

# Museumsexponate mit Virtual Reality

MANUELA WALDNER

BAKKALAUREATSARBEIT

Nr. 238-003-261-A

eingereicht am  
Fachhochschul-Bakkalaureatsstudiengang

MEDIEN-TECHNIK UND -DESIGN

in Hagenberg

im Mai 2004

Diese Arbeit entstand im Rahmen des Gegenstands

## Computergraphik 5

im

Sommersemester 2004

Betreuer:

DI Michael Haller

# Erklärung

Hiermit erkläre ich an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst, andere als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt und die aus anderen Quellen entnommenen Stellen als solche gekennzeichnet habe.

Hagenberg, am 10. Mai 2004

Manuela Waldner

# Inhaltsverzeichnis

|  |             |
|--|-------------|
| <b>Erklärung</b>   | <b>iii</b>  |
| <b>Vorwort</b>   | <b>vi</b>   |
| <b>Kurzfassung</b>   | <b>vii</b>  |
| <b>Abstract</b>  | <b>viii</b> |
| <b>1 Einleitung</b>  | <b>1</b>    |
| 1.1 Motivation . . . . .                                   | 1           |
| 1.2 Zielsetzung . . . . .                                  | 2           |
| <b>2 Der Einsatz von neuen Medien in Museen</b>            | <b>3</b>    |
| 2.1 Anforderungen an ein Museum . . . . .                  | 3           |
| 2.2 Warum neue Medien in Museen? . . . . .                 | 3           |
| 2.3 Das Museum der Gegenwart . . . . .                     | 4           |
| 2.4 Virtual Reality in Museen . . . . .                    | 5           |
| 2.4.1 Potentiale . . . . .                                 | 5           |
| 2.4.2 Einsatzmöglichkeiten - Ideenskizzen . . . . .        | 5           |
| 2.4.3 Der übernächste Schritt: Augmented Reality . . . . . | 6           |
| 2.5 Besucherakzeptanz . . . . .                            | 6           |
| <b>3 Virtual Reality</b>                                   | <b>9</b>    |
| 3.1 Begriffsabgrenzung . . . . .                           | 9           |
| 3.2 Anwendungsgebiete . . . . .                            | 11          |
| 3.2.1 Architektur . . . . .                                | 11          |
| 3.2.2 Fahrzeugbau . . . . .                                | 12          |
| 3.2.3 Medizin . . . . .                                    | 12          |
| 3.2.4 Training und Schulung . . . . .                      | 12          |
| 3.2.5 Edutainment . . . . .                                | 13          |
| <b>4 Vorüberlegungen zum Einsatz von VR in Museen</b>      | <b>15</b>   |
| 4.1 Zielgruppe für das Exponat . . . . .                   | 16          |
| 4.2 Wie das Wissen übermittelt wird . . . . .              | 17          |

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| 4.3      | Mit welchem Ziel das Wissen übermittelt wird . . . . . | 18        |
| 4.4      | Anforderungen an ein VR-Exponat . . . . .              | 19        |
| <b>5</b> | <b>Analyse von Ein- und Ausgabegeräten</b>             | <b>25</b> |
| 5.1      | Interaktion . . . . .                                  | 25        |
| 5.1.1    | Grundlagen . . . . .                                   | 25        |
| 5.1.2    | Interaktionsgeräte . . . . .                           | 27        |
| 5.1.3    | Anwendungsbeispiele und Kombinationen . . . . .        | 32        |
| 5.2      | Ausgabe . . . . .                                      | 33        |
| 5.2.1    | Grundlagen . . . . .                                   | 33        |
| 5.2.2    | Systeme für die visuelle Ausgabe . . . . .             | 36        |
| 5.2.3    | Systeme zur Audio-Ausgabe . . . . .                    | 42        |
| 5.2.4    | Taktils und haptisches Feedback . . . . .              | 44        |
| 5.3      | Wahl der Ein- und Ausgabegeräte . . . . .              | 45        |
| 5.3.1    | Das Museum: Die Umgebung des Exponats . . . . .        | 45        |
| 5.3.2    | Der Inhalt des Exponats . . . . .                      | 46        |
| <b>6</b> | <b>Das Museum der Zukunft</b>                          | <b>48</b> |
| <b>7</b> | <b>Zusammenfassung und Ausblick</b>                    | <b>52</b> |
| 7.1      | Gefahren . . . . .                                     | 52        |
| 7.2      | Herausforderung . . . . .                              | 52        |
| 7.3      | Chancen . . . . .                                      | 53        |
| <b>A</b> | <b>Inhalt der CD-ROM</b>                               | <b>54</b> |
| A.1      | Bakkalaureatsarbeit . . . . .                          | 54        |
| A.2      | Bilder und Graphiken . . . . .                         | 54        |
| A.3      | Dokumente . . . . .                                    | 54        |
|          | <b>Literaturverzeichnis</b>                            | <b>55</b> |

# Vorwort

An dieser Stelle möchte ich mich bei DI Bernd Lutz vom Fraunhofer Institut für graphische Datenverarbeitung in Darmstadt bedanken, der mich durch Erzählungen aus der Praxis, Literatur und Bilder unterstützt hat. Alle gezeigten Bilder und Beispiel-Exponate sind, falls nicht explizit anders erwähnt, vom Fraunhofer IGD, Darmstadt, Abteilung Virtuelle und Erweiterte Realität.

# Kurzfassung

Einige neue Medien sind bereits weit verbreitete Mittel, um in Museen Information zu vermitteln. Virtual Reality ist ein neuartiges Werkzeug, dessen Einsatz in Museen noch kaum erprobt ist, das eine außergewöhnliche Möglichkeit bietet, Wissen zu vermitteln. Der Museumsbesucher bezieht seine Erkenntnis aus den virtuellen Erlebnissen, sei es in einer antiken Epoche oder an einem weit entfernten Ort.

Die Arbeit gibt einen Einblick über die vielfältigen Anwendungsmöglichkeiten von Virtual Reality in Museen. Am Beginn wird das Museum an sich diskutiert, seine Aufgaben und die Anforderungen, die an ein Museum gestellt werden. Anschließend wird der Begriff Virtual Reality geklärt und Beispiele gebracht, in welchen Bereichen es bereits im Einsatz ist. Es wird in weiterer Folge erläutert, wann sich der Einsatz von Virtual Reality für ein Museumsexponat anbietet und wie ein Exponat zu gestalten ist, um dem Anspruch eines anspruchsvollen Ausstellungsstück gerecht zu werden.

Ein großer Bereich der Arbeit widmet sich den gängigen Ein- und Ausgabegeräten und analysiert, welche Interaktionsgeräte und Ausgabemedien in Museen anwendbar und empfehlenswert sind. Das Museum der Zukunft bildet den Abschluss. Es soll eine Zukunftsvision sein, wie Museen aussehen könnten, und wie sie den Besuch zum anspruchsvollen und wissenswerten Erlebnis für eine möglichst breite Zielgruppe machen können.

# Abstract

Some kinds of new media like websites or catalogues on cd-rom are already well established for delivering information in museums. Virtual Reality, though, is a new tool, which is very rarely used until now, which provides an extraordinary possibility to mediate knowledge. The visitor of a museum can gain his knowledge through the virtual experience in an ancient epoch or a distant location.

This work gives an insight to the versatile applications of Virtual Reality in museums. In the first chapters, the museum with all its tasks and requirements is the center of interest, then the term Virtual Reality itself is explained and examples of present applications are given. Afterwards, the use of VR-exhibits in museums is discussed and basic guidelines how to design a demanding application, using this special kind of media, are shown.

A big part of this work puts its emphasis on the current input- and output-technology. Several interaction-techniques and output-medias are discussed, including their ability to be used in a museum. The „museum of the future“, as the final chapter of this work, presents a vision of the future, how museums could look like in several years and how they can create ambitious exhibits as an adventure for a large target group with a high amount of useful information.



# Kapitel 1

## Einleitung

### 1.1 Motivation

Museen sind längst nicht nur Orte, an denen Altes gesammelt und für Besucher aufbereitet wird. Museen sind Lernstätten. Sie vermitteln Wissen durch ihre gezeigten Exponate, die Informationen werden aufbereitet und einer breiten Publikumsschicht zugänglich gemacht. Als Wissensübermittler können die Exponate selbst, aber auch unterstützende Medien eingesetzt werden.

Der Besucher kann sich mit Hilfe neuer Medien seinen Besuch, im Gegensatz zum Betrachten von Lehrfilmen oder Dokumentationen, individuell nach seinen Bedürfnissen gestalten und seine Informationen nach Belieben zusammenstellen. Der Lernerfolg wird gesteigert durch die Eigenständigkeit, mit der der Besucher sich sein Wissen aneignet. Der Museumsbesuch macht Spaß und ist lehrreich.

Was aber wäre, wenn der Besucher nicht nur Informationen in textueller Form, in auditiver Form durch Kopfhörer oder durch einen Führer erhält, sondern selbst „erleben“ darf; wenn er sich plötzlich in einer anderen Zeit, an einem anderen Ort befände? Wie kann man mehr über eine geschichtliche Epoche erfahren, als selbst einmal dort gewesen zu sein?

Museumsexponate mit Virtual Reality sollen dem Besucher mehr bieten als nur Information, sondern einen Eindruck übermitteln, den Benutzer etwas erleben lassen. Es bietet eine neue Form des Wissenserwerb, die jedoch die herkömmliche (Lesen, Führungen) nie verdrängen wird, sondern perfekt ergänzen kann. Durch diese neue Form des Wissenserwerb kann eine breitere Zielgruppe angesprochen werden. Die Kombination aus klassischen Museumsgütern und Virtual Reality-Exponaten fördert den Realitätsbezug des Gezeigten und bietet die Möglichkeit, Dinge zu zeigen und Sachverhalte zu erklären, die mit „normalen“ Exponaten nicht, oder nur mit Zusatzinformationen durch einen Führer oder einen Katalog, darzustellen sind.

## 1.2 Zielsetzung

Diese Arbeit bietet eine Grundlage zur Konzeption eines VR-Exponats. Neben den Überlegungen wie ein VR-Exponat gestaltet werden sollte und welche Richtlinien es zu beachten gilt, werden Beispiele von bereits existierenden Exponaten und Ideenskizzen präsentiert. Anhand allgemeiner Grundsätze zur Erstellung eines Museumsexponats werden Fragen aufgeworfen, die der Hersteller bereits im Vorfeld klären sollte. In weiterer Folge werden auch Interaktionsgeräte und Ausgabemedien vorgestellt, ihre Vor- und Nachteile für den Museumsbetrieb erläutert und mit Beispielen illustriert.

Anschließend wird das Museum der Zukunft vorgestellt, das nicht nur Virtual Reality-Exponate sondern weitere Medien einsetzt, um den Besuch so interessant und wissenswert wie möglich zu gestalten. Individuelle Navigationsgeräte und Gruppeninteraktions-Terminals sollen den Besuch für eine breite Publikumsmasse attraktiv machen.

## Kapitel 2

# Der Einsatz von neuen Medien in Museen

### 2.1 Anforderungen an ein Museum

Die früheren Hauptaufgaben des Museums waren vor allem das Sammeln, Bewahren und Erforschen.

Sie (die Museen) sammeln und lagern in imposanten Gebäuden kulturelle Güter, die für ein Publikum aufbereitet und zugänglich gemacht werden [22].

Diese Aspekte sind auch heute noch von Bedeutung, jedoch ist eine neue Anforderung ebenso, das lebenslange Lernen zu unterstützen.

Museen sind Datenspeicher, deren Ressourcen sich für die Erschließung durch digitale Technologien anbieten [22].

Ein Museum soll auf jeden Fall Seriosität vermitteln und dem Besucher korrekte Informationen vermitteln. Der neue Weg der Museen besteht darin, dass Menschen ihren Besuch individuell gestalten und ihr Wissen eigenständig aneignen und erweitern können. Individuelles Lernen bedeutet, der Besucher ist von eigenen Interessen gelenkt, er eignet sich das Wissen freiwillig an. Dies ist auch für den nachhaltigen Lernerfolg hilfreich. Der Besucher soll das Museum selbstständig durchwandern können, vor Exponate verweilen oder an ihnen vorbeigehen, wenn sie nicht seinen Interessen entsprechen.

### 2.2 Warum neue Medien in Museen?

Es wird bei Museen grundsätzlich unterschieden zwischen *Kontextmuseen* und *Objektmuseen* [4]. Kontextmuseen sind etwa historische, technische oder

naturkundliche Museen, dessen Exponate nur bedingt für sich selbst sprechen können. Hier bietet sich der Einsatz neuer Medien an. Sie können so komplexe Mechanismen von Maschinen oder Hintergründe erläutern und interaktiv zu bedienen sein.

Ein Beispiel für Objektmuseen sind klassische Kunstmuseen. Die Exponate sprechen für sich selbst, sie können jedoch durch klassische Medien wie einen Ausstellungskatalog oder durch einen Führer unterstützt werden. Aber auch für Objektmuseen bietet sich eine multimediale Unterstützung an. So können die Besucher durch das Tragen der Kopfhörer ihre Informationen beziehen und die Ausstellung individuell erkunden. Im Falle von den Objektmuseen sollen die Medien die Ausstellung unterstützen, aber nicht mit ihr in Konkurrenz stehen. In erster Linie sollen sie Zusatzinformationen bieten, Zusammenhänge erläutern und den Besucher ermuntern, sich mit dem Exponat auseinander zu setzen.

Doch der Einsatz von neuen Medien bringt nicht nur Vorteile. Der Arbeitsaufwand zur Erstellung einer komplexen Installation ist nicht zu unterschätzen. In den meisten Fällen werden externe Firmen, aber auch Hochschulen, zur Realisierung der Exponate zu Rate gezogen, die Finanzierung ist in vielen Fällen teuer und die Systeme brauchen außerdem Wartung und müssen bei Störungen durch Fachpersonal repariert werden. Oft sind dadurch auch die Mitarbeiter der Museen verunsichert [4].

### 2.3 Das Museum der Gegenwart

Viele neue Medien sind in Museen bereits selbstverständlich und oft ist der Einsatz von Multimedia nicht mehr wegzudenken. Angefangen bei Audiosystemen mit Kopfhörern zur akustischen Information über die Exponate, sind CD-Roms als Ergänzung oder Ersatz von Ausstellungskatalogen, Informationsterminals oder Videoleinwände keine Seltenheit mehr. Auch Diavorträge und Filme können die Informationsträger Texttafel oder personeller Führer ergänzen. Zusätzlich zum realen Museum bieten die meisten Museen auch einen Webauftritt im Internet an, der einen Teil der Ressourcen online verfügbar macht.

Neue Medien können aber nicht nur als Informationsträger zur Erläuterung von Hintergrundinformationen oder als digitale Wegweiser und zur Öffentlichkeitsarbeit (wie Museumswebseite oder Ausstellungskatalog auf CD-Rom) eingesetzt werden, sondern auch als Medienkunstwerke.

## 2.4 Virtual Reality in Museen

### 2.4.1 Potentiale

Der nächste Schritt in Richtung interaktiver, individueller Museumsbesuch sind Museumsexponate mit Virtual Reality. Es bedeutet nicht nur Informationsvisualisierung oder rein optisches, akustisches Erlebnis, sondern das Einbeziehen mehrerer Sinne, im Idealfall aller Sinne. Es bedeutet Immersion, Erleben, Interaktion. Virtual Reality bietet Museen die Möglichkeit, den Besuchern ein intensives Bild zu vermitteln, wie die Menschen in früheren Zeiten lebten oder wie wegen Denkmalschutz gesperrte Bauwerke von innen aussehen. Die Besucher können entdecken und interagieren. Sie haben die Möglichkeit Dinge zu bewegen, zu benutzen, einzutauchen in längst vergangene Welten. Der Besucher ist nicht mehr passiver Betrachter, sondern kann aktiv in das Geschehen eingreifen, Objekte anfassen und die virtuelle Welt beeinflussen. Virtual Reality bietet den Menschen die Möglichkeit, über ihre Grenzen hinaus, über ihre Zeit hinaus, Informationen und Eindrücke zu sammeln und bietet so einen sehr hohen Lernwert durch Erleben.

### 2.4.2 Einsatzmöglichkeiten - Ideenskizzen

Für eine Vielzahl von Museen bietet sich der Einsatz von Virtual Reality an. Eine attraktive Anwendungsmöglichkeit wäre eine Zeitreise in eine längst vergangene Zeit. Dies würde eine interessante Applikation für Heimatmuseen darstellen. Die Besucher könnten selbst erleben, wie ihre Vorfahren gelebt haben. Oft sind jedoch solche Museen in alten Bauernhäusern, stillgelegten Mühlen, Burgen oder Schlössern untergebracht. Abgesehen von fehlenden finanziellen Mitteln, würde eine HighTech-VR-Installation den Charakter der urtümlichen Gemäuer zerstören und wären deshalb unpassend.

