

Visuelle Voraussetzungen für Immersion in Fulldome-Umgebungen

Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades
eingereicht am Institut for Design og Kommunikation
Syddansk Universitet

vorgelegt von Jürgen Rienow

betreut von Prof. Dr. Klaus Robering

30. September 2013

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	7
2	Fulldome-Umgebungen	11
2.1	Die Projektionsfläche	12
2.2	Sitzanordnung und Neigung der Kuppel	14
2.2.1	Konzentrische Sitzanordnung in einer ungeneigten Kuppel	15
2.2.2	Gerichtete Sitzanordnung	16
2.2.3	Geneigte Kuppeln	17
2.3	Projektor-Konfigurationen	19
2.3.1	Projektion mit einem Projektor	20
2.3.2	Projektion mit zwei Projektoren	21
2.3.3	Mehrkanal-Projektion	22
2.3.4	Stereo 3D für Kuppelprojektion	23
2.4	Zuspielhardware und Bildgenerator-Software	24
2.5	Content-Erstellung	26
2.5.1	Produktion mit einem Echtzeit-System	26
2.5.2	Produktion von kuppelfüllendem Video	28
2.6	Zur Abbildungsvorschrift im Domemaster	31
3	Fulldome-Umgebungen als Medien	35
3.1	Kategorisierung von Medien und die Anwendung auf Fulldome . .	36
3.2	Historische Wurzeln von Fulldome-Umgebungen	40
3.2.1	Entwicklung des Projektionsplanetariums	41
3.2.2	Zusammenführen anderer Medien in Fulldome- Umgebungen	44
3.3	Das Fulldome-Medium - ein Fazit	57

4	Immersion	61
4.1	Erster Definitionsversuch	62
4.1.1	Umgebende Medien	63
4.1.2	Immersion und Präsenz	66
4.2	Immersion und Gaming	71
4.2.1	Voraussetzungen für Immersion im Spiel	73
4.2.2	Genauere Terminologie	74
4.3	Präsenzerleben und das „Buch-Problem“	80
4.4	Eine Zwischenbilanz	89
5	Immersion und Realität	94
5.1	Wahrnehmung	95
5.2	Phänomenologie der Realität	100
5.3	Realitätswahrnehmung und Immersion	107
6	Erhebung von Indikatoren für Immersion	114
6.1	Überblick	115
6.2	Beispiele für Methoden	119
6.2.1	Subjektbasierte Methoden	119
6.2.2	Verhaltensbasierte Methoden	123
6.2.3	Physiologische Messmethoden	125
6.3	Langzeitwirkung von Immersion	127
6.4	Diskussion der Methoden	128
6.5	Geeignete Messmethoden für Immersion in Fulldome- Umgebungen	130
6.6	Immersionserfassung und Fulldome-Inhalte	133
6.7	Die Kuppel des Mediendoms Kiel	135
6.7.1	Ausstattung im Detail	136
6.7.2	Störfaktoren	140
7	Produktion und Durchführung der Studien	144
7.1	Vorüberlegungen	144
7.2	Studie 1: Wirkung von Projektion auf kuppelförmige Leinwand . .	146
7.2.1	Motivation	147
7.2.2	Vorüberlegungen	149
7.2.3	Produktion	151

7.2.4 Durchführung	160
7.2.5 Auswertung der Ergebnisse	164
7.3 Studie 2: Dialoge	174
7.3.1 Motivation	174
7.3.2 Vorüberlegungen	178
7.3.3 Produktion	179
7.3.4 Durchführung	186
7.3.5 Ergebnisse und Diskussion	188
7.4 Vorschläge für weitere Studien	191
8 Zusammenfassung und Ausblick	194
A Sitzplatznummern im Mediendom	198
B Fragebogen zur Studie „Wirkung von Projektion auf gekrümmte Leinwand“	199
C Fragebogen zur Studie „Dialoge“	206
D Dialogtext	212
Abbildungsverzeichnis	213
Quellcodeverzeichnis	217
Quellenverzeichnis	218

Abstract

“Visual Preconditions for Immersion in a Full Dome Environment”

Having their roots in planetaria, full dome environments are today’s highly sophisticated and flexible way of creating any kind of image on a domed projection canvas. Although astronomical topics can still be found within these environments, full dome technology has been the spark to an industry producing spherical image generation technology and corresponding movies and other kinds of shows. Although using curved surfaces for projection is intriguing, technology alone could never be the only reason for making people use a medium. Therefore the topic of content production is vitally important.

As this thesis offers solutions for content production in a specialized environment like full dome, the first chapters offer definitions of basic terms and a detailed description of these environments.

Looking closer at full dome environments, this thesis classifies the different types of domes by their properties, like dome diameter or seat layout. The latter decides whether the dome is used as a multidirectional environment or follows a more cinematic approach, making all seats face in the same direction. Other categories for domes are projector configuration, dome tilt and type of image generator. The image generator is a software that runs a distributed computer network, processing images and audio, allowing content to be placed anywhere onto the dome. Image generators in general are both video playback and realtime capable, allowing the user not only to playback pre-recorded shows but to manipulate images in real time. In order to better understand the process of generating images, a general overview of content production both for real time and pre-rendered content is given.

The medium itself is classified as one of the so-called “immersive media”. In order to understand the history of development, a media theory approach takes the reader to the historical roots of full dome projection starting with planetaria and combining several other media like panoramas, domed cinema, virtual reality and even tromp’loeil into full dome. This development allows full dome environments to be a very interesting mix of different approaches, all available in one digital medium.

As full dome environments are said to be immersive, the term “immersion” is defined in this thesis. Although the term is often used as a buzz word, it is used pro-

perly, it will describe the feeling of diving into a mediated world or being drowned by it. It shows a distinct familiarity to “presence” and other terms, also describing the experience of being in a virtual world. This phenomenon of diving into a mediated world is even more interesting with so-called “immersive” media, where a medium literally surrounds the observer. Some theories say that by being surrounded, it becomes easier to create the feeling of actually being within the virtual world than it would be by just using e. g. a normal computer screen. Others point out that even books (without a huge technological apparatus) are able to invoke the feeling of immersion. This thesis discusses both approaches in detail.

As those theories are contradictory, the thesis sets out to find a theory combining the different reasons for immersion. A proper way of explaining immersion can be made by using the metaphorical term of mental “double book-keeping”. This refers to the double nature of both staying in front of a medium while at the same time feeling like being part of the virtual world. This way, e. g. a computer game user can still be in front of the computer, using the controls, while his mind is in the mediated world of the computer game. With proper imagination, this is also true for books.

