



Fraunhofer Institut
Software- und
Systemtechnik

Lebendiges virtuelles Museum Online - LeMO

Abschlußbericht - Januar 1999

Fraunhofer-Institut für Software- und Systemtechnik ISST, Berlin
Deutsches Historisches Museum, Berlin
Haus der Geschichte der Bundesrepublik Deutschland, Bonn

LeMO ist ein Projekt des DFN-Vereins, gefördert mit Mitteln der
Deutsche Telekom Berkom GmbH.

Lebendiges virtuelles Museum Online - LeMO

Abschlußbericht - Januar 1999

Beteiligte Einrichtungen:

- Fraunhofer-Institut für Software- und Systemtechnik ISST, Berlin
- Deutsches Historisches Museum, Berlin
- Haus der Geschichte der Bundesrepublik Deutschland, Bonn

Projektmitarbeiter:

- Fraunhofer ISST:
Lutz Nentwig (Projektverantwortlicher)
Wissenschaftliche Mitarbeiter:
Rainer Häner, Sonia Manhart
Studentische Mitarbeiter:
Andreas Kampa, Michael Mewes, Roman Rochus, Kai Royer, Stefan Scheil, Heike Walter, Andreas Wendt
- DHM:
Dr. Burkhard Asmuss (Projektverantwortlicher)
Wissenschaftliche Mitarbeiter:
Kai-Britt Albrecht, Wolfgang Röhrig, Dr. Lutz Walther
Studentischer Mitarbeiter: Wolfgang Schwanke
Praktikanten:
Claudia Bannert, Susanne Eckelmann *, Gabriel Eikenberg *,
Levke Harders *, Victoria Hegner, Janca Imwolde *, Martin Katafiasz,
Anja Kettern, Sonja Kock, Thilo Kuner, Silke Maurmair, Matthias Mühlich,
Dagmar Otto, Katrin Pieper *, Rupert Platz, Markus Rehnert, Anne-Cécile
Renouard, Marcel Streng, Ulrike Triebs, Manfred Wichmann *,
Daniel Wosnitzka, Christine Woysch (* mit Werkvertrag)

- **Haus der Geschichte:**

Dr. Jürgen Reiche (Projektverantwortlicher), Dorlis Blume (Projektleiterin)
Thomas Schneemelcher

Wissenschaftliche Mitarbeiter:

Kathrin Engel, Andreas Grau, Dr. Anette Hinz-Wessels, Irmgard Zündorf, Dr.
Anne Baghdady (bis 30.6.1998)

Gestaltung:

Prof. Jan Fiebelkorn-Drasen

Studentische Mitarbeiter:

Michael Hallenberger, Frederic Bußmann, Henning Mack

Projektleiter (Gesamtprojekt): Lutz Nentwig

Projektlaufzeit: 1. Januar 1997 bis 31. Dezember 1998

Berichtverantwortliche: Sonia Manhart, Lutz Nentwig

1 Einführung

Das Internet-Angebot von zwei großen historischen Museen erhält eine neue Dimension. Gemeinsam mit dem Fraunhofer-Institut für Software- und Systemtechnik ISST erarbeiteten das Deutsche Historische Museum (DHM) in Berlin und das Haus der Geschichte der Bundesrepublik Deutschland (HdG) in Bonn breitbandige multimediale Anwendungen für das Internet: Beim virtuellen Gang durch das 20. Jahrhundert werden 3D-Animationen sowie Film- und Tondokumente mit den musealen Objektbeständen und Informationstexten verknüpft und vermitteln so ein umfassendes Bild von Geschichte.

Dafür entwickelten die Projektpartner im Projekt LeMO („Lebendiges virtuelles Museum Online“) eine WWW-Präsentation. Das Vorhaben ging über derzeit übliche Präsentationsformen - gescannte Fotos der Ausstellungsobjekte mit Begleittexten - weit hinaus: Zusätzlich zu den Exponaten (Gemälde, Grafiken, Fotos, Dokumente und Gegenstände der Alltagskultur) werden Videos, Tonaufzeichnungen sowie 3D-Animationen präsentiert. Damit der virtuelle Museumsbesuch Erlebnischarakter bekommt, werden auch Bilder aus den Ausstellungsräumen mit einer Kamera live übertragen (Bild 1). Die Besonderheit: Der „Museumsgast“ am PC kann diese Kamera interaktiv steuern. Alle Funktionalitäten des LeMO-Systems werden unter einer einheitlichen grafischen Benutzeroberfläche zusammengefaßt und sind über einen WWW-Browser aufrufbar.

Die digitalisierten Geschichtsquellen stellen enorme Datenmengen dar. Um sie zum Nutzer transportieren zu können, wird das Breitband-Wissenschaftsnetz (B-WiN) des DFN-Vereins genutzt.

1.1 Projektziel (bei Projektbeginn)

Im Projekt LeMO wird eine virtuelle Ausstellung für das Internet entwickelt, in der die letzten 100 Jahre deutscher Geschichte in 3D-Animationen, Text, Bild, Film und Ton dargestellt werden.

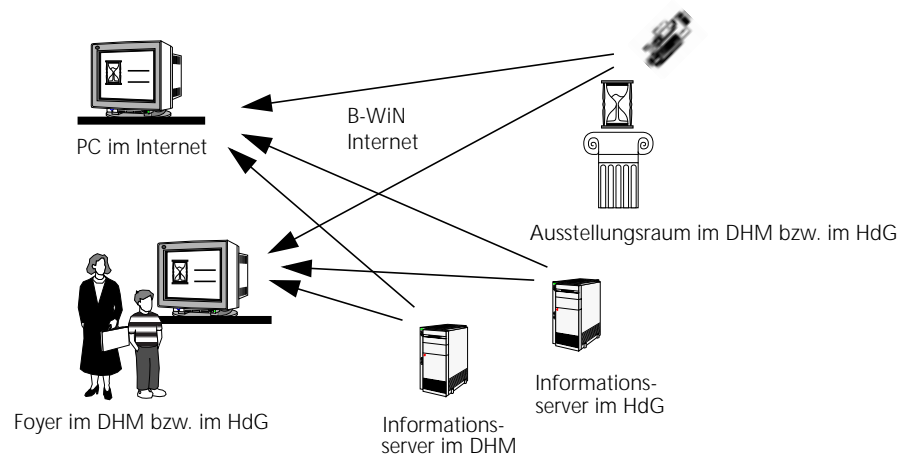
Das Projekt schafft die technischen Voraussetzungen, um die im Jahr 1999 aus Anlaß des 50jährigen Bestehens der Bundesrepublik Deutschland geplanten Ausstellungen zur deutschen Geschichte des 20. Jahrhunderts über das B-WiN und das Internet weltweit zur Verfügung zu stellen. So ist geplant, LeMO in der Ausstellung „Einigkeit und Recht und Freiheit“, die im Mai 1999 im Berliner Gropius-Bau eröffnet wird, zu zeigen.

Insgesamt zeichnet sich die IuK-Infrastruktur des LeMO-Systems durch folgende Komponenten aus:

- Netzwerke mit unterschiedlicher Bandbreite (B-WiN, Internet)
- ATM-Technik für die Übertragung von Daten (IP over ATM auf dem B-WiN)
- Server zur Verwaltung der digitalisierten Ausstellungsobjekte und Datensätze sowie zur Kommunikation zwischen den Standorten
- Benutzerterminals
- Kameras zur Einbindung von „Live-Sources“

Bild 1

Anwendungsszenario



Für die Darstellung von 3D-Animationen und die Integration von Live-Sources werden die Programmierumgebungen von Java und VRML (Virtual Reality Modeling Language) benutzt. Das LeMO-System wird als verteiltes System realisiert.

In beiden Museen werden Server, Publikumsstationen und Kameras installiert. Auf diese Weise können die Besucher der beiden Museen sich nicht nur vor Ort auf den virtuellen Gang durch die Geschichte begeben, sondern sie haben zugleich die Möglichkeit, sich via Internet auch Teile der Ausstellung des jeweils anderen Hauses anzuschauen.

Für den Besuch der LeMO-Ausstellung genügt ein multimediefähiger PC und ein Internet-Anschluß.

1.2 Nutzergruppen

Das LeMO-System soll weltweit möglichst vielen „Besuchern“ zur Verfügung gestellt werden.

Da die meisten Nutzer, gerade im privaten Bereich, heutzutage noch nicht über einen breitbandigen Netzanschluß verfügen, wird die LeMO-Ausstellung auch über einen schmalbandigen Netzanschluß (Modem, ISDN) zugänglich sein. Die Qualität bestimmter Funktionalitäten des LeMO-Systems hängt jedoch von der Bandbreite des Netzanschlusses (z. Bsp. Live- und Video-Übertragung) und der Leistungsfähigkeit des Endgeräts (z. Bsp. beim Berechnen und Durchlaufen der VRML-Welten) ab.

Eine wichtige Nutzergruppe sind Schulen, von denen viele bereits einen Internet-Anschluß (über WiN-Shuttle) haben.

1.3 Ergebnis (bei Projektende)

Das Projektziel wurde erreicht: die Entwicklung einer virtuellen Ausstellung zur deutschen Geschichte des 20. Jahrhunderts für das Internet / B-WiN.

Es werden 31 dreidimensionale VRML-Welten, über 5000 HTML-Seiten mit über 3000 Fotos und Bildern, über 200 historische Film- und über 150 historische Tonaufnahmen zur deutschen Geschichte im Internet bereitgestellt.

Die URL unter der die Ausstellung besucht werden kann lautet:
<http://www.dhm.de/lemo/>

2 Projektverlauf

In diesem Kapitel wird der zweijährige Projektverlauf beschrieben. Für jedes Projekthalbjahr werden kurz die durchgeführten Arbeiten dargestellt. Eine ausführliche Darstellung der Ergebnisse und Erkenntnisse folgt in Kapitel 5.

2.1 Projektorganisation

Die drei beteiligten Einrichtungen Fraunhofer ISST, DHM und HdG waren gleichberechtigte Partner im Projekt. Jede Einrichtung war eigener Vertragspartner des DFN-Vereins.

Der Vertrag mit dem DFN-Verein wurde vom Haus der Geschichte aus rechtlichen formalen Gründen erst gegen Ende des zweiten Projekthalbjahres unterschrieben. Das Haus der Geschichte hat mit seinen Projektarbeiten daher erst ab Dezember 1997 begonnen.

Die Projektleitung hatte das Fraunhofer ISST. Die inhaltlichen, fachlichen Zuständigkeiten wurden zwischen den beiden Museen aufgeteilt. Das DHM ist verantwortlich für die Inhalte von 1900 bis 1945, das Haus der Geschichte für die Inhalte von 1945 bis in die Gegenwart. Die technische Zusammenarbeit der drei Projektpartner wird im Abschnitt 2.1.1 dargestellt.

Da das LeMO-System weltweit im Internet zur Verfügung gestellt wird, repräsentiert es auch die beiden Museen in der Öffentlichkeit. In wichtige Entscheidungen (z.B. Design, Inhalte) wurden daher auch die Leitungsebenen beider Häuser einbezogen.

2.1.1 Zusammenarbeit der Projektpartner

An dieser Stelle wird auf die Zusammenarbeit der Mitarbeiter der drei Projektpartner eingegangen, da LeMO sehr stark von der Interdisziplinarität der verschiedenen Themen (Technik, Inhalte, Design) geprägt war. Die Zusammenarbeit und der Kommunikationsfluß der Projektmitarbeiter ist in Bild 2 dargestellt. In den Ellipsen sind die Arbeitsschwerpunkte benannt, während um die Ellipsen herum die zuständigen Mitarbeiter für diesen Themenbereich aufgelistet sind.

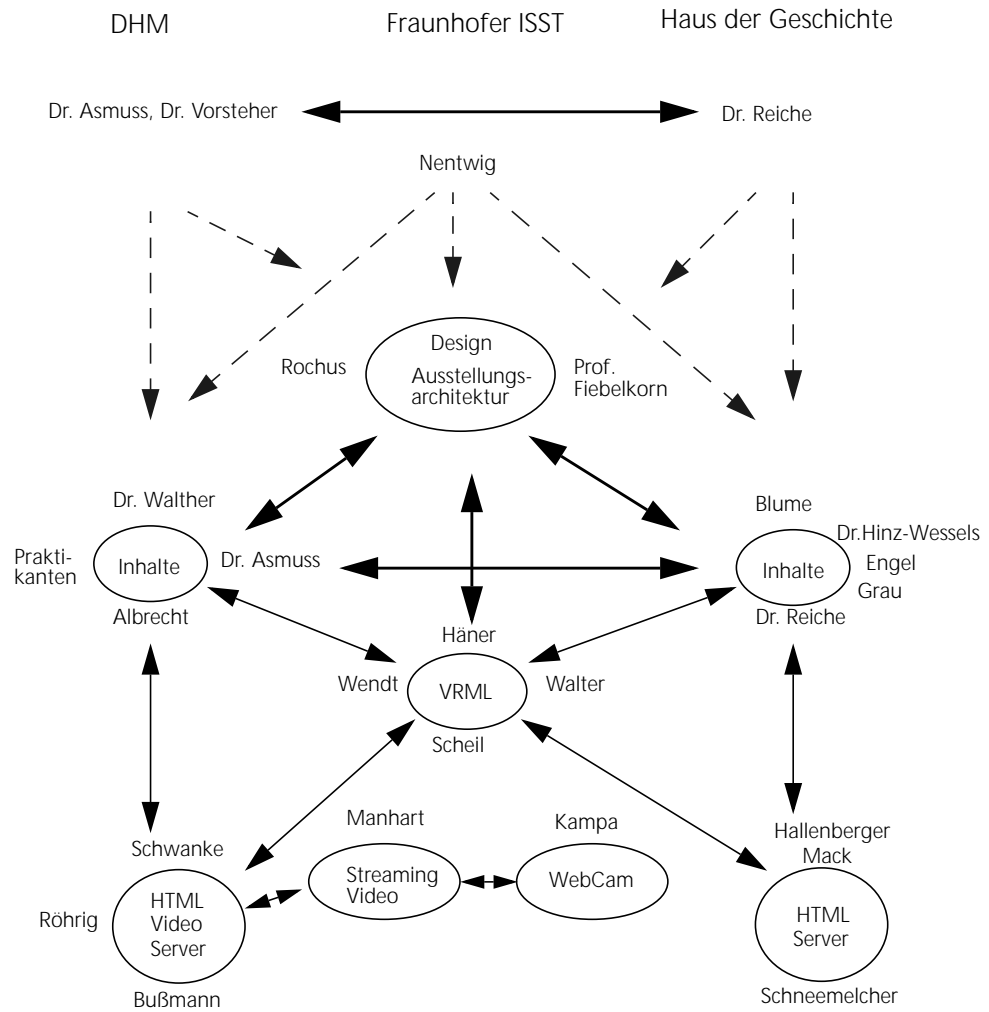
Da im LeMO-Projekt die Inhalte im Vordergrund standen, die Präsentation und das Design der Inhalte durch Techniken wie HTML und VRML realisiert wurde, war eine enge Zusammenarbeit zwischen Historikern, Informatikern und Designern nötig. Die multimediale und dreidimensionale Umsetzung von Geschichte läßt sich von den jeweiligen Themen und Epochen nicht trennen.

Für die Inhalte waren die Museen verantwortlich. Die Inhalte (Texte, Fotos, Videos etc.) wurden von den Historikern zusammengetragen und nach einem festen Vorgehensschema in HTML-Seiten umgesetzt.

Die Videoerstellung (Digitalisierung, Schneiden, Bearbeiten für Streaming-Video etc.) erfolgte (teilweise) in Zusammenarbeit zwischen den Museen und dem Fraunhofer ISST. Allerdings konnte auf bereits im Haus der Geschichte digitalisierte Videos zurückgegriffen werden.

Bild 2

Kooperation und Zusammenarbeit der Mitarbeiter und Arbeitsbereiche



Während die Umsetzung der Inhalte in HTML-Seiten nach einem relativ festen Schema (betrifft auch das Design) geschah, erforderte die Entwicklung der VRML-Welten mehr Absprachen.

Die VRML-Welten wurden nach Entwürfen der Museen im Fraunhofer ISST umgesetzt. Dabei konnte ein Entwurf aber nicht eins zu eins umgesetzt werden, sondern erforderte die kontinuierliche Zusammenarbeit. Typische Gestaltungs- und Entwicklungsaufgaben waren: wie ist das Design, wo werden die Objekte plaziert; wie und wo können Interaktionen eingebaut werden; wie ist die Kom-

plexität der Welt. Die Technik nahm daher auch einen nicht unerheblichen Einfluß auf die Gestaltung der VRML-Welten.

Die 3D-Entwürfe für das Haus der Geschichte wurden teilweise von einem Ausstellungsarchitekten, Herrn Prof. Fiebelkorn-Drasen, erstellt.

Das LeMO-Projekt war im DHM im Arbeitsbereich von Herrn Asmuss, im Haus der Geschichte in der Abteilung von Herrn Reiche angesiedelt. Beide Herren waren damit auf Leitungsebene verantwortlich für das Projekt.

2.2 1. Projekthalbjahr (1/97 - 6/97)

Im ersten Projekthalbjahr wurde das technische und fachliche Feinkonzept erarbeitet.

Ziel der technischen Arbeiten war die Entwicklung einer Architektur für das LeMO-System. Dieser Entwicklung wurden verschiedene Untersuchungen neuer Internet-Technologien vorangestellt.

Vom DHM wurde ein fachliches Konzept für die virtuelle Ausstellung erarbeitet.

Neben den technischen und fachlichen Arbeiten wurden auch mehrere Designvorschläge für die Gestaltung des LeMO-Systems entwickelt.

Im ersten Projekthalbjahr wurden entsprechend dem Projektantrag folgende Arbeitspakete bearbeitet:

1 Anforderungen

Die Anforderungen an das LeMO-System wurden festgelegt. Diese werden nicht nur durch die Technik bestimmt, sondern ergeben sich auch aus den Inhalten, dem Konzept und dem Design der Ausstellung. Die Zusammenarbeit der unterschiedlichen Fachrichtungen stellt eine Besonderheit des Projekts dar.

2 Entwurf und Architektur

Da das LeMO-System im World Wide Web zur Verfügung gestellt wird, basiert es auf Internet-Technologien. Für die technische Realisierung wurden diese Technologien sowie Konzepte für deren Einsatz untersucht. Ausgehend von den Ergebnissen wurde ein Architekturentwurf und ein Ausstellungskonzept für das LeMO-System erarbeitet.

3 Untersuchung von VRML

Eine Anforderung an das LeMO-System besteht darin, dem Besucher den Gang durch die Geschichte in dreidimensionalen Welten zu ermöglichen. Für die technische Realisierung von 3D-Welten im WWW wurde die Virtual Reality Modeling Language (VRML) ausgiebig untersucht und getestet. Dies gilt sowohl für die Darstellung von Welten (spezielle Browser) als auch für Autorensysteme zur Realisierung.

4 Untersuchung von Streaming Video Verfahren

Dieses Arbeitspaket umfaßte die Evaluation und Erprobung von Streaming Video Verfahren. Neben theoretischen Untersuchungen konnten von zwei Systemen (Vosaic, RealVideo) auch „Probe“-Server zum Testen aufgesetzt werden.

Da die Streaming Video Verfahren zwar Live-Übertragungen unterstützen, diese jedoch nicht den spezifischen Anforderungen für das LeMO-System gerecht werden, wurde für das LeMO-System eine eigene Lösung für die Integration von Live-Sources entworfen.

5 Design und prototypische Umsetzung von WWW-Oberflächen

Für das Design der virtuellen Ausstellung wurden mehrere Entwürfe entwickelt und prototypisch in VRML und HTML umgesetzt.

6 Darstellung der historischen Ereignisse

Für die Darstellung der historischen Ereignisse wurde eine Struktur erarbeitet.

7 Materialsuche

Es wurde mit der Sichtung und Aufbereitung von historischem Material begonnen.

2.3 2. Projekthalbjahr (7/97 - 12/97)

Im zweiten Projekthalbjahr wurde ein Prototyp des LeMO-Systems entwickelt, der die Grundfunktionalität realisiert. Der Entwicklung gingen wichtige Entwurfsentscheidungen voraus, die das Layout und die Struktur der HTML-Seiten und der VRML-Welten betrafen. Hierbei wurde die Leitungsebene des DHM einbezogen.

Vom DHM wurden für die erste Epoche des 20. Jahrhunderts Informationen zusammengetragen und für die virtuelle Ausstellung aufbereitet.

Nachdem die Vertragsprobleme zwischen dem DFN-Verein und dem Haus der Geschichte gelöst werden konnten, hat das Haus der Geschichte zum 1. Dezember 1997 mit den Projektarbeiten begonnen. Das Haus der Geschichte hat im zweiten Projektjahr seine für 1997 geplanten Arbeiten durchgeführt, indem zusätzliches Personal eingestellt wurde.

Die im folgenden dargestellten Ergebnisse sind eine Zusammenfassung der vom Fraunhofer ISST und vom DHM im 2. Projekthalbjahr geleisteten Arbeiten.

Im zweiten Projekthalbjahr wurden die Arbeitspakete „Museums-Navigator“ und „Aufbereiten der Museumsinformationen“ aus dem Projektantrag bearbeitet. Die einzelnen Arbeitspakete wurden in enger Zusammenarbeit und arbeitsteilig zwischen dem Fraunhofer ISST und dem DHM ausgeführt.

2.3.1 Museums-Navigator

1 Benutzungsoberfläche

Der Zugang zur virtuellen LeMO-Ausstellung erfolgt über einen WWW-Browser. Es wurde eine Benutzungsoberfläche entwickelt, die es dem Benutzer erlaubt, sich sowohl in dreidimensionalen VRML-Welten als auch über die zweidimensionalen HTML-Seiten durch die Ausstellung zu bewegen. Das 20. Jahrhundert ist dazu in geschichtliche Epochen unterteilt, wobei es für jede Epoche eigene VRML-Welten gibt.

Die Ausstellung beginnt auf einer Startseite. Von dieser Startseite hat der Besucher die Möglichkeit, die ihn interessierende Epoche zu wählen und sie über die dreidimensionalen Welten oder über HTML-Seiten zu besuchen.

2 Struktur der HTML-Seiten

Es wurde eine Verzeichnisstruktur festgelegt, nach der die VRML-Welten und die HTML-Seiten auf dem WWW-Servern im Dateisystem abgelegt werden.

Für die HTML-Seiten wurde eine Layout-Struktur und ein Navigationskonzept entwickelt. Die Inhalte der HTML-Seiten werden von den Museumsfachleuten nach einem festgelegten Vorgehensschema erstellt, aus dem heraus die HTML-Seiten dann weitgehend automatisch generiert werden. Für diesen Vorgang wurden mehrere kleine Werkzeuge entwickelt.

3 Video-Server

In die LeMO-Ausstellung werden historische Film- und Tondokumente integriert. Für das Abspielen von Videos wurde ein Video-Server der Firma

Vosaic aufgesetzt und Filmmaterial wurde dafür bearbeitet. Der Server arbeitet nach der Streaming-Video-Technologie.

4 Integration von Live-Sources

Für das Übertragen von Live-Bildern auf dem B-WiN / Internet wurde ein LiveVideo-Server entwickelt. Dieser überträgt auf Basis des RTP-Protokolls einen Videostrom auf die Client-Seite. Der Video-Player wurde als Java-Applet realisiert. Er kann daher einfach in ein WWW-Browser geladen werden. Zum Video-Player gehört auch ein Modul, das die interaktive Steuerung der Kamera erlaubt. Dieses Modul wurde ebenfalls als Java-Applet realisiert.

Es wurden erste Experimente mit dem Live-Video-Server auf dem lokalen Netzwerk des Fraunhofer ISST und auf dem Berliner Wissenschaftsnetz BRAIN durchgeführt.

5 Aufbau der benötigten Infrastruktur

Aufgrund des verspäteten Projektbeginns des Haus der Geschichte wurde ein Großteil der aus Projektmitteln anzuschaffenden Hardware erst im 3. Projekthalbjahr gekauft.

Die im 2. Halbjahr durchgeführten Tests des LeMO-Systems wurden auf der bereits vorhandenen Infrastruktur des Fraunhofer ISST und des DHM durchgeführt.

2.3.2 Aufbereiten der Museumsinformationen

Von den Museumsfachleuten im DHM wurden Informationen über die bearbeiteten Epochen zusammengetragen, Ausstellungsobjekte und Filmaufnahmen digitalisiert und Begleittexte geschrieben. Sämtliche zusammengetragenen Informationen und Objekte wurden nach einem bestimmten Vorgehensschema aufbereitet.

Für die Epoche „Das Wilhelminische Deutschland“ wurde ein erster Prototyp des LeMO-Systems entwickelt.

2.4 3. Projekthalbjahr (1/98 - 6/98)

Der Schwerpunkt der Arbeiten im 3. Projekthalbjahr lag im Zusammentragen und Aufbereiten von weiteren Inhalten für die Epochen „Kaiserreich“, „1. Weltkrieg“ und „Weimarer Republik“. Es wurden entsprechende VRML-Welten und HTML-Seiten erstellt.

Schwerpunkt der Arbeiten im Haus der Geschichte war zunächst das Aufarbeiten der in Berlin im 1. Projektjahr geleisteten Arbeiten und die Erarbeitung einer inhaltlichen Konzeption und Struktur für die Zeit ab 1945. Das Konzept für die virtuelle Ausstellung wurde noch einmal überarbeitet und angepaßt. Als ein erstes praktisches Ergebnis liegt die Epoche „Nachkriegsjahre“ (1945 - 1949) vor.