Museen, die sich auf längst zerstörte oder teilweise zerstörte antike Stätten spezialisiert haben, könnten diese wieder aufleben lassen. Ebenso könnten wegen Denkmalschutz gesperrte Gemäuer der Öffentlichkeit zugänglich gemacht werden. Durch VR bietet sich auch die Möglichkeit, nicht nur regionale Kulturen vorzustellen, sondern die Besucher um den Globus zu schicken, um auch entfernte Kulturkreise kennen zu lernen, ohne dabei das Museum zu verlassen. Freizeitparks hätten die Möglichkeit, ihre Besucher in eine Phantasiewelt eintauchen zu lassen und auch Weltraumflüge wären (zumindest virtuell) nicht mehr nur ausgebildeten Astronauten überlassen. Auch die Erforschung des Mikrokosmos könnte eine Herausforderung darstellen.

### 2.4.3 Der übernächste Schritt: Augmented Reality

Augmented Reality ist eine Technologie, die die virtuelle Welt mit der realen verbindet. Der Benutzer befindet sich in der realen Welt, doch diese wird durch virtuelle Objekte ergänzt (wie in Abbildung 2.1 gezeigt). Die Technologie ist aber noch nicht ausgereift genug, um in Museen eingesetzt zu werden. Jedoch würde sich im Vergleich zu Virtual Reality die Möglichkeit bieten, nicht nur virtuell in eine vergangene Zeit zu reisen, sondern real etwa am Forum Romanum zu wandern mit all seiner Pracht von der römischen Blütezeit. Es wird jedoch noch einige Zeit dauern, bis solche Installationen für ein Museum realisiert werden können.



**Abbildung 2.1:** Augmented Reality: die reale Umgebung wird durch virtuelle Objekte ergänzt.

## 2.5 Besucherakzeptanz

Der Trend geht mehr und mehr dazu über, dass sich die Besucher von Museen mehr Interaktivität wünschen [4].

Besucher erwarten zeitgemäße mediale Präsentationen [22].

Der Wunsch, ein „Original“ zu sehen, ist jedoch noch immer ein Beweggrund für die Menschen, ein Museum zu besuchen, der auch durch neue Medien nicht ersetzt werden kann:

Nicht Abbilder wollen besichtigt werden, sondern Originale, Echtes und Authentisches [22].

Man kann also nicht davon ausgehen, dass Virtual Reality-Exponate in Zukunft klassische Museumsexponate verdrängen werden. Sie können

ergänzend wirken oder es könnte sich eine neue Art von Museum, das virtuelle Museum, entwickeln. Wie die Kopie den Reiz der Ausstellung von Originalen nicht zerstören konnte, wird auch die virtuelle Realität nicht das Verlangen der Menschen zerstören können, etwas Echtes, Reales, zu sehen, ein Kunststück, das tatsächlich vor tausenden von Jahren von Menschenhand gefertigt wurde.

Im Zuge der Cybernarium Days im Januar 2002 präsentierte das Fraunhofer IGD einige seiner Werke, wie weiter unten beschrieben. Anschließend konnten Besucher einen Fragebogen ausfüllen. 184 Personen füllten den Bogen aus, jedoch kann man bei der Umfrage nicht von einem durchschnittlichen Museumsbesucher ausgehen, da die meisten Befragten zwischen 15 und 25 Jahre alt waren, männlich, großteils Schüler oder Studenten, die die neuesten Entwicklungen auf dem Gebiet der Computergrafik sehen wollten. Es handelt sich dabei also um Personen, die den Umgang mit Computern gewohnt sind, da auch mehr als die Hälfte angaben, sie spielen Videospiele und mehr als 90% benutzen das Internet. Daher ist es nicht verwunderlich, dass 86,7% angaben, sie fanden die Exponate verständlich. In einem durchschnittlichen Museum darf man wohl nicht von einer Zielgruppe ausgehen, die gewohnt ist, mit Computern umzugehen, wie die hier befragte. Trotzdem sollen hier die Ergebnisse der Umfrage gezeigt werden<sup>1</sup>:

Gezeigt wurden Exponate wie der Dom von Siena (ein realistischer und eindrucksvoller Nachbau des Doms von Siena), Virtuelles Weltall (virtueller Flug durch das Universum, das Sonnensystem und um die Erde), Virtual Graffiti (Installation, die den Besuchern ermöglicht, mit Spraydosen virtuelle Mauern zu gestalten), Virtuelles Ozeanarium (Nachbau des Ozeanariums der EXPO 98 in Lissabon), Höhlen von Dunhuang (Nachbau von für die Öffentlichkeit nicht zugänglichen Höhlenanlagen in Dunhuang im Südosten Chinas) und viele mehr (siehe Abbildung 2.2).

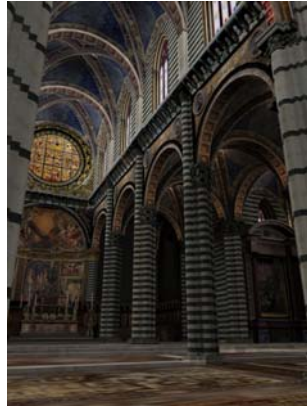
Besonders beliebt bei den Besuchern war Virtual Graffiti, das virtuelle Ozeanarium und der Dom von Siena.

Die meisten Besucher (56,2%) gaben an, es gab genug Möglichkeiten zu interagieren, 28,6% behaupteten, es gab nicht genug Interaktionsmöglichkeiten. Nur etwa 1% der Besucher gab an, sie wollten nicht agieren. Beobachtungen ergaben jedoch, dass nur etwa ein Viertel der Besucher aktiv interagieren will, allen voran die Kinder.

Die interessantesten Themen für die Besucher bildeten Weltraum, Architektur und Medizin. Den Einsatz von VR befinden 70,7% der Befragten im Bereich der Aus- und Weiterbildung für sinnvoll. Als weitere sinnvolle Anwendungsmöglichkeiten wurden industrielle Anwendungen, Computerspiele, Freizeit und Unterhaltung und Forschung genannt. Nur sehr wenige Besucher fanden den Einsatz von VR für Medizin und Kunst für interessant.

---

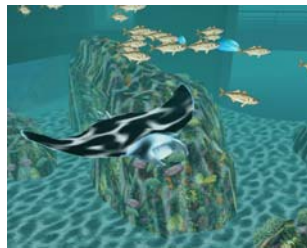
<sup>1</sup>Der Einsatz von Virtual Reality in „herkömmlichen“ Museen ist noch nicht sehr verbreitet, daher liegen in diesem speziellen Bereich noch keine Umfrageergebnisse vor.



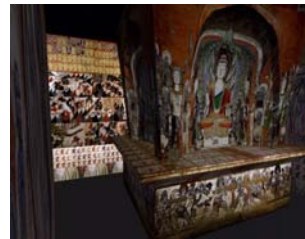
(a)



(b)



(c)



(d)

**Abbildung 2.2:** Cybernarium Days: (a) Der Dom von Siena, (b) Virtual Graffiti, (c) das virtuelle Ozeanarium und (d) die Höhlen von Dunhuang.

Die Gründe für den Besuch der Cybernarium Days waren großteils, weil man „etwas Neues sehen“ wollte. Wenige Besucher kamen wegen bestimmter Exponate (z.B. dem Dom von Siena), viele waren aber speziell im Bereich Computergraphik an Neuerungen interessiert.

Nachzulesen in [15].



# Kapitel 3

## Virtual Reality

### 3.1 Begriffsabgrenzung

Der Begriff „Virtual Reality“ wird selten klar definiert, meist unterscheiden sich die Definitionen von Autor zu Autor. Oft wird auch von „virtuellen Umgebungen“ gesprochen, da die „Realität“ nur bedingt als „real“ wahrgenommen wird. Es ist nicht immer klar, ob ein Objekt als Virtual Reality definiert werden kann. Das Modewort wird fälschlicherweise oft Produkten zugesprochen, die keines, oder nur wenige der Kriterien, die virtuelle Realität ausmachen, erfüllen. Aber auch die Kriterien, die ein Virtual Reality-Produkt erfüllen muss, sind oft mehrdeutig definiert. Einige Definitionen sind nachzulesen in [3] oder [20].

Die nachfolgenden Punkte sind jedoch eindeutige Kriterien, die Virtual Reality beschreiben:

- Virtuelle Umgebungen sind dreidimensionale Präsentations- und Interaktionstechniken.
- Virtuelle Umgebungen zeichnen sich vor allem durch einen hohen Immersionsgrad aus. Der Benutzer fühlt sich als ein Teil der gezeigten Umgebung.
- Eine virtuelle Umgebung sollte außerdem für den Besucher so interaktiv wie möglich sein.
- Virtuelle Umgebungen sollen auf Bewegungen und Aktionen des Benutzers in Echtzeit reagieren.
- Sie sollen jedoch nicht nur den optischen Sinn ansprechen, sondern auch akustische oder haptische Ausgaben liefern. Je mehr Sinne angesprochen werden, desto authentischer wirkt die virtuelle Umgebung.

Der für Virtual Reality wohl wichtigste Punkt ist die Immersion, also das Gefühl, ein Teil der gezeigten Realität, der Umgebung zu sein. Diese

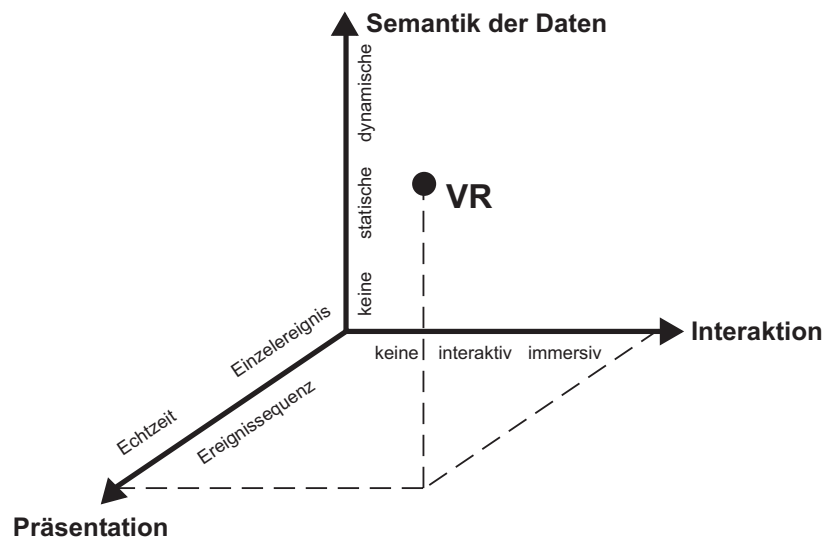
wird unter anderem durch den Interaktionsgrad bestimmt. Je höher der Interaktionsgrad ist, desto immersiver stellt sich die virtuelle Umgebung dem Benutzer.

Ein weiterer wichtiger Punkt ist die Echtzeitdarstellung. Das Gefühl, Teil einer Welt zu sein, verlangt auch, dass auf Veränderungen, wie etwa das Bewegen des Kopfes, sofort reagiert wird. Dreht der Benutzer beispielsweise den Kopf, so muss sofort eine Aktion ausgelöst werden. Ist die Latenzzeit<sup>1</sup> zu groß, so ist der Eindruck der Realität getrübt.

Virtuelle Welten sollten außerdem interaktiv zu erkunden sein. Der Benutzer muss mit seinem Körper, mit seinen Händen, interagieren können. Die Person kann die Welt aktiv beeinflussen, sie kann Gegenstände aufheben, die dargestellten Menschen reagieren auf den virtuellen Charakter. Die Semantik der Daten beschreibt das Verhalten virtueller Objekte. Dynamische Semantik bedeutet, dass die virtuellen Objekte auf den Benutzer reagieren. Jedoch fallen auch Systeme ohne Semantik unter den Begriff VR, man denke nur an die zahlreichen Architektur-Visualisierungen, die ein Hauptanwendungsgebiet der Virtual Reality bilden.

Das in Abbildung 3.1 gezeigte VR-Referenzmodell wird vom Fraunhofer IGD zur Beschreibung des Begriffes „Virtual Reality“ verwendet.

Die ultimative Begriffsdefinition von VR bildet die äußerste Würfelspitze in diesem Diagramm.

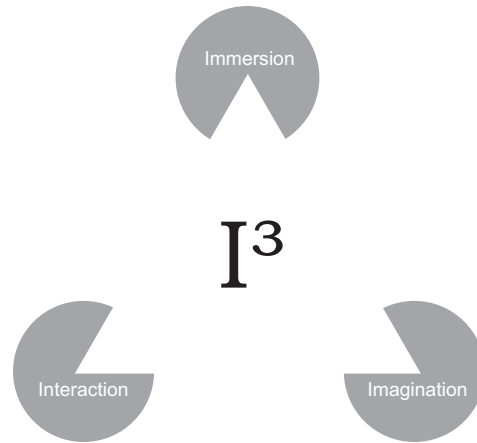


**Abbildung 3.1:** Referenzmodell zur Einordnung des VR-Begriffes.

Virtual Reality bewegt sich weg von bloßen Einzelbildern oder einfachen Bildsequenzen ohne Interaktion zu einer Echtzeitdarstellung, die voll

<sup>1</sup>**Latenzzeit:** die Zeit zwischen Aktion und Reaktion

immersiv ist. VR bildet das Maximum aller Achsen. Ein anderes Modell (Abbildung 3.2) wird in [3] verwendet:



**Abbildung 3.2:** Das VR-Dreieck: Immersion-Interaction-Imagination.

Ideally interactive 3D systems should allow users to interact with synthetic worlds in the same way they interact with the real world, thus making the interaction task more natural and reducing training [20].

## 3.2 Anwendungsgebiete

### 3.2.1 Architektur

Architekturdarstellungen stellten die ersten industriellen VR-Produkte dar. Auch als Mittel zur Visualisierung von Städteplanung (siehe Abbildung 3.3) wird oft Virtual Reality verwendet.



**Abbildung 3.3:** Beispiel für Städteplanung: Frankfurt.

Dies kann zur Präsentation der Modelle angewandt werden, aber auch zur Kontrolle. Für große Bauprojekte bietet es sich an, eine virtuelle Darstellung generieren zu lassen, um den Eindruck des Bauwerkes, das Gefühl beim Durchwandern, zu erleben. Außerdem können bereits im Vorfeld Hindernisse erkannt und Verbesserungsmöglichkeiten geplant werden.

### 3.2.2 Fahrzeugbau

Die Erstellung digitaler Prototypen im Fahrzeugbau stellt eine kostengünstige Alternative zu einer aufwändigen Erstellung realer Prototypen dar. Verschiedene Designvarianten können digital erstellt und von Designern und anderen Fachleuten begutachtet werden. Ein Kriterium ist daher eine möglichst realistische Darstellung, um das Design so gut wie möglich beurteilen zu können. Ebenso können mit einem VR-Modell physikalische Eigenschaften wie die Luftumströmung in einem virtuellen Windkanal getestet werden. Auch Einbau- und Montagesimulationen, wie in Abbildung 3.4 gezeigt, werden in der Automobilbranche bereits eingesetzt.

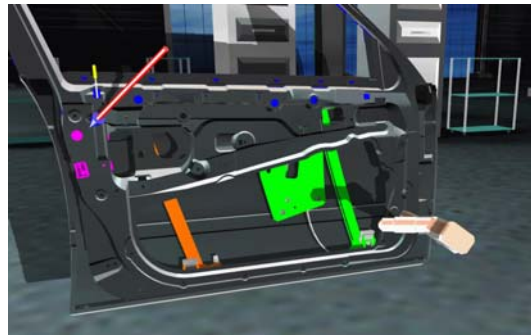


Abbildung 3.4: Einbau- und Montagesimulation im Fahrzeugbau.

### 3.2.3 Medizin

Im Bereich der Medizin bietet Virtual Reality hervorragende Mittel zur Darstellung von dreidimensionalen Modellen (wie in Abbildung 3.5 gezeigt) und damit zur erleichterten Diagnose.

VR kann außerdem zur Operationsunterstützung und zu Schulung und Training dienen.

### 3.2.4 Training und Schulung

Trainingssituationen für Mitarbeiter zu erstellen wird durch den Einsatz von Virtual Reality erheblich erleichtert. Gefährliche Situationen können virtuell simuliert werden, der Mitarbeiter wird dabei nicht in Gefahr gebracht. Ein Beispiel für ein Trainingsmodell („SAVE“) wird in [10] vorgestellt. Das

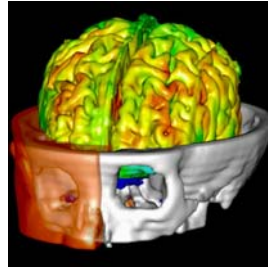


Abbildung 3.5: 3D-Modell für die Medizin.

wohl bekannteste Beispiel für VR-Trainingssimulationen sind Flugsimulatoren. Hier ist der Einsatz von VR bereits selbstverständlich und hat sich bewährt.

Auch Arbeiten in gefährlichen Umgebungen könnten in Zukunft virtuell ausgeführt werden, was das Unfallsrisiko am Arbeitsplatz erheblich senken könnte.