Perception theory also offers a similar approach called “phenomenal duplication”. Once the mind encounters a frame i. e. containing a computer generated world, it notices that the mediated world does not spatially or temporally extend into the surrounding environment. Thus, the process of duplication forms an autonomous reference frame for the mediated world, an entity in the mind that exists without a spatial or temporal connection to the surrounding reference frame we would call reality. At the same time, by phenomenal duplication, both reference frames are valid and managed by the mind. This approach easily allows a definition for immersion, where the term simply refers to the consciousness drifting from our reference frame into the mediated one. This theory is complex and will of course also be discussed in close detail.

The perception theory based approach can be interpreted as a view on the media theory approach of double book-keeping. Both theories will be brought together, creating an interdisciplinary consolidating theory of immersion.

The last part of the thesis offers a more practical approach, as the possibilities of measuring immersion are discussed. The main focus is on non-reactive methods, because the methods shall in the end be applied to full dome environments. As

there have never been any immersion measures done in full dome before, the most conservative approach is used (and advisable).

Fortunately, at the Mediendom of the University of Applied Sciences, Kiel, Germany, these tests could take place. This full dome environment is good for measurements, as it does not use a star projector in the center. The center position can be used as a reference point, as it is supposed to have the least distortion effects for the observers.

The last chapter describes the practical part of the thesis. Actual measurements and the corresponding results are being presented here, but another important part shows the production of full dome content for testing, starting with first ideas and motivational examples and finally explaining production workflow.

The empirical studies deal with two topics: the first one can be used to understand how the special projection and reception properties of a domed canvas work for the recipients. Different objects with different surface properties are being presented, both in motion and at rest. The subjects use a specially developed questionnaire to be able to capture the geometric properties of their particular view of the projected scene, pointing out areas of warping or distortion. This also requires a non-standard evaluation of the test, leading to some surprising results that teach the reader how full dome visualisations are perceived.

The second test introduces dialogue into the dome, using two actors filmed in a green box. The test deals with the proper way of showing dialogue, especially regarding the principle of fair visualisation for a multidirectional dome and keeping geometrical properties intact. Here, the results offer a key aspect of full dome image composition, allowing for a better understanding of how an actor can be placed on a dome without losing proportions, size or geometrical relation to a partner when conversing.

The thesis closes by indicating other possible areas of research in the field of immersion and full dome environments, which are plenty due to the nature of the developing medium. Especially interactive content for multiple users is one of the great advantages of full dome, and has not yet been fully developed. In the résumé, the results of the empirical tests allow for conclusions to be drawn, explaining how full dome environments should be built to create an even greater immersive impression.

Kapitel 1

Einleitung

Ich sah nichts als das tiefe Becken des Nachthimmels, denn ich lag rücklings auf einem Dünengrad und sah ins Sternengewimmel. Kein Dach und kein Zweig waren zwischen diesem Abgrund und mir. Ich war schon losgelöst und begann hineinzufallen wie ein Taucher ins Meer.

Antoine de Saint-Exupéry

Der Eindruck des Sternenhimmels über unseren Köpfen gehört zu den beeindruckendsten Dingen in der Natur. So hat der Sternenhimmel viele Generationen von Denkern und Philosophen angeregt, aber auch Ingenieure zu einer Meisterleistung bewegt. In einem Planetarium kann der gestirnte Himmel durch einen Spezialprojektor in der Mitte der Kuppel realistisch nachgebildet werden. Es verwundert nicht, dass der Sternenprojektor über viele Jahre die Hauptrolle in allen Planetariumsveranstaltungen gespielt hat. Der Trend geht inzwischen aber zu einer Ergänzung oder gar einem Ersatz der optomechanischen durch digitale Projektionstechnik. In heutigen Kuppelprojektionssystemen werden in der Regel mehrere Videoprojektoren genutzt, um die gesamte Kuppel mit digitalem Bild zu füllen; dies ist die sog. Fulldome-Projektion (oder kuppelfüllende Bewegtbild-Projektion).

Diese neue Möglichkeit erlaubt es, die Kuppel auf ausgesprochen flexible Weise mit beliebigen Inhalten zu füllen. So herrschten zu Zeiten einer „analogen“ Projektionstechnik (Sterne, evtl. Diaprojektion und seit Beginn der 1990er Jahre auch vereinzelt Videoprojektion) individuelle Produktionen in den einzelnen Planetarien vor, deren Hauptthema die Simulation des Sternenhimmels

aus Sicht der Erde war. Die größeren Strukturen unseres Universums genauso wie die Lage der Sterne im Raum waren nur über Standbilder vermittelbar. Mit Einführung der Fulldome-Technik hat sich dieses Bild massiv gewandelt. Seit dieser Zeit entsteht ein ganzer Markt aus Produktionsstätten und ihren Filmen (sog. „Shows“), die für Planetarien mit dieser Technik produzieren. Zusätzlich entdecken andere Interessensgruppen dieses Medium für sich, so entstehen in Science-Centern oder Vergnügungsparks kuppelförmige Projektionsanlagen, die nie ein Planetarium waren und auch keines sein wollen. Die Computerspieleindustrie zeigt ebenfalls Interesse, wenn auch verhalten; so gibt es immer wieder Versuche, Computerspiele auch in Kuppeln erfahrbar zu machen¹.

Projektion auf gekrümmte Leinwand stellt eine technische Herausforderung dar, die von mehreren Herstellern zu lösen versucht wird. Die meisten dieser Hersteller kommen aus dem Planetariumsbereich und können flexibel mit einem Cluster von mehreren Computern mit beliebiger Zusammenstellung und Ausrichtung von Projektoren die Leinwand bespielen. Dieses Alleinstellungsmerkmal wird erst in ganz aktueller Zeit aufgebrochen durch die Notwendigkeit, flexibelste Leinwände zu nutzen für die sog. Video-Mapping-Technik².

Technische Brillanz und Flexibilität können aber nicht helfen, wenn es darum geht, das Publikum länger an ein Medium zu binden und auf diese Weise den enormen Produktionsaufwand und den Bau neuer Kuppeln zu rechtfertigen. Es gibt aber etwas, das ein Publikum immer wieder ins Kino zieht, obwohl sich die Geschichten im Grunde gar nicht so sehr unterscheiden, z. B. die von Pocahontas und Avatar. Trotzdem spielen neue Filme immer wieder viel Geld ein. Zum einen liegt dies sicherlich an der Weise, wie diese Geschichten erzählt werden, zum anderen auch an der Möglichkeit, sich in die Welt des Films bzw. in die Charaktere hineinzusetzen. Das Eintauchen in den Film, die sog. Immersion, ist dort wahrscheinlich stärker als vor dem heimischen Fernseher, bei dem noch diverse andere Dinge den Blick ablenken, während die Kinoleinwand den Großteil des Sichtfeldes füllt und auch der Raum für das konzentrierte Wahrnehmen des Filmes optimiert ist.