Vom LeMO-System existierte im Juni 1998 ein Prototyp, in dem die in den ersten beiden Projekthalbjahren evaluierten und entwickelten Technologien benutzt werden. Das LeMO-System konnte bereits jetzt in seiner gesamten Funktionalität online demonstriert werden.

Auf der CeBIT'98 auf dem Stand des DFN-Vereins konnten erstmals einer breiten Öffentlichkeit erste Ergebnisse der virtuellen Ausstellung vorgestellt werden. Das LeMO-System wurde dabei online über das B-WiN vorgeführt. Die verschiedenen LeMO-Dienste (WWW-, Video- und WebCam-Server) wurden auf Rechnern im DHM und im Fraunhofer ISST ausgeführt.

Auf der DFN-Mitgliederversammlung am 16. Juni 1998 im DHM wurde das LeMO-System ebenfalls präsentiert.

LeMO ging nicht, wie geplant, im 4. Projekthalbjahr als Gesamtsystem in den Probetrieb. Aufgrund einer Entscheidung auf Leitungsebene in den Museen sollte die LeMO-Ausstellung erst dann im Internet freigegeben werden, wenn die Inhalte aller Epochen vollständig und konsistent sind. Aufgrund des verspäteten Projekteintritts des Haus der Geschichte konnte dies bis zum Ende des 3. Projekthalbjahres nicht eingehalten werden.

Um aber bereits die im LeMO-System benutzten Technologien im letzten Projekthalbjahr testen und erproben zu können und bei den Benutzern die Resonanz zu ermitteln, sollte im 4. Projekthalbjahr ein Teil der Ausstellung im Internet freigegeben werden.

Im dritten Projekthalbjahr wurden die Arbeitspakete Museums-Navigator und Aufbereiten der Museumsinformationen aus dem Projektantrag bearbeitet. Die Arbeiten waren eine Fortsetzung der im 2. Projekthalbjahr begonnenen Arbeiten.

Zur Unterstützung der Entwürfe der 3D-Welten wurde aus Mitteln des Hauses der Geschichte ein Werkvertrag mit einem Ausstellungsarchitekten, Herrn Fiebelkorn-Drasen, abgeschlossen.

2.4.1 Museums-Navigator

1 Benutzungsoberfläche

An der Benutzungsoberfläche, insbesondere bei der Navigation und den Möglichkeiten der Interaktion, wurden Weiterentwicklungen und Verbesserungen vorgenommen. Für die Navigation wurde ein Schema festgelegt, das sowohl für die VRML-Welten als auch für die HTML-Seiten gilt.

Als übergeordnete 3D-Welt wurde eine Zeitschlange entwickelt, die einen LeMO-Besucher durch das Jahrhundert führt und in der verschiedene Interaktionen möglich sind. Von dieser Zeitschlange aus können die anderen Epochen-Welten besucht werden.

2 Struktur der HTML-Seiten

Die bisher entwickelten VRML-Welten und HTML-Seiten wurden nach einem bestimmten Schema abgelegt. Für den Probe- und Testbetrieb im letzten Halbjahr wurden die VRML-Welten und die HTML-Seiten und Videos auf Servern im DHM abgelegt, so daß alle bisherigen Ergebnisse für Demonstrationszwecke bereits online abgerufen werden können.

3 Video-/Audio-Server

Der Video-Server von Vosaic wurde auf einem Linux-Rechner im DHM installiert. Zusätzlich wurde für das Abspielen von Tondokumenten ein Streaming-Audio-Server (RealAudio) aufgesetzt.

4 Integration von Live-Sources

An der Klassenarchitektur der Client- und Server-Komponente der LeMO-Web-Kamera wurde eine Neustrukturierung und Überarbeitung vorgenommen, um den Prototyp stabiler und generisch einsetzbar zu machen.

5 Aufbau der benötigten Infrastruktur

Die Voraussetzungen für den Aufbau der für das LeMO-System benötigten IuK-Infrastruktur konnten geschaffen werden. Das DHM verfügte bereits über einen 1 MBit/s B-WiN Anschluß und beschaffte jetzt einen leistungsfähigen Unix-Server für das LeMO-System. Bereits jetzt wurden alle Tests über die im DHM vorhandenen Unix-Server durchgeführt.

Da das Zeughaus, in dem die ständige Ausstellung des DHM untergebracht ist, ab Januar 1999 umgebaut wird, können aus dem DHM dann keine Live-Bilder mit der LeMO-WebCam übertragen werden.

2.4.2 Aufbereiten der Museumsinformationen

Von den Museumsfachleuten im DHM und im Haus der Geschichte wurden Informationen zusammengetragen, Ausstellungsobjekte und Filmaufnahmen digitalisiert und Begleittexte geschrieben. Sämtliche zusammengetragenen Informationen und Objekte wurden nach einem bestimmten Vorgehensschema bearbeitet.

Vom DHM wurden die Inhalte von den Epochen „1. Weltkrieg“ und „Weimarer Republik“ zusammengetragen und aufbereitet.

Das Haus der Geschichte hatte eine Gesamtstruktur und ein Konzept für die Zeit von 1945 bis heute erarbeitet. Als erstes Ergebnis lagen für die Epoche „Nachkriegsjahre“ VRML-Welten und HTML-Seiten vor.

2.5 4. Projekthalbjahr (7/98 - 12/98)

Der Schwerpunkt der Arbeiten im 4. Projekthalbjahr war die Fertigstellung der virtuellen Ausstellung. Für alle Epochen des 20. Jahrhunderts liegen jetzt VRML-Welten und HTML-Seiten vor.

Die gesamte virtuelle Ausstellung wird im Januar 1999 im Internet für die Öffentlichkeit freigegeben.

Um auch bereits während der Projektlaufzeit einen Probebetrieb des LeMO-Systems durchzuführen, wurden ab Oktober 1998 sukzessive die Epochen „1. Weltkrieg“, „Wilhelminisches Deutschland“ und die „Nachkriegsjahre“ im Internet freigegeben.

Daher konnte die Evaluation des LeMO-Systems nicht so ausführlich wie ursprünglich im Projektantrag geplant durchgeführt werden. Doch etwa 5000 Zugriffe bis Ende des Jahres 1998 und die Einträge ins Gästebuch lassen eine vorläufige Bewertung zu.

Auch vor der Freigabe im Internet wurde das LeMO-System in der Öffentlichkeit vorgestellt: auf dem „Forschungsmarkt Berlin: Forschung für die Kunst“ vom 17. bis 24. September im Zeughaus und in Berlin auf der INFO'98 im Workshop „Computer und Geschichte“ am 7. 11. 1998 in Potsdam

Die im folgenden dargestellten Ergebnisse sind eine Zusammenfassung der im 4. Projekthalbjahr geleisteten Arbeiten.

Arbeitsaufgaben

Im vierten Projekthalbjahr wurden die Arbeitspakete Museums-Navigator, Aufbereiten der Museumsinformationen und der Betrieb und die Evaluierung aus dem Projektantrag bearbeitet.

Der Schwerpunkt lag auf den ersten beiden Arbeitspaketen. Für alle Epochen des 20. Jahrhunderts wurden weitere VRML-Welten entworfen und entwickelt und weiteren HTML-Seiten verknüpft.

Die gesamten Daten werden auf einem Server im DHM verwaltet und eins-zu-eins auf einem Server im HdG gespiegelt.

Auf dem WWW-Server ist auch der Video-Server installiert. Aus technischen Gründen wurde im 4. Projekthalbjahr der Streaming-Video-Server der Firma Vosaic gegen den Server von RealNetworks ausgetauscht, da das Vosaic-Verfahren Probleme mit Firewalls im Internet hat. Dadurch mußten einige Digitalisierungsarbeiten noch einmal durchgeführt werden.

Die Arbeiten an der Web-Kamera konnten soweit abgeschlossen werden, daß jetzt ein stabiler Prototyp vorliegt. Leider bereitet das Ausführen von bestimmten Java-Klassen auf den Browsern unter Windows Probleme.

Aufbau der benötigten Infrastruktur

Im Haus der Geschichte wurde ein leistungsfähiger Unix-Server für das LeMO-System angeschafft, auf dem sämtliche LeMO-Daten vom DHM-Server gespiegelt werden. Im Rahmen der Teilnahme am IVBB (Informationsverbund Bonn-Berlin, Aufbau einer IuK-Infrastruktur für die Bundesministerien zwischen Bonn und Berlin) steht dem Haus der Geschichte ab Herbst 1998 ein Breitbandanschluß (2-4 MBit/s) zur Verfügung.

Betrieb und Evaluation

Aufgrund des verspäteten Eintritts des Haus der Geschichte konnte die gesamte Ausstellung noch nicht nach dem 3. Projekthalbjahr freigegeben werden. Um aber während der Projektlaufzeit noch einen Probebetrieb durchführen zu können, wurden vom DHM die Epochen „1. Weltkrieg“ (Oktober 1998) und „Wilhelminisches Deutschland“ (Dezember 1998) und vom Haus der Geschichte die „Nachkriegsjahre“ (Dezember 1998) im Internet freigegeben.

In den Monaten Oktober bis Dezember wurden über 5000 Zugriffe auf LeMO registriert. Viele Besucher haben bereits Kommentare im elektronischen Gästebuch hinterlassen.

Aufgrund des kurzen Probebetriebs können noch keine eindeutigen Aussagen zu der Qualität der multimedialen Präsentation der Ausstellung und der Qualität der eingesetzten Technologien gemacht werden. Dies betrifft insbesondere das

Laden der VRML-Welten und der Videos vom Netz und deren Ausführung auf den Benutzer-PC.

2.6 Stand der Arbeiten zum Projektende

Das Projektziel konnte erreicht werden: die Entwicklung einer virtuellen Ausstellung zur deutschen Geschichte des 20. Jahrhunderts für das Internet / B-WiN.

Für alle Epochen des 20. Jahrhunderts wurden VRML-Welten und multimediale HTML-Seiten entwickelt. Auf dem LeMO-Server liegen

- 31 VRML-Welten
 - Zeitschlange als übergeordnete Welt
 - Wilhelminisches Deutschland: 1 Welt mit 74 Objekten
 - 1. Weltkrieg: 5 Welten mit 69 Objekten
 - Weimar: 4 Welten mit 230 Objekten
 - Nationalsozialismus und 2. Weltkrieg: 1 Welt mit 99 Objekten
 - Nachkriegsjahre: 7 Welten
 - Das geteilte Deutschland: 9 Welten
 - Die deutsche Einheit: 2 Welten
 - Wege in die Gegenwart: 1 Welt
 - (mit ca. 250 Objekten in den Welten Nachkriegsjahre bis Gegenwart)
- über 4000 HTML-Dateien, einschließlich Rahmenseiten für Bilder:
 - 1013 Epochen,- Überblicks- und Thementexte
 - 2231 Bilder mit Objekttexten
 - 704 Biographien
 - 99 Chroniken
- 160 Videos
- 100 Audio-Dateien

auf dem LeMO-Server.

Im MByte liegen folgende Datenmengen vor:

- ca. 41 MByte VRML-Dateien
- ca. 300 MByte HTML-Dateien
- ca. 1200 MByte Video- und Audio-Dateien

Im beiden Museen konnte die für das Projekt benötigte IuK-Infrastruktur aufgebaut werden.

Aufgrund der verspäteten Freigabe der Ausstellung wurden in der Projektlaufzeit keine speziellen LeMO-Terminals in den Foyers der Museen aufgestellt.

Das gleiche gilt für das Anbringen von Kameras in Ausstellungsräumen und die Übertragung von Live-Bildern in das Internet. Es ist aber noch geplant, die Web-Kamera im Haus der Geschichte einzusetzen.

Die gesamte virtuelle Ausstellung wurde am 21. Januar 1999 offiziell im Internet freigegeben. Aus diesem Anlaß fand an diesem Tage im Fraunhofer ISST eine Eröffnungsveranstaltung mit einer Pressekonferenz statt.

Die LeMO Ausstellung soll außerdem ein öffentliches Terminal innerhalb der zentralen Ausstellung zum 50jährigen Bestehen der Bundesrepublik Deutschland - „Einigkeit und Recht und Freiheit“ - im Martin-Gropius-Bau in Berlin von 23. Mai bis 3. Oktober 1999 zugänglich sein.

Bereits während der Projektlaufzeit wurde LeMO verschiedenen Lehrern von Berliner und Bonner Schulen vorgestellt, da die Inhalte ein besonderes Angebot für Schulen und Universitäten darstellen.

Die Ergebnisse und Erkenntnisse der durchgeführten Arbeiten sind in Kapitel 5 ausführlich dargestellt.

3 Nutzung existierender Basisdienste und Software-Werkzeuge

WWW / Internet

Das LeMO-System basiert auf Web- und Internet-Technologien.

Streaming Video / Audio

Zu Beginn des Projektes wurden verschiedene Streaming Verfahren evaluiert. Für das direkte Abspielen von Videos wurde bis September 1998 der Streaming-Video-Server von Vosaic benutzt. Aufgrund der Weiterentwicklung und Verbesserung des Real Servers von Progressive Networks wurde seit Oktober damit begonnen, die Videos erneut zu kodieren, so daß sie jetzt vom Real Server abgerufen werden können.

Für die Integration von Streaming Audio in HTML-Seiten und VRML-Welten wird ebenfalls die Real Media Technologie eingesetzt. Zum Verbreiten der Tondokumente wird derselbe Server verwendet, der auch für die Videos zuständig ist. Auf Seiten des Clients dient der gleiche Player zum Betrachten der Videos wie zum Anhören der Tondokumente. Der Real Server ist am DHM und am HdG unter Solaris installiert. Der Player ist als „Helper Application“ für WWW-Browser weit verbreitet.

Für das Digitalisieren und Bearbeiten von Filmmaterial stehen im DHM zwei semiprofessionelle PC-Arbeitsplätze zur Verfügung. Als Video-Studio-Software wird Premiere von Adobe eingesetzt. Die Nachbearbeitung und Komprimierung der Videos für den Vosaic Server erfolgt mit dem Vosaic Media Studio und fand bislang im Fraunhofer ISST statt. Durch Personalzuwachs wird das Kodieren der Videos zukünftig auch im DHM durchgeführt.

Das Haus der Geschichte hat in seiner Medienabteilung ein Video-Studio, das mit professioneller Technik (u.a. AVID-Video-Arbeitsplatz) ausgestattet ist. Die Medienabteilung bereitet Videos für die Dauerausstellung auf. Sie werden dort auf PC im MPEG-1 Format bereitgestellt. Viele der im Haus der Geschichte bereits produzierten MPEG-1 Videos werden im LeMO-Projekt wiederverwendet.

Virtual Reality Modeling Language (VRML)

Im ersten Projekthalbjahr wurden verschiedene Autorenwerkzeuge und Browser für VRML evaluiert. Für die Entwicklung der VRML-Welten wird das Autorensystem VRealmBuilder 2.1 benutzt. Als Entwicklungsrechner werden PC (Pentium Pro 200) eingesetzt.

Die zur Zeit am weitesten verbreiteten VRML-Browser sind der CosmoPlayer Version 2.0 und 2.1 von SGI und WorldView 2.0 von Intervista.

Java

Die Implementierung der Web-Kamera (Player und Server) für die Übertragung der Live-Bilder wird mit der Programmiersprache Java (Programmierungsumgebung JDK 1.1) realisiert.

4 Beschreibung der benötigten Infrastruktur

Insgesamt zeichnet sich die Infrastruktur des LeMO-Systems durch folgende Komponenten aus:

- Netzwerke mit unterschiedlicher Bandbreite (B-WiN, IVBB, Internet)

Das DHM ist über eine 1 MBit/s-Funkstrecke mit dem B-WiN-Router der Humboldt-Universität verbunden.

Das Fraunhofer ISST verfügt über einen 2 MBit/s B-WiN-Anschluß.

Das Haus der Geschichte ist an den Informationsverbund Bonn - Berlin (IVBB) des BDI mit einem 2 - 4 MBit-Anschluß angebunden.

- Server-Rechner zur Verwaltung der digitalisierten Ausstellungsobjekte, Videos und Datensätze sowie zur Kommunikation zwischen den Standorten

Im Rahmen des Projekts wurden Unix-Server-Rechner für das LeMO-System beschafft. Es wurden SPARC-Server gekauft. Auf beiden Servern laufen die LeMO-Dienste (WWW-, Video- und WebCam-Server) mit den gesamten LeMO-Daten.

- PC

Auf der Benutzerseite werden handelsübliche Multimedia PC benötigt. Die Qualität der LeMO-Anwendung hängt von der Qualität des PC und der Bandbreite des Internet-Anschlusses ab. Eine gute Voraussetzung ist ein Pentium II PC und ein ISDN-Anschluß.

- Benutzerterminals

In beiden Museen sollen Benutzerterminals zur Verfügung gestellt werden.

- Kameras zur Einbindung von „Live-Sources“

Die Entwicklungsarbeiten im Fraunhofer ISST wurden mit einer fernsteuerbaren Kamera der Firma CANON, die über die RS 232-Schnittstelle interaktiv vom Rechner bedient werden kann, durchgeführt. Während der Projektlaufzeit wurden keine Kameras in Ausstellungsräumen installiert, da das gesamte LeMO-System erst im Januar 1999 freigegeben wurde. Es wird erwogen, nach der Projektlaufzeit im Haus der Geschichte diese Kamera für

einen Probebetrieb zu installieren. Das DHM ist ab Januar 1999 für 3 Jahre wegen Umbauarbeiten geschlossen.

- Arbeitsplatz zum Digitalisieren und Bearbeiten von Videos und Audio-Dateien und Entwickeln von HTML-Seiten

Im DHM wurden zwei Arbeitsplätze, im Haus der Geschichte vier Arbeitsplätze eingerichtet. Sämtliche Entwicklungsarbeiten wurden auf Pentium PC durchgeführt.

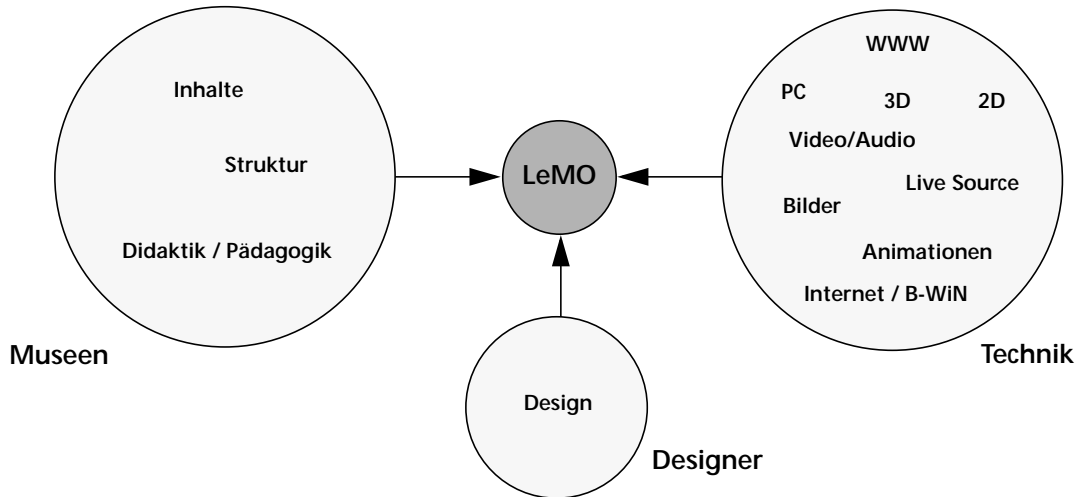
5 Ergebnisse und Erkenntnisse

5.1 Anforderungen

Das LeMO-Projekt war ein Gemeinschaftsprojekt von Informatikern, Designern, Museumsfachleuten und Historikern. Daraus folgt, daß die Anforderungen an das LeMO-System nicht nur durch die Technik bestimmt wurden, sondern sich auch aus den Inhalten, dem Konzept und dem Design der Ausstellung ergeben (Bild 3).

Bild 3

Anforderungen an das LeMO-System



Ein wesentliches Ziel des Projekts war , die virtuelle Ausstellung möglichst vielen „Besuchern“ zugänglich zu machen. Daraus folgte, daß die Basis des Systems das Internet mit seinen Technologien ist, woraus sich weitere Konsequenzen für die technische Realisierung ergaben.

Im folgenden werden die technischen Anforderungen beschrieben.

5.1.1 IuK-Infrastruktur

Die technische Infrastruktur des Projekts bildet das Breitband-Wissenschaftsnetz des DFN-Vereins (B-WiN). Das B-WiN basiert auf der ATM-Technologie mit einer Übertragungskapazität von bis zu 155 MBit/s. Als Transportprotokoll wird zur Zeit „IP over ATM“ unterstützt. Das B-WiN hat Übergänge in das weltweite Internet.

Die Benutzer (Clients) des LeMO-Systems haben daher entweder einen breitbandigen oder einen schmalbandigen (Internet) Netzwerkanschluß und besitzen einen PC als Endgerät. Darauf ist bei der Realisierung des Systems zu achten.

5.1.2 World Wide Web

Die virtuelle Ausstellung soll weltweit für alle Internet Benutzer im WWW zur Verfügung gestellt werden.

Diese Anforderung hatte natürlich Konsequenzen für die technische Realisierung, da die Lösungen auf das WWW und die WWW-Browser abgestimmt sein mußten.

5.1.3 Gestaltung der Web-Seiten

Die verschiedenen Web-Seiten sollten unterschiedliche multimediale Elemente enthalten: u.a. Bilder, Grafiken, Animationen, Video, Audio. Für die Entwicklung und das Design der Web-Seiten wurden daher verschiedene Entwicklungs- und Designwerkzeuge eingesetzt.

Die Web-Seiten sollten nicht nur wie herkömmliche Web-Seiten zweidimensional gestaltet werden, sondern Teile der Ausstellung sollten auch in einer dreidimensionalen Welt begehbar sein.

5.1.4 Integration von Video/Audio und Live-Sources

Neben umfangreichem Bildmaterial der Museumsbestände sollten auch Film- und Tondokumente in die Ausstellung eingebracht werden. Im Haus der Geschichte gab es bereits mehrere Stunden digitalisierte Filmaufnahmen. Weitere Film- und Tonaufnahmen sollten im Projekt digitalisiert und bearbeitet werden und über das Internet der Öffentlichkeit zugänglich gemacht werden.

Da bereits wenige Minuten Videodaten mehrere MByte groß sein können (je nach Komprimierungsverfahren), mußten Lösungen gefunden werden, die auch Benutzer mit einem schmalbandigen Internet-Anschluß zufriedenstellen.

Ähnliches gilt für die Übertragung der Live-Bilder aus den Ausstellungsräumen.

5.2 Erfüllung der Anforderungen durch Einsatz von Internet-Technologien

Um entsprechend den Anforderungen zu gewährleisten, daß jeder, der Zugang zum Internet hat, am virtuellen Gang durch die Geschichte teilnehmen kann, werden im LeMO-Projekt Internet-Technologien benutzt.

5.2.1 Netzwerke

Da die Basis der LeMO-Infrastruktur das Breitband-Wissenschaftsnetz (B-WiN) des DFN-Vereins und das Internet ist, werden im Projekt die Übertragungsprotokolle der Internet-Familie benutzt.

Obwohl während der Projektlaufzeit im B-WiN der direkte ATM-Zugang noch nicht möglich war, sollte für die Übertragung der Live-Bilder eine generische Systemarchitektur entwickelt werden, die den Austausch der Transportdienste zuläßt, so daß zu einem späteren Zeitpunkt ein Transportprotokoll benutzt werden kann, das direkt die Eigenschaften von ATM (Quality of Services) garantiert.

5.2.2 World Wide Web

Die technische Realisierung der virtuellen Ausstellung basiert auf WWW-Technologien. Auf Benutzerseite ist das LeMO-System über einen herkömmlichen WWW-Browser zugänglich.

Die Technologien zur Gestaltung der Web-Seiten gehen über HTML hinaus. Leider lassen sich zur Zeit Anwendungen wie dreidimensionale Welten oder Videoströme nicht direkt mit HTML entwickeln. Diese werden dann über Java-Applets oder Plug-Ins dargestellt.

Die Daten der Ausstellung werden auf WWW-Servern im DHM und im Haus der Geschichte verwaltet. Die bereits vorhandenen WWW-Server der beiden Häuser werden mit dem LeMO-System verknüpft.

Der Besuch im virtuellen Museum beginnt auf einer Navigationsseite, von welcher der Benutzer sich beim Gang durch die Geschichte durch dreidimensionale Welten oder auf den zweidimensionalen HTML-Seiten bewegen kann. Nach Bedarf kann er zwischen den beiden Ebenen wechseln und interaktiv zahlreiche vertiefende Informationen zu einzelnen Themen abrufen. Die 3D-Welten wurden mit der Virtual Reality Modeling Language (VRML) erstellt. VRML ist eine Beschreibungssprache für 3D-Welten im WWW. Diese 3D-Welten lassen sich über spezielle VRML-Browser, die als Plug-In in einen WWW-Browser integriert werden, anschauen. Sie erfordern allerdings einen leistungsfähigen Rechner und eine breitbandige Internetanbindung (mindestens ISDN).

Im LeMO-Projekt wird die aktuelle Version VRML 2.0 benutzt, die ein interaktives Navigieren im dreidimensionalen Raum zuläßt. Bei der Entwicklung werden nur die Sprachelemente benutzt, die von den verbreitetsten VRML-Browsern unterstützt werden.