### 3.2.5 Edutainment

Edutainment ist die Verbindung von Education und Entertainment, also aus Lernen und Unterhaltung. VR ist ein interessantes Mittel, um das Lernen immer mehr mit Unterhaltung zu verbinden und auch umgekehrt, Unterhaltung immer lehrreicher zu gestalten.



Abbildung 3.6: Disney's Pirates of the Carribean [14].

Im Bereich Unterhaltung nimmt Disney eine Vorreiterrolle ein. Mit seinem „DisneyQuest Indoor Interactive Theme Park“ bietet Disney seinen Besuchern eine komplexe und eindrucksvolle virtuelle Welt mit aufwändiger Technologie [5], [14]. Hier können Besucher auf einem fliegenden Teppich eine Phantasiewelt erkunden oder gegen virtuelle Comic-Helden kämpfen. Besondere Beliebtheit findet die VR-Installation „Pirates of the Carribean“

in der die Menschen in einem „Boot“ gemeinsam gegen Piratenschiffe kämpfen können (Abbildung 3.6).

Ein besonderes Augenmerk bei der Konzeption des Themenpark-Exponats wurde auf die Gruppeninteraktion gelegt. Die Besucher sind gefordert, gemeinsam gegen mehrere Gegner zu kämpfen, je besser das Zusammenspiel zwischen den Mitspielern funktioniert, desto erfolgreicher ist das Unternehmen. Dabei bekommt ein Besucher die Rolle des Kapitäns am Steuerrad des Bootes, die anderen Spieler verteilen sich auf die Kanonen, um andere Schiffe zu versenken. Die Umgebung wird durch Projektionsleinwände um das Boot herum gezeigt.

## Kapitel 4

# Vorüberlegungen zum Einsatz von VR in Museen

Bevor man ein VR-Exponat plant, sollte man abwägen, ob es überhaupt „nötig“ ist, das Exponat mittels Virtual Reality zu realisieren. Schließlich sollte das Hauptaugenmerk bei der Gestaltung eines Exponats nicht auf der verwendeten Technik und auf spektakulären technischen Errungenschaften liegen, sondern am Inhalt und den Wert für den Besucher. Der Einsatz von Virtual Reality bietet sich genau dann an, wenn „herkömmliche“ Mittel dem Besucher nicht diesen Eindruck und das Wissen vermitteln können, wie es ein VR-Exponat könnte. Sollen lange Texte dargestellt werden, so ist auf Virtual Reality zu verzichten. Ebenso sollte man auf andere Medien zurückgreifen, wenn hauptsächlich zweidimensionale Daten, wie Bilder dargestellt werden. Auch wenn das Wissen über Videosequenzen und Animationen vermittelt werden kann, ist es sicher einfacher und angebrachter, eine Videoleinwand oder ein gängiges Informationsterminal zu errichten. Der Einsatz von Virtual Reality wird jedoch an dem Punkt interessant, wo es dreidimensionale Räume zu erkunden gibt. Sobald der Benutzer mehr tun kann, als bloß textuelle Informationen zu laden oder verschiedene Filmsequenzen oder Bilder zu selektieren, ist Virtual Reality das richtige Werkzeug. So müssen dreidimensionale Welten, die Audiogestaltung und eventuell auch taktilen bzw. haptisches Feedback (siehe Kapitel 5.2) für das Exponat gestaltet werden.

Die Disziplin der Museumsdidaktik<sup>1</sup> ersucht, vor der Erstellung des Exponats folgende Fragen aufzuwerfen und in die Planung unter anderem einfließen zu lassen (nach [16]):

- Welche Zielgruppe soll mit dem Exponat angesprochen werden?
- Wie kann das Wissen übermittelt werden?

---

<sup>1</sup>**Museumsdidaktik:** hat die konzeptionelle Arbeit an Ausstellungen zur Aufgabe

- Mit welchem Ziel soll Wissen vermittelt werden?

Der Hersteller eines VR-Exponats muss, in Zusammenarbeit mit Experten, recherchieren und abschätzen, welche Inhalte gezeigt werden sollen und welche nicht für notwendig empfunden werden. Der Informationsgehalt muss so komprimiert werden, dass das Exponat zwar informativ, aber trotzdem noch übersichtlich zu steuern ist.

Die Inhalte sollten mit Mitarbeitern und Unbeteiligten diskutiert werden. Je mehr Meinungen und Wünsche gesammelt werden, desto eher kann sich der Hersteller ein Bild machen, welche Inhalte in welcher Präsentationsform erwartet werden. Auch während der Produktion ist es wichtig, Unbeteiligte probieren zu lassen und deren Verbesserungsvorschläge und Kritiken bei der Implementierung zu berücksichtigen. Dies ist auch in Bezug auf die Usability ein wichtiges Kriterium.

#### 4.1 Zielgruppe für das Exponat

Das Problem bei Museen ist, dass für gewöhnlich ein sehr breit gefächertes Publikum die Exponate benutzt. Dies reicht von Familien mit kleinen Kindern über Studenten zu Senioren (siehe Abbildung 4.1). Es sollte bei der Planung bereits darauf Rücksicht genommen werden, dass viele dieser Besucher keinen Bezug zu Computer oder gar zu Virtual Reality haben und eventuell beim Umgang mit dem Exponat erhebliche Schwierigkeiten haben. Außerdem müssen die Inhalte der Zielgruppe gerecht angepasst werden. Dies beinhaltet die fachgerechte Aufarbeitung mit Vermeidung von Fremdwörtern oder wissenschaftlichen Ausdrücken und eine intuitive Navigation.



**Abbildung 4.1:** Breit gefächertes Publikum vor einem VR-Exponat.

Es ist also zu empfehlen, möglichst einfache Interaktionsgeräte zu verwenden, wenn möglich Dinge aus dem alltäglichen Gebrauch (wie in Kapitel 5.1 vorgestellt) oder Geräte, mit denen eine Großzahl der Besucher



auch außerhalb des Museums konfrontiert sein könnte (wie etwa Maus und Tastatur oder Touchscreen). Buttons und Texte müssen gut lesbar und verständlich sein. Dem Besucher sollte die Angst genommen werden, etwas Neuartiges auszuprobieren, sondern er sollte das Exponat so selbstverständlich benutzen können, wie er eine Wandtafel liest.

Im besten Fall wird der Inhalt des Exponats dynamisch an die anwesenden Personen angepasst. Viele Museen planen bereits PDAs oder ähnliche Systeme für die Registrierung der Benutzer und zur Navigation durch das Museum zu verwenden und jedem Benutzer ein Profil zuzuweisen (z.B. Sprache, Alter, Bildungsstand). So wäre es möglich, für Kinder ein anderes Programm anzubieten als für Studenten oder Senioren. Eventuell kann der Benutzer dann noch selbst nach Belieben aussuchen, welche und wie viel Information er sehen will. Dies könnte im einfachsten Fall die Möglichkeit sein, eine textuelle Information ein- oder auszublenden.

## 4.2 Wie das Wissen übermittelt wird

Dieser Punkt beinhaltet die Entscheidung über die verschiedenen Interaktions- und Navigationstechniken und auch der Ausgabemedien. Diese werden im Kapitel 5 näher untersucht.

Die Wissensübermittlung kann einerseits durch Medien wie die 3D-Szene selbst, Texte, Bilder oder Filme passieren, andererseits aber auch durch Aktionen wie Simulationen von komplexen Zusammenhängen oder durch Verhalten der Objekte in der virtuellen Welt. Ein Zuseher bei virtuellen „Brot und Spielen“ im antiken Rom bezieht sein Wissen aus dem Gesehenen, aus der Szene selbst. Ein virtueller Sprachkurs, der die Sprache durch Alltagsszenen lehrt (z.B. Einkaufsszenen, Gespräche mit Einheimischen), vermittelt seinen Teilnehmern das Wissen durch die virtuellen Avatare und die teilnehmenden Sprachlehrer; die 3D-Szene bietet nur einen Rahmen.

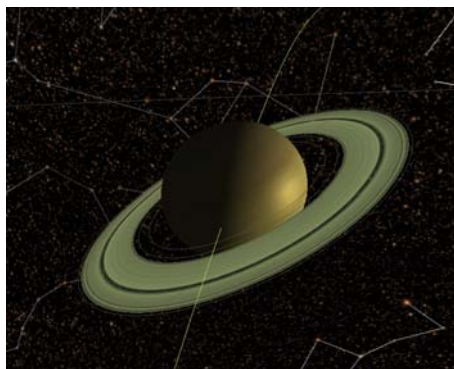


Abbildung 4.2: Der virtuelle Weltraum.

Eine Multiuser-Anwendung mit einem Spiel könnte das Exponat auf-

lockern, die Teilnehmer noch mehr mitreißen und den Lerneffekt steigern. So verwendet der in 4.2 gezeigte „virtuelle Weltraum“ 3 Touchscreens zur Interaktion, während jeder Benutzer eine eigene Rolle bekommt (z.B. Commander, Navigator...). Gemeinsam müssen sie die Monde der Planeten feststellen und zuordnen (beschrieben in [11]). Die Wissensvermittlung passiert hier durch das Spiel, aber auch durch das Beobachten wie die Monde um die Planeten kreisen.

Im virtuellen Dom von Siena erzählt der Reiseführer Luigi dem Benutzer interessante Details über den Dom. Will der Benutzer sich im Dom woanders hinbewegen, so wird er von Luigi an die gewünschte Stelle geführt und bekommt anschließend wieder Informationen (wie in Abbildung 4.3 gezeigt). Dieses System funktioniert allerdings nur sprachabhängig. Würde das Exponat vor einem mehrsprachigen Publikum gezeigt werden, so müsste ein alternatives Konzept überlegt werden (Kopfhörer statt Lautsprechersystem oder komplettes Ersetzen der auditiven Information).



**Abbildung 4.3:** Luigi, der virtuelle Reiseführer, führt die Besucher zu interessanten Standorten.

Im Dom von Siena wird dem Besucher das Wissen durch den virtuellen Reiseführer vermittelt.

### 4.3 Mit welchem Ziel das Wissen übermittelt wird

Soll das Exponat unterhaltsam oder eher lehrreich sein? Auch hier muss auf die Zielgruppe geachtet werden. Auf jeden Fall sollte man nicht zu viel Information in einem Virtual Reality-Exponat vermitteln. Es würde zu viel Zeit in Anspruch nehmen, die gesamte Information zu rezipieren. Für de-

taillierte Informationen ist eine Wandtafel oder ein Ausstellungskatalog zu bevorzugen. Viel wichtiger ist es, durch eine Virtual Reality-Applikation Wissen durch Erleben zu vermitteln. Die Information sollte nicht primär textbasiert oder durch sprachliche Ausgabe, jedoch aber durch das Erleben selbst vermittelt werden. Ein Beispiel dafür wäre ein Schüler, der an einer virtuellen Senatssitzung im alten Rom teilnimmt. Er bekommt so Informationen darüber, wie viele Teilnehmer diese Versammlung hatte, wie sie gekleidet waren und welche Themen behandelt wurden.

Virtual Reality soll eine aufregende und lustige Alternative zum textuellen und auditiven Wissenserwerb darstellen. Das Ziel ist es, Wissen zu vermitteln, wo andere Medien Situationen und Sachverhalte nicht so einfach und intuitiv darstellen können.

#### 4.4 Anforderungen an ein VR-Exponat

Für VR-Exponate gibt es einige wichtige Punkte, die im Zuge der Planung zu beachten sind:

- **Die Technik soll nicht Hauptbestandteil des Exponates sein, sondern der Inhalt.**

Das Exponat soll nicht beeindrucken, sondern informieren und zur Wissensaneignung der Besucher dienen. Die Besucher sollen in eine Welt eintauchen, und nicht das Gefühl haben, dass sie dabei eine komplexe technische Installation verwenden.

Die computergenerierten Bilder und Umgebungen sind nicht materiell vorhanden, und die Simulation ist umso erfolgreicher, je weniger die Rezipienten sich dessen bewusst sind. [22].

- **Die Kosten müssen sich in einem für das Museum tragbaren Rahmen bewegen.**

Oft haben Museen nur ein begrenztes Budget, so dass eine aufwändige VR-Installation nicht erschwinglich ist. Die Kosten für die VR-Hardware ist in den letzten Jahren jedoch enorm gesunken, wodurch auch kleinere Museen den Einsatz von Virtual Reality überdenken könnten. Wichtig ist es, einen Kompromiss zwischen Qualität und Kosten zu finden.

- **Das Exponat darf den Charakter des Museums nicht zerstören.**

Eine VR-Installation in einer urtümlichen Burg oder in einem urigen Bauernhaus zerstört wohl die Atmosphäre, die den Besucher wahrscheinlich mehr beeindruckt und mitreißt, als ein VR-Exponat.

- **Das System muss in Echtzeit funktionieren.**

Zu lange Latenzzeiten können verwirrend sein und zerstören den immersiven Eindruck. In Kapitel 3 wurde bereits darauf hingewiesen, dass es ein Grundkriterium von Virtual Reality ist, dass das System in Echtzeit funktionieren muss. Sollte es jedoch trotzdem zu Ladezeiten kommen, so ist der Benutzer über etwa eine visuelle Ausgabe darüber zu informieren.

- **Es muss Information und Hilfe zum Exponat verfügbar sein.**

Im einfachsten Fall wird kurz erklärt, wie der Benutzer interagieren kann und welche Informationen er auf welche Weise beschaffen kann. Eventuell kann eine vertiefende Hilfe mehr Informationen für spezielle Probleme bieten. Für Virtual Environments ist es außerdem vorteilhaft, eine Intro-Animation zu erstellen, die dem Benutzer eine kurze Einleitung gibt, in welcher Zeit er sich befindet und was im Exponat eigentlich gezeigt wird. Das Intro sollte jedoch so geschaffen sein, dass auch Benutzer, die neu hinzugekommen sind, die Inhalte verstehen können, ohne das Intro zu sehen. Die Punkte Hilfe und Intro sollte man jederzeit aufrufen und überspringen bzw. wieder verlassen können.

- **Die Bedienung des Exponates sollte so intuitiv sein, dass die Besucher das Exponat sofort verwenden können.**

Im besten Falle ist es gar nicht nötig, sich um den oben genannten Punkt kümmern zu müssen, denn der Benutzer sollte im Idealfall das Exponat sofort verstehen, ohne vorher lange probieren oder ein Handbuch lesen zu müssen. Es muss aber, wegen der breiten Zielgruppe, davon ausgegangen werden, dass nicht nur Menschen, die tagtäglich mit neuen Medien und Computern zu tun haben, das Exponat bedienen, sondern auch Computerlaien. Im folgenden Abschnitt (5.1) werden verschiedene Interaktionsmedien vorgestellt und auch spezielle Beispiele mit ihren Vor- und Nachteilen.

- **Der Ablauf des Exponates sollte nicht linear sein.**

Der Besucher soll sich frei seine Themen aussuchen und Informationen laden können. Anders als bei einem Film, kann der Benutzer den Ablauf beeinflussen, interagieren und sich seine Informationen nach seinen Bedürfnissen zusammensuchen.

Manchmal ist es jedoch wünschenswert, dass dem Benutzer nicht zu jeder Zeit alle Informationen zur Verfügung stehen, sondern nur ausgewählte, um den Besucher gezielt zu den „Höhepunkten“ im Exponat zu leiten. Im virtuellen Dom von Siena beginnen die Besucher ihre Reise außerhalb des Doms, sobald sie aber den Dom betreten haben,

können sie nicht mehr zurück nach draußen. Durch eingeschränkte Selektionsmöglichkeit der Standpunkte im Dom, können die Benutzer gezielt zu den interessanten Standorten geleitet werden.

Grundsätzlich ist es sehr schwer, mit Virtual Reality eine Geschichte vorzugeben, da der Benutzer in seiner Entscheidungsfreiheit nicht eingeschränkt sein sollte. Andererseits kann ein monotones Wiederholen einiger VR-Sequenzen langweilig und ermüdend wirken, da kein Zusammenhang erkannt werden kann. Digital Storytelling (auch Immersive Storytelling genannt) versucht, Rahmenhandlungen zu schaffen, die dem Besucher ermöglichen, das VR-Exponat in einem Kontext zu sehen, ohne dabei einen fixen Ablauf vorzugeben.

- **Eine Einheit sollte einen gewissen Zeitrahmen nie übertreten.**

Die Informationseinheiten sollten möglichst kurz sein. Der User soll genug Zeit haben, um sich umzusehen und Informationen zu sammeln, soll sich jedoch nicht zu lange am Exponat aufhalten, um auch anderen Leuten die Benutzung zu ermöglichen. Als Richtwert wird in [16] 2 – 3 Minuten für eine Informationseinheit und 10 – 15 Minuten für die durchschnittliche Verweildauer der Besucher vor dem Exponat angegeben. Letztendlich hängt die Dauer der Informationseinheiten vom gezeigten Inhalt und von den Ausstellungsräumlichkeiten ab. Ideal wäre ein System, das feststellt, wie viele Personen sich vor dem Exponat befinden und die Dauer der Einheiten dynamisch anpasst.