Demnach braucht der moderne Fulldome-Projektionsbetrieb Inhalte, die den Zuschauer eintauchen lassen, sowohl durch gute Erzählung, als auch

¹siehe z. B. die jdome-Webseite, jdome.com oder auch Z-Dome, www.mahalo.com/z-dome/

²beispielsweise United VJs, unitedvjs.org

durch Bilder mit starker Wirkung. Die Reaktionen vom Publikum auf Achterbahnfahrten und Flüge durch das Weltall zeigen, dass auch ohne Sprecher oder Charaktere das Eintauchen in die Visualisierung möglich wird, ganz im Sinne des Zitates von Saint-Exupéry. Das Auflösen des Kuppelraumes an sich und das Erzeugen von neuer Räumlichkeit im Sinne der dargestellten Szenerie können den Zuschauer soweit mitreißen, dass Orientierungslosigkeit oder sogar Übelkeit die Folge sind.

Es stellt sich die Frage, was eine gute und wirkungsvolle Szene an einer Kuppel auszeichnet, welche Voraussetzungen es für das ideale Eintauchen in die projizierte Welt gibt und ob dieser Erfolg beim Zuschauer erfassbar ist. Diese und andere Fragen sollen in dieser Arbeit behandelt werden, im Detail sind das folgende Dinge:

Zum einen ist eine ausführliche Begriffsklärung notwendig. „Fulldome-Umgebung“ ist hier nur der Oberbegriff für die vielfältigen Möglichkeiten der Ausprägung einer solchen Spielstätte. Die Parameter, in denen die Fulldome-Umgebungen sich unterscheiden, sollen aufgezeigt werden. Dabei wird häufig der Begriff des Mediums fallen, der aufgrund der vielfältigen Verwendungsmöglichkeiten auch klar beschrieben werden muss. Auch stellt sich die Frage, wie sich Fulldome-Umgebungen medienwissenschaftlich einordnen lassen: handelt es sich um ein eigenständiges Medium und lässt es sich in die Reihe der immersiven Medien historisch einordnen, oder ist Fulldome nur eine Zusammenführung und Adaption bereits vorhandener Medien?

Der Begriff „Immersion“, der wissenschaftlich ein eher junger Begriff ist, scheint nicht genau definiert zu sein oder ist vielleicht gar nicht genau definierbar. Diese Arbeit nähert sich dem Begriff auf drei Arten: medientheoretisch, aus der Sicht der Wahrnehmungspsychologie und einem weiteren medientheoretischen Ansatz, der auf der Erhebbarkeit von Indikatoren für das Phänomen (z. B. qualitative Indizes) beruht. Auf diese Weise soll versucht werden zu verstehen, was genau Immersion für den Zuschauer bedeutet. Aus den gewonnenen Erkenntnissen sollen Verfahren zur Erfassbarkeit des immersiven Erlebens entwickelt werden, die auf die Wahrnehmung von Kuppelprojektionen optimiert sind.

Um zu zeigen, dass diese Überlegungen anwendbar sind, sollen Studien durchgeführt werden. Dabei soll das Gewicht nicht nur auf der Erhebung und Interpretation der Daten liegen, sondern es besteht die Notwendigkeit, auf-

grund der Besonderheit des Mediums gesonderte Inhalte zu erstellen, die sich für explorative Studien eignen. Dabei soll der gesamte Weg von den Vorüberlegungen und Motivationen bis hin zur Produktion begleitet werden, und erst danach kann die eigentliche Studie durchgeführt werden. Der große Vorteil dieser Vorgehensweise liegt in der Möglichkeit, häufig auftretende Probleme isoliert zu betrachten, auch wenn ein immersives Erlebnis eine multi-sensorielle Ansprache zur Grundlage hat. Aus den Ergebnissen sollen dann Vorgehensweisen zur Ausgestaltung von Inhalten und ein besseres Verständnis des Rezeptionsverhaltens von Fulldome-Nutzern entstehen.

Kapitel 2

Fulldome-Umgebungen

In den folgenden Kapiteln werden die Begriffe im Titel der vorliegenden Arbeit im Detail erläutert, um eine Einordnung für die späteren explorativen Studien zu ermöglichen. Der erste Begriff, der spezifiziert werden soll, ist „Fulldome-Umgebung“. Der Begriff leitet sich vom englischen „full dome environment“ ab; trotz der Übersetzbarkeit des Begriffes in die deutsche Sprache („kuppelfüllend“ o. ä.) soll hier weiter der eingedeutschte Begriff „Fulldome“ verwendet werden, der sich als Fachbegriff in der deutschen Sprache durchgesetzt hat. Weitere Begriffe, die manchmal Verwendung finden, sind „Kuppeltheater“ oder „digitales Theater“. Beide leiten sich von dem englischen Wort „theater“ oder „theatre“ ab, was aber eher mit „Vorführraum“ oder „Kino“ und nicht direkt mit „Theater“ übersetzt wird. Die Frage nach einem geeigneten Begriff wurde in einer Promotion vorgeschlagen, in der Begrifflichkeiten ausführlich diskutiert wurden; einen Auszug findet man bei Franz (2007).

Eine Fulldome-Umgebung ist eine kuppelförmige Projektionsfläche, auf deren Innenseite durch digitale Projektion Bildinhalte gezeigt werden. Die digitale Verarbeitung der Inhalte umfasst den gesamten Produktions- und Projektionsablauf (Schorcht, 2008, S. 12).

Das aktuelle Kapitel befasst sich mit den Ausprägungen von Kuppeln mit einem digitalen Projektionssystem, die Kuppelkonfiguration. Diese umfasst vier Parameter (vergl. Scott (2004a,b)):

- die Projektionsfläche,
- die Sitzanordnung,
- Anzahl und Anordnung der Projektoren

- und die Funktionsweise der bildgenerierenden Software, die an die anderen Parameter anpassbar sein muss.

Die Parameter einer Kuppelkonfiguration werden in der Hauptsache vom Durchmesser der Kuppel beeinflusst. Dieser bestimmt neben der Anzahl Sitzplätze für Zuschauer auch die Größe der zu bespielenden Projektionsfläche und damit die benötigte Projektionshelligkeit, was wiederum die Anzahl und Leistungsfähigkeit der Projektoren bestimmt. Da viele Fulldome-Umgebungen in Planetarien installiert sind, kommt häufig als weiteres Merkmal ein sich in der Mitte der Kuppel befindlicher optomechanischer Sternenprojektor hinzu. Das folgende Kapitel gibt einen Eindruck von der Vielfalt der möglichen Kuppelkonfigurationen und den Herausforderungen, denen sich bilderzeugende Software zu stellen hat, die all diese Möglichkeiten nutzen können soll. Weiterhin enthält dieses Kapitel eine technische Einführung in die Begriffe, die später für die Erstellung der Materialien für die explorativen Studien wichtig werden.