5.2.3 Gestaltung der Web-Seiten

Die verschiedenen Informationsseiten (WWW-Seiten) beinhalten unterschiedliche multimediale Elemente (u.a. Bilder, Grafiken, Video, Audio). Für das Design dieser Seiten wurden unterschiedliche Technologien benutzt. Grundlage der Web-Seiten ist HTML.

5.2.4 Integration von Video/Audio und Live-Sources

Für das Abspielen von Videos über das Internet wurde ein Streaming Video Verfahren in das LeMO-System integriert. Damit ist es möglich, Videos online abzuspielen. Der Datenstrom wird dabei automatisch an die vorhandene Bandbreite angepaßt, so daß auch noch in schmalbandigen Netzen eine gute Qualität erzielt wird. Der Video-Player wird ebenfalls als Plug-In in den WWW-Browser integriert.

Die interaktive Steuerung der Kameras für die Live-Übertragung wurde über die Internet-Programmierungsumgebung Java realisiert und läßt sich als Applet direkt in den WWW-Browser laden. Da die Streaming Video Verfahren auf das IP-Protokoll aufsetzen, sollte für die Übertragung von Live-Bildern auf ein Hochgeschwindigkeitsprotokoll (z.B. Real Time Transport Protocol (RTP) oder Resource Reservation Protocol (RSVP) aufgesetzt werden, das die Qualität des B-WiN (ATM-Technologie) direkt ausnutzt. Damit lassen sich bis zu 30 Bilder pro Sekunde übertragen.

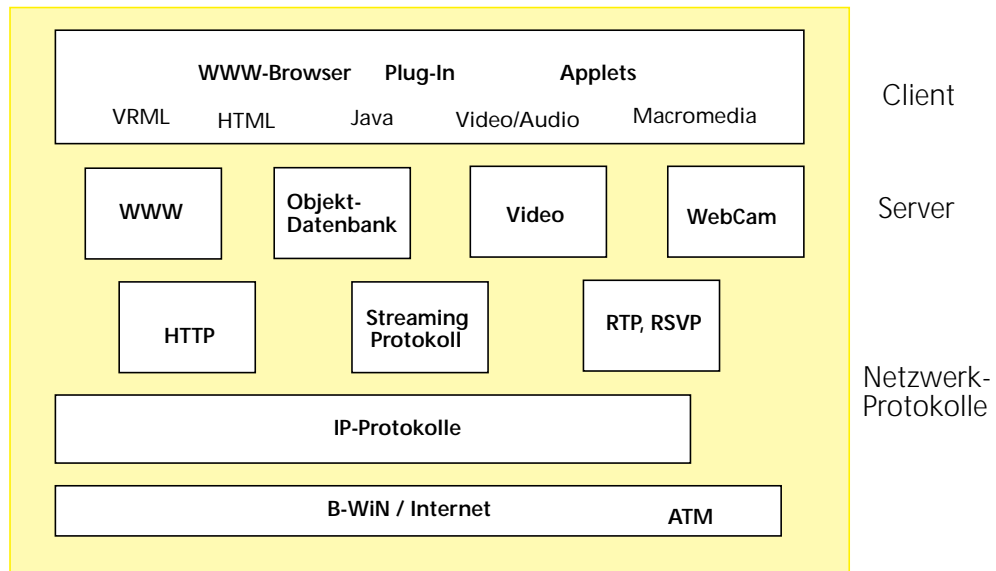
5.2.5 Infrastruktur

Beim Aufbau der Informations- und Kommunikationsinfrastruktur wurden Anschlüsse an das B-WiN und Server-Rechner sowohl im DHM als auch im Haus der Geschichte eingerichtet. Auf diesen Rechnern wurden die WWW-Server, die Video-Server und die Kamera-Server für die Steuerung und die Live-Übertragung installiert.

5.3 Entwurf und Architektur

Das LeMO-System wurde als verteiltes System realisiert, welches zusätzlich zu den WWW-Servern um weitere Server (für Video- und Audioübertragung sowie Live-Video-Übertragung und Kamerasteuerung) erweitert wurde. Entscheidend ist, daß der Zugriff auf diese Server auch über einen WWW-Browser erfolgt, so daß die virtuelle Ausstellung aus verschiedenen Technologien komponiert wird. Die Server lassen sich verteilen und skalieren, so daß sie sowohl im DHM als auch im Haus der Geschichte aufgesetzt werden können.

In Bild 4 ist die Architektur des LeMO-Systems als Schichtenmodell dargestellt. Die oberste Schicht stellt die Zugangsschicht auf der Benutzerseite (Client) dar. Der Zugang erfolgt über einen WWW-Browser mit den oben beschriebenen Lösungen.



Der Browser greift - für den Benutzer transparent - auf unterschiedliche Server zu. Die LeMO-Web-Seiten werden mit WWW-Servern verwaltet. Über WWW ist auch der Zugang zu der Objektdatenbank des DHM möglich. Die Kommunikation zwischen dem WWW-Browser und dem -Server erfolgt über das Hypertext Transport Protokoll (HTTP).

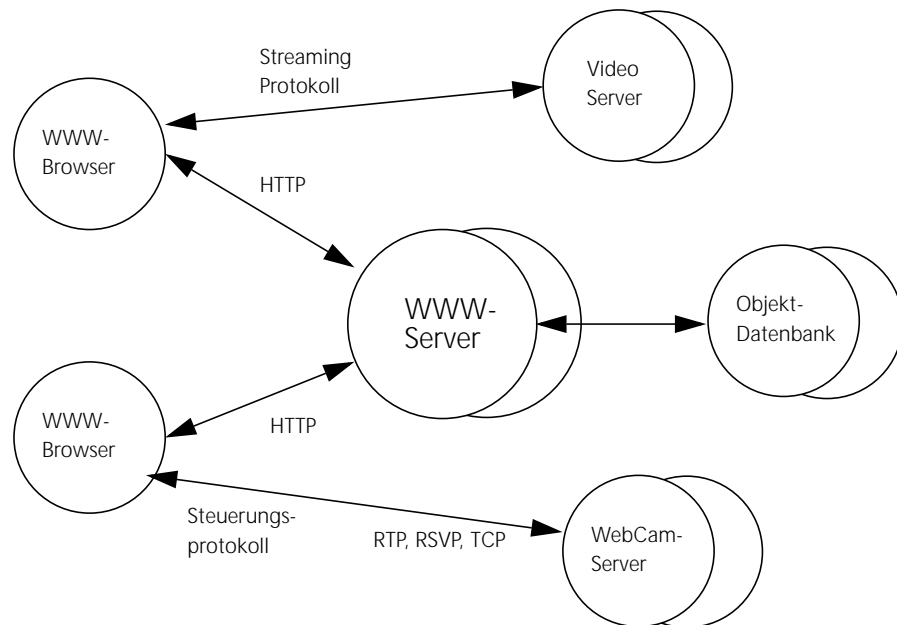
Für die Verwaltung und das Abspielen von Videos wurde ein spezieller Video-Server aufgesetzt, welcher auf einem Video Streaming Verfahren basiert. Der Video-Player wird beim Client über ein Plug-In geladen. Der Video-Player und der Video-Server kommunizieren über spezielle proprietäre Streaming-Protokolle, die eine Synchronisation und Bandbreitenanpassung zwischen dem Client und dem Server vornehmen.

Die Übertragung von Live-Bildern und die Steuerung der Kameras wird von einem speziellen WebCam-Server koordiniert. Für die Steuerung der Kamera wurde ein eigenes Steuerungsprotokoll entwickelt. Die Kamerasteuerung und die Datenübertragung wurden in Java realisiert und lassen sich daher als Applet in einen WWW-Browser einbinden.

In Bild 5 ist die Client/Server-Struktur des LeMO-Systems dargestellt. Im Mittelpunkt der Prozeßstruktur stehen WWW-Server, über die der Zugriff auf die Web-Seiten erfolgt. Der Zugriff auf die Video- und WebCam-Server erfolgt über Plug-Ins oder Java-Applets, die auch über die WWW-Server geladen werden.

Bild 5

Client/Server-Struktur des LeMO-Systems



5.3.1 Realisierung der Client/Server-Architektur

Als Server-Rechner werden im LeMO-Projekt Unix-Rechner (Sun Sparc unter dem Betriebssystem Solaris) eingesetzt. Sowohl im DHM als auch im Haus der Geschichte wurden auf diesen Rechnern verschiedene Dienste installiert:

- ein WWW-Server zur Verwaltung und zum Zugriff auf die VRML-Welten und HTML-Seiten
- ein Video-Server zum Abspielen von Videos
- ein Live-Video-Server zur Übertragung von Live-Bildern

5.4 Virtual Reality Modeling Language (VRML)

Virtual Reality Modeling Language (VRML) ist eine Sprache zur Beschreibung von dreidimensionalen Objekten sowie für deren Anordnung und Animation in virtuellen Räumen, Szenen oder Welten. VRML-Browser ermöglichen das Erkunden der 3D-Welten durch die Simulation von Fortbewegungen wie Gehen oder Fliegen, die über Maussteuerung einem virtuellen „Benutzer“ der 3D-Welt, dem Avatar, zugewiesen wird.

Ein Avatar repräsentiert einen physikalischen „Benutzer“ der 3D-Welt, der durch Größe, Fortbewegungsgeschwindigkeit und Blickwinkel definiert ist. Zusätzlich

können in dieser 3D-Welt Viewpoints (Aussichtspunkte) definiert werden, die über den Browser abrufbar sind und dem Avatar die Positionierung unmittelbar an einer bestimmten Stelle in der 3D-Welt ermöglichen. Die Eigenschaften des neuen Standards 2.0 erlauben darüber hinaus mehreren Benutzern gleichzeitig, innerhalb der 3D-Welt zu agieren und zu reagieren. Dazu werden reale Eingriffsmöglichkeiten wie das Berühren und Auslösen von Schaltern oder das physikalische Drehen von Objekten durch „Sensoren“, die an bestimmte Objekte gekoppelt sind, simuliert.

Ein realistischer und detaillierter Eindruck wird durch die Einbindung von Bildern (Images), Audio- und Videoclips, realistischen Texturen, mit denen sich bestimmte Materialien realisieren lassen, sowie mit verschiedenen Lichtquellen erreicht. Animation und direkte Manipulationen, wie Verschieben von 3D-Objekten, Dimmen von Lichtquellen oder auch Änderungen an der Gestalt der 3D-Objekte, lassen sich durch eine Kopplung von zeitlichen Ereignissen und Intervallen oder Vorschriften in Form von Skripten an die Änderung bestimmter Parameter der 3D-Objekte erzielen. So kann z.B. ein Objekt in Rotation versetzt werden, wenn eine bestimmte Uhrzeit (relativ oder absolut) erreicht worden ist oder das Unterschreiten eines bestimmten Abstandes zu einem Objekt eine Zeitsteuerung ausgelöst hat; ebensogut kann sie wieder gestoppt werden. Neben der zeitlichen Ereignissteuerung kann die Kopplung auch an Ereignisse gebunden sein, die durch Interaktion mit der Maus, wie etwa das „Berühren“ von Schaltflächen oder die Registrierung von Bewegungen des Avatars in einem definierten Raum, ausgelöst werden.

Über die Anbindung eines VRML-Browsers als Plug-In an einen WWW-Browser wie etwa Netscape oder den Internet-Explorer können 3D-Welten weltweit im „Web“ erforscht werden. Dazu wird die VRML-Datei vom Browser geladen und in eine Darstellung auf dem Bildschirm übersetzt. Dies geschieht analog dem Laden und Darstellen einer HTML-Seite. Neben VRML-Plug-Ins gibt es auch eigenständig laufende Browser, sogenannte Standalone-Browser, die allerdings nur die Darstellung lokal gespeicherter VRML-Dateien ermöglichen. Eine VRML-Datei ist eine textuelle Repräsentation der Welt, deren Objekte und Verhalten durch Schlüsselwörter (Knoten) und Parameter beschrieben werden.

5.4.1 VRML-Browser

Im ersten Projekthalbjahr wurden die wichtigsten damals verfügbaren VRML-Browser ausgewertet. Die gesamte Evaluation kann im 1. Zwischenbericht und im technischen Bericht zum 1. Meilenstein nachgelesen werden. Die getesteten Browser waren:

- Sony CommunityPlaceBrowser
- SGI CosmoPlayer
- Intervista WorldView

- GLView
- Netscape Live3D

Die Evaluation führte zur Verwendung von SGI CosmoPlayer und Intervista WorldView. Diese beiden Plug-Ins sind einerseits weit verbreitet und haben andererseits unterschiedliche Charakteristiken und Qualitäten. Eine zu starre Ausrichtung auf nur einen VRML-Browser in der Entwicklungsphase kann dazu führen, daß die Portabilität bzw. die gewünschte Darstellung der 3D-Welten in anderen Browsern nicht gegeben ist.

Die Stärken des CosmoPlayers liegen in seinen sehr guten Darstellungsqualitäten. Insbesondere die für dieses Projekt notwendigen hohen Auflösungen bei der Darstellung von Bildern zeichnen dieses Plug-In aus. Die Auflösung ist identisch mit der Qualität von Bildern auf HTML-Seiten. Nachteilig erweist sich jedoch der dafür sehr hohe Speicher- und Rechenaufwand. Eine flüssige Bewegung durch große 3D-Welten ist praktisch nicht mehr möglich. Ein weiterer Nachteil des CosmoPlayers ist die teilweise unvollständige Darstellung von Objekten, die sich in enger räumlicher Nähe befinden. Dies wirkt sich insbesondere sehr störend bei den dargestellten Bildern aus, da diese manchmal nicht komplett angezeigt werden.

Der Browser WorldView existiert derzeit in der Version 2.0. Im Gegensatz zum CosmoPlayer sind die Auflösungen beim Darstellen von Bildern geringer. Die Texturen werden jedoch korrekt und vollständig dargestellt. Die Stärken des WorldView liegen in seiner Geschwindigkeit. Das erstmalige Laden und Berechnen einer Welt geht wesentlich schneller als beim CosmoPlayer. Ebenfalls kann sich der Benutzer auch durch große VRML-Welten zügig bewegen.

Beide Plug-Ins unterstützen die Wiedergabe von Sounds und Videos mit spezifischen Stärken und Schwächen: Der CosmoPlayer stellt Videos in höherer Qualität dar, jedoch langsamer, WorldView in niedrigerer Auflösung, dafür mit einer höheren Bildfrequenz.

5.4.2 VRML-Autorenwerkzeuge

Im ersten Projekthalbjahr wurden die wichtigsten damals verfügbaren VRML-Autorenwerkzeuge ausgewertet. Die gesamte Evaluation kann im 1. Zwischenbericht und im technischen Bericht zum 1. Meilenstein nachgelesen werden. Die getesteten Autorenwerkzeuge waren:

- VRealm Builder (Integrated Data Systems)
- Virtual Homespace Builder (ParaGraph International Inc.)
- Ez3D (Radiance Software International)

Die Evaluation führte zum Einsatz von VRealmBuilder in der Version 2.1 während der gesamten Projektlaufzeit. Der praktische Nutzen dieser Entwicklungsumgebung liegt u. a. in einer komfortablen Erzeugung auch komplexer Programmstrukturen. Das Eintippen umfangreichem Programmcodes entfällt fast vollständig. Eingaben per Tastatur entfallen lediglich auf einzelne Parameter und Werte. Die Entwicklungszeit wird hierdurch drastisch reduziert. Etwaige syntaktische Fehler im Programmcode werden vollständig ausgeschlossen.

Im Gegensatz zur Betaversion läuft die Vollversion 2.1 nahezu fehlerfrei. Systemabstürze sind sehr selten. Der Sprachumfang von VRML 2.0 wird vom VRealmBuilder jedoch nicht vollständig unterstützt. Einige Parameter, insbesondere beim Verwenden von Texturen, können nicht eingegeben werden. Das exakte Erzeugen von komplexeren Objekten ist ebenfalls nicht möglich. Möchte man Flächen oder Körper frei definieren, ist dies nur interaktiv mit der Maus in einem speziellen Fenster möglich. Eckpunkte von Objekten können mit der Maus gesetzt oder verschoben werden. Eine numerische Eingabe der Koordinaten ist nicht möglich. Für ein schnelles Prototyping ist diese interaktive Bedienung zwar sehr bequem, eine exakte Darstellung von Objekten jedoch nicht möglich. Ein Nachbearbeiten des Codes in einem Texteditor ist in diesen Fällen unumgänglich.

Die Darstellung der 3D-Welt im VRealmBuilder entspricht oftmals nicht dem Ergebnis, das ein VRML-Browser liefert. Hiervon sind insbesondere die Oberflächen betroffen. Texturen und deren Helligkeiten (bedingt durch die Anordnung von Lichtquellen) werden häufig anders, mit einer wechselnden Qualität, als in einem Browser dargestellt. Für die praktische Arbeit hat das zur Konsequenz, daß häufig das Ergebnis der Arbeit in einem Browser kontrolliert werden muß.

Im Umgang mit diesem Autorensystem kommt erschwerend hinzu, daß die vom Programmierer mit einem Texteditor in den Code eingeführte Kommentare vom VRealmBuilder ignoriert werden und somit beim erneuten Abspeichern verloren gehen.

5.4.3 Realisierung der Epochenräume mit VRML

Bei der Entwicklung mit VRML werden die virtuellen Welten aus Gründen der Performance überwiegend aus einfachen geometrischen Objekten (Flächen, Quader, Zylinder) aufgebaut. Um beim Betrachter einen möglichst ansprechenden Eindruck hervorzurufen, werden diese Objekte mit einer Oberfläche (Textur) versehen. Beispielsweise wurde der Fußboden für den Raum „Wilhelminisches Deutschland“ mit einem Parkett und der Eingang zum Raum „1. Weltkrieg“ mit Nieten versehen.

Die in den Räumen ausgestellten Objekte stammen aus dem Deutschen Historischen Museum oder dem Haus der Geschichte. Die Ausstellungsobjekte bzw.

deren Fotos wurden in den Museen gescannt und per ftp an das Fraunhofer ISST kopiert. Teilweise wurden diese Bilder qualitativ nachbearbeitet. Die Bilder werden dann als Oberfläche (Textur) für einfache geometrische Objekte wie Flächen, Quader oder Zylinder verwendet.

Im Raum „Das Wilhelminische Deutschland“ befinden sich 74 Ausstellungsobjekte. Der Speicherbedarf dieser Bilder beträgt trotz Verwendung von Komprimierungsverfahren immer noch 4,2 MByte. Die Modellierung sehr großer Ausstellungsräume mit zahlreichen Bildern erfordert beim Benutzer eine hohe Datenübertragungsbandbreite zum Internet, da das Laden der 3D-Welt sonst unzumutbar lange dauern würde. Von der Datenübertragung zu unterscheiden ist das Berechnen der VRML-Welt. Ist das Laden über das Internet einmal abgeschlossen, entscheidet nur noch die Leistungsfähigkeit des lokalen Computers über die Berechnungsdauer der Welt bis zum erstmaligen Anzeigen. Die Navigationsgeschwindigkeit ist ebenfalls von der Computerleistung abhängig. D.h. ein schneller Computer ermöglicht dem Benutzer eine flüssigere Bewegung beim Durchwandern der 3D-Welten.

Ein Arbeitsschwerpunkt bei der Erstellung der virtuellen Räume lag in der Optimierung der 3D-Welten bzgl. Dateigröße und Rechenbedarf. Da hier jedoch Grenzen gesetzt sind, wurde im Verlauf des Projektes dazu übergegangen, kleinere Welten zu erstellen. Anstatt für jede der neun Epochen einen großen Raum mit vielen Ausstellungsobjekten zu gestalten, wurden einzelne Epochen in mehrere Räume bzw. VRML-Welten untergliedert. Die Vorteile liegen hierbei bei einer schnelleren Datenübertragung auch bei niedrigerer Bandbreite sowie einer geringeren Anforderung an die lokale Leistungsfähigkeit des Computers beim Benutzer.

Dieses Konzept geht einher mit einem weiteren Arbeitsschwerpunkt. Bei der Entwicklung der VRML-Welten soll kein Abbild herkömmlicher Museumsarchitektur erstellt werden, wo der Raum vorwiegend der Informationsvermittlung dient. Die Möglichkeiten des multimedialen Mediums VRML wären hiermit nicht gut eingesetzt. Daher werden interaktive Komponenten für die 3D-Welten entwickelt, so daß der virtuelle Besucher nicht nur passiver Konsument ist, sondern zum Akteur in der VRML-Welt wird.

5.4.4 Technisches Konzept für virtuelle Welten - von statischen zu dynamischen virtuellen Welten

Ausgehend von der inhaltlichen Gestaltung der Historiker, jede Epoche in mehrere Themenschwerpunkte zu unterteilen, wurde ein architektonisches und programmiertechnisches Konzept entwickelt. Ein Ziel dieses Konzeptes ist eine für den Benutzer attraktive und abwechslungsreiche Gestaltung der virtuellen Welten. Entscheidend sind möglichst kurze Ladezeiten vom Web-Server sowie eine

flüssige Bewegung durch die Welten. Diese Kriterien sind entscheidend für die Akzeptanz beim Benutzer.

Zu jeder historischen Epoche werden ein Hauptraum sowie mehrere Themenräume geschaffen. Die einzelnen Räume werden jeweils durch eine eigene VRML-Welt realisiert. Durch Interaktion z. Bsp. Annähern oder Anklicken eines Objektes gelangt der Benutzer von einer Welt in eine andere. Die einzelnen Welten sind von ihrer Dateigröße, der Komplexität der Objekte und der Anzahl der musealen Ausstellungsstücke so weit begrenzt, daß oben genannte Kriterien erfüllt werden können.

Als nachteilig erwies sich jedoch, daß beim Wechsel zwischen den Welten ein Bruch entsteht, der beim Benutzer als störend empfunden wird. Während des Ladens und Berechnens einer neuen Welt ist im Browser für einen gewissen Zeitraum nichts zu sehen. Je nach Bandbreite des Internetanschlusses und der lokalen Rechenleistung des Computers können dies durchaus 10 bis 15 Sekunden sein.

Um diesen Nachteil zu umgehen, wurden dynamische virtuelle Welten entwickelt. Bei diesem Ansatz werden zunächst nur die Objekte vom Server geladen, die der Benutzer an seinem aktuellen Standpunkt in der virtuellen Welt sehen kann. Erst wenn der Benutzer sich durch die Welt bewegt, werden die Objekte, die in sein Sichtfeld gelangen, auch vom Server geladen, berechnet und angezeigt. Weiterhin werden die im Augenblick vom Benutzer nicht mehr sichtbaren Objekte, d. h. weit entfernte bzw. durch Wände verdeckte Objekte, wieder aus der Welt entfernt (Anmerkung: Ein Z-Buffer Verfahren zur Berechnung der Verdeckung von Bildteilen existiert in VRML nicht. Der Browser berechnet also auch Objekte die sich z. Bsp. hinter einer Wand befinden und „zeigt“ diese an).

Unterstützt wird dieses Konzept durch eine Architektur der virtuellen Welten, die z. Bsp. mehrere Räume und Gänge vorsieht (als Beispiel die Welt „Verfassung der Weimarer Republik“).

Durch diesen dynamischen Aufbau der virtuellen Welten wurde erreicht, daß die einzelnen Ladezeiten sehr kurz gehalten werden, die Berechnungen auf dem lokalen Computer sehr schnell erfolgen können und der Benutzer somit sehr zügig durch die Welten navigieren kann.

Zeitschlange

Die „Zeitschlange“ wurde von Prof. Jan Fiebelkorn-Drasen entworfen. Sie vermittelt einen „virtuellen“ Gang durch das 20. Jahrhundert, wobei die Bewegung in der Zeit der Bewegung in einer räumlichen Dimension entspricht.

Für die Erstellung der Welt wurde ein Programm entwickelt, das automatisch eine VRML-Datei anlegt. Hierzu können unterschiedliche Parameter angegeben

werden, mit denen Eigenschaften wie Ausdehnung, Form, Farbe, etc. bestimmt werden. Dies ist nützlich, wenn Grobkonzept und Design einer virtuellen Welt in ihren Grundzügen bereits festgelegt sind, aber der weiteren Verfeinerung und Gestaltung bedürfen. Durch die generische Anlage des Programms können praktisch beliebige Objekte mit frei wählbarem Design in der virtuellen Welt angeordnet und so auf ihre „Wirkung“ hin ausprobiert werden. Mit dieser Vorgehensweise können ein Designer, der keine VRML-Kenntnisse besitzt und ein VRML-Entwickler praktisch „On the Fly“ virtuelle Welten erstellen, die einen guten Kompromiß hinsichtlich VRML-Einschränkungen und Design und Aussehen darstellen.

5.5 Struktur und Gestaltung der HTML-Seiten

Schon zu Beginn des Projektes wurden für das LeMO-System verschiedene Gestaltungsentwürfe und Navigationskonzepte entwickelt, und prototypisch umgesetzt. Diese Prototypen dienten als Diskussionsgrundlage und wurden in enger Zusammenarbeit zwischen Informatikern, Museumsfachleuten und einem Designer ausgeführt.

5.5.1 Aufbau der Seiten / Layout

Das Layout der HTML-Seiten folgt einem projektübergreifenden Navigations- und Designkonzept. Das Ziel ist die Schaffung eines für den Anwender intuitiv verständlichen Navigationssystems und einer einheitlichen visuellen Gestaltung. Die Grundelemente sind ein LeMO-Würfel, wiederkehrende Navigationselemente mit darauf abgestimmter Farbgestaltung und einfache graphische Trennungselemente. Ein zweiter Grundgedanke ist die Wiederkehr der Zahl 3 in der Dreiteilung der Navigationsmenüs aller Ebenen, die den 3 Würfelfarben Schwarz, Rot und Gold entsprechen und auf die beteiligten Museen anspielen sollen.