- **Es muss eine „Zeitbehandlung“ erstellt werden.**

Das System muss feststellen können, ob ein Benutzer interagiert oder nicht. In weiterer Folge muss der Entwickler folgende Punkte beachten: Was passiert, wenn längere Zeit nicht interagiert wurde? Es ist wichtig, den Leuten mitzuteilen, dass sie interagieren können und sie aufzufordern, das Exponat aktiv zu benutzen (z.B. ein Bildschirm-schoner bei einem Touchscreen). Was passiert, wenn nach langer Zeit ein Benutzer wieder das Exponat benutzen will? Falls es ein Intro gibt, so sollte der User auf jeden Fall vor die Wahl gestellt werden, ob er vom aktuellen Zustand des Systems fortfahren, oder lieber das Intro starten möchte. Geht man davon aus, dass eine Menge von Zuschauern die VR-Installation über einen bestimmten Zeitraum hinweg passiv beobachtet hat, ohne zu interagieren, so wünscht die Gruppe vielleicht ohne Unterbrechung fortzufahren, wenn ein Gruppenmitglied die „Steuerung“ übernimmt. Kommt jedoch ein Besucher neu hinzu, so will er vielleicht wissen, worum es geht, und wie er interagieren kann. Somit hat er die Möglichkeit, mit dem Intro zu beginnen.

Abbildung 4.4 zeigt ein Beispiel für den Zeitablauf eines VR-Exponates. Als Beispielsexponat wurde eine Projektionsleinwand mit Touchscreen-

Oberfläche gewählt. Es wird unterschieden zwischen dem Status „User active“, also der Benutzer ist am Exponat und bedient es und der Benutzer ist nicht am Exponat, also inaktiv. Weiters wurde eine Unterscheidung getroffen zwischen „VR Running“, das VR-System läuft, „VR active“, das VR-System wird aktiv vom Benutzer angesteuert und dem inaktiven Zustand des VR-Systems. Als Startpunkt wird ein Willkommen-Screen gezeigt („Startscreen“), der den Benutzer in allen verfügbaren Sprachen auffordert, entweder das Intro zu starten, oder an dem Zeitpunkt fortzusetzen, an dem sich das VR-System gerade befindet (da der Startscreen im Bereich „VR Running“ ist, laufen die VR-Sequenzen ohne Interaktion an der Projektionsleinwand weiter, wenn kein Benutzer interagiert). Wählt der Benutzer das Intro, so wird der Zustand „VR Running“ verlassen und erst mit Beendigung des Intros wieder gestartet. Im Bereich „VR active“ kann der Benutzer beliebig interagieren, Informationen laden, die Hilfe ansehen und seine Sprache auswählen. Wird eine bestimmte Zeit nicht interagiert, so fällt das System in einen Timeout-Modus (z.B. einen Bildschirm-schoner, der in allen verfügbaren Sprachen auffordert, das Exponat zu benutzen).

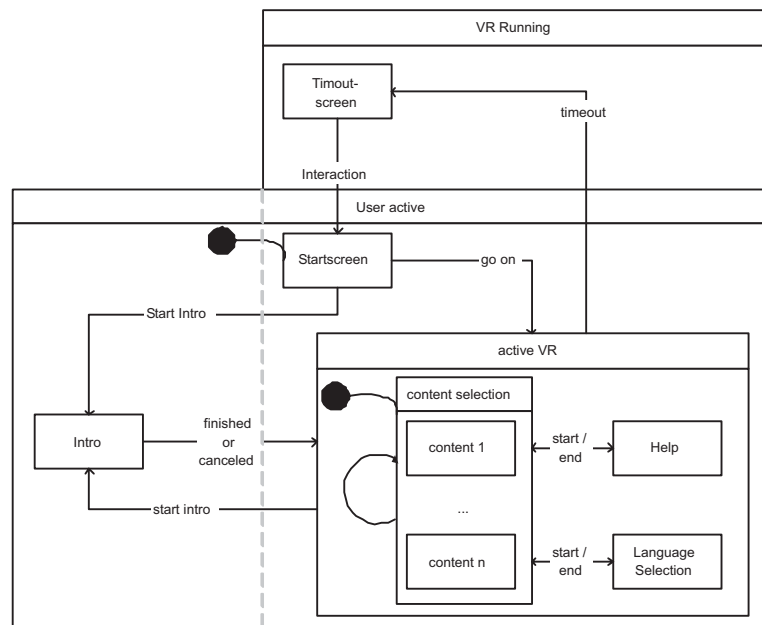


Abbildung 4.4: Ein möglicher Zeitablauf für ein VR-Exponat.

- **Das Exponat soll in mehreren Sprachen verfügbar sein.**

In großen Museen ist es vorteilhaft, nicht nur eine Sprache, sondern mehrere anzubieten. Menüpunkte und Informationseinheiten müssen

daher immer an die jeweilige Sprache angepasst werden. Die Sprachenauswahl sollte immer zugänglich sein und am besten durch eine Flagge symbolisiert werden, was international verständlich ist. Bei Audiosequenzen ist ebenfalls darauf zu achten: Kann nur eine Person das Exponat benutzen, so können die Audiodaten einfach vertauscht werden, können mehrere Personen an der virtuellen Welt teilnehmen, so sollte die Audioausgabe sprachunabhängig funktionieren (nur Hintergrundgeräusche, aber keine Informationsvermittlung über die Sprache) oder es wird im gesamten Museum ein Audioguide-System verwendet, das eine individuelle Sprachausgabe ermöglicht.

- **Die Interaktion sollte funktionieren, ohne den Blick vom Geschehen abwenden zu müssen.**

Dieses Problem könnte sich bei der Verwendung von Touchscreens als Navigationseinheit und einer Projektionsleinwand als Ausgabemedium stellen. Der Benutzer muss auf den Touchscreen blicken, um ein Thema oder eine Szene zu laden, blickt dann wieder auf die Projektionsleinwand. Das immersive Gefühl ist damit gestört. Oft ist die Navigation jedoch so komplex, dass sie mit einem Standardeingabegerät wie Joystick oder Trackball nicht zu bewältigen ist.

Jedoch auch beim Einsatz von einfacheren Interaktionsgeräten ist nicht garantiert, dass der Benutzer der Installationen ungeteilte Aufmerksamkeit schenkt. Wenn die Bedienung nicht intuitiv ist, oder vielleicht Knöpfe zu drücken sind, so muss er auch hier nachsehen, wie das Gerät zu bedienen ist.

- **Das Exponat soll auch für die Benutzer, die nicht interagieren können, interessant und verständlich sein.**

Dieser Punkt trifft jedoch nicht für alle Exponate zu, da Installationen, die sich Head Mounted Displays (siehe Kapitel 5.2) bedienen, ohnehin nur von den Personen wahrgenommen werden, die die Geräte tragen. Anders ist es für Installationen mit großen Projektionswänden oder tischbasierten Ausgabegeräten. Das Exponat sollte einerseits für den Benutzer, der die Steuerung übernimmt, interessant sein, aber auch umstehende Leute müssen die Möglichkeit haben, in die Welt einzutauchen und Informationen zu bekommen. Dabei muss auch gewährleistet sein, dass die Navigationsschritte, die der aktive User vornimmt, nachvollzogen werden können. Wählt der Benutzer etwa eine andere Informationseinheit, so sollte eine kurze Animationsszene oder ein Startscreen geladen werden, um auch den umstehenden Leuten mitzuteilen, dass ein neues Thema ausgewählt wurde und sich die dargestellte Szene verändern wird. Gibt es in der dargestellten VR-Szene fixe Standpunkte, zwischen denen der Benutzer wechseln kann,

so ist es angebracht, eine Animationssequenz einzubauen, die das „Hinbewegen“ zu diesem Punkt simuliert, um die zusehenden Leute nicht zu verwirren.

Im virtuellen Dom von Siena kann der Benutzer seine Standorte über eine Karte auswählen. Ändert er seinen Standpunkt, so wird eine fixe Animationssequenz geladen, die den Benutzer vom aktuellen Standpunkt zum gewählten führt. Luigi, der virtuelle Reiseführer (siehe Abbildung 4.5), gibt dabei den Weg an und erklärt am Ziel, wo man sich nun befindet.



Abbildung 4.5: Luigi, der virtuelle Reiseführer.

- **Das Exponat sollte bei den Besuchern keine Schwindelgefühle hervorrufen.**

Die sogenannte „Simulator Sickness“ mit Symptomen wie Übelkeit und Schwindelgefühlen kann nicht ganz vermieden werden. Die Ursache vermutet man in der fehlenden realen Bewegung. Die unterschiedlichen Eindrücke der verschiedenen Sinne erzeugt dann das Unwohlsein. Die Stärke der Ausprägung hängt vom Benutzer ab, kann aber auch durch schlechte Implementierung entstehen. Gründe sind etwa eine inkorrekte stereoskopische Darstellung (siehe Kapitel 5.2), fehlerhaftes Positions-Tracking (siehe Kapitel 5.1) oder zu lange Latenzzeiten. Durch eine korrekte Implementierung kann der Effekt vermindert werden. Ebenso sind atemberaubende Kamerafahrten zu Gunsten der Besucher zu vermeiden.

Mehr Informationen sind nachzulesen in [17].



# Kapitel 5

## Analyse von Ein- und Ausgabegeräten

### 5.1 Interaktion

#### 5.1.1 Grundlagen

Als eine der 3 Säulen der virtuellen Realität (beschrieben in Kapitel 3, nach [3]), muss ein besonderes Augenmerk auf die Interaktion gesetzt werden. Je mehr Interaktion möglich ist, desto interessanter wird das Exponat für den Besucher und desto mehr wird das Exponat seinem Anspruch auf Virtual Reality gerecht. Jedoch wird mit einem steigenden Interaktionsgrad auch die Realisierung der Navigation zunehmend schwieriger. Zwar gibt es Geräte zur Interaktion, die speziell für Virtual Reality entworfen wurden und weit mehr Freiheitsgrade als eine normale Computermaus haben, jedoch reichen auch diese oft nicht aus oder können wegen fehlender Geldmittel nicht finanziert werden. Sobald der User mehr Freiheiten hat als das bloße Durchwandern einer virtuellen Umgebung, so stoßen fast alle Eingabegeräte an ihre Grenzen.

#### Interaction Tasks

Als Interaction Task bezeichnet man eine Eingabe einer Informationseinheit, die für die Applikation von Bedeutung ist. In [9] wird zwischen Basic Interaction Tasks (BIT) und Composite Interaction Tasks (CIT) unterschieden. Die Basic Interaction Tasks sind:

- The Position Interaction Task (Positionsangabe bzw. -änderung)
- The Selection Interaction Task (Selektion eines Elements)
- The Text Interaction Task (Texteingabe)

- The Quantify Interaction Task (numerische Eingabe innerhalb eines Minimum- und Maximumwertes)

Composite Interaction Tasks basieren auf den Basic Interaction Tasks und setzen sich aus diesen zusammen:

- Dialogue Boxes (ermöglicht mehrere Informationseinheiten anzuwählen)
- Construction (zum Erzeugen von Objekten mit 2 oder mehr Punkten wie etwa eine Linie, z.B. Rubberband-Technique)
- Dynamic Manipulation (Translation, Rotation und Skalierung eines Objektes oder von Punkten eines Objektes)

Interaction Techniques sind Eingabegeräte, um einen oder mehrere der oben angeführten Tasks auszuführen (z.B. eine Maus kann für den Task Position und Selection verwendet werden). Für einen Task gibt es meist mehrere mögliche Eingabegeräte.

Für die Gestaltung von Museumsexponate mit Virtual Reality werden selten Eingabegeräte benötigt, die alle Interaction Tasks bewältigen können. Von Bedeutung ist aber auf jeden Fall der Position Interaction Task (Durchwandern der Szene), eventuell noch Selection Interaction Task (zum Selektieren der Objekte in der Szene) und Dynamic Manipulation (um die selektierten Objekte zu manipulieren).

### **Navigation im dreidimensionalen Raum**

Ein Objekt im dreidimensionalen Raum hat grundsätzlich 6 Freiheitsgrade (Degrees of Freedom): 3 Translationen und 3 Rotationen (Abbildung 5.1). Durch spezielle Eingabegeräte können diese 6 Freiheitsgrade direkt angesprochen werden. Sollen zusätzlich noch Fingerstellung oder Körperstellung ermittelt werden, so stoßen auch spezielle VR-Eingabegeräte wie die Space-mouse an ihre Grenzen.

In den meisten Fällen ist es nicht nötig, dem Benutzer 6 Freiheitsgrade zuzusprechen. Durchwandert der Besucher zum Beispiel ein Gebäude, so reichen meist zwei bis drei Freiheitsgrade aus. Er muss sich nur entlang der x- und der z-Achse bewegen können, die Rotation um die y-Achse kann aus der Bewegungsrichtung ermittelt werden oder das Eingabegerät weist einen dritten Freiheitsgrad auf. Oft genügt auch nur eine Rotation um die y-Achse, um eine Kopfbewegung zu simulieren. In diesem Fall wäre der Benutzer jedoch schon weit eingeschränkt, der Interaktionsgrad wäre weitaus geringer.

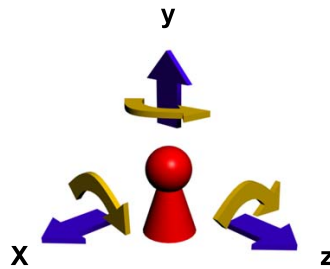


Abbildung 5.1: Die 6 Freiheitsgrade eines Objektes im dreidimensionalen Raum.

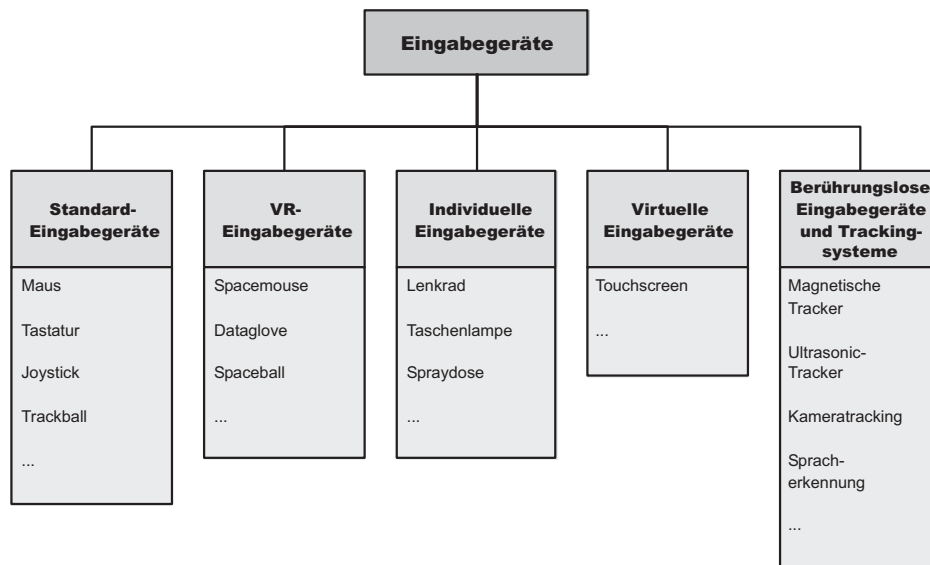


Abbildung 5.2: Einteilung der Eingabegeräte.

### 5.1.2 Interaktionsgeräte

#### Standard-Eingabegeräte

Für VR-Anwendungen werden selten Standard-Eingabegeräte wie Computermaus oder Tastatur verwendet. Die Vorteile der Verwendung dieser Geräte, oder auch von Joystick oder Trackball, wäre, dass der Benutzer, für gewöhnlich, den Umgang mit den Geräten gewohnt ist. Jedoch sind die Freiheitsgrade meist beschränkt und außerdem wird dem Museumsbesucher das Gefühl übermittelt, er benutze einen Computer, was bei VR-Applikationen vermieden werden sollte.

Für Museen bieten diese Standard-Eingabegeräte jedoch eine kostengünstige und einfache Alternative. Die Bedienung eines Trackballs erfordert

nicht viel Übung und Aufmerksamkeit und ist für viele Anwendungen sehr gut geeignet. Kann der User etwa die Szene nur durchwandern, ohne in irgendeiner anderen Art interagieren zu können, so ist die Benutzung eines Trackballs wahrscheinlich die durchaus einfachste und robusteste Lösung.