2.1 Die Projektionsfläche

Ein modernes Kino verwendet anstelle einer klassischen Leinwand eine perforierte Aluminiumfläche, die mit einem hellgrauen Lack besprüht ist. Durch die Farbe ist der Reflektionsgrad und damit die Helligkeit des Bildes beeinflussbar. Zusätzlich besitzt der Lack die Eigenschaft, das Licht nur diffus (in alle Richtungen gleich, und nicht spiegelnd) zu streuen (Bungartz et al., 1996, S.130-132). Dies vermeidet die Spiegelung der hellen Projektoröffnung im Bild.

Planetariumskuppeln verwenden ein ähnliches Verfahren, sofern nicht bereits eine ganz andere Kuppelfläche vorliegt. Einige ältere Kuppeln sind getüncht, was einem idealen diffusen Reflektor sehr nahe kommt und in der Regel helle Bilder zurückwirft. Als Beispiel ist hier die Kuppel des Planetariums Glücksburg zu nennen.

Die perforierte Aluminiumfläche findet wegen des geringen Gewichtes und der Luft- und Schalldurchlässigkeit Anwendung. Sie ist an einer tragenden Konstruktion auf der Rückseite der Kuppel befestigt. Alle Gegenstände auf der Rückseite sind komplett matt schwarz lackiert, damit das durch die Perforation dringende Licht nicht zu Aufhellungen am Kuppelhintergrund führt. So eine Kuppelkonstruktion kann frei schwebend sein, damit die Rückseite für das Wartungspersonal zugänglich bleibt: auf der Rückseite der Kuppel befin-



Abbildung 2.1: Kuppelkonstruktion des Mediendoms Kiel, Rückseite der Projektionsfläche, deutlich sind die matt schwarz lackierten Elemente zu sehen, die die Projektionsfläche halten. Ebenfalls im Bild: einer der Flachpanel-Lautsprecher.

den sich beispielsweise die Lüftung, Lautsprecher, Scheinwerfer oder weiteres Multimedia-Equipment (s. Abb. 2.1).

Eine besondere Herausforderung sind die Übergänge zwischen den einzelnen Platten, aus denen die Kuppelfläche zusammengesetzt wird. Bei der Kinoleinwand ist das aufgrund der flachen rechteckigen Form kein Problem, die Kuppel allerdings verwendet Kugeloberflächenausschnitte, deren Perforation genau aneinander passen muss. Eine Überlappung von Segmenten ist genauso schwierig, die Löcher im Überlappungsbereich könnten geschlossen sein, so dass der Bereich mehr Licht reflektieren würde als andere Teile der Segmente. Als Folge wären die Segmentüberlappungen bei der Projektion sichtbar (als Beispiel sei hier die Kuppel des Planetariums am Prenzlauer Berg in Berlin genannt). Ebenso sollten die Segmente auch in den Übergangsbereichen möglichst wenig hervorstehen, da schon kleinste Erhebungen auf der Projektionsfläche in Form von Schatten während der Projektion sichtbar werden.

Aus diesem Grund haben Kuppelhersteller technisch hochaufwendige Verfahren entwickelt, um die Segmente aneinandersetzen zu können.

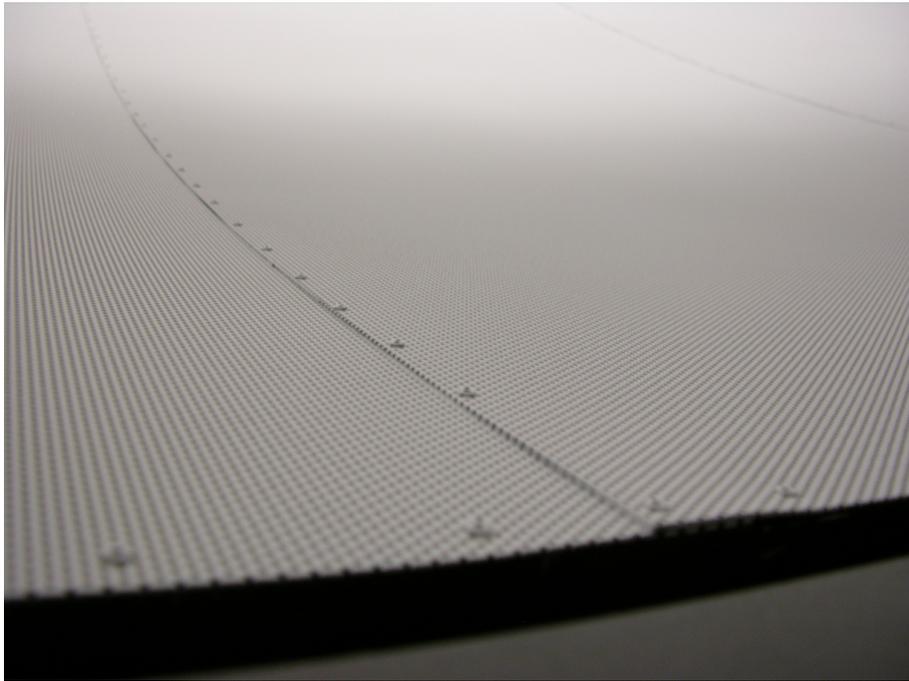


Abbildung 2.2: Close-up der Projektionsflächenstruktur des Mediendoms Kiel. In dieser Makroaufnahme sind die überlappenden Segmente und die kleine Erhebung erkennbar, die sich aus der Überlappung ergeben.

Der Mediendom in Kiel hat auf seiner Oberfläche kleinste Erhebungen zwischen den Segmenten, s. Abb. 2.2. Auch wenn die Segmentierung (hier realisiert mit Überlappung) während der Projektion nicht sichtbar ist, werden durch die Schatten der kleinen Erhebungen Tiefeneindrücke in der Wahrnehmung ausgelöst, die später diskutiert werden sollen (s. Kapitel 6).

2.2 Sitzanordnung und Neigung der Kuppel

Keine Projektionskuppel gleicht der anderen. Dies wird nirgendwo so deutlich wie bei der Anordnung der Sitze für die Zuschauer und der Neigung der Kuppel. In diesem Abschnitt sollen die unterschiedlichen Ausführungen vorgestellt werden.