Beim HTML-Code wird neben dem Layout auf syntaktisch und semantisch korrektes HTML geachtet. Daher werden Browser-abhängige Features auf semantisch kompatiblen Einsatz geprüft. Es wird auf browser-, betriebssystem- und hardwareunabhängigen Code großer Wert gelegt.

Dieser Idee folgend gab es einige Entwurfsvarianten, von denen nach projektinterner Diskussion eine Variante ausgewählt wurde. Nach einigen Detailänderungen wurde aus dieser die Grundlage für die HTML-Seitengestaltung.

LeMO-Würfel

Die Farbgebung der Würfelseiten (Bild 6) ist von den Logofarben des Hauses der Geschichte und des DHM inspiriert, gleichzeitig anspielend auf die Nationalfar-

ben und damit die Thematik des Projekts. Der Würfel kehrt als Navigationselement auf den HTML-Seiten und in der 3D-Welt wieder.

Bild 6

LeMO-Würfel



Seitenaufteilung


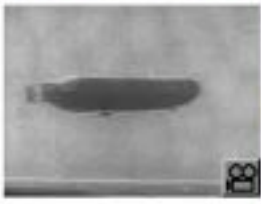

Das Seitenlayout (Bild 7) folgt einer strengen Trennung zwischen Text und Bildern. Die Bilder werden mit gleicher Breite vertikal untereinander am linken Seitenrand angeordnet. Der Text nimmt den größten Raum der Seite rechts neben den Bildern ein. Getrennt sind beide durch ein horizontales Element, das je nach Seitenkontext in Färbung und Verhalten (Animation, JavaScript-Gimmicks) angepaßt wird.

Bei einem Klick auf eine der Abbildungen am linken Seitenrand bekommt der Benutzer eine seitenfüllende Version desselben Bildes mit erläuterndem Text angezeigt. Ähnlich wird bei Videos in der Leiste am linken Rand eine Preview-Version angezeigt, die auf Mausklick zur Vollversion des Videos führt.

Bild 7

Beispiel für die Gestaltung einer HTML-Seite

1900–14

Industrie & Wirtschaft

Nach der Reichsgründung nahmen Industrie und Wirtschaft einen rasanten Aufschwung: Die industrielle Produktion versechsfachte sich bis zum [Ersten Weltkrieg](#), die Ausfuhr vervierfachte sich. Industrielle Zentren waren das Ruhrgebiet, das Saarrevier, Oberschlesien und Sachsen. Berlin entwickelte sich zum Zentrum von Handel und Gewerbe und zum wichtigsten Standort der Leichtindustrie. Doch trotz Industrialisierung und Urbanisierung blieb Deutschland eines der wichtigsten europäischen Agrarländer.

Einen wesentlichen Impuls erhielt die Industrialisierung durch die 5 Milliarden Francs, die Frankreich nach 1871 als Kriegsschädigung zu zahlen hatte. Nahezu zeitgleich entstanden große Geschäftsbanken, die den Unternehmen das für Investitionen erforderliche Geld langfristig zur Verfügung stellten und die Bildung großer Konzerne und Kartelle förderten. Vor allem die 1870 von [Georg von Siemens](#) gegründete Deutsche Bank sollte mit ihren Filialen auf allen Erdteilen die deutsche Außenwirtschaft unterstützen. In starker Konkurrenz zu den englischen Großbanken engagierte sich die Deutsche Bank bei wirtschaftlichen Großprojekten wie dem Bau der Bagdad-Bahn.


Der Beitritt von Hamburg und Bremen zum Deutschen Zollverein 1888 leitete einen Aufschwung im Schiffbau ein. Im Hamburger Hafen wurden mehr Güter umgeschlagen als in den Häfen von London, Liverpool oder Marseille. Aus der zur Kennzeichnung von Waren minderer Qualität eingeführten Herkunftsbezeichnung "Made in Germany" war ein Qualitätsnachweis geworden.


Vor allem bei der Entwicklung neuer, zukunftsreicher Technologien auf dem Gebiet der Elektrotechnik und der Chemischen Industrie belegte Deutschland weltweit einen führenden Platz. Der Entwicklung erster Dynamos zur Stromerzeugung folgten bald elektrische Fernleitungen und der Bau von Kraftwerken. Sie versorgten ab den 1880er Jahren erst kleinere Firmen, dann Stadtteile und ab etwa 1890 ganze Städte mit Strom. Jede zweite elektrische Maschine und Installation weltweit stammte 1914 von der [Allgemeinen Elektrizitätsgesellschaft](#) (AEG) oder Siemens. Nicht weniger erfolgreich waren Chemiegiganten wie die Badischen Anilin- und Soda-Fabrik (BASF), Bayer und Hoechst mit ihren Farbstoffen und pharmazeutischen Produkten. Die expandierenden Betriebe zogen Arbeitskräfte aus den Agrargebieten in die industrialen Zentren, in denen zugleich mit den Angestellten ein neuer Typ von Arbeitnehmern entstand. Bei einem kontinuierlichen Anstieg der Produktion sank die wöchentliche Arbeitszeit von 72 Stunden (1872) über 62 Stunden (1900) auf 57 Stunden (1914).

Während in England eine feilhändlerische Haltung vorherrschte, war die deutsche Wirtschaftspolitik von staatlichen Subventionen und starken Tendenzen zum Schutzzoll geprägt. Der rasante Wirtschaftsaufschwung und der aggressiv geführte Kampf um Absatzmärkte und Kolonien führte das Deutsche Reich in einen Interessenkonflikt mit den anderen Industriestaaten.

(ba)

 [Graf Zeppelin: Ansprache an das deutsche Volk nach der Zerstörung von LZ 24, 1908](#)

 [Graf Zeppelin: Aufruf zur Nationalspende, 1908](#)

Wilh. Deutschland I. Weltkrieg Weimarer Republik 

Navigationsleiste

Am Fuß der Seiten erscheint eine Navigationsleiste aus 3 linear nebeneinander angeordneten Buttons. Als weiteres Navigationselement taucht der LeMO-Würfel als „Home“-Button auf

5.5.2 Automatische Generierung

Da die Menge der zu erstellenden Seiten sehr groß ist, wurde ein Konzept zur Automatisierung der Seitenerzeugung erstellt, durch das die HTML-Implementierung beschleunigt und rationalisiert wird. Die Textautoren erstellen zu diesem Zweck Kommando-Dateien nach einer vorgegebenen Syntax. In diesem Rahmen können sie frei den Inhalt, die einzubettenden Abbildungen und Multimedia-Dokumente sowie die Auswahl des Designschemas treffen. Die genaue Vorgehensweise und die Syntaxbeschreibung ist unter „<http://www.dhm.de/lemo/work/howto/>“ dokumentiert.

Implementierung

Für die automatische Generierung der HTML-Seiten wurden verschiedene kleine Werkzeuge entwickelt. Die Programmierung erfolgte in UNIX-Shellskripten.

- **HTML**

Die Skripte parsen die von den Autoren erzeugten Kommando-Dateien und setzen nach den dort vorgefundenen Schlüsselwörtern die Seiten zusammen. Die Designschemata werden aus vorgegebenen HTML-Codestücken zusammengesetzt, die Inhalte jeweils nach den Vorgaben der Kommandodateien ergänzt. In die erzeugte HTML-Datei wird ein Kommentartext eingefügt, der für die spätere Referenz Name und Ort der Quelldateien, Datum und Uhrzeit der Erzeugung sowie den Benutzername des Aufrufenden enthält. Ebenso werden bei erfolgreicher Erzeugung Name und Ort der Zieldateien in das Quellverzeichnis protokolliert. Als dritte Kontrolle wird über alle erzeugten HTML-Dateien ein Logfile geführt.

Das Parsen und die Codeerzeugung erfolgen im wesentlichen in awk-Skripten, die aus den Shellskripten heraus aufgerufen werden. Das Skript erzeugt ein Verzeichnis an einer passenden Stelle im Verzeichnisbaum und schreibt den erzeugten Code dort in eine neue HTML-Datei.

Zur Absicherung gegen doppelte Erzeugung und gegen versehentliches Löschen bereits existierender Dateien wird vorher überprüft, ob das Zielverzeichnis bereits vorhanden ist.

Zur Ermittlung der notwendigen Größe der graphischen Trennungselemente wird zusätzlich eine Schätzung der zu erwartenden Seitenhöhe durchgeführt. Grundlage für diese Schätzung sind die eingefügte Textmenge und die Höhen der eingebetteten Bilder, welche mit Hilfe von pbmplus-Skripten ermittelt werden.

- **Bilder**

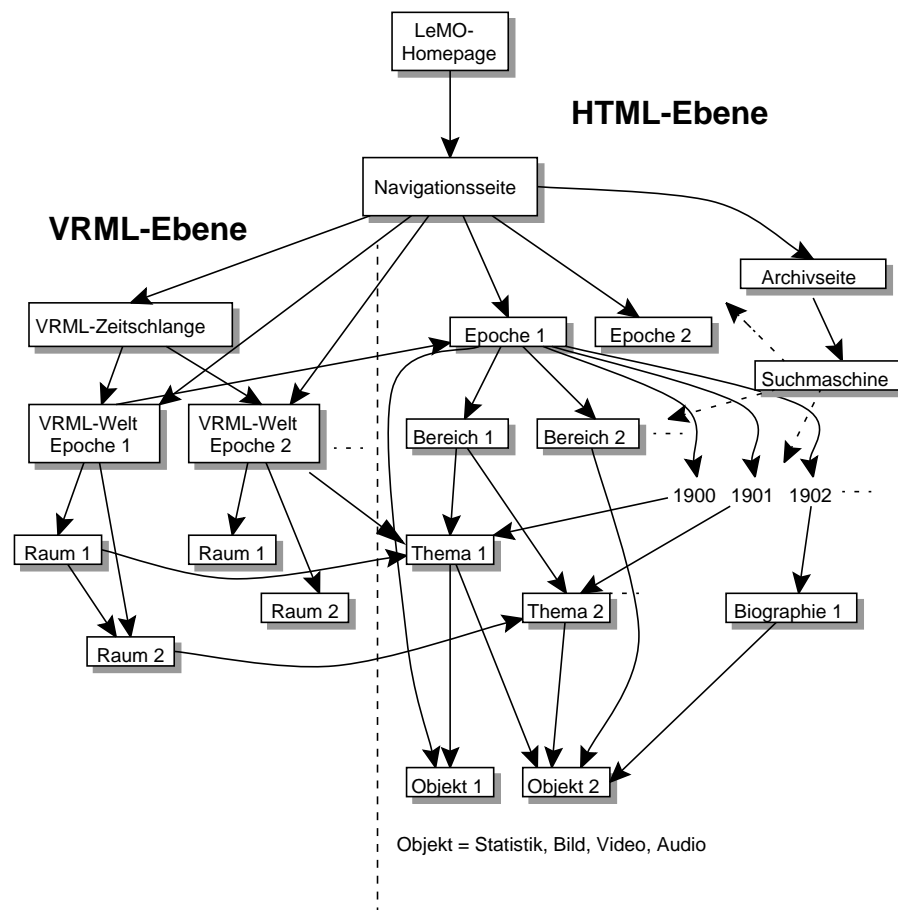
Die Bildvorbereitung geschieht getrennt von der Erzeugung der HTML-Seiten. Als Ausgangsdaten werden die Bilddateien im BMP-Format und eine Textdatei mit identischem Namen zur Bildbeschreibung gebraucht. Zunächst wird mit dem Werkzeug Photoshop die Qualität der Bilder verbessert und ggf. werden Ausschnitte gewählt, Schatten- und andere Effekte zugefügt usw. Danach werden mit einem Shareware-Programm unter Windows die Bilder

automatisch in das JPG-Format konvertiert. Auf einem UNIX-System werden dann durch das Shellskript die Bilder in das vorgesehene Verzeichnis verschoben. Mit Hilfe von pbmplus-Routinen werden eine Preview-Version fester Größe für die Einbindung in die HTML-Seiten sowie eine kleine HTML-Seite mit dem einzubettenden Bild in Vollgröße und dem Beschreibungstext erzeugt.

5.5.3 Verzeichnisstruktur/-baum

Die LeMO-Verzeichnisstruktur (Bild 8) auf den Servern folgt der logischen Struktur der Inhalte.

Bild 8 Verzeichnisstruktur der LeMO-Seiten



Auf der Navigationsseite kann der Benutzer entscheiden, ob er die virtuelle Ausstellung auf der zwei- oder drei-dimensionalen Ebene besuchen möchte. Die

VRML-Welt ist in Epochenwelten unterteilt; jede der Epochen enthält mehrere Haupträume, die mit thematisch zusammengehörigen Objekten gefüllt werden und von der Gestaltung her dem jeweiligen Thema angepaßt sind. Parallel dazu verzweigt die HTML-Ebene auf Epochenseiten, auf denen eine weitere Unterteilung nach Themengebieten folgt. Zusätzlich finden sich Vertiefungstexte, wie zum Beispiel Biographien oder Objektbeschreibungen auf einer tieferen Ebene. Von den Epochenseiten aus gelangt man auch zu chronologischen „Jahresseiten“, in welchen die historische Ereignisse einzelner Jahre aufgelistet sind.

5.5.4 Navigation durch das LeMO-System

Das entwickelte Layout- und Navigationskonzept wird in den Seiten, welche vom DHM entwickelt wurden, durchgängig eingehalten. Auf den HTML-Seiten zu den einzelnen Epochen findet man auf den HTML-Seiten der ersten und zweiten Ebene unten immer die Navigationsleiste, mit der man zu der davor oder danach liegenden Epoche oder zur Übersichtsseite gelangt.

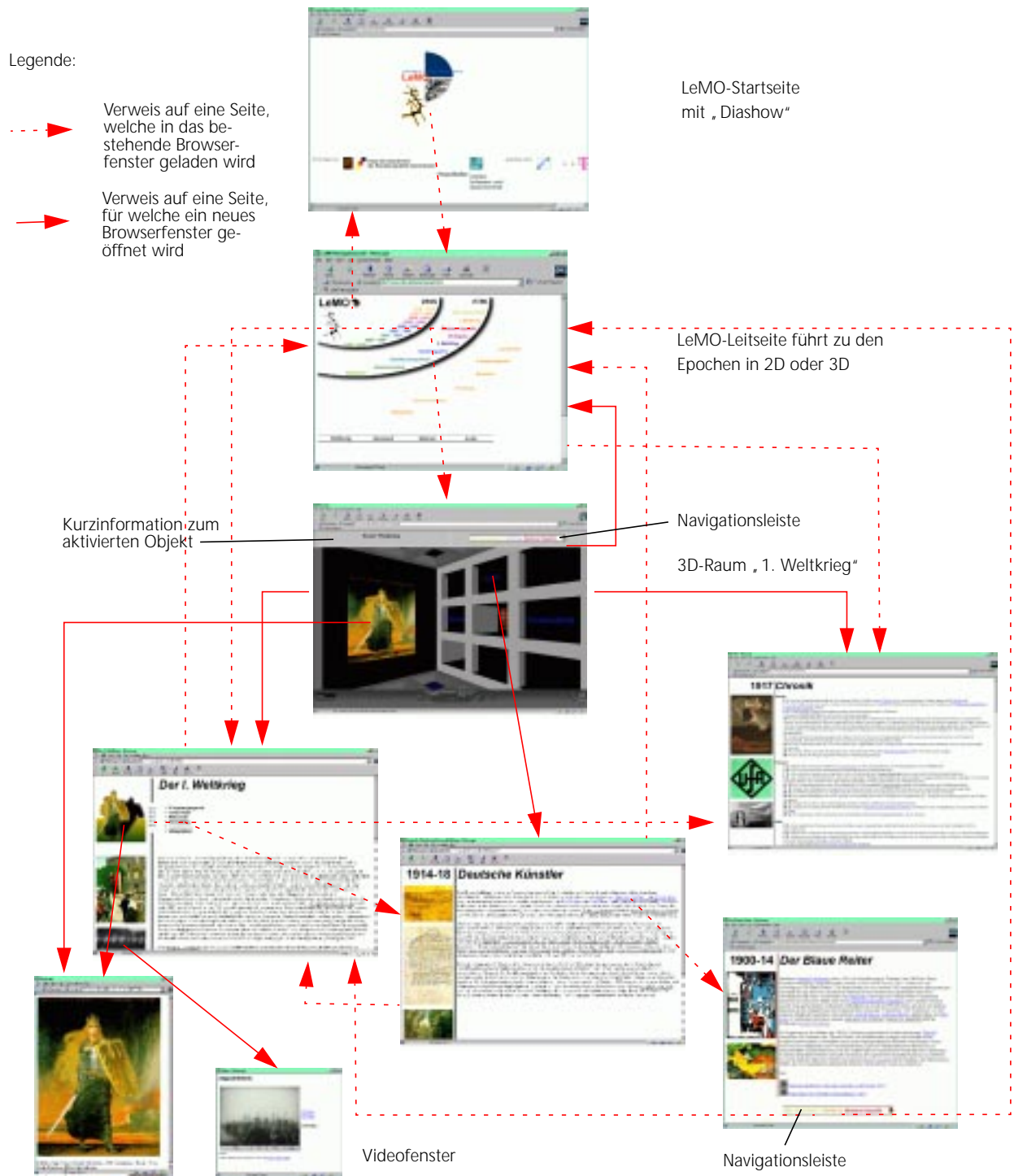
Vom Haus der Geschichte, welches nicht an der Konzepterstellung beteiligt war, wurde das Konzept weitgehend übernommen. Auf den HTML-Seiten der dritten Ebene weicht die Gestaltung der Seiten leicht von denen des DHM ab, denn Bilder und Text werden nicht getrennt, sondern integriert angeordnet.

Beim Füllen der Verzeichnisstrukturen mit VRML-Welten und HTML-Seiten wurde darauf geachtet, daß bei der Navigation durch die Seiten nicht ständig neue Browserfenster geöffnet werden, da sonst die Orientierung und Übersichtlichkeit verloren ginge.

Außerdem wurde berücksichtigt, daß das Laden einer VRML-Welt etwas länger dauert als das einer „normalen“ HTML-Seite, und daß deshalb zusätzliche Fenster, welche aus einer VRML-Welt heraus geöffnet werden, in ein zweites Browserfenster geladen werden, so daß bei der Rückkehr in die VRML-Welt keine zusätzliche Wartezeit durch ein erneutes Laden der VRML-Welt entsteht. Beim Starten von Videos oder beim genaueren Betrachten von Bildern wird ein weiteres Fenster geöffnet, in welches dann alle im weiteren Verlauf des Browsens geöffneten Videos bzw. Bilder geladen werden, so daß auch hier verhindert wird, daß der Benutzer ständig neue Fenster öffnet (und wieder schließen muß). Dies führt dazu, daß nie mehr als 3 Fenster geöffnet sind.

In Bild 9 sind beispielhaft für die Epoche „1. Weltkrieg“ die verschiedenen Ebenen von VRML- und HTML-Seiten zu sehen. Durch die Pfeile wird angedeutet, von wo aus ein Verweis auf eine andere Seite führt.

Bild 9 Beispielhierarchie der LeMO HTML-Seiten



5.6 Einsatz von Streaming Video und Streaming Audio

Die in den Museen vorhandenen zahlreichen Ton- und Videodokumente sollen per Streaming Verfahren über das Internet abrufbar sein. Streaming Video Verfahren sind seit 1996 im WWW verfügbar. Schon davor gab es die Möglichkeit, z. B. Quicktime- oder MPEG-Videos in eine HTML-Seite zu integrieren. Wenn der Web-Browser des Betrachters mit dem nötigen Quicktime-Plug-In ausgestattet ist, beginnt das Plug-In beim Aufruf einer solchen Seite, das Video vom Server herunterzuladen. Ein Plug-In ist eine Bibliothek, welche die Funktionalität des Web-Browsers erweitert und von diesem dynamisch geladen wird, wenn sie gebraucht wird.

Wenn das Quicktime-Video vollständig auf der Client-Seite geladen ist, beginnt das Plug-In mit dem Abspielen. Dabei kommt es, abhängig von der zur Verfügung stehenden Bandbreite, mitunter zu langen Wartezeiten, da die Dateigröße eines Videos leicht eine Größenordnung von mehreren MByte erreicht.

Streaming Video hingegen macht das Abspielen von Videos über das Internet wesentlich praktikabler, da hier das Video während des Herunterladens vom Server gleichzeitig vom Client abgespielt wird. Die verschiedenen Verfahren sind audiofähig, d. h. das Video wird zusammen und synchron mit der Audiospur abgespielt. Streaming Audio Verfahren gibt es seit 1995; das bekannteste und verbreitetste ist RealAudio von Progressive Networks, über das einige Radiosender ihr Programm im Internet senden.

Um Streaming Video oder Audio zu empfangen, ist es notwendig, daß der Web Browser des Benutzers mit einem passenden Plug-In oder Player erweitert wird, welches den eintreffenden Datenstrom erkennt, interpretiert und darstellt. Diese Plug-In und Player sind in der Regel kostenlos über das Internet erhältlich. Auf Serverseite ist bei den meisten Verfahren zusätzlich zum WWW-Server ein Streaming-Server nötig. Mit der HTML-Seite bekommt der Client die Adresse des Streaming-Servers und kann nun von diesem das Senden der Audio/Videodaten anfordern.

Die Videos, welche on-demand zur Verfügung stehen, werden in der Regel vorher mit bestimmten Werkzeugen bearbeitet und so in ein speziell für das jeweilige Streaming Verfahren geeignetes Format gebracht. Dann werden sie beim Videosever abgelegt.

Entscheidend für die Übertragung eines Video ist die zur Verfügung stehende Übertragungsbandbreite, die im Internet oft einen Engpaß darstellt. Die Datenmenge pro Sekunde, die der Videosever an den Client sendet, muß von diesem auch in der gleichen Zeit empfangen und verarbeitet werden können. Ein 14,4 kbps Modem und ein leistungsfähiger Rechner sind dafür die Mindestvoraussetzung auf Clientseite. Das Aushandeln der Übertragungsbandbreite zwischen Cli-

ent und Videosever wird von den Streaming Video Verfahren unterschiedlich gelöst.

Die Protokolle, über welche die Videodaten transportiert werden, sind völlig unterschiedlich. Manche Verfahren benutzen selbst entwickelte Protokolle, die auf untere Protokollebenen (wie IP oder UDP) aufsetzen; es gibt aber auch Verfahren, welche auf HTTP oder TCP/IP aufsetzen.

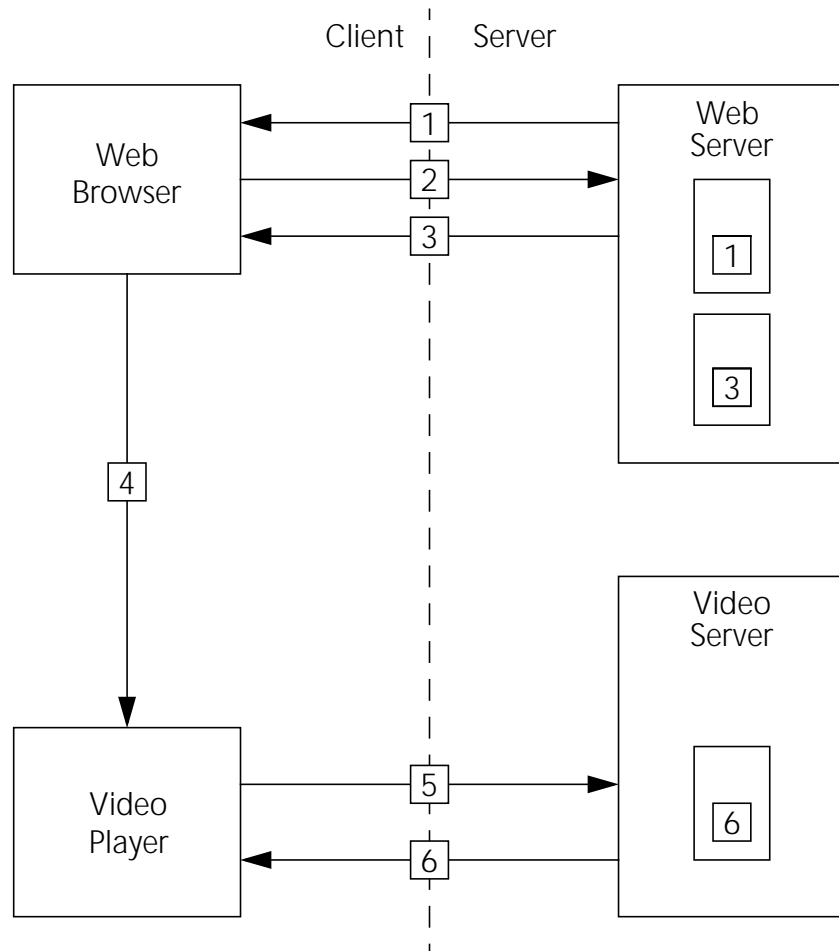
Streaming Video Verfahren gibt es für Video-on-demand und seit Ende 1996 auch für Live-Übertragungen von Fernsehkanälen oder Konzerten, wobei letzteres noch nicht sehr häufig angeboten wird, da der Aufwand zum Senden größer, das erreichte Publikum aufgrund der Zeitbeschränkung aber kleiner als bei Video-on-demand ist.