### VR-Eingabegeräte

Speziell für VR entwickelte Eingabegeräte bieten weit mehr Freiheitsgrade. Ähnlich einem normalen Joystick ist die Spacemouse (wie in Abbildung 5.3 gezeigt). Sie weist 6 Freiheitsgrade auf, sie kann also in alle Richtungen transliert und rotiert werden. Zusätzlich bietet sie noch eine bestimmte Anzahl frei belegbarer Zusatztasten. Die Benutzung der Spacemouse ist jedoch nicht einfach und erfordert selbst für einen Menschen, der regelmäßig mit Computern arbeitet oder Spiele mit Joysticks spielt, relativ viel Übung. Deshalb bietet sich der Einsatz dieses Eingabegerätes für ein Museum nicht an. Ein ähnliches System ist der Spaceball, oder auch „Dimension6 trackball“ genannt (siehe [3]). Ein weiteres nennenswertes Produkt ist die 3D-Maus, deren Position durch Tracker bestimmt wird.



Abbildung 5.3: Spacemouse.

Ein weiteres typisches VR-Eingabegerät ist der Datenhandschuh. Es ist wohl die natürlichste Form, in einer virtuellen Welt zu interagieren. Mit gewöhnlichen Handbewegungen ist es möglich, Dinge anzufassen oder durch festgelegte Gesten Aktionen hervorzurufen. Der Datenhandschuh stellt durch eine Vielzahl von Sensoren die Position der Hand und die Stellung der Finger fest, was das Gerät ziemlich teuer macht. Für einfache Anwendungen wird daher meist auf andere Eingabemedien zurückgegriffen. Außerdem müssen Datenhandschuhe auf den Benutzer kalibriert werden, um exakt zu funktionieren, und manche Besucher haben auch hygienische Bedenken beim Benutzen eines Handschuhs [16].

### Individuelle Interaktionsgeräte

Bewegt man sich weg von den klassischen Eingabegeräten, so bieten sich weitere Interaktionsmöglichkeiten durch individuelle Interaktionsgeräte. So könnte man ein virtuelles Auto mit einem realen Lenkrad steuern oder eine virtuelle Höhle mit einer realen Taschenlampe mit virtueller Funktion steuern. Ein Beispiel für diese Funktion ist die Virtual Reality-Applikation für das Cultural Heritage-Projekt „Höhlen von Dunhuang“. Die Besucher

können mit der Taschenlampe die Szene virtuell ausleuchten und so die Höhlen betrachten, als würden sie sie selbst erkunden (siehe Abbildung 5.4). Die Interaktion mit der Taschenlampe wurde von den Besuchern ohne Probleme sofort verstanden. Der Vorteil bei diesen Interaktionsgeräten ist, dass der Besucher den Umgang mit alltäglichen Gegenständen gewohnt ist, und nicht erst deren Bedienung erlernen muss. Ebenso steigt für den Benutzer der Immersionsgrad, da er nicht das Gefühl hat, einen Computer zu bedienen. Die Implementierung der Interaktion stellt sich in weiterer Folge jedoch als schwieriger heraus, weil keine standardisierten Geräte verwendet werden.



**Abbildung 5.4:** Taschenlampe zum Ausleuchten einer virtuellen Szene.

Auch kann man als Eingabegeräte „alltägliche“ Gegenstände zweckentfremden, wie etwa [20] meint, ein MIDI-Keyboard wäre ein ideales VR-Gerät, da es eine gute Möglichkeit bietet, vieldimensionale Daten zeitgleich einzugeben. Auch eine Fernseh-Fernbedienung könnte ein interessantes Interaktionsmittel darstellen. Jedoch muss auch hier dem Besucher erst mitgeteilt werden, welchen Tasten welche Funktionen zugeordnet sind, da sich der Benutzer wahrscheinlich eine andere Funktionsweise von dem Gerät erwartet, als es eigentlich bietet.

### **Virtuelle Eingabegeräte**

Virtuelle Eingabegeräte, wie z.B. ein Touchscreen, bieten keine physikalische Eingabemöglichkeit wie Knöpfe oder Drehregler, sondern sie präsentieren sich virtuell. So kann eine Vielzahl von verschiedenen Interaktionsmöglichkeiten dargestellt werden, ohne ein so aufwändiges Interaktionsgerät real herzustellen. Der Inhalt kann außerdem dynamisch angepasst und erweitert werden, sodass etwa für ein Kind eine bunte, einfache Oberfläche gezeigt wird, für einen Erwachsenen sich die Oberfläche in einem gediegenen Design

mit mehr Interaktionsmöglichkeiten präsentiert.

Sehr komplexe Navigationen können gut über Touchscreens realisiert werden. Touchscreens werden nicht nur im VR- und Unterhaltungsbereich, sondern auch für beispielsweise Fahrkartenautomaten verwendet. Man kann daher davon ausgehen, dass der Besucher die Verwendung gewohnt ist.

Oft kann vom User nicht die gesamte virtuelle Welt sondern nur Teile daraus erkundet werden. Diese Funktionalität kann über eine Karte am Touchscreen realisiert werden. Durch die Verwendung von einem Touchscreen als Interaktionsgerät ist jedoch die Immersion getrübt, da der Benutzer nicht ganz in die virtuelle Welt eintauchen kann, sondern durch die Benutzung des zusätzlichen Eingabemediums den Blick vom Geschehen abwenden muss.

Bei der Verwendung von Touchscreens als Informationsträger ist ebenso die Gestaltung des User Interfaces von großer Bedeutung. Die Oberfläche soll nicht unabhängig vom Exponat gestaltet werden, sondern mit dem Exponat eine Einheit bilden, das heißt der Stil muss an die virtuelle Umgebung angepasst werden. Abbildung 5.5 zeigt das Beispiel des virtuellen Dom von Siena, dessen Navigation über eine Touchscreen-Oberfläche erfolgt. Der Benutzer kann Standorte auf der Karte wählen, kann sich außerdem umsehen und herumwandern. Ebenso wird Information über den Touchscreen übermittelt.



**Abbildung 5.5:** Die Touchscreen-Oberfläche zum virtuellen Dom von Siena.

Oft muss auch eine Strategie entworfen werden, wie viel Information und eine sehr komplexe Navigation übersichtlich und intuitiv dargestellt werden können. Als Navigationsmittel bieten sich Übersichts- und Landkarten, Bildmenüs und Timeslider an. Es muss bei Oberflächengestaltung mit Touchscreens jedoch darauf geachtet werden, dass es keine MouseOver-Funktion gibt, um dem Benutzer zu zeigen, welche Elemente am Bildschirm anwählbar sind, und dass die Buttons und Schriften groß genug gewählt werden müssen, um gut erkennbar zu sein. Dem Benutzer sollte möglichst

schnell ersichtlich sein, welche Bedienelemente er selbst beeinflussen kann und welche Elemente des Touchscreens nur zur Informationsausgabe dienen. Es ist daher vorteilhaft, Buttons etwa im 3D-Stil zu gestalten, da der Benutzer aus diversen Betriebssystemen und Programmen gewohnt ist, Buttons am 3D-Stil oder an Schattierungen zu erkennen. Es gibt jedoch kein generelles Rezept für die Gestaltung der Oberflächen. Diese müssen sich ganz an das Exponat und seinen Möglichkeiten anpassen. Ein Beispiel wird in 5.6 gezeigt, das die Möglichkeit bietet, Informationen über jeden beliebigen Himmelskörper anzuzeigen zu lassen. Über „Schaltknüppel“ kann in der Szene navigiert werden.



Abbildung 5.6: Touchscreen-Oberfläche für den „virtuellen Weltraum“.

### Berührungslose Eingabegeräte und Trackingsysteme

Weiters sollen die verschiedenen Tracking- und Spracherkennungstools erwähnt werden. Um die Positionen und die Orientierung der Benutzer festzustellen, werden spezielle Trackingsysteme verwendet, die entweder mit niederfrequenten Magnetfeldern oder Schall (z.B. Ultrasonic) arbeiten [3]. Der Träger der Masterbrille in einer CAVE (siehe Abschnitt 5.2) wird beispielsweise über magnetische Tracker verfolgt und steuert so das Bild, das an der Leinwand gezeigt wird. Tracker werden auch an HMDs oder Datenhandschuhen befestigt, um deren Position feststellen zu können. Dies kann

jedoch sehr unangenehm für den Benutzer sein, da diese Systeme nur selten kabellos funktionieren.

Interaktion durch Spracherkennung ist zu wenig ausgereift [20] um professionelle Exponate zu gestalten, außerdem bedarf es einer bestimmten Sprache und gewisser Kommandos, die der Benutzer beherrschen muss, was den Einsatzbereich stark eingrenzt. Besonders schwierig gestaltet sich der Einsatz dann, wenn das Exponat in verschiedenen Sprachen verfügbar sein soll. Zusätzlich müssen Spracherkennungssysteme auf einen bestimmten Benutzer konfiguriert werden, was den Einsatz in Museen unbrauchbar macht. Jedoch ist der Einsatz auch bei verbesserter Technologie zu vermeiden, da die meisten Menschen nicht gerne mit einer Maschine sprechen, besonders nicht, wenn andere Menschen anwesend sind.

Kamerasysteme zur Positionserkennung sind meist zu langsam [20] und bedürfen noch Verbesserung. Vorteile sind die Störunanfälligkeit gegenüber metallischen oder magnetischen Einflüssen, wie sie bei Magnettrackern auftreten können, Nachteile sind jedoch die erforderlichen Lichtverhältnisse um ein brauchbares Bild zu liefern und die Verdeckungsprobleme, die auftreten können.

Eine weitere Möglichkeit besteht darin, die Bewegungen der Benutzer durch andere Trackingsysteme zu ermitteln, wie drucksensitive Fußmatten oder Bodenplatten, wie in [16] oder [13], [7], [6], [21] vorgestellt. Diese haben den Vorteil, dass sich die Besucher frei im Raum bewegen können und den Raum durch die natürliche Bewegung, nämlich das Gehen, erkunden können. Ein solches Konzept würde jedoch sehr viel Platz in Anspruch nehmen und für mehr Personen nur eingeschränkt funktionieren. Manche Exponate bedienen sich Fußmatten, jedoch mit nur wenigen Bodenplatten und weisen jeder Bodenplatte eine Funktion zu (z.B. nach links / rechts gehen, Selektieren etc.). Dies hat zwar den Vorteil, dass der Benutzer gegenüber einer Touchscreen-Oberfläche kaum seinen Blick von der Leinwand abwenden muss, ist jedoch nicht wirklich intuitiv.

### 5.1.3 Anwendungsbeispiele und Kombinationen

Der Entwickler von Museumsexponaten ist also vor die schwierige Aufgabe gestellt, eine möglichst komplexe Navigation, die dem Benutzer so viel Freiheiten wie möglich lässt, so einfach zu implementieren, dass sie intuitiv ist und sofort verstanden wird. Verwendet man einfache Eingabegeräte wie Joystick oder Trackball, so weisen die Geräte oft nicht ausreichend Funktionalität auf, um den Benutzer frei interagieren zu lassen. Der Einsatz von aufwändigeren Eingabegeräten würde die Besucher jedoch eventuell verunsichern.

Im besten Falle soll der Benutzer an das Exponat herantreten und es sofort benutzen können, ohne vorher um Hilfe fragen, überlegen, oder irgendwelche Trackingsysteme anlegen zu müssen.



Um dieser Anforderung gerecht werden zu können, werden oft Eingabegeräte wie Trackballs mit mehr Funktionen ausgestattet und sind von Modus zu Modus unterschiedlich zu gebrauchen. Es stellt sich jedoch hier das Problem der Usability. Ist das Interaktionsgerät einmal dazu da, ein Gebäude zu durchwandern und im nächsten Augenblick, um gezielt Informationen auszuwählen, so könnte der Benutzer dadurch verunsichert sein.

Oft werden auch mehr als nur ein Eingabegerät benutzt, wie etwa ein Trackball zum Durchlaufen der dargestellten Szene und ein Touchscreen um die Szenen auszuwählen und Zusatzinformationen anzeigen zu lassen. Dies bietet den Vorteil, dass der Benutzer einfach und intuitiv mit dem Trackball durch die Szene wandern kann, jedoch trotzdem mehr Freiheitsgrade durch den Einsatz des Touchscreens genießen kann.

Oft sind die Entwickler von Exponaten vor die schwierige Aufgabe gestellt, nicht nur einen Besucher interagieren zu lassen, sondern eine Gruppe von Personen. Dies bedeutet, dass einerseits mehr Eingabegeräte benötigt werden und diese Geräte auch auf die Aufgaben und Rollen der Personen angepasst werden müssen. Ist etwa ein Benutzer für die Navigation durch die Szene verantwortlich, ein anderer für die Anzeige von Informationen, so bietet es sich an, den ersten Benutzer mit einem Joystick oder einem anderen einfachen Eingabegerät durch die Szene navigieren zu lassen, die Informationen jedoch über einen Touchscreen abfragen und anzeigen zu lassen. Solche Systeme haben den Vorteil, dass nicht nur ein Benutzer das Exponat benutzen kann, und damit weniger Menschen als passive Zuseher die Szene betrachten müssen. Außerdem können Aufgaben, die zu erledigen sind, oder kleine Spiele, die man als Team miteinander oder gegeneinander spielen kann, das Exponat auflockern und interessanter gestalten. Die Wahl der Eingabegeräte hängt auch hier vom Inhalt des Exponates, aber auch von der Funktion des jeweiligen Benutzers ab. Ein wichtiges Kriterium für Multiuser-Exponate ist jedoch, dass sie auch mit nur einem Benutzer funktionieren müssen. Es sollte daher darauf geachtet werden, dass ein Benutzer alleine so viel Interaktionsmöglichkeiten haben kann, dass er noch bequem in der VR-Welt navigieren und interagieren kann.

## 5.2 Ausgabe

### 5.2.1 Grundlagen

Der Mensch generiert einen Eindruck seiner Umgebung durch Wahrnehmungen seiner fünf Sinne: sehen, hören, ertasten, riechen und schmecken. In Virtual Reality-Applikationen wird für gewöhnlich hauptsächlich der Sehsinn angesprochen, meistens unterstützt durch auditive Informationen, eventuell wird auch taktilen bzw. haptisches Feedback geboten. Der Geruchs- und Geschmackssinn wird bei VR-Installationen meist vernachlässigt; die Technologien sind nicht ausgereift genug, außerdem würde der Einsatz von

Gerüchen, eventuell auch Geschmack, in der virtuellen Welt kaum einen Mehrwert an Information für den Benutzer liefern. Daher werden die Ressourcen eher für visuelle und auditive Ausgabe verwendet.

Visuelles Feedback ist wichtig und sollte in Echtzeit passieren. Lange Latenzzeiten können den Benutzer einerseits verunsichern, können aber andererseits auch Übelkeit und Schwindelgefühle hervorrufen [17]. Auch bei der Gestaltung von Touchscreen-Oberflächen oder Informationseinheiten am VR-Ausgabegerät sollte auf ein korrektes Feedback geachtet werden, damit der User weiß, dass die Aktion, die er ausgelöst hat, registriert wurde. Dies reicht von Button-Highlighting bei Touchscreens, über Anzeigen von Informationen auf einer Projektionsleinwand bis zum Bewegen der 3D-Szene am HMD, wenn der Benutzer seinen Kopf dreht. Sollte es zu längeren Ladezeiten kommen, wenn etwa eine andere Szene oder eine Animationssequenz geladen wird, so ist ein dementsprechender Hinweis anzubringen.

Leider wird auf Audio-Feedback oft viel zu wenig Wert gelegt, doch in einer virtuellen Welt sollte es auch daran nicht fehlen. Durch diverse elektronische aber auch mechanische Geräte ist es der Benutzer gewohnt, auch ein Audio-Feedback zu bekommen, sei es beim Drücken einer Taste auf dem Mobiltelefon oder beim typischen Geräusch eines mechanischen Fotoapparates, wenn ein Foto geschossen wird. Auch in einer virtuellen Welt gibt es Geräusche und auch ein virtuelles Interaktionsgerät sollte Geräusch-Feedback geben. Durchwandert man etwa ein reales Gebäude, so hört man meist seine eigenen Schritte, man hört eine Tür ins Schloss fallen, ein Auto vorbeifahren oder andere Menschen, die sich unterhalten. Bewusste Audio-gestaltung könnte eine virtuelle Welt weitaus authentischer machen. Wichtig dabei ist jedoch, dass auch das richtige Audio-Ausgabegerät verwendet wird.

Jede Information, die übertragen wird, sollte so natürlich wie möglich übermittelt werden. Es ist daher notwendig, die reale Welt so weit wie möglich nachzuahmen, um ein realistisches Bild von der wirklichen Welt zu machen.

### **Field of View**

Das Field of View, abgekürzt FOV, gibt das Blickfeld des Benutzers an. Innerhalb dieses Blickfelds kann der Benutzer Objekte wahrnehmen, die um ihn herum positioniert sind. Das Blickfeld eines durchschnittlichen Menschen beträgt etwa  $180^\circ$  horizontal und  $150^\circ$  vertikal [3]. Je größer das Blickfeld ist, das das VR-Ausgabegerät bietet, desto höher ist der Immersionsgrad. Ist das Blickfeld für den Benutzer eingeschränkt, wie es bei HMDs oft der Fall ist, so wirkt dies störend.

