khm.de/actor/.

# [PT97b] J. Piesk und G. Trogemann.

Dialogfähige 3D-Charaktere in emotionsbasierten

Lernumgebungen.

AAA'97 Tagungsband, Darmstadt, Oktober 1997.

http://www.igd.fhg.de/AAA97/,

http://www.khm.de/actor/ .

#### [PT98] J. Piesk und G. Trogemann.

Presenting Educational Contents in Nonlinear Narrative

Structures by Conversational Virtual Actors.

To be published on Proceedings of ED-MEDIA/ED-TELECOM

'98, World Conference on Educational Multimedia and Hypermedia,

Freiburg, June 1998.

http://www.aace.org/conf/edmedia/,

http://www.khm.de/actor/.

# [PHOT98] J. Piesk, H.-F. Heimbrecht, R. Opalla and G. Trogemann.

An Adaptable Modular Software Architecture for

Distant Control of Virtual Actors.

To be published on

Proceedings of Computer Graphics International '98,

Hannover, June 1998.

#### [RBR99] N. Ren, R. Boutaba, Y. Rasheed et al.

Distributed Video Production: Tasks, Architecture and QOS Provisioning.

Multimedia Modelling - Modeling Multimedia Information and Systems.

Ahmed Karmouch Ed.,

Ottawa, October 1999, World Scientific.

#### [Rec98] J. Rech.

Volldampf voraus. - Die Technik von Gigabit Internet.

c't-Magazin für Computertechnik, Nr. 13, 1998.

### [soh99] About Sohonet.

http://www.sohonet.co.uk/about.html.

#### [RSB94] Y. Rogers, H. Sharp, D. Benyon et al.

Human Computer Interaction.

Addison Wesley, 1994.

## [Sti99] H. Stiehl.

Im Verzeichnis werden die Weichen gestellt - Heutige DEN-Ansätze erhöhen die Herstellerabhängigkeit. computerwoche focus , 4.Juni.1999.

# [syl98] Sylvia - A technical Description.

 $http://www.fokus.gmd.de/research/cc/cats/\products/sylvia/tech-paper.html.\\$ 

GMD Fokus Berlin, 1998.

## [Wag95] M. Wagner.

CORBA 2.0 - Details des Interoperabilitätsstandards der OMG.

OBJEKTspektrum, Mäerz 1995.

#### [Wal99] P. Walland.

MOLE und Test-Card 'M': Neue Tools für das digitale Zeitalter.

FKT, Fernseh- und Kinotechnik, Nr. 3, 1999.

# [WBS+96] M. Wasserschaff, L. Boch, R. Schäfer et al.

State of the Art on Video Transmission and Encoding

http://viswiz.gmd.de/DVP/deliv.213/deliv213doc.zip, September 1996.

# [WTS96] M. Wasserschaff, A. Tirakis, D. Sauter.

Digital Video Over ATM -State-of-the-Art Report.

http://viswiz.gmd.de/DVP/deliv.212/deliv212doc.zip, September 1996.