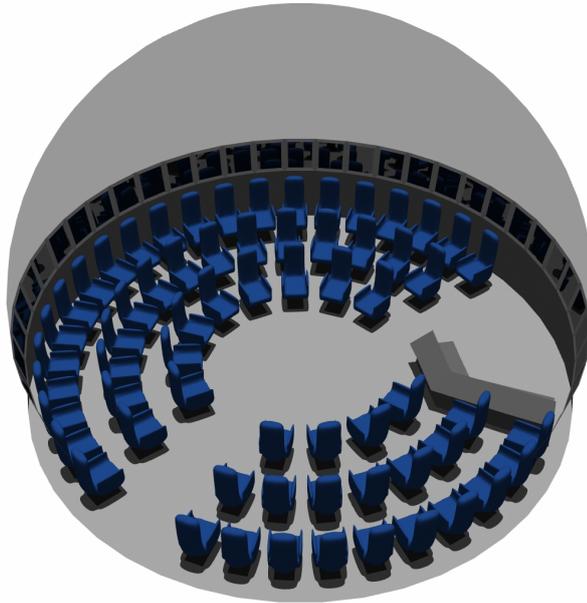


Abbildung 2.3: Modell einer konzentrischen Sitzanordnung.

2.2.1 Konzentrische Sitzanordnung in einer ungeneigten Kuppel

Flache konzentrische Anordnung

Das klassische Planetarium besteht aus einer Kuppel, deren Horizont genau waagrecht angeordnet ist. Um den Sternenprojektor in der Mitte sind die Sitze kreisförmig (konzentrisch) so angeordnet, dass alle Zuschauer in die Richtung des Zentralprojektors schauen, also besonders gut die ihnen gegenüberliegende Seite der Kuppel sehen können. Diese Sitzanordnung ergibt sich aus der primären Aufgabe der klassischen Planetarien, es sollen astronomische Inhalte vermittelt werden, insbesondere soll der Sternenhimmel möglichst naturgetreu nachgebildet werden. Dies funktioniert am besten bei Beobachtung mit gleichmäßig guter Horizontsicht, die von Natur aus ungerichtet ist. Zusätzlich sind die Rückenlehnen der Stühle neigbar, so dass die Zuschauer in zurückgelehnter Haltung die Kuppel bequemer betrachten können.

Aus dieser Sitzanordnung ergibt sich, dass jeder Zuschauer einen anderen Teil der Kuppel sieht, also auch die gezeigten Inhalte anders wahrnimmt bzw. einen anderen (individuellen) Teil der Inhalte sieht. Alles, was sich an der Kuppel „hinter“ ihm abspielt, kann er selber nur schlecht oder gar nicht sehen (man wird also gefordert, sich in der Kuppel herumzudrehen). Die Zuschauer auf der anderen Seite der Kuppel sehen aber gerade diese Inhalte ganz besonders gut.

In einigen Kuppeln sind Sitze installiert, die sich zusätzlich zur normalen Neigung der Rückenlehne drehen lassen. Der Zuschauer wird eingeladen, sich umzuschauen; ein nicht drehbarer Sitz verhindert dieses häufig. Drehbare Sitze benötigen etwas mehr Platz als feste, die konzentrische Sitzanordnung erlaubt aber die höchstmögliche Platzanzahl für den gegebenen Kuppeldurchmesser (Zeiss, 2009).

Ein Beispiel für eine Kuppel mit konzentrisch angeordneten, frei drehbaren Sitzen (volle 360°) ist das Planetarium Münster, das bei 20 Metern Kuppeldurchmesser über 250 Plätze bietet¹.

Konzentrisch-konische Anordnung

Um den Zentralprojektor etwas mehr aus dem Sichtfeld der Zuschauer zu nehmen, gibt es eine Variante der Sitzanordnung, die konzentrisch-konisch genannt wird (Zeiss (2009)) und in der die äußeren Sitzreihen etwas höher angeordnet sind als die inneren.

2.2.2 Gerichtete Sitzanordnung

Gerichtete Anordnung der Sitze erinnert an ein kuppelförmiges Kino. Die Zuschauer blicken primär in eine Richtung, die sog. Hauptprojektionsrichtung oder „vorne“, für astronomische Inhalte in der Regel die Südrichtung. Durch diese Bestuhlung lässt sich für die meisten Inhalte eine dem Kinofilm verwandte Bildsprache anwenden. Kommerzielle Fulldome-Filme nutzen daher sehr häufig gerichtete Aufnahmen, die für Kuppeln mit konzentrischer Bestuhlung ungünstig sind.

Bei gerichteten Anordnungen wird zwischen der gerade gerichteten („unidirectional“), der epizentrischen („epicentric“) und der gewinkelten („chevron“) Bestuhlung unterschieden (vergl. Petersen, 2011, 2012). Epizentrische Sitzanordnung bezeichnet hierbei auch eine konzentrische Anordnung der Stuhlreihen, allerdings liegt der Kreismittelpunkt im vorderen Bereich der Kuppel (bei leichterem Biegung der Reihen manchmal auch außerhalb), woraus sich eine primäre Blickrichtung ergibt. Die Chevron-Anordnung bezeichnet gerade Reihen mit einer Winkeländerung in der Mitte, diese Anordnung ist ausgesprochen selten.

¹s. Webseite zur Geschichte des Planetariums Münster,
<http://www.lwl.org/LWL/Kultur/WMfN/Planetarium/Planetariumsgeschichte>

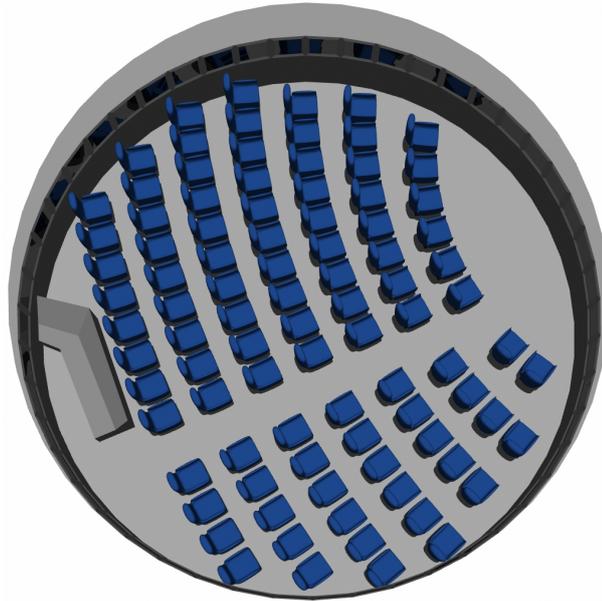


Abbildung 2.4: Modell einer gerichteten Sitzanordnung.