## Stereoskopie

Fokussiert man einen Punkt, so entstehen 2 unterschiedliche Bilder für das linke bzw. das rechte Auge. Die Unterschiede der beiden Bilder hängen vom Abstand zwischen den Pupillen ab. Dieser Abstand beträgt zwischen 53 und 73 mm. Der Unterschied zwischen den 2 Bildern wird Parallaxe genannt [3].

Die Stereoskopie ist die wichtigste Informationsquelle für die Tiefeninformation. Weitere wichtige Informationen sind Überlappungen, Größenunterschiede zwischen den Objekten, die Perspektive, die Schatten und die Detailtreue der Objekte. Eine stereoskopische Darstellung ist daher für die realistische Darstellung von Objekten sehr wichtig und steigert den Immersionsgrad. Da für die stereoskopische Darstellung von 3D-Welten auf Projektionsleinwände oder Monitore auch Brillen benötigt werden, wird oft darauf verzichtet.

Für Projektionsleinwände gibt es grundsätzlich zwei verschiedene Möglichkeiten, stereoskopische Eindrücke zu vermitteln. Abgesehen von der einfachsten Methode, wobei 2 Bilder nebeneinander gestellt werden und ein dreidimensionales Bild durch Schielen erzeugt wird, bedienen sich die heutigen Techniken alle einer bestimmten Art von Stereobrillen. Einerseits können bei der *passiven Stereoskopie* mit Hilfe zweier Projektoren mit entsprechenden Filtern 2 unterschiedliche Bilder für das linke und das rechte Auge auf die Leinwand projiziert werden. Spezielle Brillen können diese Bilder dann trennen und jeweils nur das gewünschte Bild für das rechte bzw. das linke Auge durchlassen. Für gewöhnlich wird hier die Technik der linearen Polarisation verwendet, das bedeutet spezielle lineare Polarisationsfilter vor den Linsen der Projektoren erzeugen zwei verschiedene Bilder, die durch ebenfalls polarisierte Gläser der Brillen wieder getrennt werden können. Dies hat den Vorteil, dass die Brillen sehr günstig sind, jedoch geht durch die lineare Polarisation der Stereoeindruck beim Neigen des Kopfes verloren, da diese Art der Polarisation winkelabhängig ist. Verwendet man jedoch zirkular polarisiertes Licht, so beeinträchtigt eine Neigung des Kopfes den stereoskopischen Eindruck nicht. Die zirkulare Polarisation funktioniert durch eine Phasenverschiebung der Lichtwellen um  $90^\circ$ . Jedoch sind sowohl lineare, als auch zirkulare Polarisation vom Leinwandmaterial abhängig, das die Polarisation nicht zerstören darf.

Eine weitere Form der passiven Stereoskopie nennt sich „Infitec“ und wurde von Daimler-Chrysler entwickelt. Bei diesem System werden die beiden Stereokanäle durch schmalbandige Spektralfilter getrennt, auch Interferenzfilter genannt, ähnlich wie bei den schon länger gebräuchlichen Rot-Grün-Brillen. Für jedes Auge wird daher ein leicht unterschiedlicher spektraler Durchlassbereich gewählt. Abbildung 5.7 zeigt die verwendete Stereobrille. Dieses System hat den Vorteil, dass keine Winkelabhängigkeit vorliegt wie etwa bei der linearen Polarisation, aber auch kein spezielles Leinwandmaterial benötigt wird. Durch die verschiedenen Durchlassbereiche

ist jedoch der Farbeindruck verfälscht. Dies muss durch Ausgleichstechniken angepasst werden, was jedoch auf Kosten der Helligkeit passiert. Mehr Informationen über das System befindet sich in [2] und [12].



**Abbildung 5.7:** Stereobrille für das Infitec-Verfahren.

Die *aktive Stereoskopie* verwendet im Vergleich zur passiven nur einen Projektor, der mit einer relativ hohen Bildfrequenz (mehr als 100 Hz, für gewöhnlich jedoch 120, damit sowohl das Bild für das rechte, als auch für das linke Auge je 60 Hz Bildfrequenz beträgt) abwechselnd ein Bild für das rechte und für das linke Auge erzeugt. Spezielle Shutterglass-Brillen verdunkeln jeweils das eine Auge und schalten das andere Auge hell um das Bild nur zu dem Auge vordringen zu lassen, das gerade aktiv ist. Die Shutterglass-Brillen sind im Verhältnis zu passiven Brillen jedoch relativ teuer, diese Methode ist aber nicht an einen bestimmten Typ von Leinwand gebunden. Für Museen bietet sich der Einsatz von passiver anstatt aktiver Stereoskopie an, da zwar zwei Projektoren verwendet werden müssen, die Brillen jedoch weitaus kostengünstiger sind.

Head Mounted Displays können durch ihre zwei LCD-Displays für jedes Auge einfach einen stereoskopischen Eindruck erzeugen, indem zwei verschiedene Bilder auf den Displays gezeigt werden.

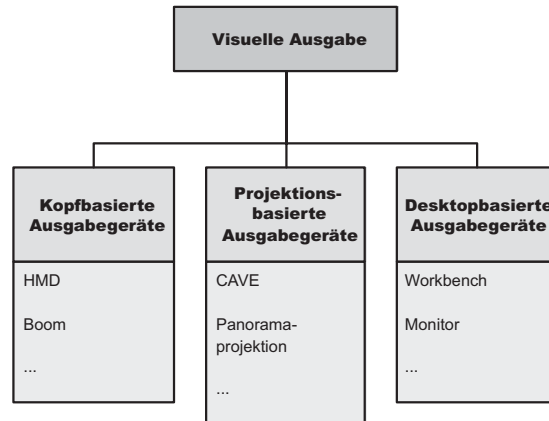
Mehr Informationen sind nachzulesen in [12].

## 5.2.2 Systeme für die visuelle Ausgabe

### Kopfbasierte Ausgabegeräte

Ein Head Mounted Display (HMD) ist ein schwerer Helm mit zwei LCD-Displays (selten auch CRT) mit Weitwinkellinsen. Das Gesichtsfeld solcher Helme ist normalerweise relativ eng, was den immersiven Eindruck ein wenig trübt. Ansonsten fällt der HMD in die Klasse der voll-immersiven Ausgabemedien [16], da der Benutzer seinen Blick nicht abwenden kann. Ein Trackingsystem registriert die Kopfbewegungen und berechnet den neuen Standpunkt. Ein weiterer Vorteil neben der vollen Immersion ist, dass der HMD selbst in hell erleuchteten Räumen benutzt werden kann.

Für ein Museum ist wohl die Verwendung eines HMDs weniger zu gebrauchen. Viele Menschen sind verunsichert, wenn sie von ihrer Umwelt



**Abbildung 5.8:** Einteilung der Geräte zur visuellen Ausgabe.

nichts mehr wahrnehmen und vertrauen nicht auf die neuen Technologien. Der Helm ist meistens sehr schwer und auch die Kabel können die Bewegungsfreiheit einschränken. Das gemeinsame „Erlebnis“, wie etwa vor der Leinwand, existiert nicht mehr. Können mehrere Leute gleichzeitig das Exponat benutzen, so können diese als virtuelle Avatare in der Szene dargestellt werden. Trotzdem ist der Benutzer „alleine“, hat nicht seine realen Begleiter neben sich stehen. Er kann also auch nicht, oder nur sehr schwer, mit seinen Begleitern reden, sondern ist isoliert in der virtuellen Welt. Durch die komplette Abschottung ist auch ein gewisses Risiko zur Verletzung vorhanden, da Hindernisse nicht gesehen werden können.

Ein ähnliches System ist Boom. Dies ist ebenso ein stereoskopisches Display, allerdings nicht am Kopf, sondern auf einem beweglichen Arm befestigt.

### Projektionsbasierte Ausgabegeräte

Um nicht nur eine Person am virtuellen Ereignis teilnehmen zu lassen, gibt es auch Systeme mit Projektionsleinwänden. Für ein Museum bietet sich eine solche Ausgabemethode an. Es können mehrere Leute ringsum stehen, es müssen keine HMDs oder andere Geräte am Körper befestigt werden, außer, wenn gewünscht, einer Stereobrille für die stereoskopische Ansicht, und so können die Besucher miteinander reden und das Exponat betrachten wie jedes andere auch. Durch spezielle stereoskopische Darstellungsmittel können auch dreidimensional wirkende Bilder erzeugt werden, die noch realistischer wirken. Systeme mit Projektionsleinwände wie die CAVE oder Panorama-projektionen erlauben einer relativ großen Besuchergruppe an dem virtuellen Ausflug teilzunehmen und der Besucher kann trotzdem in die virtuelle Welt eintauchen, da er von den Projektionen fast komplett umgeben ist.

Ein verbreitetes System, das sich großer Projektionsleinwände bedient

ist die CAVE, ein Raum bestehend aus meistens drei Wänden und einer Boden- und manchmal auch einer Deckenprojektion. Durch stereoskopische Verfahren wie aktive Stereoskopie, aber auch durch das „Infitec“-Verfahren können 3D-Eindrücke erzeugt werden. Die Vorteile der CAVE sind eindeutig der gute Immersionseindruck durch die Projektionen auf allen Wänden. Der Benutzer ist von der virtuellen Welt beinahe komplett umschlossen. An den Kanten der Wände ist jedoch im Bild ein Bruch erkennbar (wie in Abbildung 5.9 gezeigt) und die Bildqualität lässt oft zu wünschen übrig. Außerdem haben in einer CAVE meist nicht mehr als 5 Personen Platz, was bei starkem Andrang ein Problem darstellen kann.



**Abbildung 5.9:** CAVE: die Kanten der Projektionsleinwände.

Die CAVE bedient sich der Rückprojektionstechnik. Es wird also für jede Leinwand ein, im passiven Stereobetrieb, zwei Projektoren eingesetzt, um die Leinwand von hinten zu beleuchten. Aus Platzgründen werden meist Spiegel verwendet, um das Licht der Projektoren umzuleiten. Jedoch ist selbst bei Verwendung von Spiegeln der Platzaufwand einer CAVE noch enorm hoch. Die Abbildungsqualität, sowie die Qualität der Leinwand und des Projektors muss sehr gut sein, da sich der Benutzer meist sehr nah an der Leinwand befindet [12]. Die Umgebung der CAVE sollte so dunkel wie möglich sein, um den Kontrast der Projektionen zu verbessern. Für die meisten CAVE-Systeme gibt es eine sogenannte Master-Brille, die vom VR-System getrackt wird und die Positionsänderungen angibt. Das Problem dabei ist, dass die umstehenden Personen meist unbeweglich durch die Szenerie geleitet werden, wenn sie sich bewegen, passiert allerdings nichts. Selbst der Träger der Master-Brille ist in seiner Bewegungsfreiheit eingeschränkt, spätestens wenn er sich durch die Leinwand nicht mehr weiter nach vorne bewegen kann. Auch bei einer Steuerung durch andere VR-Systeme wie die Spacemouse kann stets nur ein Benutzer die Bewegung vorgeben, während die anderen Benutzer passiv zusehen. Dies kann einerseits Schwindelgefühle hervorrufen, andererseits für die umstehenden Benutzer aber auch schnell langweilig werden.

Ein System, das ähnlich aufgebaut ist wie die CAVE, bedient sich einer 360°-Präsentation mit 7 bis 8 Leinwänden (gezeigt in Abbildung 5.10). Damit ist das Immersionsgefühl weitaus besser als bei einer CAVE, da auch die

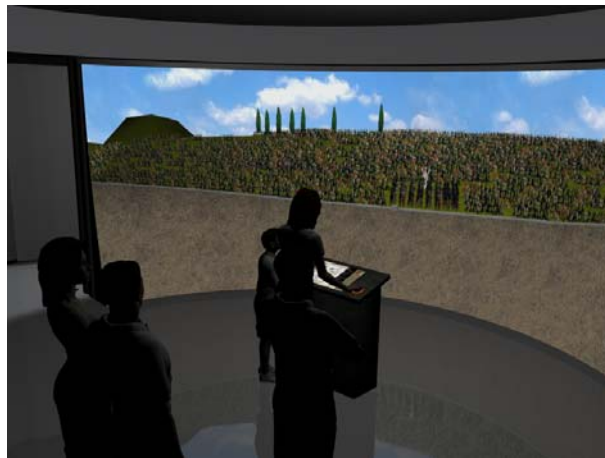
Kanten nicht so stark sichtbar sind und es sich um eine Rundumprojektion handelt [8].



**Abbildung 5.10:** Cosimir: 360°-Panoramaprojektion [8].

Ein anderes Beispiel für projektionsbasierte Ausgabe ist eine zylindrische Panoramaprojektion, die einen Bogen von etwa 180° beschreibt. Vor einer solchen Leinwand haben meist mehr Personen Platz als in einer CAVE, das System selbst ist jedoch platzsparender. Die Leinwand weist keine Kanten auf, wodurch keine störenden Bildränder erkennbar sind. Da die Bilder auf eine geschwungene Oberfläche projiziert werden, müssen sie aber noch durch Hardware oder Software entzerrt werden. Die Ränder der Projektionsbilder dürfen sich nicht überschneiden, sondern müssen fließend überblendet werden. Aber auch hier stellt sich das Problem, dass eine Person die „Führung“ übernehmen muss, während die anderen passiv zusehen.

Abbildung 5.11 zeigt ein Setup mit einer 180°-Projektionsleinwand und einem Touchscreen mit Trackball zur Bedienung des Systems. In diesem Beispiel wird keine stereoskopische Ansicht generiert.



**Abbildung 5.11:** Projektionsleinwand mit Touchscreen und Trackball zur Steuerung.

Verwendet werden 3 Projektoren mit Aufprojektion. Wie auch bei der CAVE müssen relativ dunkle Lichtverhältnisse herrschen, um ein kontrastreiches Bild zu garantieren. Durch die Aufprojektion braucht die Installation jedoch weit nicht so viel Platz wie die CAVE und ist auch mit anderen

Exponaten in einem großen Raum zu integrieren. Der Nachteil einer Aufprojektion im Gegensatz zur Rückprojektion ist jedoch, dass umstehende Menschen Schatten auf die Leinwand werfen können, wenn sie zu nahe an die Leinwand treten. Dies kann bei Rückprojektionen nicht passieren. Der Einsatz von mehr Projektoren lindert dieses Problem, da die Projektoren näher an der Leinwand angebracht werden können. Im Gegensatz zur CAVE ist der Immersionsgrad gering, da weder eine Boden- noch eine Deckenprojektion vorgesehen ist.

Eine neue Entwicklung des Fraunhofer IGDs ist die sogenannte HEyeWall, eine hochauflösende Kachelprojektion. Bestehend aus 48 Projektoren projiziert sie 24 Kacheln mit passiver Stereoskopie durch Rückprojektion mit einer Gesamtauflösung von 6104x3064 Pixel auf eine Projektionsfläche von 5x2.5m (siehe Abbildung 5.12). Bei einem Abstand von 3 Metern übersteigt dies die Auflösung des menschlichen Auges [12].



**Abbildung 5.12:** HEyeWall: 48 Projektoren leuchten die große Projektionsfläche aus.

Die HEyeWall bietet damit eine gute Möglichkeit, eine virtuelle Welt extrem detailgetreu darzustellen. Dieses System hat aber auch gravierende Nachteile: Einerseits ist das Setup extrem aufwändig, da 48 Projektoren und Rechner benötigt werden. Andererseits ist die Immersion auch getrübt, da der Benutzer seinen Kopf nur geringfügig drehen muss, um die reale Welt zu sehen, weil nur eine flache Wand ausgestrahlt wird. Wie bei allen Projektionsarten besteht das Problem der Navigation durch nur einen Benutzer. Ein weiteres Problem stellt sich durch die Verwendung der vielen Projektoren, die sichtbare Farbunterschiede aufweisen können. So ist bei den Kachelübergängen bei sehr einheitlichen Farbflächen ein abrupter Übergang erkennbar, bei unruhigen Flächen jedoch weniger (siehe Abbildung 5.13). Durch Farbausgleichs-Mechanismen kann der Effekt jedoch gelindert werden.





(a)

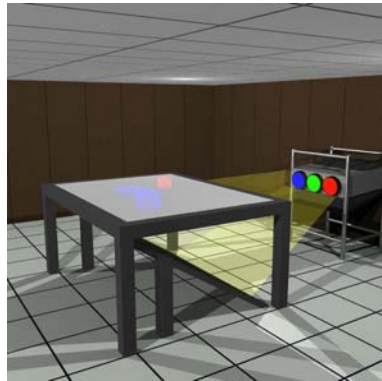


(b)

**Abbildung 5.13:** HEyeWall: (a) Die Kanten der Kacheln sind gut erkennbar. (b) Bei unruhigen Flächen sind die Kanten kaum erkennbar.