5.6.1 Client/Server-Struktur

In Bild 10 wird die Client/Server-Kommunikation beim Aufbau einer typischen Streaming Audio/Video Verbindung dargestellt. Zu beachten ist die Tatsache, daß zwischen dem Web-Server und dem Streaming-Server keine Kommunikation stattfindet. Um einen beim Streaming-Server abgelegten Clip anzusehen oder ein Tondokument anzuhören, kann der Benutzer auch die URL der Datei direkt in den Player eingeben, es ist kein Web-Browser notwendig.

Schritte beim Aufbau einer Streaming Video Verbindung:

- 1 Der Web-Browser zeigt eine HTML-Seite an, welche einen Verweis auf eine Metadatei enthält. Die Metadatei enthält die URL des Video-Servers und der Videodatei.
- 2 Der Benutzer aktiviert den Verweis und der Web-Browser verlangt die Metadatei vom Web-Server.
- 3 Der Web-Server setzt den MIME-Typ der Metadatei abhängig von ihrer Endung und liefert sie dem Browser.
- 4 Abhängig vom MIME-Typ startet der Browser den Videoplayer als Applikation oder als Plug-In und übergibt ihm die Metadatei.
- 5 Der Player liest die erste URL aus der Metadatei und verlangt sie vom Streaming-Server.
- 6 Der Streaming-Server beginnt mit der Übertragung der Audio- bzw. Videodaten zum Player.



Einige Server können so konfiguriert werden, daß die vorhandene Übertragungsbandbreite zum Client erkannt wird und die Videodaten automatisch mit der passenden Bandbreite geliefert werden.

5.6.2 Anforderungen an ein Streaming Video Verfahren im LeMO-Projekt

Im LeMO-Projekt werden historische Videos on-demand im Internet zur Verfügung gestellt, um die virtuelle Ausstellung multimedial zu erweitern. Die Videos sind weltweit abrufbar und müssen bei der Übertragung mit einer durchschnittlichen Bandbreite auskommen, damit auch Benutzer mit ISDN-Anschluß von zuhause aus darauf zugreifen können. Solche digitalisierten Videos sind im Haus der Geschichte schon in großer Anzahl vorhanden. Sie sind dort im MPEG1 Format abgelegt. Zusätzlich steht auch noch eine beachtliche Anzahl von

Quicktime-Videos zur Verfügung, die auf der CD-ROM des HdG mit dem Titel „Geschichte der Bundesrepublik Deutschland“ veröffentlicht werden.

Video-on-demand wird mit Hilfe eines Streaming Video Verfahrens übertragen, welches folgende Anforderungen erfüllen soll:

- Skalierbarkeit der Qualität: Die übertragene Datenrate paßt sich dynamisch während des Abspielens der gerade im Netz zur Verfügung stehenden Bandbreite an.
- Skalierbarkeit der Quantität: Die Anzahl der Clients, die gleichzeitig Videos abrufen können, soll nach oben hin flexibel sein.
- Gängige Formate: Es soll darauf geachtet werden, daß bereits vorliegende digitale Videos im MPEG-1 und Quicktime Format wiederverwendet werden können.

Das Streaming Verfahren sollte

- unempfindlich gegenüber Firewalls sein,
- gute Qualität bei hoher Kompressionsrate liefern,
- für Streaming Audio verwendbar und,
- allgemein verbreitet sein, denn damit steigt die Wahrscheinlichkeit, daß das notwendige Plug-in zum Abspielen beim Benutzer schon installiert ist.
- Die notwendige Software für das Verfahren sollte kostengünstig sein.

5.6.3 Evaluation und Einsatz von Streaming Audio/Video Verfahren im LeMO-Projekt

Folgende Streaming Verfahren wurden im ersten Projekthalbjahr getestet:

- Netshow von Microsoft
- RealVideo von Progressive Networks
- VDOLive von VDOnet
- Vosaic

Die ausführliche Evaluation kann im 1. Zwischenbericht und im Bericht zum 1. Meilenstein nachgelesen werden. Als Ergebnis der Evaluation zeigte sich, daß im Sommer 1997 Vosaic als Streaming Verfahren am besten geeignet war. Dies hatte folgende Gründe:

- Vosaic war das einzige Verfahren, welches in der Lage war, digitalisierte Videos im MPEG-1 Ausgangsformat weiterzubearbeiten.
- Die Performance bei Vosaic übertraf die der anderen Streaming Verfahren.

Im weiteren Projektverlauf stellte sich heraus, daß das Vosaic Streaming Verfahren Probleme hatte, wenn beim Provider oder beim Empfänger eine Firewall

installiert war. Im Sommer 1998 brachte Progressive Networks eine neue Version von RealVideo auf den Markt - RealVideo G2 - welche sowohl in der Lage ist MPEG-1 Videos zu kodieren, als auch eine verbesserte Skalierbarkeit der Datenübertragungsrate und Qualität mit sich bringt. Damit ist es möglich, mit nur noch einer Ausgangsdatei verschiedene Qualitätsstufen zu liefern. Weitere Argumente für den Einsatz von RealVideo G2 sind:

- Weite Verbreitung des Plug-in
- Verwendung desselben Servers für die Übertragung von Audio- und Videodaten
- Unempfindlichkeit gegenüber Firewalls
- Der Player bietet die Möglichkeit, während des Abspielens beliebig und ohne Zeitverzögerung im Audio-/Videodokument hin- und herzuspringen.
- Der Autor hat die Möglichkeit, innerhalb des Dokuments beliebige Einsetzpunkte als Verweise zu definieren.

Im 4. Projekthalbjahr wurde aus diesen Gründen begonnen, alle Videos mit RealVideo G2 zu kodieren. Die vorher für das Vosaic Verfahren bearbeiteten Videos mußten dazu erneut kodiert werden. Der Real Server G2 wird auch für Streaming Audio im Lemo-Projekt verwendet.

5.6.4 Aufbereiten der Videos für das Streaming-Verfahren

Das Aufbereiten der Videos für das Streaming-Video-Verfahren geschieht in mehreren Arbeitsschritten und fand sowohl im DHM als auch im HdG statt, wobei jeweils unterschiedliche Ausgangsformate vorlagen. Die Videos werden im DHM abgelegt, wo auch der Real Server auf Solaris installiert ist. Im HdG wird ebenfalls ein Real Server aufgesetzt und alle Videodaten (wie auch alle anderen Daten) werden vom DHM ans HdG gespiegelt. Der Bearbeitungsvorgang für die Videodaten wird in Bild 11 dargestellt.

Digitalisieren und Schneiden im DHM

Die Originale der Videos liegen im DHM auf VHS-Kassetten vor. Diese werden auf einem herkömmlichen S-VHS-Recorder abgespielt, welcher mit dem Videoeingang einer Miro DC30 MJPEG Videokarte verbunden ist. Zunächst wird damit der zu digitalisierende Clip im PAL-Vollformat digitalisiert. Danach wird mit dem Premiere Video-Editor von Adobe der gewünschte Ausschnitt bestimmt, an den entsprechenden Stellen geschnitten und Schwarzblenden eingefügt. Zusätzlich wird der Anfang des Clips mit einem Titeltext versehen.

Das Ergebnis dieses Bearbeitungsschrittes wird in zwei Versionen zurückgespeichert: Zunächst als Vollformat (Motion-JPEG), zusätzlich auf 320x240 Pixel bei 15 Bildern pro Sekunde mit AVI Microsoft Video1 skaliert. Das Vollformat-Video wird mit der Miro DC 30 auf eine zweite S-VHS Videokassette analog überspielt,

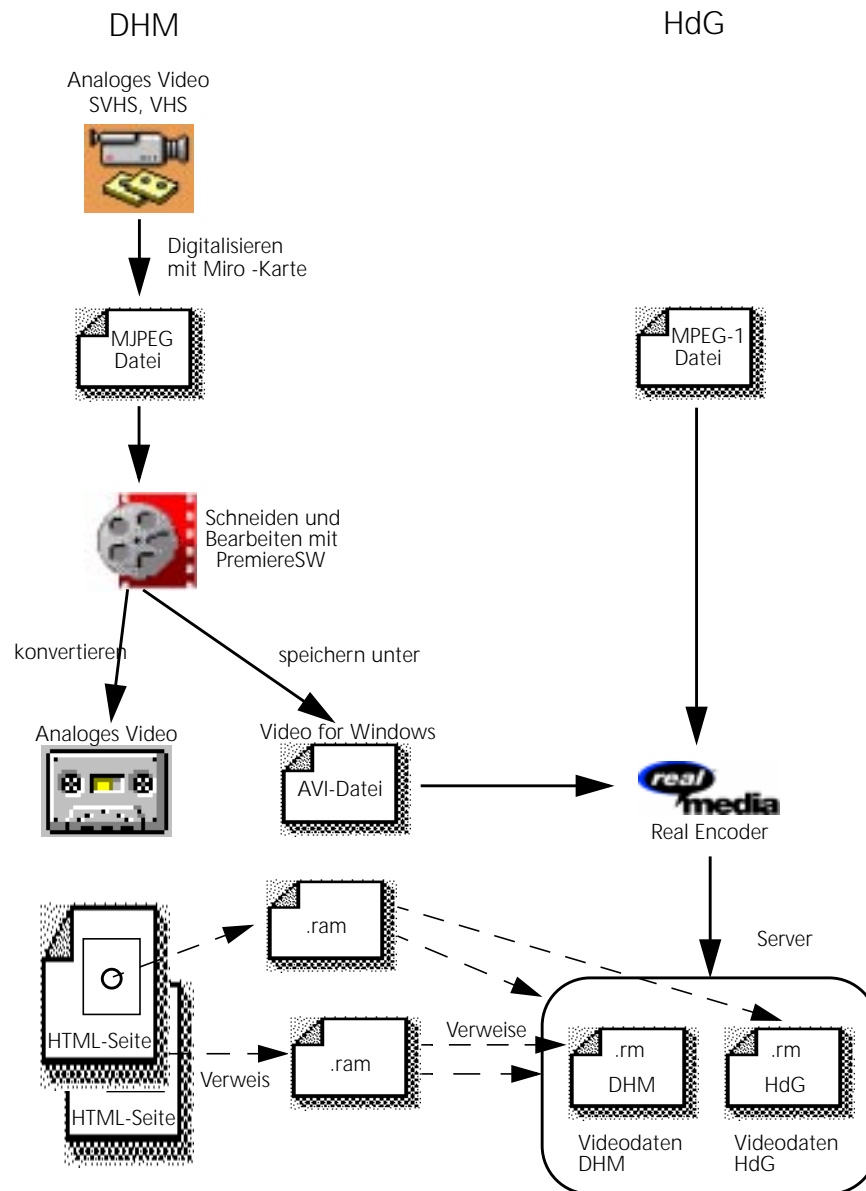
die digitale Version wird dann gelöscht, da ihr Datenumfang zu hoch ist. Diese Kassette dient als Sicherungskopie und Referenz, von der bei Datenverlust der Clip ohne erneutes Editieren digitalisiert werden kann.

Aufbereitung der Videos für den Real Server G2

Das Bearbeiten der Videos für die Ablage auf dem Real Server findet sowohl im DHM als auch im HdG statt. Im DHM werden die Videos wie oben beschrieben digitalisiert und liegen dann als AVI-Dateien für die Bearbeitung mit dem RealVideo Encoder vor. Im HdG entfällt das Digitalisieren und Schneiden der Videos, denn hier kann auf ein umfangreiches Archiv von digitalen Videos im MPEG-1 Format zugegriffen werden. Das MPEG-1 Format bildet im HdG das Ausgangsformat für die Bearbeitung durch den RealVideo Encoder.

Beim Kodieren der Videos für das Streaming Verfahren entsteht nur eine einzige Datei, welche auf dem Real Server abgelegt wird. Diese Datei enthält das Video inklusive Ton und kann mit verschiedenen Bandbreiten vom Client abgerufen werden. Der Benutzer startet dabei nur das Video und die aktuell zur Verfügung stehende Bandbreite wird von Client und Server automatisch ermittelt und vom Server dann gesendet. Die Bildgröße beträgt dabei statisch für alle Bandbreiten 384 x 288 Bildpunkte, die Ausgangsrate für die Bildfrequenz, mit welcher das Video kodiert wird, beträgt 15 fps. Vor dem Kodieren muß beim Real Encoder eingestellt werden, auf welchen Bandbreiten das Video angepaßt werden soll. In LeMO wurde als mögliche Bandbreiten 28, 56, 64, 128 und 150 kbps gewählt, so daß hier eine große Variabilität möglich ist.

Auf die so entstandene Videodatei wird von den HTML-Seiten aus über eine zweite Datei, welche die Adresse des Servers und die URL der Videodatei enthält, zugegriffen.



5.6.5 Aufbereiten der Tondokumente für das Streaming Verfahren

Audio-Dokumente werden im LeMO-Projekt im RealAudio-Format abgelegt. Mit Hilfe desselben Real Servers, der für das Verbreiten der Videos zuständig ist, werden auch die Audio-Dateien im Streaming-Verfahren angeboten. Der Server

bietet, wie bei den Videos, die Möglichkeit, während des Hörens beliebig und fast ohne Zeitverzögerung im Dokument hin- und herzuspringen.

Digitalisierungsprozeß

Die Audio-Dokumente lagen im DHM und im Haus der Geschichte ursprünglich auf verschiedenen Tonträgern vor, u.a. Schallplatten, CDs und DAT-Bänder. Sie wurden über eine herkömmliche Soundkarte am PC ins WAV-Format digitalisiert, danach mit Hilfe eines Shareware-Editors zeitgenau geschnitten, ggf. wurden Nebengeräusche entfernt. Die WAV-Dateien selber wurden aus Speicherplatzersparungen nicht archiviert, da sie etliche MB groß sind. Jedes anzubietende Dokument wurde zur Sicherung deshalb auf einem DAT-Band archiviert, um bei Datenverlust dasselbe Dokument leicht neu digitalisieren zu können, ohne alle verwendeten Tonträger einzeln im Hause aufbewahren zu müssen.

Die so erzeugten WAV-Dateien sind das Ausgangsmaterial für den RealAudio-Encoder. Dieser erzeugt daraus eine komprimierte Version im RealAudio-proprietären Format, welche später auf dem Real Server abgelegt wird. Bei der Erzeugung kann unabhängig vom Format der WAV-Datei die gewünschte Bandbreite definiert werden. Außerdem kann in der Datei eine textuelle Beschreibung des Inhalts mit angegeben werden, welche dem Benutzer im Fenster des Real Players beim Abspielen angezeigt wird.

Ablegen und Verlinken

Nach der Codierung wird die Audio-Datei im Dokument-Verzeichnisbaum des Real Servers abgelegt. Die Verlinkung geschieht mit dem Umweg über eine Textdatei mit der Dateiendung .ram, in der die URL des RealAudio-Dokuments steht. Auf die .ram Datei wird aus der HTML-Seite verwiesen.

Beim Klick auf den Link startet der WWW-Browser den Real Player als Helper-Application und übergibt ihm den Inhalt der .ram-Datei, welcher die RealAudio-URL als Text enthält. Der Real Player interpretiert diese URL, kontaktiert damit seinerseits den angegebenen Real Server und fordert das angegebene Audio-Dokument an. Dieses wird darauf vom Server im proprietären Protokoll geliefert. Die URLs haben dabei das Format `pnm://serveradresse/verzeichnis/name.ra`; eine typische URL lautet z. Bsp. `pnm://www.dhm.de/lemo/kaiserreich/schoen1.ra`.

Versionen und Bandbreiten

RealAudio-Dateien können in verschiedenen Bandbreiten und Coder-Versionen erzeugt werden. Bandbreite und Tonqualität stehen in umgekehrtem Verhältnis zueinander. Andererseits ist eine mit einer bestimmten Bandbreite erzeugte Datei nicht über Verbindungen anhörbar, deren Bandbreite geringer ist. Z. Bsp. ist es nicht möglich, mit einem 14.4 KBit Modem eine für 28.8 KBit erzeugte

Datei anzuhören. Deshalb ist bei der Erzeugung je nach Inhalt des Dokuments zwischen Bandbreite und gewünschter Qualität abzuwägen.

Da Sprachverständlichkeit qualitätsunkritisch ist, werden in LeMO Worddokumente (Reden, Lesungen u.ä.) zum größten Teil in der geringstmöglichen Bandbreite von 14.4 KBit codiert. Musikbeispiele wurde bisher nur von ohnehin in schlechter Qualität vorliegenden Schellackaufnahmen codiert, weshalb hierfür die zweitgeringste Bandbreite von 28.8 KBit gewählt wurde. Es ist ggf. möglich, dasselbe Dokument in verschiedenen Bandbreiten anzubieten, um sowohl maximale Qualität als auch maximale Zugänglichkeit zu erreichen.

5.7 Live-Video mit Kamerafernsteuerung

Wenn Live-Videosequenzen in WWW-Browser integriert werden sollen, ergeben sich ähnliche Anforderungen wie im Fall von Video-on-demand. Um auch zukünftig die Dienste von ATM für Live-Sources auszunutzen, wurde eine generische Architektur für den WebCam-Server entworfen.

Neben den heterogenen Netzwerktechnologien, der Quality of Service (QoS) Behandlung und den Transportprotokollen spielt die Komprimierung von Videosequenzen bei Live-Übertragungen eine wichtige Rolle.

Im Folgenden werden die verschiedenen Anforderungen an den Live-Video-server und seine Client/Server-Architektur spezifiziert. Anschließend wird die generische Basisarchitektur für einen flexiblen, für verschiedene Technologien offenen Server, vorgestellt.

5.7.1 WWW-Browser-Integration

Als einheitliche Benutzungsoberfläche für LeMO dient ein WWW-Browser aufgrund seiner breiten Verfügbarkeit. Die verbreitetsten WWW-Browser sind Netscape und der Microsoft Internet Explorer. Um diese Browser für neue Medienformate (VRML, Streaming Video) zu erweitern, gibt es die Möglichkeit, Plug-Ins zu installieren, mit deren Hilfe der Browser neue Formate darstellen und über proprietäre Protokolle mit weiteren Servern kommunizieren kann. Ein Beispiel sind die im vorherigen Kapitel besprochenen Streaming Video Verfahren. Der Nachteil von Plug-Ins sind jedoch die Plattform- und Browserabhängigkeit solcher Verfahren. Anbieter von Plug-Ins müssen diese also für verschiedene Betriebssysteme und Browser bereitstellen. Außerdem muß der Nutzer ein Plug-In erst laden, installieren und unter Umständen den Browser neu starten, wenn er ein Dokument neuen Typs betrachten will.

Eine Alternative zu dieser Vorgehensweise bietet die Programmiersprache Java, welche plattformunabhängig, in den gängigen Browser integriert ist und eine

Technologie bereitstellt, die es ermöglicht, ausführbaren Code vom WWW-Server zu laden, der dann auf Browserseite ausgeführt wird. Somit werden WWW-Browser dynamisch um die Fähigkeit, neuartige Dokumente anzuzeigen, erweitert.

Will man Live-Video in herkömmliche WWW-Browser integrieren, so ergeben sich ähnliche Anforderungen wie im Falle von Video-on-demand. Der Einsatz von Streaming Video Servern mit Live-Übertragungsfähigkeiten ist eine für LeMO interessante Möglichkeit. Ihr Nachteil besteht in der geringen Verbreitung entsprechender Plug-Ins. Eine zweite Möglichkeit ist eine Eigenentwicklung auf Java-Basis, wobei man mit der eingeschränkten Funktionalität der Java-Klassenbibliothek und geringerer Rechengeschwindigkeit des Java-Codes gegenüber Plug-Ins leben muß.

5.7.2 Heterogene Netzqualitäten

Das Umfeld der LeMO-Benutzer ist bezüglich der Netzwerkvoraussetzungen sehr heterogen. Live-Videobilder sollen sowohl zwischen den Museen als auch von den Museen zum Internetnutzer weltweit übertragen werden. Während zwischen den Museen eine breitbandige Verbindung mit ATM-Technologie bereitsteht, stehen dem Internetnutzer sehr unterschiedliche Bandbreiten und Technologien zur Verfügung.

Ein wichtiges Merkmal von Echtzeitdatenübertragungen, wie es Live-Videoübertragungen sind, sind die speziellen QoS-Anforderungen. Ein Empfänger von Videodaten erwartet vom Netz die rechtzeitige, gleichmäßige Ankunft von Videobildern mit kleiner und möglichst konstanter Verzögerung über eine längere Zeitspanne. Bisher stellte das Internet jedoch nur einen schnellstmöglichen zuverlässigen (TCP/IP) oder unsicheren (UDP/IP) Datentransfer zur Verfügung. Mit RSVP oder anderen Reservierungsprotokollen kann das Internet um einen Übertragungsdienst mit garantierten Bandbreiten erweitert werden. Das erfordert allerdings Erweiterungen der Router im Internet. Die Verfügbarkeit solcher Router zwischen Sender und Empfänger ist daher sehr unterschiedlich, wird aber in Zukunft zunehmen.

Während QoS-Anforderungen für Videoverbindungen allgemein interessant sind, so ergeben sich für Live-Übertragungen weitere Anforderungen an die Datenübertragung. Im Falle eines Live-Videoservers werden an mehrere Empfänger gleichzeitig die gleichen Videodaten gesendet. Somit können netzentlastende Multicast-Verfahren eingesetzt werden. Eine Entlastung des Netzes wird dadurch erreicht, daß Pakete an geeigneten Übertragungsknoten (Router) kopiert werden und nicht in mehrfacher Kopie über dieselbe Teilstrecke zur selben Zeit geschickt werden und damit unnötig Bandbreite belegen. Solche Verfahren existieren bereits im Internet (Mbone), sind aber noch in einem experimentellen Stadium und nicht sehr stark verbreitet.

Eine Alternative zum Datentransfer über das Internet stellen ATM-Netzwerke dar. ATM ist eine moderne Netzwerktechnologie für unterschiedliche Übertragungsdienste auf der Basis breitbandiger Netzwerke. Bei der Entwicklung von ATM wurde insbesondere auf die Übertragung multimedialer Daten wie Video und Audio geachtet. Für ATM sind verschiedene Dienstklassen definiert, so daß auch QoS-Garantien möglich sind. Da die Museen am B-WIN angeschlossen sind, könnten die Echtzeitübertragungsqualitäten von ATM für B-WIN-Teilnehmer ausgenutzt werden.

Durch eine generische Architektur ist der im Projekt implementierte Live-Video-server in der Lage auf die heterogenen Netzwerkvoraussetzungen (QoS-Garantien, multicast-Fähigkeit, ATM) einzugehen, indem seine Dienste auf verschiedene Übertragungsprotokollen implementiert werden können.

5.7.3 Komprimierung

Videoübertragungen erzeugen durch ihre großen Datenmengen eine hohe Netzlast. Sind die Datenmengen zu groß für die aktuell verfügbare Bandbreite des Netzes, kommt es zu Verzögerungen, die einen Echtzeitdatentransfer unmöglich machen können. Um die Datenmenge zu reduzieren, spielen Kompressionsverfahren eine wichtige Rolle.

Kompressionsverfahren können mit Informationsverlust behaftet sein, der für das menschliche Auge mehr oder weniger wahrnehmbar ist. Im Falle von MPEG oder JPEG ist der Informationsverlust als Qualitätsparameter einstellbar, wobei eine höhere Qualität ein geringeres Kompressionsverhältnis zur Folge hat. Außerdem kann beobachtet werden, je stärker ein Verfahren komprimiert, desto größer wird der Rechenaufwand für die Komprimierung. So ist die MPEG-Kompression so komplex, daß der Rechenaufwand für eine Echtzeitkomprimierung spezielle Hardware erforderlich macht. Die Dekodierung ist jedoch mit Softwaredekodern auf herkömmlichen PC möglich.

Für einen Live-Video-server in einem heterogenen Umfeld ist es nun erforderlich, eine Vielzahl von komprimierten Videostreamen für die verschiedenen Bandbreiten in Echtzeit zu erzeugen. Aufgrund der angesprochenen Kompressionskomplexität von MPEG ist eine mehrfache Kompression einer Videoquelle nicht möglich. Günstig wäre es, wenn aus einem einmal komprimierten Videostream verschiedene komprimierte Videostreamen mit geringeren Bandbreitenanforderungen in Echtzeit gewonnen werden könnten. Die Entwicklung auf dem Gebiet skalierbarer Video-Codecs ist jedoch bei weitem noch nicht abgeschlossen. Bei der Beurteilung solcher Codecs spielt nicht nur das Kompressionsverhältnis und der Kodieraufwand eine Rolle, sondern auch die Einstellbarkeit bestimmter Parameter wie Bildgröße, Farbtiefe, Bildqualität und Bildrate.

Für das Projekt LeMO schränkt die Verfügbarkeit und das Echtzeitverhalten entsprechender Codecs, sowohl für Hardwarekompressoren als auch für Software-dekoder, die Suche nach einem geeigneten Kompressionsverfahren erheblich ein. Aus diesem Grund kommt Motion-JPEG mit angepaßter Bildrate zur Anwendung.

5.7.4 Quality of Service-Behandlung

Über Datennetze können verschiedene Arten von Daten übertragen werden, die sehr unterschiedliche Ansprüche an den Datentransfer stellen. Während es beim Filetransfer wichtig ist, daß die Daten korrekt und so schnell wie möglich übertragen werden, haben Echtzeitanwendungen wie Audio- oder Videoserver zeitbezogene Forderungen an die Übertragung. Zum Beispiel sollen einzelne Bilder eines Videostromes mit einer möglichst gleichmäßigen Verzögerung beim Empfänger ankommen. Gegenüber geringen Datenverlusten oder fehlerhaften Daten sind solche Anwendungen jedoch tolerant. Daher ist es wichtig, daß das Netzwerk bestimmte Übertragungsparameter für Daten mit Echtzeitcharakter garantiert. Welche Parameter dabei vereinbart werden können, hängt vom Netzwerk ab. Bei der Beschreibung von Echtzeitdatenströmen spielen Verzögerungszeiten von Dateneinheiten, maximale und durchschnittliche Bandbreite, Verzögerungsvarianz und Datenverlust eine Rolle.