Ein Vorteil der gerichteten Sitzanordnung ist die einfache Integration einer Bühne in die Planetariumskuppel (z. B. für Livemusik, Theater, Lesungen).

Die Art der Ausrichtung kann variieren, je nachdem, wie der Leiter der jeweiligen Einrichtung die Aufgabe seines Hauses versteht. Soll eher klassische Astronomie betrieben werden, wird eher konzentrisch ausgerichtet. Wird das Gewicht auf Unterhaltungsshows oder kinoähnliches Programm gelegt, wird eine gerichtete Anordnung der Sitze bevorzugt.

Ein gutes Beispiel ist das Planetarium Hamburg (s. Abb. 2.5), welches beide Ansätze vermischt: im hinteren Bereich der Kuppel (also in Richtung Norden) ist die Sitzplatzanordnung konzentrisch-konisch. Vorne (also in Richtung Süden) befindet sich eine Bühne, zu der die vorderen Sitze ausgerichtet sind. Damit werden sowohl der astronomische als auch der kinoähnliche Betrieb möglich, zusätzlich lassen sich einfach kulturelle Veranstaltungen (wie z.B. Klavierkonzerte, Lesungen etc.) realisieren.

Die Hamburger Kuppel ist um 5 Grad in Richtung Süden geneigt.

2.2.3 Geneigte Kuppeln

Zusätzlich zu der Möglichkeit, die Sitze in der Kuppel in eine Richtung auszurichten, gibt es die Möglichkeit, die Kuppel zu neigen (sog. „tilt“, s. Abb. 2.6). Diese Herangehensweise an eine Kuppelkonstruktion führt automatisch zu ei-

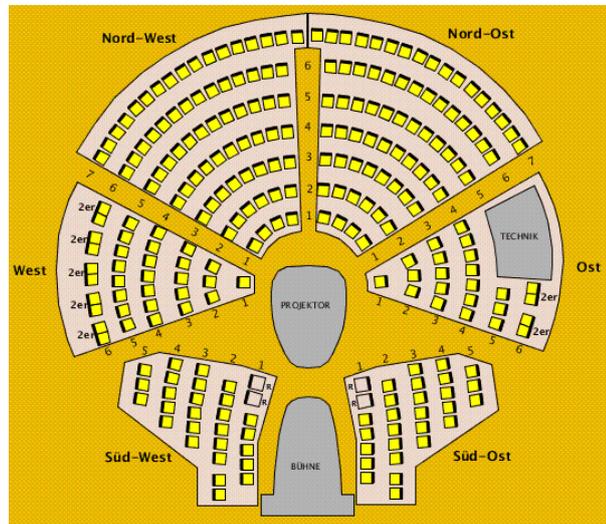


Abbildung 2.5: Anordnung der Sitze im Planetarium Hamburg.

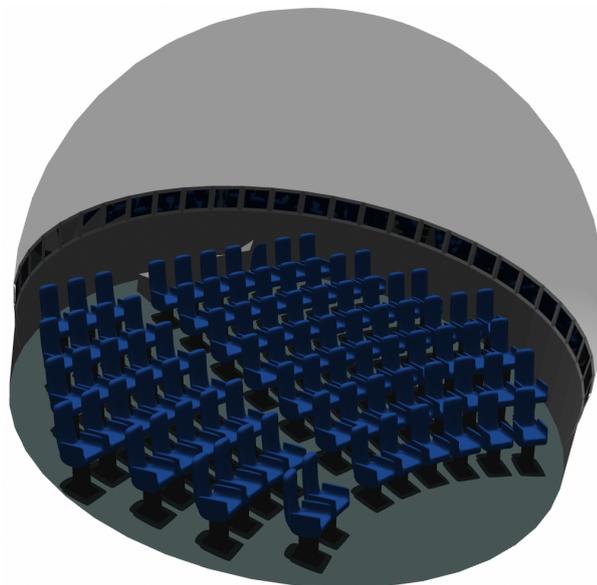


Abbildung 2.6: Modell einer gerichteten Sitzanordnung in einer geneigten Kuppel.

ner hörsaalähnlichen Anordnung der Sitze, d. h. eine geneigte Kuppel hat schon aufgrund ihrer Konstruktion eine gerichtete Sitzplatzanordnung. Der Sternensprojektor (soweit vorhanden) befindet sich nach wie vor in der Mitte der Kuppel, steht aber nun mitten in den Zuschauerreihen. In größeren, stark geneigten Kuppeln kann ein IMAX-Projektor installiert sein, so dass die Kuppel entweder mit Planetariums- oder mit Filminhalten bespielt werden kann. Diese Herangehensweise ist insbesondere in den USA, aber auch z. B. im Planetarium Kopenhagen wiederzufinden. Die digitale Kuppel wird hier zu einem IMAX-Dome- bzw. Omnimax-Kino (Grau, 2002, S. 116f.).

Durch diese Anwendung bilden Kuppeln mit gerichteter Bestuhlung den Großteil aller fest installierten Kuppeln (Petersen, 2012). Die noch größere Zahl mobiler Kuppeln (z. B. aufblasbare) sind hingegen eher konzentrisch genutzt und verzichten aufgrund der Mobilitätsanforderung auf eine feste Bestuhlung.

2.3 Projektor-Konfigurationen

Ähnlich vielschichtig wie die Kuppelneigung und -bestuhlung sind die Möglichkeiten bei der Auswahl und Ausrichtung der Projektoren für die Fulldome-Bild-Projektion. Bei der Auswahl einer Projektoranordnung spielen verschiedene Faktoren eine Rolle. Der Typ der verwendeten Projektoren, ihre Anzahl und ihre Position in der Kuppel führen zu unterschiedlichen Auflösungen und Helligkeiten in der Kuppel. Der Projektortyp wird auch häufig durch die Kuppel selbst limitiert. Kleinere oder ältere Kuppelbauten verfügen nur über kleine Projektornischen, die ein größeres Projektormodell nicht aufnehmen können. Der Durchmesser der Kuppel beeinflusst die Helligkeit des resultierenden Bildes. Da die Helligkeit mit dem Quadrat der Entfernung abnimmt ($I \sim \frac{1}{r^2}$), werden insbesondere in großen Kuppeln Helligkeits- und Farbeinbußen deutlich sichtbar.

Helligkeits- und Farbeinbußen könnten zwar durch eine erhöhte Anzahl von Projektoren ausgeglichen werden, aber die Projektionsbereiche der Projektoren überlappen (s. Abb.2.7) und das pixelgenaue manuelle Abgleichen der Projektoren eröffnet in der Praxis regelmäßig Schwierigkeiten. Einige Kuppelsysteme verfügen deshalb über automatisierbare Kalibrierung.