### Desktopbasierte Ausgabegeräte

Natürlich bietet sich auch die Möglichkeit der monitorbasierten Ausgabe. Die in Kapitel 3 erläuterten Definitionen von VR treffen in diesem Fall zwar nur mehr bedingt zu, da die Immersion sehr reduziert wird, jedoch ist die Ausgabe auf einem Monitor oft eine kostengünstige, einfache und platzsparende Alternative. Der Nachteil dieser Ausgabeform ist klar der geringe Immersionsgrad, da die virtuelle Welt nur über den Bildschirm wahrgenommen wird. Außerdem ist die Ausgabe auf dem Monitor nur einer beschränkten Anzahl von Menschen zugänglich im Vergleich zu einer Projektionsleinwand.



(a)



(b)

**Abbildung 5.14:** Virtual Table: (a) Die Projektion wird durch Rückprojektion erzeugt. (b) Die Objekte sehen aus, als würden sie „schweben“.

Virtual Tables könnten eine platzsparende Alternative zwischen Projektionsleinwänden und monitorbasierter Ausgabe einnehmen. Es handelt sich dabei um eine neigbare Tischprojektion, deren Bilder durch Rückprojek-

tion über einen Spiegel, der unter dem Tisch angebracht ist, erzeugt werden. Durch eine stereoskopische Darstellung können Objekte dreidimensional wahrgenommen werden, als würden sie auf dem Tisch „schweben“ (wie in Abbildung 5.14 gezeigt). Der Betrachter muss jedoch getrackt werden, um das Bild korrekt darzustellen. Dies bedeutet wiederum einen relativ hohen Aufwand im Gegensatz zu einer Ausgabe auf dem Monitor, der Immersionsgrad steigt jedoch nur bedingt, da die virtuelle Welt auf den Tisch begrenzt ist.

### 5.2.3 Systeme zur Audio-Ausgabe

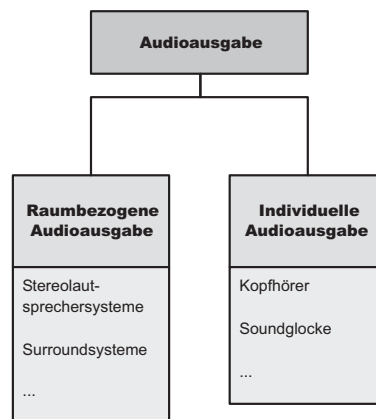


Abbildung 5.15: Einteilung der auditiven Ausgabegeräte.

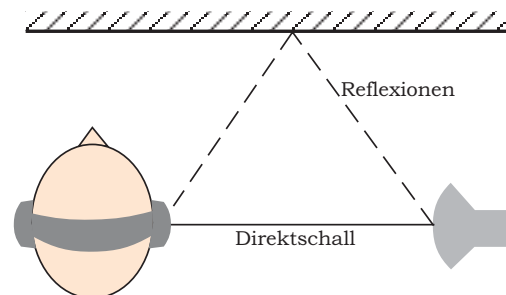


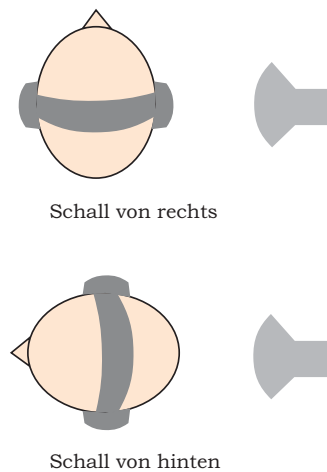
Abbildung 5.16: Direktschall und Reflexionen.

Schallquellen in virtuellen Räumen müssen vom Benutzer von einer bestimmten Richtung wahrgenommen werden, um deren Standpunkte bestimmen zu können. Befindet sich eine Schallquelle etwa rechts vom Benutzer, so kommen die Schallwellen zuerst zum rechten Ohr, dann erst zum linken (interaurale Zeitdifferenz). Durch die Kopfabstrahlungen nimmt der Benutzer den Schall am rechten Ohr auch lauter wahr als am linken (interaurale

Pegeldifferenz). Ebenso müssen Raumreflexionen berücksichtigt werden, um den Schall authentisch wirken zu lassen (Abbildung 5.16). Diese Reflexionen hängen einerseits von der Raumgeometrie, andererseits aber auch von den verwendeten Materialien ab. Ein Sprecher in einer großen Halle klingt also anders als auf einem offenen Feld. VR-Audiosysteme bieten auch oft weitere Funktionen wie Doppler-Effekt und ähnliches an.

### Individuelle Audioausgabe

Kopfhörer haben den Nachteil, dass sie für den Benutzer, der sie trägt zwar ein ungestörtes Audio-Erlebnis bieten, die umstehenden Menschen jedoch nicht teilhaben lassen an den Geräuschen der virtuellen Welt. Sie könnten dann sinnvoll eingebracht werden, wenn ohnehin alle Besucher Kopfhörer für Audio-Informationen tragen und sie während des gesamten Museumsbesuch nicht abnehmen müssen. Kopfhörer können auch leichter defekt werden, als etwa eine große Anlage mit Lautsprechern. Eine sinnvolle Anwendung passiert außerdem nur dann, wenn die Positionen und Rotationen der Besucher getrackt werden und die Audio-Umgebung der Position und der Rotation der Besucher angepasst wird. Dreht der Benutzer seinen Kopf etwa um  $90^\circ$  nach links, so ertönt eine Schallquelle, die zuerst  $90^\circ$  rechts von ihm plaziert war, plötzlich von hinten (siehe Abbildung 5.17).



**Abbildung 5.17:**  $90^\circ$ -Drehung: der Schall wird zuerst von rechts, dann von hinten wahrgenommen.

Audio-Feedback ohne Tracking würde nur dann Sinn machen, wenn nur atmosphärische Geräusche wiedergegeben werden, die nicht exakt allokiert werden können. Ansonsten würden sich Kopfhörer nur für Systeme mit HMDs oder für den Träger der Masterbrille in der CAVE anbieten, da diese bereits getrackt werden. Es ist jedoch von Vorteil, nur kabellose Kopfhörer

zu verwenden, da zu viele Kabel den Besucher stören könnten. Für Anwendungen mit großen Leinwänden und vielen passiven Zusehern sind Kopfhörer nicht zu empfehlen.

Soundtubes sind spezielle Systeme, die den Sound auf einen bestimmten Ort fokussieren können (Abbildung 5.18) [18]. Dies hat für den Besucher den Vorteil, dass er keine Kopfhörer tragen muss und trotzdem individuellen Sound empfangen kann. Für die umstehenden Menschen ist der Sound nicht, oder nur kaum hörbar. Diese Art der Beschallung bietet sich also für VR-Stationen an, an denen nur ein Mensch, der sich nicht oder nur wenig bewegt, interagieren kann. Die Audioausgabe erfolgt jedoch nur Mono.



**Abbildung 5.18:** Soundtubes fokussieren den Sound auf einen bestimmten Bereich [18].

### Raumbezogene Audioausgabe

Für große Projektionsleinwände oder für die CAVE mit mehreren Benutzern bietet sich ein großes Lautsprecher-System an, das den gesamten Raum der Leinwand beschallt und für alle Benutzer hörbar ist. Da die Lautsprecher, und damit die Positionierung der Schallquellen, ohnehin fix ist, ist auch kein Kopf-Tracking notwendig.

#### 5.2.4 Taktilen und haptisches Feedback

Taktilen Feedback ist in erster Linie für Hände vorgesehen, da diese am druckempfindlichsten sind; es gibt nur wenige Geräte für sonstiges taktilen Feedback [3] wie Brustpanzer. Auch für die taktile Ausgabe gilt, dass sie in Echtzeit funktionieren sollte. Wird also festgestellt, dass der Benutzer nach einem Objekt „greift“, so muss sofort reagiert werden. Die größte Schwierigkeit dabei ist, dass der Tastsinn eine weit höhere Frequenz der Ereignisse benötigt, als etwa das Auge für die Bildausgabe. Außerdem muss es einwandfrei funktionieren, um den Benutzer nicht zu verletzen. Ebenso sollten die Geräte nicht zu schwer sein, damit sie nicht unangenehm zu tragen sind. Das Hauptproblem ist wohl, dass die Handschuhe sehr teuer sind und in Museen deshalb nicht verwendet werden.

Grundsätzlich unterscheidet man zwischen Touch Feedback (taktiles Feedback) und Force Feedback (haptisches Feedback). Touch Feedback bedeutet, man kann Oberflächen fühlen, man kann ihre Beschaffenheit bestimmen, etwa ob sie rau oder weich gestaltet sind. Bei Datenhandschuhen wird dies durch Sensoren realisiert. Diese Methode ist zwar nicht besonders realistisch, kann aber Information über die Oberflächenbeschaffenheit liefern [20]. Durch Force Feedback kann der Benutzer Objekte greifen, seine Finger werden beim Greifen eines Objektes zurückgehalten, als halte er es tatsächlich in seinen Händen.

Wie bereits in Abschnitt 5.1 erwähnt, ist der Einsatz von Datenhandschuhen in Museen fraglich. Die aufwändige Kalibrierung, die Hygienebedenken beim andauernden Wechsel des Handschuhs, die Sensibilität im Zusammenhang mit den extrem hohen Anschaffungskosten und die komplizierte Handhabung sind Gründe genug, um ein Museumsexponat mit Virtual Reality ohne taktiles und haptisches Feedback zu gestalten.

## 5.3 Wahl der Ein- und Ausgabegeräte

### 5.3.1 Das Museum: Die Umgebung des Exponats

Bevor beschlossen wird, welche Präsentationsform für das Exponat die richtige ist, sollte man einige Punkte hinsichtlich des Raumes und des Museums, in dem das Exponat gezeigt werden soll, beachten.

- **Wie viel Platz ist für das Exponat vorgesehen?**

Projektionsleinwände, vor allem die CAVE, brauchen sehr viel Platz. Dieser ist in einem Museum oft nur spärlich vorhanden. Es kann nun eventuell die Projektionsfläche verkleinert werden, auf eine Rückprojektion zugunsten einer Aufprojektion, die weitaus weniger Platz in Anspruch nimmt, verzichtet werden oder nach einer alternativen Präsentationsform gesucht werden. Besonders platzsparend sind VR-Exponate mit HMDs, die Nachteile wurden jedoch bereits erläutert. Soll das Exponat mehreren Besuchern gleichzeitig zugänglich sein, so muss im schlimmsten Fall auf eine Bildschirmdarstellung oder Tischprojektion zurückgegriffen werden.

- **Wie sind die Lichtverhältnisse im Museumsraum?**

Ein gravierender Nachteil von Projektionsleinwänden sind die erforderlichen Lichtverhältnisse, um eine gute Abbildungsqualität der Projektion zu garantieren. Oft ist es nicht möglich den Raum, oder den entsprechenden Teil des Raumes, abzudunkeln. Eventuell muss eine Möglichkeit gesucht werden, die Projektionsleinwand vom restlichen Raum abzuschotten. Wenn dies nicht möglich ist, ist ein Einsatz von HMDs oder Bildschirmausgabe vorzuziehen.

- **Wie gliedert sich das Exponat in die restliche Ausstellung ein?**

Soll die Präsentation der VR-Station in ein klassisches Museum eingliedert werden, so darf das Exponat nicht sofort ins Auge stechen und alle Aufmerksamkeit auf sich ziehen. Wie eingangs erwähnt, sollte sich das Exponat in seine Umgebung eingliedern. Es müssen Lösungen überlegt werden, wie das Exponat in die Ausstellung zu integrieren ist, oder andernfalls zu separieren.

- **Gibt es ausreichend finanzielle Mittel?**

Je aufwändiger und qualitativ hochwertiger die Präsentation der Exponate gestaltet wird, desto höher ist der Preis dafür. Gute Projektoren und Leinwände kosten viel, auch typische VR-Setups mit HMDs und Datenhandschuhen. Es muss ein Mittelweg zwischen finanziellem Aufwand und Qualität des Exponats gefunden werden.

- **Wie viel Belastung ist das Interaktionsmittel ausgesetzt?**

Ein Touchscreen ist ein robustes Interaktionsgerät, das auch großen Besuchermassen eine lange Zeit standhält. Andere Interaktionsmittel wie Joysticks oder Spacemouse haben eine weitaus höhere Ausfallsrate. Vor allem bei sehr teuren Geräten wie HMDs oder Datenhandschuhen ist die Anschaffung noch einmal zu überdenken, vor allem, wenn ein großer Besucheransturm, eventuell auch mit Kindern, erwartet wird.

### 5.3.2 Der Inhalt des Exponats

Natürlich ist es wichtig abzuschätzen, welche Eingabe- und Ausgabegeräte man im Endeffekt benötigt, um das gewünschte Exponat zu gestalten. Oft werden keine teuren und komplizierten Eingabegeräte benötigt, sondern ein einfacher Trackball ist schon genug, um den Benutzer in der virtuellen Welt herumgehen zu lassen. Allerdings wird nicht immer nur eine Welt gezeigt, die es gilt zu erforschen, sondern das Exponat soll auch Information überliefern, die in der virtuellen Welt nur schwer gezeigt werden kann.

- **Wie kann der Benutzer in der virtuellen Welt interagieren?**

Kann der Benutzer die Welt durchwandern, kann er nur seinen Kopf bewegen oder gar nur bestimmte Standpunkte einnehmen? Kann er Dinge anfassen, sie bewegen, aufheben oder vielleicht komplizierte Operationen damit durchführen? Kann er unterschiedliche Interaktionen einbringen wie Informationen über Objekte anwählen und anzeigen lassen oder verschiedene Aktionen setzen und damit den Lauf der Geschichte beeinflussen? Vielleicht ist es sogar möglich, akustische Geräusche von sich zu geben und damit die VR-Szene zu verändern.

- **Wie viel Information soll dem Benutzer zugänglich sein?**

In der virtuellen Szene selbst soll nicht zu viel Information untergebracht sein. Soll zusätzliche textuelle Information untergebracht werden, so bietet sich eine Ausgabe auf einem externen Bildschirm, auf einer Wandtafel oder auf einem elektronischen Museumsführer, den der Besucher beim Betreten des Museums erhält, wie etwa einem PDA, an.

- **Wie sind die Informationseinheiten organisiert?**

Die Organisation der einzelnen Informationseinheiten ist ebenso ein wichtiger Faktor bei der Wahl des richtigen Eingabegerätes. Die typischen Eingabegeräte wie Trackball, Joystick oder Spacemouse sind hauptsächlich für die räumliche Erkundung geeignet. Die Informationseinheiten können jedoch auch thematisch geordnet sein. Hier ist ein Menü erforderlich, in dem der Benutzer seine Themenbereiche auswählen kann. Die chronologische Steuerung erfordert eine Zeitleiste oder einen Timeslider, der es erlaubt, durch die Zeitalter zu navigieren. Eine alphabetische Organisation ist wohl eher unüblich. Es würde sich anbieten für eine virtuelle Erkundung von Kunstwerken verschiedener Künstler, die man alphabetisch abrufen kann. Auch hier ist ein textuelles Alphabet nötig. Wird der Benutzer durch die virtuelle Welt geleitet, ohne viel interagieren zu können („Guided Tour“), so ist nur ein sehr einfaches Interaktionsgerät nötig, etwa zum Bewegen des Kopfes.

## Kapitel 6

# Das Museum der Zukunft

Ein Museum will Wissen übermitteln. Dieses Wissen sollte möglichst an die Bedürfnisse und Interessen des Besuchers angepasst sein. Der Besucher will das Museum eigenständig erkunden, jedoch trotzdem möglichst viel Informationen geliefert bekommen, Fragen stellen können und befriedigende Antworten bekommen. Geht man davon aus, dass der Museumsbesuch jedoch nicht nur lehrreich, sondern auch ein Erlebnis für eine möglichst breite Masse mit möglichst breitem Bildungsniveau sein soll, so läuft man Gefahr, seine Seriosität zu verlieren. In [22] wird von Ausstellungen, die nur auf Massenbesuch ausgelegt sind, gesprochen,

die auf das Erleben der Rezipienten setzt und wenig theoretisch unterlegt ist.

Das Museum der Zukunft ist also vor die schwierige Aufgabe gestellt, Virtual Reality und andere neue Medien so geschickt einzusetzen, sodass zwar breite Massen, für die ein herkömmliches Museum vielleicht zu langweilig oder nichtssagend ist, angesprochen werden, ohne aber dabei ihre Seriosität einzubüßen. Zwar gibt es Museen, die nur auf neue Medien spezialisiert sind (wie z.B. das Ars Electronica Center in Linz, Oberösterreich [1]), diese bieten jedoch selten Information für eine spezielle Thematik, außer die Medien selbst. In Zukunft sollten jedoch auch Museen, die sich nicht der Technik widmen, die breiten Einsatzmöglichkeiten von Virtual Reality und anderen neuen Medien in Betracht ziehen.