5.7.5 Transportprotokolle

Bei Videoübertragungen kann, wie schon erwähnt, auf eine zuverlässige Verbindung verzichtet werden. Das Neuversenden fehlerhafter Pakete ist nicht sinnvoll, wenn diese nicht rechtzeitig beim Empfänger ankommen können. Da einzelne Bilder auch nur kurze Zeit sichtbar sind, können in gewissem Maße Bildfehler toleriert werden. Spezielle Korrekturalgorithmen können aus vorhergehenden Bildern unvollständige oder fehlerhafte Bilder wieder zusammensetzen mit geringen Qualitätseinbußen. Dies bedeutet, daß für Videoübertragungen spezielle Transportprotokolle sinnvoll sind.

Im Internet sind vor allem zwei Protokolle für den Datentransfer verbreitet. TCP/IP liefert einen zuverlässigen, verbindungsorientierten und strombasierten Transport, während UDP/IP verbindungslos und paketorientiert arbeitet, Doppelzustellungen und Paketverlust aber zuläßt. Auf einige Merkmale von TCP können Videoanwendungen verzichten, da sie zu Zeitverzögerungen führen. Deshalb greifen Streamingverfahren eher auf UDP/IP zurück. So kann es bei MPEG sinnvoll sein, einzelne Pakete neu zu versenden, auch wenn sie nicht mehr rechtzeitig ankommen können. Das liegt daran, daß sich bei MPEG einzelne Bilder auf vorhergehende Bilder beziehen, wodurch sich ein Fehler eines Bilder auf nachfolgende Bilder auswirken kann. Prinzipiell gilt das für alle Kompressionsverfahren mit Interframe-Codierung. Es hängt also stark von dem Verfahren ab, wel-

che Neuversendungsstrategie beim Datentransport eingesetzt werden sollte. Außerdem muß nicht jedes empfangene Paket beim Sender bestätigt werden. Statistische Rückmeldungen über die rechtzeitige Ankunft von Paketen reichen aus, damit der Sender ggf. seinen Sendestrom an die aktuell verfügbare Bandbreite anpassen kann. Transportprotokolle für Videoübertragungen sollten auch für Multicast-Verbindungen geeignet sein.

Ein Beispiel für ein solches Protokoll ist das Real-Time Transport Protocol RTP. RTP benutzt üblicherweise UDP als Ende-zu-Ende Transportprotokoll, kann aber auch direkt auf IP aufsetzen. Es ist paketorientiert und speziell für Multicast-Szenarien konzipiert, ist aber auch für Unicast-Verbindungen einsetzbar. Das typische RTP-Szenario geht davon aus, daß mehrere Sender an eine Gruppe von Empfängern Echtzeitströme übertragen. Jeder Sender unterteilt dabei seine Daten in Pakete, denen er im RTP-Header einen Zeitstempel, eine Sequenznummer, eine Quellenidentifikation und das Datenformat hinzufügt. So kann die Empfängeranwendung Pakete wieder richtig zusammenfügen und die einzelnen Bilder mit korrekten Zeitintervallen wiedergeben. Zur Rückmeldung an den Sender gibt es ein zweites Protokoll RTCP (RTP Control Protocol), das auf einer zweiten sicheren Verbindung von den Empfängern an die Multicast-Gruppe statistische Rückmeldungen über den Empfang liefert. Sender können diese Informationen nutzen, um den Sendestrom an die Bandbreiten der einzelnen Empfänger anzupassen.

Ein zweites Protokoll zur Kontrolle einer RTP-Session ist das Real Time Streaming Protocol RTSP. Es unterscheidet Nachrichten zur globalen Session Kontrolle und strombezogene Nachrichten. Wie auch bei RTCP kann der Empfänger statistische Kontrollnachrichten an den Sender verschicken, außerdem kann er den Sender anweisen, einzelne Pakete neu zu versenden. RTSP ist noch stärker anwendungsorientiert und erhält mehrere Möglichkeiten zur Flußkontrolle.

5.7.6 Client/Server-Architektur der steuerbaren WebCam

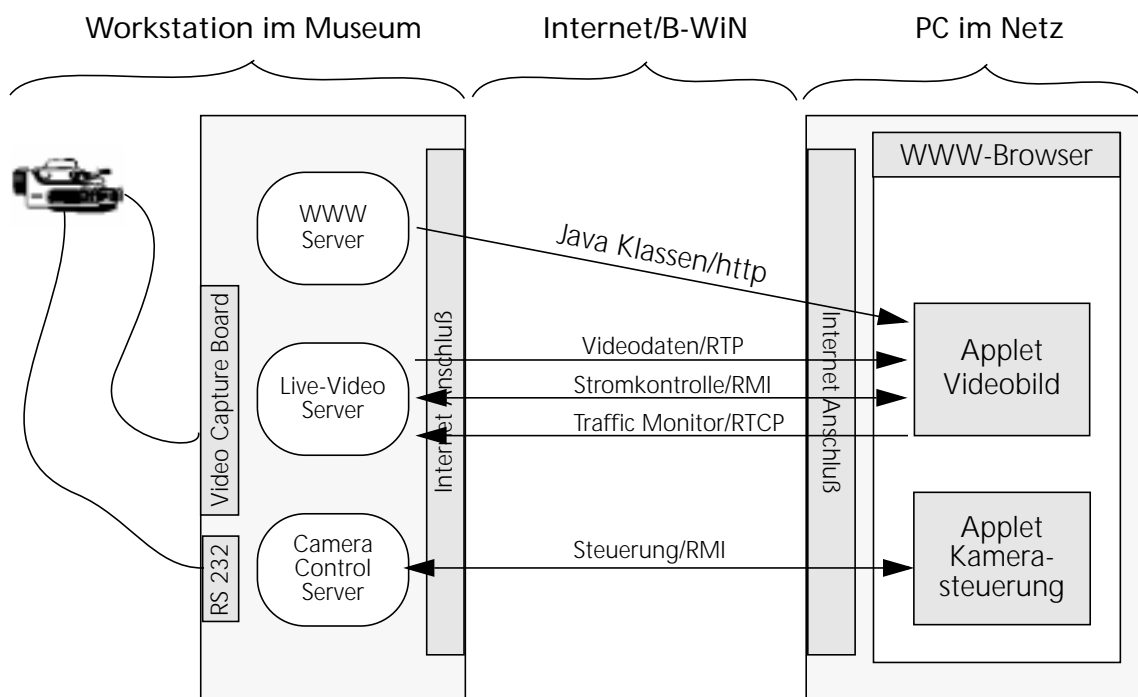
Zur Realisierung der Übertragung von Live-Videobildern aus den Museen wurde Java (genauer: Java Development Kit 1.1) als Plattform und Programmiersprache verwendet. Dadurch ist es möglich, daß der Betrachter Videosequenzen aus den Museen mit seinem WWW-Browser empfangen kann, ohne vorher spezielle Plug-Ins zu installieren. Aus dem gleichen Grund wird Java auch für die Kamerasteuerung verwendet.

Das Zusammenspiel der verschiedenen Komponenten und die dabei verwendeten Transportprotokolle werden in Bild 12 dargestellt. Die Übertragung der verschiedenen Daten zwischen der Sun-Workstation im Museum und dem PC des Nutzers erfolgt über das Internet. An die Workstation ist eine Kamera angeschlossen. Diese liefert über das Video-Capture-Interface (SunVideo Card) Videobilder an den Rechner. Gleichzeitig kann die Kamera über die serielle Schnitt-

stelle (RS 232) von der Workstation gesteuert werden (links, rechts, hoch, runter, zoom etc.). Der PC des Nutzers ist über das Internet mit der Workstation verbunden, die als Server die Videobilder und die Funktionen zur Kamerasteuerung bereitstellt. Der Nutzer benötigt neben dem Internetzugang auch einen herkömmlichen WWW-Browser mit Java-Unterstützung.

Bild 12

Internetverbindungen zwischen Server-Rechner und Nutzer-PC



Zur Kommunikation zwischen Server-Rechner und PC laufen 3 verschiedene Server auf der Workstation im Museum. Über das http-Protokoll lädt der WWW-Browser des Nutzers die Klassen des Java Applets vom WWW-Server und führt das Applet aus. Dabei werden zwei Applets, eines für das Videobild und eines für die Kamerasteuerung, in einer HTML-Seite angezeigt. Das Videobild-Applet baut nun zum Empfang der Videobilder 3 verschiedene Internet-Verbindungen zu dem Live-Video-Server auf. Eine Verbindung sendet über das Protokoll RTP/UDP Videodaten vom Server zum Video-Applet. Diese werden dort angezeigt, sofern die zur Verfügung stehende Netzbandbreite dies zuläßt.

Bevor Videodaten übertragen werden, wird zwischen Video-Applet und Live-Video-Server eine Stream-Control-Verbindung aufgebaut. Diese wird über einen Mechanismus der Programmiersprache Java, die Remote Method Invocation (RMI) realisiert. Über diese Verbindung vereinbaren Client und Server, welches

Videoformat (Bildgröße, Bildfrequenz etc.) und über welches Protokoll (RTP/UDP oder anderes) Videodaten übertragen werden. Diese Parameter können sich während einer Liveübertragung verändern, daher bleibt die Stream-Control-Verbindung auch nach dem erfolgreichen Aufbau der Videodatenverbindung erhalten.

Die dritte Verbindung, Traffic Monitor, dient der Anpassung des Sendestroms an die tatsächliche Bandbreite. Das Videobild-Applet mißt, mit welcher Verzögerung die Videodaten empfangen werden und berechnet daraus die aktuell zur Verfügung stehende Bandbreite. Diese Informationen werden zu statistischen Meldungen an den Server zusammengefaßt und periodisch übermittelt.

Das Applet zur Kamerasteuerung kommuniziert über ein eigens entwickeltes Steuerungsprotokoll mit dem Camera-Control-Server, der die Steuerungsfunktionen der Kamera für einen ausgewählten Nutzer bereitstellt. Die Auswahl des Nutzers übernimmt ebenfalls der Camera-Control-Server.

5.7.7 Eine generische Architektur für die Live-Video-Übertragung

Die Video-Liveübertragung soll in der Lage sein, viele Nutzer im Internet mit verschiedenen Videoqualitäten zu bedienen. Dabei sollen möglichst verschiedene Technologien, je nach Verfügbarkeit, eingesetzt werden können. Ein generischer Ansatz soll dabei folgendes leisten:

- Austauschbarkeit und Skalierbarkeit der verwendeten Kompressionsverfahren,
- Austauschbarkeit und Skalierbarkeit des darunterliegenden Netzwerkprotokolls,
- Erweiterbarkeit der Steuerungs- und Managementfunktionalität bezüglich der Bandbreitenanpassung und des Quality of Service Verhaltens,
- Plattformunabhängigkeit.

5.7.8 Komponenten der generischen Architektur

Die generische Architektur legt verschiedene Klassenschnittstellen fest, deren Bedeutung und Beziehungen zueinander im folgenden kurz dargestellt werden.

Echtzeitströme

Echtzeitströme sind zeitabhängige Daten, die fortlaufend an einem Punkt, der Datenquelle, entstehen, weiterverarbeitet werden und nach kurzer Verarbeitungszeit am Endpunkt dargestellt werden. Alle Daten werden durch einen Zeitstempel mit ihrer Entstehungszeit versehen. Daten mit gleichem Zeitstempel werden zusammengefasst und in der Regel zusammen verarbeitet. Anwen-

dungen fordern von Echtzeitströmen, daß sie am Endpunkt möglichst sofort nach Entstehung zur Verfügung stehen. Ein wichtiges Merkmal des Echtzeitstromes ist daher die mit Verarbeitung und Transfer verbundene Verzögerungszeit der Daten. Anwendungen geben bestimmte Zeitschranken für die Verzögerungszeit vor. Diese ist abhängig vom Datenaufkommen eines Stromes pro Zeit (Bandbreite). Die Beschreibung dieses Datenaufkommens ist ein wichtiges Charakteristikum eines Echtzeitstromes unabhängig von Inhalt und Typ der Daten.

Verarbeitungsstufen

Verarbeitungsstufen verarbeiten einen Strom entsprechend ihrer Funktion. Mit dem Strom ist eine gewisse Eingangscharakteristik und eine Ausgangscharakteristik verbunden. Der Verarbeitungsprozess bringt eine Verzögerung mit sich und kann mit Fehlern und Datenverlust verbunden sein. Das Verhalten einer Verarbeitungsstufe wird mit entsprechenden QoS-Parametern spezifiziert. Diese Parameter können von Stromkontrollobjekten gesetzt bzw. verändert werden. Jede Verarbeitungsstufe kann als Diensterbringer angesehen werden, der durch seine Funktion einerseits und die QoS-Parameter andererseits bestimmt ist. Die Dienstqualität kann garantiert sein, mit Wahrscheinlichkeitsvorhersagen versehen und überwacht sein, oder bestmöglich ohne quantitative Aussagen sein. Beispiele für Verarbeitungsstufen sind Bilderzeugung, Kompression, Netzübertragung, Dekompression, Anzeige.

Kontrolle/Überwachung

Das zeitliche Verhalten des gesamten Verarbeitungsprozesses soll überwacht und gesteuert werden. Die Steuerung übernehmen Stromkontrollobjekte, die die QoS-Parameter der Verarbeitungsstufen setzen und verändern. Die QoS-Parameter verfügen über ein einheitliches Interface, wodurch das Verhalten der Stromkontrolle verallgemeinert werden kann, Verarbeitungsstufen ausgetauscht werden können ohne Reimplementation der Stromkontrolle und Adaptionstrategien vereinfacht werden. Adaption bedeutet, daß der Verarbeitungsprozeß auf systembedingte Veränderungen (d.h. wenn einzelne Verarbeitungsstufen keine Garantien abgeben oder diese verletzen) reagieren kann. Monitorobjekte überwachen ständig den Datenfluß und die Verarbeitungszeit und geben periodisch statistische Meldungen über den Datenverkehr an die Stromkontrollobjekte. Diese verändert QoS-Parameter entsprechend ihrer Adaptionstrategie.

Ein Beispiel für das Zusammenwirken der verschiedenen Komponenten zeigt Bild 13.

Die unterlegte Fläche stellt eine Verarbeitungsstufe in Beziehung zu ihrer vorausgehenden und der nachfolgenden Stufe dar. Der Real Time Stream Processor verarbeitet den Datenstrom entsprechend seiner Funktion (z. Bsp. Kompression). Der Traffic Monitor mißt Verarbeitungszeit und Strombandbreite und meldet

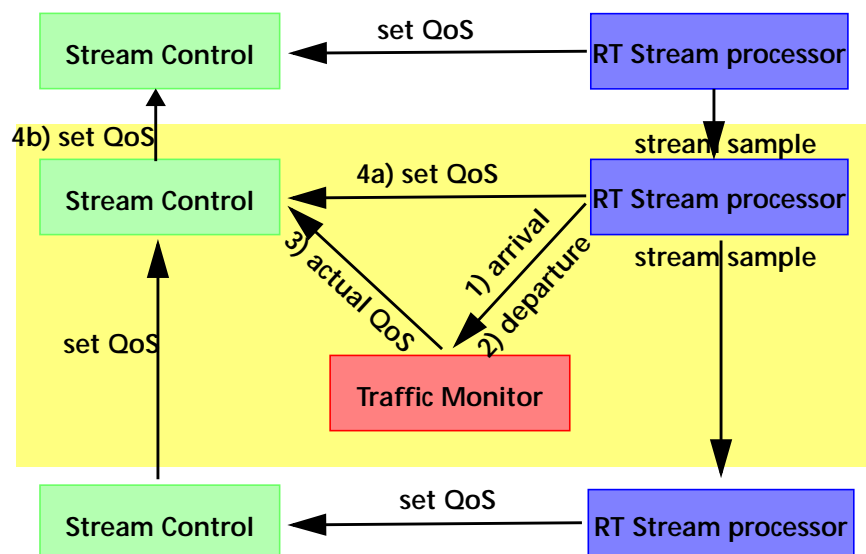
dem zugeordneten Stream Control Object die tatsächlichen QoS-Parameter. Stimmt beispielsweise die tatsächliche Bandbreite nicht mit der angestrebten Bandbreite überein, kann das Stream Control Object entsprechend seiner Adaptionstrategie die QoS-Parameter in dieser Verarbeitungsstufe ändern (in Bild 13: 4a) oder eine Bandbreitenanpassung von der vorhergehende Stufe (in Bild 13: 4b) fordern.

Systemressourcen

Das Einhalten bestimmter QoS-Parameter erfordert die Bereitstellung von Systemressourcen. Dazu zählen u.a. CPU-Zeit und Netzbandbreite. Der Bedarf an Systemressourcen schwankt während der Echtzeitübertragung und läßt sich mit QoS-Parametern beschreiben. Diese Ressourcen müssen sich in der Regel mehrere Prozesse, Anwendungen bzw. Teilnehmer teilen. Das erfordert ein Ressourcenmanagement.

Bild 13

Klassenarchitektur der Bandbreitenadaption



Die angegebene Architektur abstrahiert vom Echtzeitcharakter der einzelnen Komponenten und ermöglicht somit eine Trennung von Kontrollmechanismen und funktionalen Einheiten. Durch generische Klassenschnittstellen ist die einfache Austauschbarkeit und Erweiterbarkeit funktionaler Komponenten (Verarbeitungsstufen) gewährleistet. Ebenso können Kontrolleinheiten unabhängig von den Verarbeitungsstufen verändert und erweitert werden. Insbesondere wird durch diese Architektur die Bereitstellung verschiedener Qualitäten in einem heterogenen Umfeld ermöglicht.

Durch Implementierungen des abstrakten Real Time Stream Processors kann die Anwendung um verschiedene Stromverarbeitungsfunktionen wie Kompressionsverfahren und Netzprotokolle erweitert werden.

Die Realisierung in Java soll weitestgehende Plattformunabhängigkeit ermöglichen, zieht aber auch Einschränkungen in der Implementation nach sich. Solche Einschränkungen sind die Sicherheitsbeschränkungen für Java-Applets, außerdem stehen die Java API für RSVP oder ATM nicht zur Verfügung, so daß diese Protokolle innerhalb der Java Applikation nicht verwendet werden können.

5.7.9 Implementation

Kamerasteuerung

Eine Zugriffssteuerung mittels Warteschlange stellt sicher, daß stets nur ein Nutzer die Kamera steuern kann. Nach einer festgelegten Zeit verliert er die Steuerung wieder und der nächste Nutzer erlangt die Kontrolle über die Steuerungselemente. Zur Kommunikation zwischen Steuerungsserver und den verschiedenen Applets wurde das RMI-API von JDK 1.1 verwendet.

Videübertragung

Zur Videoübertragung wurde RTP über UDP implementiert. Die Bildfrequenz wird ständig an die verfügbare Bandbreite und Rechengeschwindigkeit angepaßt, während der Nutzer die Bildgröße variieren kann (was die Bandbreitenanforderungen erhöht). Im Testbetrieb wurde außerdem festgestellt, daß das Darstellen und Dekomprimieren der Bilder auf Appletseite hohen Rechenaufwand erfordert, so daß selbst bei hoher Netzbandbreite große Bilder nur in kleinen Frequenzen darstellbar sind (in Abhängigkeit von der Rechengeschwindigkeit des verwendeten PC).

Plattformen

Obwohl die Verwendung von Java Plattformunabhängigkeit und eine Lauffähigkeit auf verschiedenen Java-fähigen Browsern versprach, konnte dieses Ziel aufgrund von unerwarteten Inkompatibilitäten und Bugs in den einzelnen Implementierungen der virtuellen Maschinen nicht erreicht werden. Zum Beispiel unterstützt der Internet Explorer 4.x von Microsoft zwar JDK 1.1, aber nicht die von uns verwendete RMI Technologie. Erst nach umständlicher Zusatzinstallation von RMI ist das Applet lauffähig. Frühere Versionen des Explorers unterstützen JDK 1.1 gar nicht und können daher nicht verwendet werden. Netscape unterstützt ab Version 4.01 JDK 1.1, nicht aber die dazugehörigen neuen AWT-Klassen. Die Windows-Version hat außerdem einen Bug in der Netzwerk-API. Zusätzliche Arbeit war nötig, um diesen Bug zu umgehen.

Die Applets können also mit folgenden Browsern betrachtet werden:

- Netscape-Versionen ab 4.05 für Windows und SUN-Workstation
- Netscape-Versionen 4.01 bis 4.04 mit zusätzlicher AWT1.1 Installation
- MS Internet Explorer 4.x mit zusätzlicher RMI-Installation
- HOTJAVA und appletviewer für JDK1.1

Der implementierte Videosever läuft auf einer SUN-Workstation mit SUNVideo-Captureboard. Der Steuerungsserver benötigt eine RS232-Schnittstelle zur Kommunikation mit der Kamerasteuerung.

5.7.10 Benutzungsoberfläche der Live-Video-Kamera

Die Benutzungsoberfläche ermöglicht dem Benutzer das Steuern der Kamera, gibt eine Orientierung darüber, welcher Ausschnitt des Ausstellungsraumes oder welches Ausstellungsstück gerade übertragen wird, zeigt ihm an, ob er Zugriff auf die Kamerasteuerung hat und kann die Statistik der Video-Übertragung anzeigen.

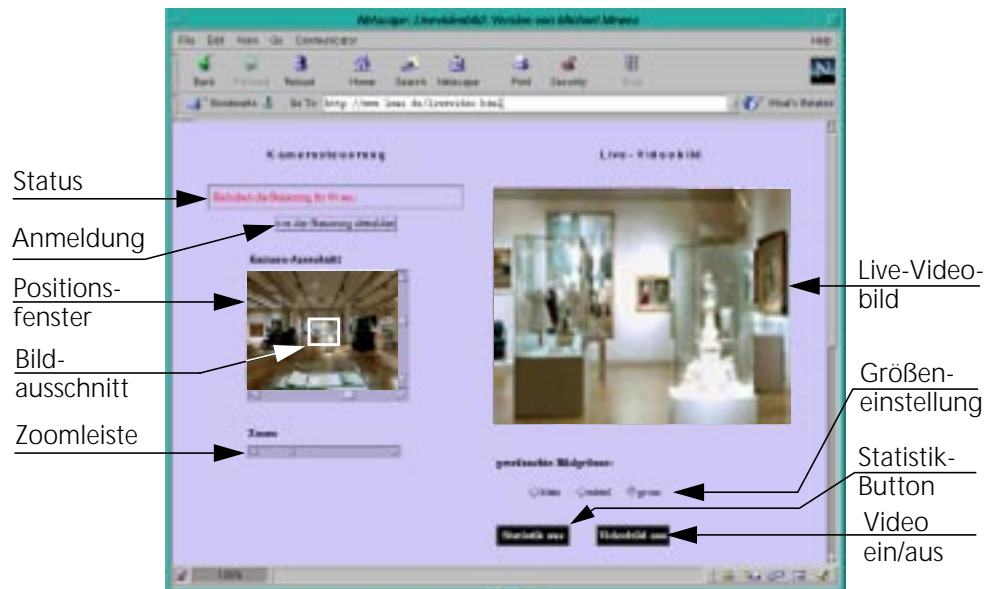
Die Benutzungsoberfläche besteht aus mehreren Bereichen:

Im oberen Teil zeigt ein Textfeld den Status des Benutzers an; ein Button ermöglicht das Anmelden. Es gibt drei Zustände:

- 1 Der Benutzer ist Zuschauer: er empfängt die Bilder der Videokamera, kann sich die Übertragungsstatistik ansehen, die Navigation der Kamera verfolgen und die Größe des angezeigten Kamerabildes verändern. Er kann jedoch nicht selbst die Kamera steuern. Er hat die Möglichkeit, sich für die Kamerasteuerung anzumelden.
- 2 Wenn ein anderer Benutzer gerade die Kamera steuert, wird der Benutzer nach dem Anmelden in eine Warteschlange gehängt. Das Textfeld informiert ihn darüber, wie lange er noch warten muß, bis ihm die Kamerasteuerung zugewiesen wird.
- 3 Wird ihm die Kamerassteuerung zugewiesen, wird er im Textfeld darüber informiert. Die Steuerungselemente zum Zoomen und Bewegen der Kamera werden sichtbar und sensitiv.

Bild 14

Benutzeroberfläche der Live-Video Übertragung und der Kamerasteuerung



Ein wichtiges Element der Benutzeroberfläche ist der zweidimensionale Übersichtsplan, ein Bild oder eine Skizze des von der Kamerabewegung abgedeckten Raumes. Ein Rechteck auf diesem Plan zeigt an, welcher Ausschnitt gerade von der Kamera erfaßt wird und im Videobild sichtbar ist und ermöglicht dem Benutzer die Orientierung. Wenn dem Benutzer die Kamerasteuerung zugewiesen wird, wird der Übersichtsplan aktiv, d. h., wenn er einen Punkt (z. Bsp. ein Exponat) auf dem Plan anklickt, bewegt sich die Kamera zu dieser Position.

Zum vertikalen und horizontalen Steuern und zum Zoomen der Kamera stehen im Steuerungsmodus drei Schieberegler zur Verfügung.