All diese Gründe inklusive finanzieller Grenzen bei der Ausstattung von Kuppeln zwingen die Hersteller von Kuppelsystemen, für jedes Budget Lösun-

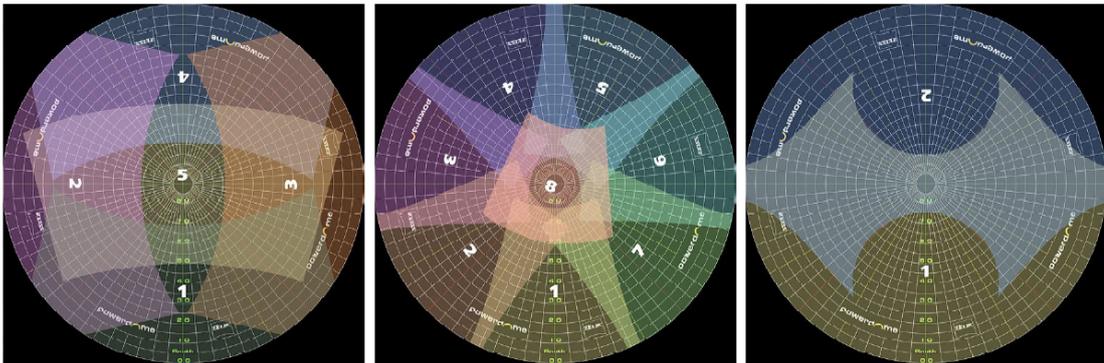


Abbildung 2.7: Drei Beispiele für verschiedene Konfigurationen von Projektoren: 5x FullHD (links), 8x Seitenverhältnis 4:3 (Mitte), 2x 4k-Projektoren (rechts)

gen bereit zu halten². Die verschiedenen Möglichkeiten werden im Folgenden vorgestellt.

2.3.1 Projektion mit einem Projektor

Der wohl einfachste Ansatz ist das Verwenden eines einzelnen Projektors, der als Objektiv eine 180 Grad abbildende Fisheylinse verwendet. Dieser Projektor wird in der Mitte der Kuppel so aufgestellt, dass er nach oben projiziert und durch die Linse die gesamte Halbkugel bespielen kann. Das von der bildgenerierenden Software erzeugte Bild ist dann kreisförmig und in der Mitte des Projektorbildes. Pixel, die sich nicht in diesem Kreis befinden, werden nicht projiziert.

Dieser Ansatz ist der kostengünstigste für eine Fulldome-Projektion, da nur ein Videoprojektor angeschafft werden muss. Es ist auch der einfachste im Bezug auf Wartung (z. B. Projektoreinstellung). Allerdings bleibt die Auflösung beschränkt, denn selbst im Falle eines FullHD-Projektors (mit 1920x1080 Pixel Auflösung) kann höchstens ein Kreis mit 1080 Pixeln Durchmesser projiziert werden; große Teile des HD-Bildes bleiben ungenutzt.

Einzelne Projektoren kommen häufig in kleinen (bis sechs Meter Durchmesser) oder in mobilen (z. B. aufblasbaren) Kuppeln zum Einsatz, da der Aufbau leicht zu realisieren ist.

²Als Beispiel sei auch hier erneut auf Abb. 2.7 verwiesen, aber auch auf die Webseiten der beiden Hersteller Evans & Sutherland und SkyScan, Inc.:

<http://www.es.com/Products/Configurations.html>

<http://skyskan.com/products/systems/projection>



Abbildung 2.8: Projektion mit einem Projektor aus der Kuppelmitte.

Befindet sich in der Kuppelmitte aber bereits ein optomechanischer Sternenprojektor, ist diese Lösung nicht nutzbar. In diesem Fall werden mindestens zwei Projektoren benötigt.

2.3.2 Projektion mit zwei Projektoren

Die Projektion mit zwei Projektoren findet häufig dann Anwendung, wenn sich in der Mitte des Kuppelraumes bereits ein (Sternen-)Projektor befindet. Die zwei Projektoren sind entweder direkt neben diesem Zentralprojektor (also beinahe in der Kuppelmitte) oder in den Projektionsnischen am Kuppelrand (sog. „cove-mounted“) untergebracht. Es wird ebenfalls eine Fisheye Linse verwendet, aber diesmal projiziert jeder Projektor sein Bild auf eine der Kuppelhälften. Durch die zentrale Aufstellung kommt es nicht zu störenden Schattenwürfen durch den Projektor.

Über die Kuppelmitte zieht sich dann ein Überlappungsbereich, um den Übergang der Projektorfelder möglichst nicht sichtbar werden zu lassen. Dieser Bereich erfordert gründliches Einstellen des Maskierungsrandes und der (doppelt projizierten) korrespondierenden Pixel.

Auch hier gibt es verschiedene Möglichkeiten in der Praxis. Verwendet man zwei FullHD-Projektoren, erhält man aufgrund des Überlappungsbereiches in etwa eine Auflösung von 1920x1920 Pixeln. Dies ist für Kuppeln bis zu zwölf Metern Durchmesser nach Herstellerangaben, nach persönlicher Erfahrung aber eher für Kuppeln bis zu acht Metern geeignet. Als Beispiele mit dieser Konfiguration seien hier das Planetarium Glücksburg genannt, in dem bei sechs

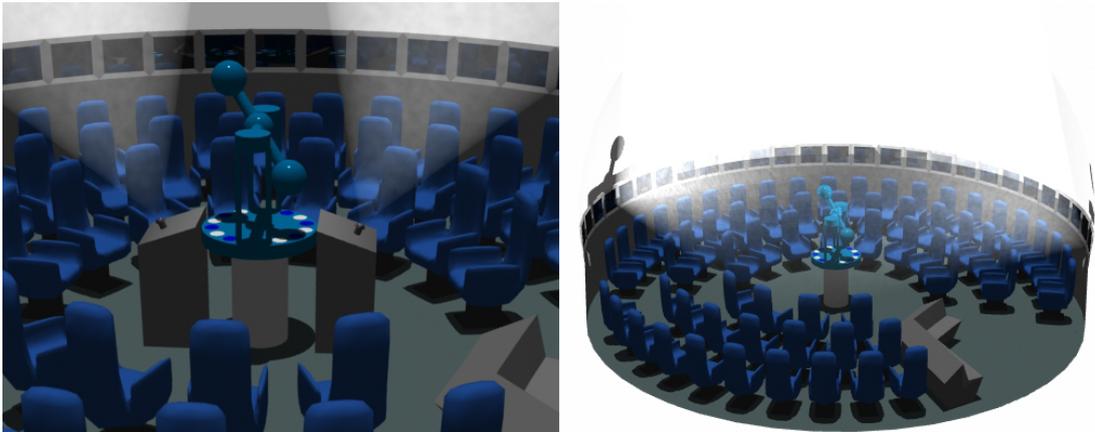


Abbildung 2.9: Projektion mit 2 Projektoren im Vergleich: deutlich ist bei der Anbringung des Projektors am Kuppelrand (rechtes Bild) der Schatten des Zentralprojektors zu sehen.