Geht man von einem idealen Museumsbesuch aus, so wird dieser wahrscheinlich nicht mit einem bloßen Ticketkauf und dem Durchschreiten eines Drehkreuzes beginnen, sondern es wird festgestellt, welche Sprache der Besucher spricht, in welche Alterskategorie er fällt und wie viel Wissen er bereits über das gezeigte Thema hat. Anschließend bekommt der Besucher ein mit seinem Benutzerprofil konfiguriertes Gerät (z.B. einen PDA) und kann seinen Museumsaufenthalt beginnen. In weiterer Zukunft könnte man auch auf PDAs oder andere Geräte weitgehend verzichten, da auch neuartige



Mobiltelefone als Informationsgerät eingesetzt werden können. Dies hat den Vorteil, dass der Benutzer sein Gerät kennt und es nicht so aufwändig konfiguriert werden muss, da einige seiner Daten bereits am Gerät gespeichert sind.

An den einzelnen Stationen wird seine Anwesenheit erkannt und entsprechende Daten generiert. Er kann nun textuelle Informationen erhalten, kurze Filmsequenzen sehen oder über Kopfhörer Audiodateien anhören. Will er seinen Museumsbesuch nicht komplett individuell gestalten, sondern konkrete Vorschläge bekommen, welche Exponate für ihn interessant sein könnten, so kann er auch eine vom Navigationssystem vorgeschlagene Tour übernehmen, wobei ihm natürlich freisteht, einige Stationen zu überspringen, oder gewisse Themenbereiche bereits im Vorfeld aus seiner individuellen Tour zu streichen. So wird einer Familie eine andere Tour vorgeschlagen, die sowohl für die Kinder interessant ist, wie auch für die Eltern, als einem Studenten, der konkrete Forschungen anstellen will.

Museums-Webseiten können ebenso auf einen Benutzer konfiguriert werden. So kann der Benutzer seinen Besuch bereits im Voraus planen. Das erhaltene Navigationsgerät zeigt ihm dann im Museum den Weg zu den von ihm für interessant empfundenen Ausstellungsstücken. Ebenso nach dem Besuch kann sich die Museums-Webseite an der Tour des Besuchers orientieren und ihm vor allem zu den Exponaten vertiefende Informationen und Neuigkeiten anzeigen, für die er sich bei seinem Besuch besonders interessiert hat. Der Museumsbesuch wird so immer individueller gestaltet und kann ganz auf die Bedürfnisse des Einzelnen abgestimmt werden. Natürlich steht es dem Besucher auch frei, das Museum ganz ohne technische Hilfsmittel zu besuchen.

Die Virtual Reality-Exponate gliedern sich in das Museum ein wie jedes andere Exponat auch. Im Idealfall bemerkt der Besucher nicht einmal, dass er sich nicht in der realen Welt, sondern in einer virtuellen befindet. Dieser Zustand ist jedoch noch Utopie. Die virtuelle Realität sollte in jedem Fall mit der wirklichen so weit wie möglich verschmelzen. Ein Besuch in einem Heimatmuseum könnte so aussehen, dass der Besucher durch die Straßen der Stadt im 16. Jahrhundert wandert. Die Besucher können gemeinsam fremde Kulturgüter betrachten, als wären sie real dort (wie in Abbildung 6.1). Eine virtuelle Erweiterung des Museums könnte dem Museum mehr Raum verleihen, um auch weitere Exponate, für die in den Räumlichkeiten nicht genug Platz ist, zu präsentieren. Museen könnten sich virtuell vernetzen, indem sie besonders interessante Räume von anderen Museen virtuell darstellen. Dies verleitet jedoch dazu, anstatt qualitativ hochwertiger, nur mehr eine Fülle an Informationen zu liefern. Es liegt an den Museen, zu selektieren auf welche Informationen und Exponate verzichtet werden kann.

Oft wird es jedoch nötig sein, die virtuellen von den realen Exponaten räumlich zu trennen. Dies mag einerseits aus Platzproblemen oder den unterschiedlichen Lichtverhältnissen wünschenswert sein, andererseits auch



**Abbildung 6.1:** Im Museum der Zukunft können Kulturgüter aus aller Welt zu jeder Zeit gezeigt werden.

um absichtlich eine Trennung zu erzielen. In Zukunft könnten die Ausgabegeräte jedoch bereits so ausgereift sein, dass sie nicht mehr besondere Lichtverhältnisse oder so viel Platz brauchen wie etwa eine CAVE. Eventuell ist es trotzdem wünschenswert, die Exponate zu trennen, um die Originalität und Echtheit der Fundstücke zu bewahren und den VR-Exponaten eine Sonderstellung einzuräumen.

Doch nicht immer wird es nur darum gehen, den Benutzer eintauchen zu lassen in eine andere Welt, sondern oft werden neue Medien durch ihre Universalität ein praktisches Mittel sein, um interessante und neuartige Darstellung zu generieren. Nicht nur Projektionsleinwände sind möglich, sondern auch experimentelle Installationen, die dem Besucher zwar nicht das Gefühl geben, Teil einer anderen Welt zu sein, aber ihm die Möglichkeit geben, eine interessante und spektakuläre Installation zu benutzen. Alles, was sich bewegt von klassischer Monitorausgabe und Tastatur- oder Mauseingabe, wird begrüßt.

Das „Aquarius Wassermuseum“ in Müllheim, Deutschland, hat sich auf den Einsatz von neuen Medien zur Erläuterung der allgemeinen Thematik „Wasser“ spezialisiert. Hier werden einfallsreiche und trickreiche Ein- und Ausgabemethoden verwendet, um den Museumsbesuch so interessant und wissenswert wie möglich zu gestalten [4], [22].

In Zukunft könnte sich auch die Einstellung gegenüber Virtual Reality insofern ändern, dass es als mächtiges Instrument zur Gruppeninteraktion genutzt wird.

Put more emphasis on the real experiences, and less emphasis on virtual ones.

Dies ist eine der Schlüsselideen von [14]. Als weiterer Grundsatz wird genannt:

People go to theme parks in small groups to have shared experiences together.

Die Aussage trifft auf Museen zwar nicht zu hundert Prozent zu, jedoch gehen die meisten Menschen in Gruppen, zumindest zu zweit in Museen [19].

Aufgaben, die gemeinsam gelöst werden müssen und Welten, die man in Gruppen erforschen kann, könnten eine Auflockerung und Abwechslung zum restlichen Museumsbesuch darstellen. Besonders für Familien stellt dies eine Möglichkeit zu einem interessanten Museumsbesuch dar, da auch für Kinder interessante Exponate dargestellt werden können, lustige Spiele gespielt und spannende Abenteuer in einer vergangenen Welt erlebt werden können. Generell können neue Medien eingesetzt werden, um die Zielgruppe der Museumsbesucher zu erweitern. Es muss jedoch darauf geachtet werden, dass die Menschen nicht wegen einer spektakulären VR-Applikation das Museum besuchen, sondern wegen der Inhalte. Dies gilt für alle Medien, insbesondere jedoch für neuartige, wie etwa Virtual Reality. Museen sollten spektakuläre Effekte nicht zu Kosten ihrer Seriosität als Bildungsstätte ausnutzen.

Vielleicht wird im Museum der Zukunft Virtual Reality so selbstverständlich sein, wie es heute der Webauftritt des Museums ist. Der Unterschied liegt jedoch darin, dass sich Virtual Reality für Museen, also vor allem für ein großes Publikum, mehr anbietet als vergleichbare Medien, vor allem im Bereich Gruppeninteraktion und Cultural Heritage.

## Kapitel 7

# Zusammenfassung und Ausblick

### 7.1 Gefahren

Das Museum darf kein Erlebnispark werden. Ein Museum ist eine Bildungsstätte, die sich an möglichst viele Besucher wendet. Dies ist auch die Gefahr bei der Gestaltung eines Museumsexponates mit Virtual Reality. Um eine möglichst breite Masse anzusprechen, wird oft auf wertvolle Information zugunsten spektakulärer Effekte verzichtet. Neue Medien verleiten außerdem dazu, eine breite Masse an Exponaten zur Verfügung zu stellen. Die Aufgabe des Museums betreffend der Selektion der dargestellten Güter wird dabei vernachlässigt.

Menschen sollen nicht wegen der neuartigen Technik das Museum besuchen – es sei denn, das Museum widmet sich der Technik. Virtual Reality soll das Museum unterstützen; vor allem dort, wo Originale ihre Aussagekraft verlieren.

### 7.2 Herausforderung

Die Herausforderung für den Entwickler stellt sich daher, den Inhalt entsprechend der breiten Publikumsschicht anzupassen und die geeigneten Ein- und Ausgabegeräte zu finden, die sich einerseits für das Museum in einem vernünftigen finanziellen Rahmen bewegen, andererseits aber auch gewisse Anforderungen wie Robustheit und Einfachheit erfüllen. Derzeit werden hauptsächlich Projektionsleinwände mit äußerst einfachen Eingabegeräten wie Joystick oder Trackball, eventuell noch Touchscreen, verwendet. Der Trend bewegt sich immer mehr weg von klassischen VR-Eingabegeräten wie Head Mounted Display oder Datenhandschuh, da sich der Einsatz in vielen Fällen, vor allem bei Museen, nicht anbietet. Die komplette Abschottung gegenüber der realen Welt und das komplizierte Konfigurieren und Anlegen

der Geräte macht den Einsatz unbrauchbar. Je einfacher und unkomplizierter sich die Interaktion und damit die Immersion in die virtuelle Welt für den Besucher gestaltet, desto besser ist das Gerät für Museen geeignet. Vor allem Systeme für Gruppeninteraktion sind sehr gefragt, da Menschen selten allein in Museen gehen, deshalb auch gemeinsam den Museumsbesuch erleben wollen.

### **7.3 Chancen**

In Verbindung mit einem intelligenten Datenverwaltungssystem kann der Museumsbesuch individuell und für jede Besuchergruppe interessant dargestellt werden. Durch Ausgabe von Navigationsgeräten, die auf ein bestimmtes Benutzerprofil konfiguriert sind, kann der Besucher seinen Museumsbesuch für ihn so interessant wie möglich gestalten. Durch die Mischung aus virtuellen Objekten und Originalen hat er einerseits die Möglichkeit, Ausstellungsobjekte in ihrer Rarität und Echtheit zu betrachten, andererseits auch auf virtuelle Zeitreise in die Zeit zu gehen, in der die Exponate hergestellt wurden. Durch das eigenständige Erleben und Erforschen ist auch der langanhaltende Lernerfolg mehr gewährleistet, als durch das bloße passive Betrachten von Museumsgütern.

# Anhang A

## Inhalt der CD-ROM

**File System:** Joliet

**Mode:** Single-Session (CD-ROM)

### A.1 Bakkalaureatsarbeit

**Pfad:** /bak/

bak\_cgr.dvi . . . . . Bakkalaureatsarbeit (DVI-File, ohne  
Graphiken)  
bak\_cgr.pdf . . . . . Bakkalaureatsarbeit(PDF-File)  
bak\_cgr.ps . . . . . Bakkalaureatsarbeit (PostScript-File)

### A.2 Bilder und Graphiken

**Pfad:** /images/

### A.3 Dokumente

**Pfad:** /bak/

Cybernarium.pdf . . . . . „Cybernarium Days - Zufriedenheit der  
Besucher mit der Veranstaltung“ - Umfrage  
im Zuge der Cybernarium Days 2002  
Statistik.pdf . . . . . Statistische Gesamterhebung an den Museen  
der Bundesrepublik Deutschland für das Jahr  
2002

# Literaturverzeichnis

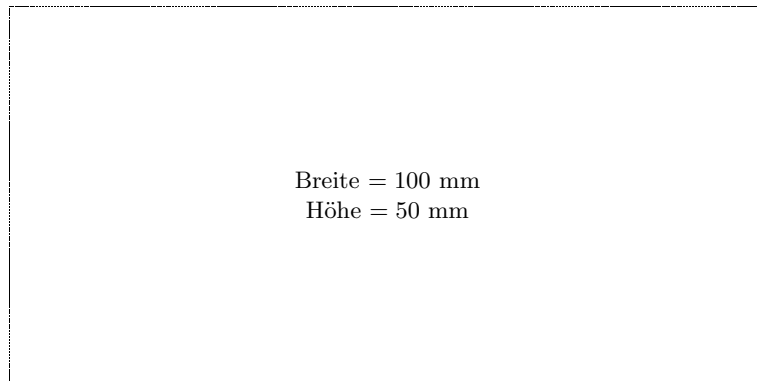
- [1] ARS ELECTRONICA CENTER: *Ars Electronica Center*. URL, <http://www.aec.at>, April 2004.
- [2] BARCO: *Stereoscopic Projection*. URL, <http://www.barco.com/>, April 2004.
- [3] BURDEA, G. und P. COIFFET: *Virtual Reality Technology*. John Wiley & Sons, Inc., 1 Aufl., 1994.
- [4] COMPANIA MEDIA (HG.): *Neue Medien in Museen und Ausstellungen*. transcript Verlag, Bielefeld, 1 Aufl., 1998.
- [5] DISNEY: *DisneyQuest Indoor Interactive Theme Park*. URL, <http://www.disney.com>, April 2004.
- [6] DOPPLER, J.: *SOLIS - Mikrocontrolling und Kommunikationprotokoll*. Bakkalaureatsarbeit, Fachhochschule Hagenberg, Medientechnik und -design, Hagenberg, Austria, Februar 2004.
- [7] DUMFART, N.: *Solis - DMX*. Bakkalaureatsarbeit, Fachhochschule Hagenberg, Medientechnik und -design, Hagenberg, Austria, Februar 2004.
- [8] EF-ROBOTERTECHNIK: *Cosimir VR Multimedia Presentation*. URL, <http://www.cosimir.de>, April 2004.
- [9] FOLEY, J. D., A. VANDAM, S. K. FEINER und J. F. HUGHES: *Computer Graphics - Principles and Practice*. Addison-Wesley Publishing Company, Inc., 2 Aufl., 1992.
- [10] HOLM, R., M. PRIGLINGER, E. STAUDER, J. VOLKERT und R. WAGNER: *Automatic Data Acquisition and Visualization for Usability Evaluation of Virtual Reality Systems*. URL, <http://www.faw.uni-linz.ac.at/save/>, September 2002.
- [11] HUFNAGEL, A.: *Konzeption, Design und Anbindung von Interaktionsmöglichkeiten und Benutzeroberflächen zur Gruppeninteraktion in*

- einer virtuellen Welt*. Diplomarbeit, Fachhochschule Darmstadt, Fachbereich Media, Media System Design, Darmstadt, Germany, 2004.
- [12] KRESSE, W.: *Photometrisch konsistente Radiositysimulation und Bildwiedergabe in Virtual und Augmented Reality Anwendungen*. Doktorarbeit, Technische Universität, Darmstadt, Germany, September 2003.
- [13] KROISS, S.: *Solis - Intelligenz des Master Controller*. Bakkalaureatsarbeit, Fachhochschule Hagenberg, Medientechnik und -design, Hagenberg, Austria, Februar 2004.
- [14] SCHELL, J. und J. SHOCHET: *Designing Interactive Theme Park Rides - Lessons Learned Creating Disney's Pirates of the Caribbean - Battle for the Buccaneer Gold*. IEEE Computer Graphics, 21:11–13, July–August 2001.
- [15] SCHELLHASE, R.: *Cybernarium Days - Zufriedenheit der Besucher mit der Veranstaltung*, February 2002. Kopie auf CD-ROM (cybernarium.pdf).
- [16] SCHERER, S.: *Entwicklung eines Konzepts für ein Virtual Reality Exponat - prototypische Realisierung am Beispiel des Fasanenschlösschen Moritzburg*. Diplomarbeit, Technische Fachhochschule Berlin, Medieninformatik, Berlin, Germany, 2003 / 2004.
- [17] SCHMIDT, M. und E. SCHMITZ: *Gaming Sickness*. URL, <http://user.cs.tu-berlin.de/~edda/gamingsickness.html>, 2003.
- [18] SOUND TUBE ENTERTAINMENT: *SoundTube*. URL, <http://www.soundtube.com>, April 2004.
- [19] STAATLICHE MUSEEN ZU BERLIN - PREUSSISCHER KULTURBESITZ, INSTITUT FÜR MUSEUMSKUNDE: *Statistische Gesamterhebung an den Museen der Bundesrepublik Deutschland für das Jahr 2002*. URL, <http://elib.zib.de/museum/ifm/mat55.pdf>, 2003. Kopie auf CD-ROM (Statistik.pdf).
- [20] THALMANN, N. M. und D. THALMANN: *Virtual Reality Software and Technology*. URL, <http://www.miralab.unige.ch/papers/100.pdf>, 1998.
- [21] WALDNER, M.: *MIDI-Programmierung für SOLIS*. Bakkalaureatsarbeit, Fachhochschule Hagenberg, Medientechnik und -design, Hagenberg, Austria, Februar 2004.
- [22] WOHLFROMM, A.: *Museum als Medium - Neue Medien in Museen*. Herbert von Halem Verlag, Köln, 1 Aufl., 2002.



# Messbox zur Druckkontrolle

— Druckgröße kontrollieren! —



— Diese Seite nach dem Druck entfernen! —