6 Aufbereiten der Museumsinformationen (DHM)

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse der inhaltlichen und fachlichen Arbeiten des DHM während der zwei Projektjahre beschrieben.

Im ersten Projektjahr wurden Vorarbeiten erbracht, die im weiteren Verlauf von allen Projektteilnehmern genutzt wurden.

Die Schwerpunkte:

- 1 Gliederung des Jahrhunderts
- 2 WWW-Seitenentwurf und -produktion (HTML, Scripting, Grafik)
- 3 Aufbau des Web-Servers und der Server-Struktur
- 4 Installation der Streaming-Server
- 5 Automatisierung der HTML-Seiten- und Grafikgenerierung
- 6 Vorüberlegungen zur Gestaltung der dreidimensionalen Welten. (Die Diskussion darüber wird im folgenden kurz zusammengefaßt.)

6.1 Darstellung der historischen Ereignisse

Die Darstellung der Geschichte des 20. Jahrhunderts erfolgt in diesem Projekt über zwei Zugänge. Der Benutzer kann sich auf der Navigationsseite entscheiden, ob er einen eher textuellen oder einen dreidimensionalen Zugang wählen möchte. Auch aus den 3D-Welten sind die HTML-Seiten dank der Verlinkung erreichbar und bieten die Möglichkeit, ergänzende Informationen zu den historischen Zusammenhängen zu erhalten.

Das gesamte Jahrhundert wurde für das Projekt in neun sogenannte Epochen unterteilt, wobei die Jahrhundertwende historisch gesehen natürlich keine Zäsur darstellt.

Epocheneinteilung

- 1 Das Wilhelminische Deutschland (ab 1900 - 1914, mit einem Rückblick bis zur Reichsgründung 1871)

- 2 Erster Weltkrieg (1914 - 1918)
- 3 Weimarer Republik (1918 - 1933)
- 4 Nationalsozialismus (1933 - 1939)
- 5 Zweiter Weltkrieg und Holocaust (1939 - 1945)
- 6 Nachkriegsjahre (1945 - 1949)
- 7 Das geteilte Deutschland (1949 - 1989)
- 8 Die deutsche Einheit (1989/1990)
- 9 Wege in die Gegenwart (ab 1990)

Die einzelnen Epochen wurden in weitere Unterthemen wie Innenpolitik, Außenpolitik, Kunst und Kultur, Alltagsleben etc. gegliedert. Auf einer dritten Ebene werden historische Sachthemen erläutert und entsprechende Objekte aus dem Museumsbestand vorgestellt. Zusätzlich werden dem Benutzer Chroniken, Biographien und Statistiken geboten.

Chroniken

In den Chroniken wird jedes einzelne Jahr des 20. Jahrhunderts separat präsentiert. Der Benutzer erhält so einen schnellen Überblick über die wichtigsten Ereignisse des jeweiligen Jahres. Die Jahresüberblicke sind mit den für das jeweilige Jahr repräsentativsten Objekten illustriert. Mit ihren zahlreichen historischen Schlagworten sowie den wichtigsten Namen von in- und ausländischen Politikern, Künstlern und Wissenschaftlern bieten sich die Chroniken als erster Anlaufpunkt über die Suchmaschinen des WWW an.

Im DHM sind im Verlauf des Projekts folgende HTML-Seiten entstanden:

- 1 530 ausführliche Epochen-, Überblicks- und Thementexte
- 2 1050 Bilder mit Objekttexten
- 3 420 Biographien der wichtigsten Personen
- 4 46 Chroniken (von 1900 bis 1945)

Über 50 Videos und 60 Tonsequenzen wurden digitalisiert und in die HTML-Seiten eingebunden. Außerdem wurden 11 VRML-Welten entworfen in denen rund 470 digitalisierte historische Objekte präsentiert werden.

6.1.1 Materialsuche

Historische Ereignisse werden durch zeitgenössisches Anschauungsmaterial lebendig. Die Verknüpfung von historischen Fakten mit visuellen und akustischen Eindrücken soll eine, wenn auch vage Stimmung für das Vergangene (sense of the past) vermitteln. Zu beachten ist jedoch, daß die jeweilige Gegenwart nicht nur ein Produkt ihrer Vergangenheit ist, sondern diese Vergangenheit ebenso ein Produkt der Interpretation durch die Gegenwart: jede Gegenwart erschafft sich ihre eigene Vergangenheit. Diesem Sachverhalt kann keine Geschichtsdarstellung entkommen.

Das Spektrum historischer Zeugnisse ist im 20. Jahrhundert enorm vielfältig. Zur Verfügung standen:

- Filmmaterial (Filme, Wochenschauen, Dokumentationen etc.)
- Bildmaterial (Gemälde, Fotos, Grafiken, etc.)
- Tonmaterial (Edisonwalzen, Schallplatten etc.)
- Papiermaterial (Bücher, Zeitungen, Plakate, Postkarten, Urkunden, Karten etc.)
- Dreidimensionale Objekte (Fahrzeuge, Geräte, Waffen, Kleidung, Uniformen, Abzeichen etc.)

Zunächst wurden die einzelnen Sammlungen des DHM, insbesondere die Sammlungen Bildarchiv, Plakate, Alltagskultur/Postkarten, Kunst/2, Dokumente I und II, Alltagskultur/Abzeichen sowie Kinemathek und Bibliothek, nach interessanten Zeugnissen durchforstet. Dies geschah zum einen "vor Ort" in einer systematischen Durchsicht der vorhandenen Objekte des jeweiligen Sammlungsbereichs und zum anderen (und vor allem) über die museumseigene Datenbank GOS, in der mittlerweile 250.000 der rund 700.000 Objekte des Museums gespeichert sind. Da die Objekte nur in digitalisierter Form ins Internet eingespeist werden können, mußten die ausgewählten Zeugnisse entweder fotografiert und/oder gescannt werden. Eine große Anzahl der in GOS gespeicherten Objekte liegt bereits in digitalisierter Form vor (so z. B. der gesamte Gemäldebestand der Abteilung Kunst I sowie große Teile der Postkarten- und der Abzeichensammlung), was das Sammeln und Bereitstellen des Materials erleichterte und vor allem erheblich beschleunigte. Zwar lagen bereits viele Objekte in digitalisierter Form vor, doch häufig nur in einer Auflösung, die museumsintern als „Arbeitsfoto“ umschrieben wird. Diese Objekte mußten für das LeMO-Projekt nochmals gescannt werden, um dem Qualitätsanspruch zu genügen.

6.1.2 Gestaltung der VRML-Welten

Im Sommer des Jahres 1997 standen mehrere Modelle zur inhaltlichen Darstellung der geschichtlichen Ereignisse des 20. Jahrhunderts zur Diskussion: Epochenräume, Park, Galerie, Café, Pater Noster, Straße und verschiedene abstrakte

Modelle. Nach langer und intensiver Diskussion über die Vor- und Nachteile der verschiedenen Gestaltungsweisen kamen drei Modelle in die engere Wahl:

- *Galerie*: In einem langen Gang kann der Besucher das gesamte Jahrhundert jahresweise abschreiten. An den Wänden hängen für jedes Jahr repräsentativ ein oder zwei Hauptobjekte, von wo aus weitere Verzweigungen (Links), vielleicht auch Vertiefungsräume möglich sind.
- *Geschichtspark*: Für jede Epoche des Jahrhunderts wird eine offene Landschaft erstellt, in der für die jeweilige Zeit repräsentative Objekte stehen. In die Landschaft eingelassen sind Jahresplatten, die auf die Chronologie der Jahre verweisen.
- *Epochenräume*: Das Jahrhundert wird in Epochen eingeteilt, wobei jeder Epoche ein eigener Raum zugewiesen wird. Die Räume sind *nicht* durch einen Gang verbunden, sondern werden hintereinander gereiht, so daß der Besucher direkt von einer Epoche in die nächste gelangt, ohne den Umweg über einen Verbindungsflur zu machen. Zusätzlich soll mittels eines vorgeschalteten Suchprogramms die Möglichkeit geboten werden, eine bestimmte Epoche direkt betreten zu können, ohne alle vorherigen "durchschreiten" zu müssen. Um auf den chronologischen Abriß der jeweiligen Jahre zu verweisen, befinden sich an den Eingängen der Räume die einzelnen Jahreszahlen der Epochen. Diese Zahlen sind "anklickbar", die Chronologie erscheint als einfache HTML-Seite. Jeder Raum erhält eine spezifische Gestaltung, die der jeweiligen Epoche angemessen ist. Wie in einem "realen" Museum werden die Objekte angeordnet, wobei noch nicht geklärt ist, ob sie in realistischem Größenverhältnis zueinander und zum Raum präsentiert werden müssen.

Das Modell der *Galerie* wurde abgelehnt, da es zum einen wenig Abwechslung bietet. Die Idee des *Geschichtsparks* wurde verworfen, da eine der jeweiligen Epoche angemessene Landschaftsgestaltung schwer überblickbare Probleme aufzuwerfen versprach. Die Vorstellung einer offenen Landschaft zur Darstellung von Themen wie Judenvernichtung, Zweiter Weltkrieg oder Nachkriegsdeutschland schien den inhaltlich Verantwortlichen nur schwer zu verwirklichen, wenn nicht sogar undurchführbar.

Im August 1997 wurde in Anwesenheit der Geschäftsleitung des DHM - Herrn Dr. Dieter Vorsteher - zunächst eine Entscheidung zugunsten der *Epochenräume* getroffen. Diese sollten in ihrer Darstellung möglichst realistisch und museumsnah wirken. Beim Besucher sollte das Gefühl entstehen, sich durch ein zwar virtuelles, aber doch weitgehend wirklichkeitsgetreues Museumsgebäude zu bewegen. Die Möglichkeiten, die eine virtuelle VRML-Welt ferner bietet, sollen darüber hinaus behutsam berücksichtigt werden. Diese Entscheidung wurde im folgenden stetig modifiziert. Die Darstellung des *Wilhelminischen Deutschlands* orientiert sich zwar noch sehr stark an der Realität, doch die folgenden Epochen wurden abstrakter, um so die Möglichkeiten von VRML besser nutzen zu können.

6.1.3 Architekturen und Design der VRML-Epochenräume

Im folgenden werden die Architekturen und das Design der vom DHM bearbeiteten Epochen beschrieben. Jeder Epochenwelt liegt dabei eine "Metapher", ein historisches Bild zugrunde. Im Anhang A befinden sich "Screenshots" der VRML-Welten.

Wilhelminisches Deutschland

Die Darstellung der Epoche des *Wilhelminischen Deutschlands* wirkt mit seinem klassizistisch anmutendem Design wie eine Abbildung eines realen Museums: Ein nahezu runder Raum, in dessen Zentrum als Sinnbild für das "persönliche Regiment" Wilhelms II. eine Büste des Kaisers steht. Um ihn herum gruppieren sich die historischen Objekte zu Themen wie *Innen- und Außenpolitik, Alltag* etc., die allesamt auf den Mittelpunkt ausgerichtet sind. Ein Pavillon im Raum zeigt die *Kunst* der Epoche. Während an den Außenwänden die vom Kaiser gebilligte Malerei zu sehen ist, werden innen die neuen Strömungen in der Kunst gezeigt. Die Epoche des *Wilhelminischen Deutschlands* nahm bereits 1888 ihren Anfang. Da das Projekt sich jedoch mit der deutschen Geschichte des 20. Jahrhunderts beschäftigt, wird das 19. Jahrhundert durch einen langen Gang mit Milchglasscheiben angedeutet: Die dahinterliegenden Objekte wirken etwas verschwommen, die Themen werden angedeutet.

Bereits vom ersten Viewpoint im *Wilhelminischen Deutschland* kann der Benutzer einen Blick in die virtuelle Welt des *Ersten Weltkriegs* werfen.

Erster Weltkrieg

Folgt die Darstellung des *Wilhelminischen Deutschlands* insgesamt noch einer recht realitätsnahen musealen Präsentation, liegt dem *Ersten Weltkrieg* eine weit abstraktere Gestaltung zugrunde. Die Gitterstruktur des Raums wurde in Anlehnung an ein Zitat aus Erich Maria Remarques Roman "Im Westen nichts Neues" gewählt: "Die Front ist ein Käfig." Diese Architektur versucht, der Unabildbarkeit der Epoche gerecht zu werden: Das gesamte Raumdesign schafft eine bedrückende Atmosphäre. Es werden Assoziationen wie räumliche Enge, Gefangenschaft, Unterstände, Kriegsgräber, Katakomben etc. geweckt: Inhalt und Präsentationsform gehen so Hand in Hand. Die untergeordneten Räume des *Ersten Weltkriegs* veranschaulichen die Themen *Kunst und Krieg, Kriegspropaganda, Kriegsgräber, Alltag in der Heimat*. Das Bild von der martialisch-entschlossen aussehenden Germania versinkt, wenn sich der Besucher ihr annähert, und gibt den Blick in die revolutionären Unruhen 1918/19 frei.

Kunst und Kultur

Die virtuelle Welt zur Kunst während des Ersten Weltkriegs orientiert sich an expressionistischen Bildern von George Grosz und ahmt in seiner Gestaltung den Expressionismus nach

Kriegspropaganda

Der *Erste Weltkrieg* wurde in allen kriegführenden Ländern von einer ausgeprägten Propagandabegleitung. In der virtuellen Welt zur Kriegspropaganda wird anhand von sechs Plakatwänden eine Auswahl der Propagandaplakate aus verschiedenen Ländern gezeigt. Somit ein internationaler Vergleich der Kriegspropaganda möglich.

Kriegsgräber

Nur eine virtuelle Welt bietet den Platz, für alle im oder durch den Krieg umgekommenen Menschen ein Kreuz aufzustellen, um so die Unermeßlichkeit in eine Bildsprache umzusetzen. Diese Möglichkeit wurde bei der Gestaltung dieses Raumes genutzt.

Alltag in der Heimat

Die Abbildung eines Wohnraums scheint zunächst friedvoll. Die Blicke aus den Fenstern zeigen ein anderes Bild: Die Allgegenwärtigkeit des Kriegs auch in der Heimat wird durch die virtuellen Welten der Kriegspropaganda und die unendlich weit erscheinende Welt der Kreuze verdeutlicht.

Weimarer Republik

Die inhaltliche und optische Strukturierung der Epoche *Weimarer Republik* wurde ebenfalls in abstrahierter Form umgesetzt. Eine Welt aus geometrischen Körpern wie Quadern, Kegeln, Säulen etc. bildet den Hauptraum, von dem aus der Benutzer in weitere Räume vordringen kann. Die verschiedenen geometrischen Körper sind Träger für Themenschwerpunkte wie Wissenschaft und Forschung, Industrie und Wirtschaft, Kultur etc. Über die räumliche Anordnung dieser "Klötzchen" und ihrer Nähe bzw. Ferne zueinander werden die Zusammenhänge zwischen den Themen dargestellt. So entsteht das Bild einer den Zwanziger Jahren angemessenen Wirklichkeit, die nur als Gleichzeitigkeit von Ungleichzeitigem, als räumliches Nebeneinander von Entgegengesetztem wahrnehmbar ist. Den Untergrund bildet die Schwarz- Rot-Goldene Fahne. Der Benutzer bewegt sich auf ihr und "schreitet" so mit jedem Farbstreifen eine Phase der Republik und somit auch der ersten Demokratie in Deutschland ab. Wie auch im Epochenraum für den Ersten Weltkrieg ermöglicht die offene Struktur unterschiedliche Zugänge zu den historischen Themen. Der Benutzer erhält die Möglichkeit, über die Klötzchen in zusätzliche Welten (Innenpolitik, Literatur) vorzudringen.

Innenpolitik

Der Komplex *Innenpolitik* wird anhand einer schematischen Darstellung der Weimarer Verfassung präsentiert. VRML bietet die Möglichkeit einer Visualisierungsform, die in einer realen Ausstellung nicht gegeben ist: Ein aus der Vogelperspektive gesehenes, scheinbar zweidimensionales Schema verwandelt sich durch Navigieren in eine dreidimensionale stadtähnliche Landschaft. In den einzelnen betretbaren "Gebäuden" der Verfassung (Volk, Reichstag, Reichspräsident, Justiz, Auswärtiges etc.) wird durch historische Objekte, Tonstationen, dreidimensionalen Schautafeln sowie durch die Formensprache der einzelnen Räume der Aufbau der Weimarer Verfassung veranschaulicht und so die Innenpolitik „in Szene gesetzt“.

Revolution

Als Übergang zwischen dem *Ersten Weltkrieg* und der *Weimarer Republik* entstand eine virtuelle Welt zu den Ereignissen von 1918/19. In diesem Raum zur *Revolution*, der dieselbe Formensprache wie der Raum zur Weimarer Republik verwendet, wird eine Verbindung zwischen dem Kriegsende und der Weimarer Republik, genauer gesagt der Wahl zur Nationalversammlung, geschaffen.

Kultur

Über die zur Zeit der Weimarer Republik entstandene Literatur kann sich der Besucher in einem virtuellen Buchladen informieren. Die Bücher im Regal sind anklickbar, sie kommen dem Besucher "entgegengeflogen", er kann sie öffnen und wird so auf HTML-Seiten verwiesen.

Nationalsozialismus, Holocaust und Zweiter Weltkrieg

Da *Holocaust und Zweiter Weltkrieg* untrennbar mit dem *Nationalsozialismus* verbunden sind, bietet es sich für diese Epochen an, sie auch in der Gestaltung der 3D-Welten zusammenzufassen. Die Epoche des Nationalsozialismus, des Holocaust und Zweiten Weltkriegs wird in Form einer dreidimensionalen Hakenkreuzfahne umgesetzt. Die Schwarz-Rot-Goldene Fahne diente in der *Weimarer Republik* als Untergrund, im *Nationalsozialismus* bewegt sich der Nutzer ständig in der Hakenkreuzfahne. Nie wird die Möglichkeit gegeben, die Fahne aus der Vogelperspektive zu betrachten, der Nutzer bleibt in ihr gefangen. Das schwarze Kreuz liefert die Umgebung für die Exponate aus der Zeit des NS-Regimes. Im Bereich des weißen Kreises werden *Widerstand und Exil*, im roten Randbereich *Zweiter Weltkrieg und Holocaust* thematisiert. Die Objekte der NS-Propaganda, in den schwarzen Gängen des Hakenkreuzes, bedürfen häufig eines Kontrasts. Durch VRML ist es möglich, die Wände bei Bedarf transparent werden zu lassen und so zwei Objekte quasi nebeneinander zu stellen, obwohl sie unterschiedlichen Themenbereichen zugeordnet sind.

7 Aufbereiten der Museumsinformationen (Haus der Geschichte)

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse der inhaltlichen und fachlichen Arbeiten des Haus der Geschichte beschrieben. Aus rechtlichen Gründen hat das HdG seine Arbeiten erst im Dezember 1997 begonnen.

Es wurde eine Gliederung für alle Epochen der Zeit nach 1945 erstellt. Die Gliederung beinhaltet alle Epochen-, Überblicks- und Einzelthemen, die auf HTML-Seiten umgesetzt worden sind sowie die vorgesehenen Film und Tonstationen.

In den Epochenstationen nach 1945 wird ebenso wie in den vorangehenden Kapiteln, die gesamtdeutsche Geschichte behandelt. Da die Geschichte des einen Staates ohne den anderen nicht denkbar ist, sollte keine Trennung der Bundesrepublik und der DDR in zwei verschiedene Epochenräume erfolgen.

Die Deutsche Frage ist das zentrale Thema der Geschichte von 1945 bis 1990. Die epochalen Einschnitte der gesamtdeutschen Geschichte sind daher 1949, 1989 und schließlich mit der Wiedervereinigung am 3.10.1990 zu sehen. Daran orientiert sich die Einteilung der Epochenstationen:

- Nachkriegsjahre (1945 - 1949)
endet mit der Gründung der Bundesrepublik Deutschland und der DDR
- Das geteilte Deutschland (1949 - 1989)
behandelt die gesamte Epoche des geteilten Deutschlands
Zur besseren Orientierung der Besucher ist diese Epoche in vier zeitliche Abschnitte untergliedert:
Jahre des Aufbaus in Ost und West (1949-1955)
Die Zuspitzung des Kalten Krieges (1955-1963)
Kontinuität und Wandel (1963 - 1974)
Neue Herausforderungen (1974 - 1989)
- Die deutsche Einheit (1989/90)
beinhaltet den Wandel im Osten der zum Umbruch auch in Deutschland führte, beschäftigt sich mit der veränderten Situation in Ostdeutschland nach dem Mauerfall und zeigt die Stationen auf, die schließlich zum Einigungsvertrag führten
- Wege in die Gegenwart (ab 1990)
gibt einen Ausblick in Gegenwart und Zukunft des geeinten Deutschland

Anhand von Probetexten inklusive Bebilderung wurden folgende Strukturmerkmale festgelegt, die der Einheitlichkeit aller HTML-Seiten dienen (Bsp. siehe Anlage):

- Epochen- und Überblickstexte: 3000 bis max. 3500 Zeichen
- Überblickstexte: ca. 2000 Zeichen
- Thementexte: ca. 1500 Zeichen
- Die Objektbeschriftung enthält sowohl formale Angaben (Objekttitel, Hersteller, Entstehungsort, Datierung, Material, Maße, Besitzer sowie (bei eigenen Objekten) die Inventarnummer. Ferner wird eine kurze Information zur historischen Einordnung des Objektes eingefügt.
- Alle Texte werden mit einer fettgedruckten Einleitung von ca. 500 Zeichen versehen.
- Bei Epochen- und Überblickstexten werden die weiteren Gliederungspunkte als „links“ im oberen Teil der Seite eingefügt.
- Die Texte werden im Präsens geschrieben.
- Film- und Tonbeiträge werden durch entsprechende Buttons kenntlich gemacht. Diese Buttons erscheinen sowohl unterhalb der Einleitungszeilen also auch auf den Standbildern, die den entsprechenden Beiträgen entnommen sind.

Für einen Teil der Texte, konnten die Ausstellungskataloge des HdG als Grundlage dienen. Der Großteil mußte jedoch neu geschrieben werden. Des Weiteren wurden die entsprechenden Objekte ausgewählt, die Abbildungen eingescannt und die dazugehörigen Objektbeschriftungen erstellt.

Fertiggestellt sind 2001 HTML-Seiten verteilt auf folgende Rubriken:

- 483 Epochen-, Überblicks- und Thementexte
- 1181 Objekttexte
- 284 Biographien
- 53 Chroniken

1200 Abbildungen wurden digitalisiert.

109 Filmbeiträge und 40 Tonsequenzen wurden digitalisiert und in die HTML-Seiten eingebunden.

Parallel zu den Arbeiten an den HTML-Seiten wurden insgesamt 20 VRML-Welten erstellt. In diese VRML-Welten sind 250 digitalisierte Objekte eingebunden, die als links zu den entsprechenden HTML-Themenseiten führen. Durch Interaktion kann der Besucher in diesen Welten u.a. ein Wappenspiel bedienen, eine Music-Box anschalten oder eine Schaufensterpuppe mit wechselnden Textilien bekleiden.

7.1 Architekturen und Design der VRML-Epochenräume

Im folgenden werden die Architekturen und das Design der vom Haus der Geschichte bearbeiteten Epochen beschrieben. Jeder Epochenwelt liegt dabei eine „Metapher“ zugrunde. Im Anhang A befinden sich „Screenshots“ der VRML-Welten.

Zur Umsetzung der Epochen in die VRML-Welten wurde in Zusammenarbeit mit dem Gestalter Herrn Fiebelkorn ein LeMO-Gesamtkonzept bestehend aus geometrischen Figuren entwickelt, die in unterschiedlicher Konstellation die verschiedenen Epochen symbolisieren.

Einstiegswelt

Dem Besucher begegnet ein „Meer der Zeit“ in dem Quader, die die verschiedensten Themen der Geschichte symbolisieren, frei umherschweben. Auf Interaktion des Besuchers hin ordnen sie sich zu einer Art Zeitschlange an, die die Wege und Umwege der Geschichte verkörpert. Auf der Zeitschlange befinden sich chronologisch, wenn auch nicht geradlinig angeordnet in Kugeln die Themen der Geschichte des 20. Jahrhunderts. Verborgenen in roten/durchsichtigen Kugeln, verwandeln sich die abstrakten Symbole in die LeMO-Epochen, die der Besucher genauer untersuchen kann. Die blauen Kugeln stehen für die Vielzahl weiterer historischer Themen, die hier nicht behandelt werden.

Nachkriegsjahre (1945-1949)

Frei schwebend, zerbrochen, notdürftig zusammengehalten von gewaltigen Metallteilen, die aus einer zerstörten Stadtansicht herausragen, begegnet dem Betrachter die Welt der unmittelbaren Nachkriegszeit. Auf einer Fläche unter alliierter Kontrolle wird über stilisierte Architekturelemente der Zugang zu Einzelwelten aus den Bereichen Kultur, Politik und Wirtschaft ermöglicht.

In einer abgebrochenen Pyramidenspitze, Symbol der zerbrochenen Herrschaft, läßt sich aus der Tiefe des Raumes eine Trümmerlore herausziehen, in der sich die weiteren Themen des Kapitels *Das Ende als Anfang* befinden.

Die Herrschaft der unmittelbaren Nachkriegszeit, liegt in Händen der *alliierten Besatzungsmächte*, die sich in einem Pyramidenrumpf befinden. Mitten im Raum hängt eine Karte der Besatzungszonen, auf der die alliierten Hauptquartiere abrufbar sind. Nach Durchschreiten der Tür inmitten der Karte, wird der Blick frei auf den *Politischen Neubeginn*, der sich unter alliierter Aufsicht (die alliierten Fahnen auf dem Tisch in der Mitte des Raumes verdeutlichen dies) vollzieht. Am Raumende befinden sich die neuen Länder, die zwischen 1946 und 1952 gebildet werden. Der Besucher ist aufgefordert, spielerisch sein Wissen zu testen: Die einzelnen Länderwappen müssen interaktiv dem dazugehörigen Land zugeordnet werden.

Ein Trümmergebäude, mit eingerissenen Wänden verwandelt sich vor den Augen des Betrachters in eine dreidimensionale Konjunkturkurve. Chronologisch zugeordnet befinden sich auf der Seite der westlichen bzw. der sowjetischen Besatzungszone 11 Objekte, die zu den Thementexten des Kapitels *Wiederaufbau und Wirtschaft* führen.

Die *Last der Vergangenheit* präsentiert sich in einem begehbaren Kubus, dessen metallisch-dunkle Textur auf den Inhalt verweist. Der Innenraum ist den Opfern der nationalsozialistischen Greueltaten gewidmet, auf den Außenflächen wird auf die Täter hingewiesen, die in den Nürnberger Prozessen abgeurteilt werden.

Der Zugang zum Kapitel *Hunger nach Kultur* erfolgt auf verschiedenen Wegen: Über ein dreidimensionales Bild von Werner Heldt, „Berlin am Meer“, in dem dieser das Motiv der zerstörten, menschenleeren Stadt aufgreift, deren Ruinen sich in Strand- und Meerlandschaften verwandeln und gleichnishaft den „Sieg der Natur über das Menschenwerk“ skizzieren. Groß war in der Nachkriegszeit das Bedürfnis nach Zerstreung und Wiederentdeckung von in der NS-Zeit verbotenen Kulturbereichen. Nach Öffnen des Vorhangs läßt sich eine improvisierte Theaterbühne mit Kulissen betreten, die über eingebundene Objekte den Zugang zu 13 Themen aus dem Kulturbereich bietet.

Das letzte Gebäude der Nachkriegszeit verwandelt sich auf Interaktion hin zu einem Flugfeld, das man mit einem „Rosinenbomber“ überfliegt und von dem aus Care-Pakete über West-Berlin abgeworfen werden können. Es geht um die *Entstehung zweier deutscher Staaten* infolge des mit der Berlin-Blockade eskalierten Kalten Krieges.

Das geteilte Deutschland

„Das geteilte Deutschland“ ist des großen Umfangs wegen in vier Unterepochen aufgeteilt, die auf vier zerschnittenen Quaderteilen (Symbol der Teilung) plaziert sind, die nur mit einem Ring zusammengehalten werden. Darin werden die Jahre des Aufbaus mit Hilfe eines Baugerüsts angedeutet, den Kalten Krieg strukturieren Panzerreiter, Kontinuität und Wandel wird durch eine abgewandelte „Escher Treppe“ symbolisiert und das Kapitel „Neue Herausforderungen“ um einen futuristischen „Wolkenkratzer“ gruppiert.

Auf dem ersten Quaderteil befinden sich die *Jahre des Aufbaus in Ost und West (1949-1955)*. Der Aufbau in West und Ost wird sowohl durch das Untergrundbild, einem Bebauungsplan zum Städtebau als auch einer Häuserwand mit Baugerüst symbolisiert.

Basis und Startrampe der zwei deutschen Staaten sind die Verfassungen der Bundesrepublik und der DDR. Das Baugerüst wandelt sich zur „Straße der Verträge“, die die Einbindung der Bundesrepublik und der DDR in die jeweiligen

Machtblöcke verfolgt und schließlich in der Souveränität der beiden deutschen Staaten mündet.

Auch hier begegnet dem Besucher der NS-Kubus, der mahndend auf die stets *Gegenwärtige Vergangenheit* verweist.

Ein Lichtspielhaus der 50er Jahre führt schließlich in das *Kulturelle Leben* der Aufbauzeit. Im verdunkelten Kinosaal begegnen einem berühmte Heimatfilme wie „Grün ist die Heide“ oder damalige Skandalfilme wie „Die Sünderin“ mit Hildegard Knef. Mecki, der Redaktions-Igel der populären Zeitschrift „Hörzu“ ist ebenso vertreten wie zeitgenössische Romane oder bekannte Schauspieler des Ost-Berliner „Berliner Ensemble“.

Auf dem zweiten Teilstück ist ein überdimensionierter Panzerreiter plaziert, Symbol für das Thema *Die Zuspitzung des Kalten Krieges (1955-1963)*.

Der Panzerreiter ragt in alle vom Kalten Krieg betroffenen Themengebäude hinein: *Staatsmann Adenauer, Teilung Deutschlands und Reformen, Krisen, Regierungswechsel*. In den Gebäuden finden sich über 20 Objekte, die zu verschiedenen Themen der Zeit wie der Kuba-Krise, der Europäischen Wirtschaftsgemeinschaft oder dem Rat für Gegenseitige Wirtschaftshilfe führen. Die Mauer steht unverkennbar für sich selbst als hintere Randbegrenzung. Vor ihr auf Plakatwände geklebt befinden sich Exponate rund um den *Mauerbau*, beginnend am 13. August 1961.

Für das Kapitel *Wirtschaftswunder* steht das LeMO-Warenhaus: Hier wird der Konsum der 50er und 60er Jahre erlebbar gemacht. Der Besucher kann, nachdem er interaktiv die technischen Neuerungen der Zeit (Fernseher, Kühlschränke) entdeckt, verschiedene Kleider mit Hilfe einer Schaufensterpuppe anprobiert und sich den Verlockungen einer Italien-Reise gewidmet hat, in einer Milchbar der 50er Jahre mit einem Milchshake und Music-Box-Unterhaltung entspannen.

Kontinuität und Wandel (1963-1974), dargestellt als unendliche „Escher-Treppe“, die Aufbruch und Stagnation zugleich symbolisiert, begegnet dem Betrachter auf dem dritten Teilstück des Quaders. Erklimmt man die gläserne Wendeltreppe, so erwartet einen die Entdeckung der *Unruhigen Jahre*, die nicht nur von kulturellen Neuerungen beherrscht sind, sondern auch die Studentenbewegung, Straßenkämpfe u.ä. beinhalten. Ob er die Wendeltreppe in einer Aufwärts- oder Abwärtsbewegung durchschreiten möchte, bleibt dem Besucher selbst überlassen.

Auch hier stellt sich der NS-Kubus, die *Gegenwärtige Vergangenheit*, dem Besucher in den Weg: Er beinhaltet nicht nur die Auschwitz-Prozesse der 60er Jahre, sondern auch die Verjährungsdebatte und das Aufkommen rechtsextre-

mer Gruppierungen und Parteien wie die NPD (National Demokratische Partei Deutschlands).

Die *Neuen Herausforderungen (1974-1989)* bevölkern das letzte Teilstück des geteilten Quaders.

Als Untergrundbild, die gesamte Epoche beherrschend, wird die *Weltwirtschaftskrise* durch eine Abbildung leerer Autobahnen nach dem 1973 verhängten Sonntagsfahrverbot und einen umgekippten Strommast symbolisiert.

Im Mittelpunkt steht ein futuristisches Gebäude, in dessen Innenraum die *Konferenz für Sicherheit und Zusammenarbeit in Europa* und damit die Überwindung des Kalten Krieges, das Kernelement der Epoche bildet. Angebunden an das Hauptgebäude sind die tragenden und die Politik beherrschenden Themen *Kanzlerwechsel, Bürgerbewegungen* und *Neue politische Konstellationen*.

Die *Entwicklungen in der Kultur* präsentieren sich auf einer riesigen Videowand, die neben Ausschnitten aus den neuartigen „Game-Shows“ auch zur Aufarbeitung der Vergangenheit im kulturellen Bereich führt.

Im Bereich *Ökologie und Ökonomie* läuft eine „Sand“-Uhr: Nicht nur die Deutschen sind gezwungen, der wachsenden Umweltzerstörung entgegenzuwirken und umzudenken.

Auf Litfaßsäulen wird nach untergetauchten *RAF-Terroristen* gefahndet, auch dies eines der prägenden Themen der Zeit von 1974 bis 1989.

Die deutsche Einheit (1989/90)

Der zuvor geteilte Quader bildet auch hier den Untergrund der Epoche; nach der Wiedervereinigung im Jahre 1990 kann der zuvor bestehende Abgrund über eine Brücke überwunden werden.

In der Epoche wandert der Besucher zunächst durch zweigeteilte Säulengänge, in denen er den *Wandel im Osten* bildlich und interaktiv nacherleben kann. Ihm begegnen dort nicht nur die Feierlichkeiten zum 40. Jahrestag der DDR und die Montagsdemonstrationen, er kann auch einen DDR-Bürger auf seiner Flucht in den Westen begleiten. Nach *Durchbrechen der Mauer* landet der Besucher schließlich über einen nicht immer geradlinigen und einfachen Weg in der Einheit Deutschlands, einer runden Säulenhalle.

Die *Wege in die Gegenwart* ordnen sich entsprechend der zunehmenden Globalisierung um eine sich drehende Weltkugel. Neben der Auseinandersetzung mit den *Folgen der deutschen Einheit* stehen die *Europäische Einigung* und *weltpolitische* Themen im Vordergrund.

8 Veröffentlichungen, Vorträge, Präsentationen etc.

Berichte

- Dr. Burkhard Asmuss, Dr. Lutz Walther, Wolfgang Röhrig, Wolfgang Schwanke: LeMO - Bericht. Bericht zum 1. Meilenstein, DHM, Berlin, Juni 1997
- Lutz Nentwig, Sonia Manhart, Rainer Häner, Andreas Kampa: LeMO-Technisches Konzept. Bericht zum 1. Meilenstein, Fraunhofer ISST, Berlin, Juni 1997
- Kai Royer: Design und Storyboard des LeMO-Projektes. Fraunhofer ISST, Berlin, Juni 1997
- 1. Zwischenbericht, Juni 1997
- 2. Zwischenbericht, Dezember 1997
- 3. Zwischenbericht, Juni 1998

Poster-Session

- Sonia Manhart, Andreas Kampa: A generic Architecture for Live Video Transmission. SYBEN 98, Broadband Communication and Multimedia Systems, Zürich, 18.-20. Mai 1998

Präsentationen

- CeBIT '97: Präsentation der WWW-Server des DHM und des Haus der Geschichte, Vorstellung des LeMO-Projekts. Hannover, 13.-14. März 1997
- Internes Projekttreffen mit Frau Schröder (DFN) und Herrn Staiger (Berkom), Berlin, 22. September 1997
- EVA'97 - Elektronische Bildverarbeitung & Kunst, Kultur, Historie. Konferenz, Berlin, 13. November 1997
- Informationstechnologie im Museum, Internationales wissenschaftliches Symposium. Haus der Geschichte, Bonn, 1. Dezember 1997
- CeBIT'98, Stand des DFN-Vereins, Hannover, 19.-22. März 1998
- Tag der offenen Tür, Fraunhofer ISST, Berlin, 29. April 1998
- DFN-Mitgliederversammlung, DHM, Berlin, 16. Juni 1998
- Forschung für die Kunst, Forschungsmarkt Berlin, Deutsches Historisches Museum, Berlin, 17.- 24. September 1998

Presseveröffentlichungen

- Tendenz: Einfach zu bedienende Geräte ans Internet hängen. Computerwoche, 29.8.1997

- Die Maus im Haus. Frankfurter Allgemeine Zeitung, 9.12.97
- Museumsbesuch im Internet. Die Welt, 16.1.98
- Virtuelle Ausstellung im Internet. Oranienburger Generalanzeiger, 16.1.98
- Ein Besuch im Online-Museum. Offenburger-Tageblatt, 24.1.98
- Mit der Maus in die Geschichte. Focus, 2.2.98
- Besuch im Online Museum. Wetzlarer Neue Zeitung, 14.2.98
- Online ins Museum. Neue Osnabrücker Zeitung, 14.2.98
- Virtueller durch die Museen. c't, 3/98
- Historisches Museum: „Besuch via Internet“, Wirtschaftswoche Nr.38, 10.9.98
- Virtueller „Flug“ durchs Jahrhundert, WAZ, 26.9.98; Neue Ruhr Zeitung Essen, 28.09.98; Westfalen Post, 06.10.98; Iserlohner Kreisanzeiger und Zeitung, 14.10.98
- Historisches Museum eröffnet online, Business online, 11/98
- Die Geschichte virtuell erleben, Oberbayrisches Volksblatt, 03.11.98
- Der Cyberspace wird zum 3D-Museum, Der Tagesspiegel, 18.11.98
- Zoom aufs 20. Jahrhundert, Frankfurter Rundschau, 21.11.98
- Ein 3D-Museum für das Breitbandnetz der Zukunft, IHK-Zeitschrift, Berlin, Januar 1999
- LeMO - eine virtuelle Ausstellung zur deutschen Geschichte im 20. Jahrhundert, Museums-Journal, S.94-95, 1/99

Veröffentlichungen

- Prof. Dr. Christoh Stölzl: Oh je! Wir haben Besuch! DFN-Mitteilungen, Heft 44, Juni 1997
- Prof. Dr. Hermann Schäfer: Eine neue Ausstellung für neue Besucher, in Erlebnis Geschichte, 2. Aufl. 1998
- Prof. Dr. Hermann Schäfer: Netzwerk Museum, Möglichkeiten und Grenzen der Informationstechnologie im Museum, in: Informationstechnologie im Museum, (im Druck) Berlin 1999
- Wolfgang Röhrig: Museum Online. Das Internet-Angebot des Deutschen Historischen Museums in Berlin. DFN-Mitteilungen, Heft 44, Juni 1997
- LeMO-Flyer (für CeBIT '97 und Öffentlichkeitsarbeit)
- Dr. Burkhard Asmuss, Lutz Nentwig, Wolfgang Röhrig, Thomas Schneemelcher: Lebendiges virtuelles Museum Online - LeMO (Präsentation). EVA'97 Berlin - Konferenzband - Elektronische Bildverarbeitung & Kunst, Kultur, Historie. Berlin, 12.-14. November 1997
- LeMO-Flyer (Überarbeitung für CeBit '98 und Öffentlichkeitsarbeit)
- Lutz Nentwig, Sonia Manhart, Andreas Kampa, Andreas Wendt, Dr. Burkhard Asmuss, Wolfgang Röhrig, Thomas Schneemelcher: Bringing Museums to the Web: An Architecture For A Virtual Exhibition. INET '98: The Internet Summit, Genf, 21.-24. Juli 1998
- Sonia Manhart, Andreas Kampa: A generic Architecture for Live Video Transmission. Proceedings SYBEN'98, Broadband Communication and Multimedia Systems, Zürich, 18.-20. Mai 1998

- Kai Albrecht, Dorlis Blume, Sonia Manhart, Lutz Nentwig, Dr. Burkhard Asmuss, Rainer Häner, Dr. Jürgen Reiche, Wolfgang Röhrig, Thomas Schneemelcher, Dr. Lutz Walther: Das LeMO-Projekt - Entwicklung einer virtuellen Internet-Ausstellung zur deutschen Geschichte des 20. Jahrhunderts, erscheint 1999 im Tagungsband zur Info'98, Workshop „Computer und Geschichte“ , Potsdam, 7. November 1998

Vorträge

- Lutz Nentwig: Lebendiges virtuelles Museum Online - LeMO. DFN-Arbeitskreis Informationsdienste, Berlin, 29. Januar 1997
- Wolfgang Röhrig: Museen im Netz. CeBIT '97, Hannover, 14. März 1997
- Lutz Nentwig: Lebendiges virtuelles Museum Online - LeMO: Projektvorstellung und -ziele. 11. Arbeitstagung über Rechnernetze, Dresden, 20.-23. Mai 1997
- Wolfgang Röhrig: Museumsbesuch im Multimedia-Zeitalter. Workshop im Institut für Museumskunde, Berlin, 23. Mai 1997
- Rainer Häner: Erstellung einer VRML-Welt für das LeMO-Projekt. DFN-Arbeitskreis Informationsdienste, Hannover, 24. September 1997
- Lutz Nentwig: Bringing Museums to the Web: An Architecture For A Virtual Exhibition. INET'98: The Internet Summit, Genf, 21.-24. Juli 1998
- Dorlis Blume, Lutz Nentwig, Dr. Lutz Walther: Lebendiges virtuelles Museum Online - LeMO, Forschung für die Kunst, Forschungsmarkt, Kulturforum, Berlin, 24. September 1998
- Kai-Britt Albrecht, Dorlis Blume, Sonia Manhart: Das LeMO-Projekt - Entwicklung einer virtuellen Internet-Ausstellung zur deutschen Geschichte des 20. Jahrhunderts, Info'98, Workshop „Computer & Geschichte“ , Potsdam, 7. November 1998

WWW

- Projektdarstellung: www.fhg.isst.de/~lemo
- LeMO: www.dhm.de/lemo
- LeMO: www.hdg.de/lemo

9 Zusammenfassung

In den vorangegangenen Abschnitten wurden die im Zeitraum vom 1. Januar 1997 bis zum 31. Dezember 1998 geleisteten Arbeiten des LeMO-Projekts beschrieben.

Das wichtigste Ergebnis der zweijährigen Arbeiten war die Entwicklung einer virtuellen Ausstellung zur deutschen Geschichte des 20. Jahrhunderts für das Internet / B-WiN.

LeMO zeichnet sich durch die Benutzung verschiedener multimedialer Technologien aus. So wurden bis Ende 1998 für neun Epochen des 20. Jahrhunderts virtuelle dreidimensionale VRML-Welten geschaffen, die aus komplexen Räumen bestehen. Diese 3D-Welten sind mit HTML-Seiten verknüpft, auf denen Informationstexte, Bilder, Grafiken, Video- und Tondokumente zu finden sind. Zusätzlich können mit einer Web-Kamera Live-Bilder aus ausgewählten Museumsräumen übertragen werden. Die Kamera läßt sich vom Benutzer interaktiv steuern.

Für die Entwicklung der virtuellen Ausstellung wurden folgende Technologien benutzt:

- VRML (Virtual Reality Modeling Language) für die Entwicklung der 3D-Welten
- HTML, JavaScript und Java für die Entwicklung der HTML-Seiten
- Java für die Entwicklung der Web-Kamera Komponenten (Client, Server)
- Streaming-Video / Audio für das Übertragen von Film- und Tonaufnahmen

Die Basis der LeMO-Infrastruktur ist je ein leistungsfähiger Unix-Sparc-Server in den Museen, auf denen verschiedene Server-Dienste (WWW, Video/Audio, Web-Kamera) laufen und die gesamten Daten verwaltet werden. Beide Museen verfügen über breitbandige Netzwerkanschlüsse (B-WiN, IVBB).

Bis Ende der Projektlaufzeit wurden 31 VRML-Welten, über 5000 HTML-Seiten mit über 3000 Fotos und Bildern und mehreren Stunden Film- und Tonaufnahmen zur deutschen Geschichte im Internet / B-WiN bereitgestellt.

Ab 1. Oktober 1998 wurde die Epoche Erster Weltkrieg im Internet / B-WiN freigegeben, um in der restlichen Projektlaufzeit einen Probetrieb durchzuführen und erste Benutzerreaktionen zu bekommen. Weitere Epochen wurden im Dezember freigegeben. Bis zum Projektende konnten bereits über 5000 Zugriffe auf die LeMO-Homepage registriert werden.

Obwohl LeMO erst im Januar 1999 offiziell im Internet freigegeben wurde, konnte es bereits auf mehreren Veranstaltungen (u.a. Eva '97: Elektronische Bildverarbeitung & Kunst, Kultur, Historie, Berlin; Informationstechnologie im Museum, Int. Symposium Haus der Geschichte, 1997, Bonn; CeBIT'98, Hannover; Syben98, Zürich; Inet'98, Genf; Forschungsmarkt Berlin Forschung für die Kunst, Berlin; Info'98, Potsdam) einer breiten Öffentlichkeit vorgestellt werden.

Die ersten Eintragungen im elektronischen Gästebuch von LeMO lassen darauf schließen, daß die LeMO- Ausstellung und die Art der Wissensvermittlung auf regen Zuspruch stoßen wird. Nach einigen Presseveröffentlichungen im November 1998 (u.a. ausführliche Artikel im Tagesspiegel vom 18.11.98 und in der Frankfurter Rundschau vom 21.11.98, Museums Journal 1/1999) hatten die Zugriffe auf LeMO sprunghaft zugenommen.

Obwohl die LeMO-Inhalte für einen breiten Besucherkreis entwickelt wurden, stellen sie doch ein besonderes Angebot für Schulen und Universitäten dar.

10 Schlußwort

Der Schwerpunkt des LeMO-Projekts war die Bereitstellung multimedialer Informationen zur deutschen Geschichte des 20. Jahrhunderts. Durch die Entwicklung dreidimensionaler VRML-Welten wurde ein neuer Weg in der Informationsvermittlung eingeschlagen. Darin besteht auch der Reiz: Mit den VRML-Szenarien soll gerade bei den Besuchern das Interesse an den historischen Inhalten geweckt werden, indem sie spielerisch und durch „herumstöbern“ in den Welten Inhalte für sich entdecken. „Als Metapher für die Darstellung der Weltkriegsepoche haben sich die Historiker eines Zitates von Erich Maria Remarque bedient: „Die Front ist ein Käfig“ lautet die Aussage. Dementsprechend erscheint der Ausstellungsbereich als dreidimensionaler Gitterkäfig, der die ausweglose Situation eindrucksvoll wiedergibt“ (Tagesspiegel vom 18.11.98).

Durch die Verknüpfung der VRML-Welten mit multimedialen Informationsseiten wurde ein umfangreiches Informationssystem zur deutschen Geschichte des 20. Jahrhunderts entwickelt. Die Inhalte lassen sich nicht mehr auf einer CD-ROM unterbringen. Mehr als 1500 MByte multimedialer Daten werden bereitgestellt.

Und dies stellt auch die Besonderheit des LeMO-Projekts dar: multimediale Internet-Technologien wurden benutzt, um historische Inhalte spielerisch, spannend und lebendig zu vermitteln. Und dieses ist gelungen.

Eine weitere Besonderheit war die interdisziplinäre Zusammenarbeit der unterschiedlichen Fachdisziplinen. Erst die enge Zusammenarbeit der Informatiker, Historiker, Designer und Ausstellungsarchitekten hat zu dem vorliegenden Ergebnis geführt.

Das LeMO-System zeichnet sich durch Benutzung multimedialer Internet-Technologien aus. Schon während des Testbetriebs zwischen den Projektpartnern und dem dreimonatigen Probetrieb konnte festgestellt werden, daß die Qualität bestimmter Technologien noch sehr von der Qualität des zur Verfügung stehenden PC und Internet-Anschlusses abhängt. Gerade für das Laden der VRML-Welten und das Abspielen der Videos sollte eine ISDN-Verbindung zur Verfügung stehen. Ein heute handelsüblicher Multimedia PC reicht aber aus, um durch die 3D-Welten navigieren zu können.

Die positiven Reaktionen in der Öffentlichkeit und die erzielten Resultate haben die drei Projektpartner bewogen, daß LeMO-Projekt in einem Nachfolgeprojekt fortzusetzen, sofern eine neue Förderung bewilligt wird.

Um den bisher bewährten LeMO-Ansatz zu erweitern, soll im Folgeprojekt LeMO+ die bisher entwickelte Ausstellung um weitere Funktionalitäten und Inhalte ergänzt werden. Die Besucher sollen in die LeMO+-Ausstellung mit einbezogen werden. Daher sollen verschiedene neue interaktive Elemente für LeMO+ entwickelt werden.

Obwohl die LeMO-Inhalte für einen breiten Besucherkreis entwickelt wurden, stellen sie doch ein besonderes Angebot für Schulen und Universitäten dar. Daher soll in LeMO+ der Einsatz von LeMO insbesondere im Unterricht an ausgewählten Schulen erprobt werden.

Im Fortsetzungsprojekt LeMO+ sollen drei Teilbereiche bearbeitet werden:

- Das LeMO-System wird um weitere Inhalte und Funktionalitäten ergänzt, um ein abgerundetes Informationssystem mit verschiedensten Zugangsmöglichkeiten zur deutschen Geschichte anzubieten.
- Die Anwender von LeMO+ sollen aktiv in den Diskurs über deutsche Geschichte einbezogen werden. Dafür werden verschiedene interaktive Anwendungen entwickelt, von Fragebögen zur deutschen Geschichte bis zum Aufbau eines Kollektiven Gedächtnisses, in das Besucher Erlebnisberichte, Interviews bis hin zu Lebensgeschichten eingeben.

- Um das LeMO+-Angebot insbesondere auch in Schulen anzuwenden, soll in Berlin und Bonn mit ausgewählten Schulen zusammengearbeitet werden. In enger Kooperation mit Lehrern wird der Einsatz von LeMO+ unterrichtsbegleitend erprobt. Zusätzlich sollen im regulären Unterricht oder in Arbeitsgemeinschaften die interaktiven Anwendungen von Schülern mit Inhalten gefüllt werden.

„LeMO ist kein Projekt, daß man guten Gewissens irgendwann in dem Bewußtsein abschließen kann, nun sei es fertig. das liegt schon in der Natur des Themas. (...) LeMO ist den Möglichkeiten des heutigen Internets eben um einige Nasenlängen voraus. Es ist das Museum für die Netzwelt von morgen.“ (Berliner Wirtschaft vom Januar 1999)