Meter Durchmesser ein helles und farbiges Bild erzeugt wird; die Kuppel im Planetarium Genk (Belgien) hat mit mehr als zwölf Metern Durchmesser ein recht dunkles und ungesättigtes Bild.

Größere Kuppeln brauchen nicht nur mehr Projektorhelligkeit, sondern auch eine höhere Auflösung, so dass hier die hochauflösenden Kinoprojektoren mit 4096x2160 Pixeln Auflösung Verwendung finden. Dies bedeutet eine resultierende Auflösung von 4096x4096 Pixeln (sog. „4k“-Auflösung).

2.3.3 Mehrkanal-Projektion

Bei Kuppeldurchmessern ab 7 Metern ist ein Mehrkanalsystem möglich: in der Regel bespielen 6 Projektoren die gesamte Kuppel, 5 für den Horizont, einer im Zenit. Diese Konfiguration kann deutlich günstiger eine ähnlich hohe Auflösung erzielen als eine vergleichbare Konstruktion aus zwei hochauflösenden (4k-)Projektoren. Die räumliche Anordnung ist hier ebenfalls als zentraler Aufbau um den Sternenprojektor herum oder cove-mounted möglich.

Auch andere Konfigurationen sind denkbar: Das Planetarium Mannheim nutzt 12 Projektoren, das Planetarium Jena nutzt 6 Projektoren für den Horizont und zwei für den Zenith, die alle in den Nischen (cove-mounted) untergebracht sind. Die Horizontprojektoren projizieren allerdings „off-center“ (also

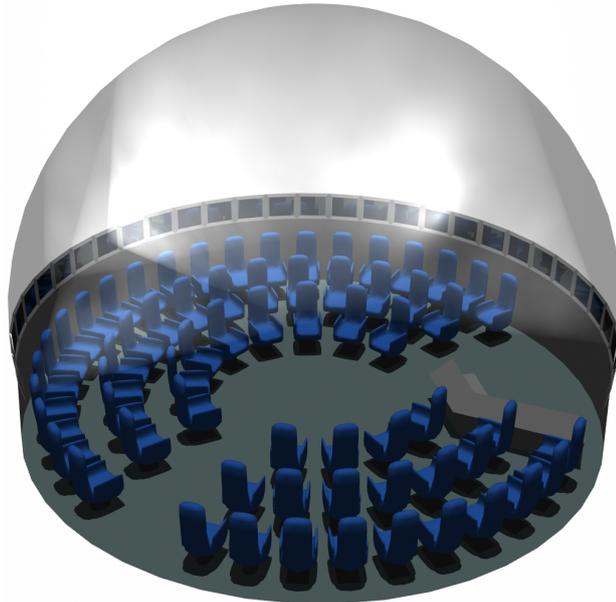


Abbildung 2.10: Projektion mit mehreren Projektoren, die in den Nischen im Kuppelrand installiert sind.

seitlich am zentralen Sternenprojektor vorbei)³, um Schattenwurf zu vermeiden.

Verwendet man Breitbildprojektoren, z. B. HD-Auflösung, dann kann eine 5-Projektoren-Konfiguration sinnvoll sein, 4 für den Horizont und einer für den Zenith (s. Abb. 2.7, links).

Mehrkanal-Projektion wird in letzter Zeit auch mit 4k-Projektoren gebaut. Durch Verwendung von sechs dieser Projektoren kann eine Auflösung von beinahe 8k (8192x8192 Pixel) erzeugt werden. Die Kuppel des Planetariums Münster ist zum Zeitpunkt der Fertigstellung dieser Arbeit die einzige in Europa mit einer derart hohen Auflösung.

2.3.4 Stereo 3D für Kuppelprojektion

Durch den Trend der Filmindustrie, immer mehr Filme in Stereo 3D zu produzieren, sehen auch die Hersteller von Kuppelsystemen Bedarf, in diesen Bereichen Angebote vorzuhalten bzw. Lösungen anzubieten. Die genaue Funktionsweise von Stereo 3D-Projektion soll hier nicht diskutiert werden (für mehr Information siehe Mendiburu (2009) oder Tauer (2010)). Bei Kuppelprojektion funk-

³s. <http://zeiss.de/planetarien> → Planetariumssysteme → Velvet

tioniert die für 3D-Darstellung erforderliche Bildtrennung im Prinzip wie im Kino. Zwei Umsetzungsvarianten sind möglich. Zum einen könnte die doppelte Anzahl Projektoren und entsprechend die doppelte Anzahl Grafikrechner eingesetzt werden. Für dieses passive Stereo 3D werden Filter mit entsprechenden Brillen eingesetzt. Polarisationsfilter eignet sich aufgrund der Lichtstreuung in einer Halbkugel nicht, und auch die Lackierung der Leinwand (s. 2.1) erhält die Polarisation nicht. Man verwendet daher Infitec Frequenzkamm-Filter⁴. Zum anderen könnten Projektoren zum Einsatz kommen, die in der Lage sind, die doppelte Framerate darzustellen. Dies ermöglicht (aktive) Shutter-Verfahren. Allen Verfahren gemeinsam ist die Verwendung von Brillen für alle Zuschauer, autostereoskopische Verfahren für Kuppeln gibt es zum Zeitpunkt der Erstellung dieser Arbeit nicht.

2.4 Zuspielhardware und Bildgenerator-Software

Die Hersteller von Bildgenerator-Software werden mit den unterschiedlichsten Projektortypen, -anzahlen und -anordnungen konfrontiert. Die Flexibilität bei der Konfiguration der Kuppel darf durch die Software nicht beeinträchtigt werden, damit jedes Budget und jede Kuppelgröße bedient werden kann.

Jeder Projektor hat einen oder mehrere Grafikrechner (sog. Grafikknoten, „nodes“, manchmal auch „graphics processors“ oder kurz „GPs“) als Zuspieler, je nach Auflösung des Projektors (4k-Kinoprojektoren haben in der Regel vier Zuspieler, um die hohe Auflösung zu realisieren, FullHD-Projektoren jedoch nur einen). Jeder Grafikrechner bekommt bei der Konfiguration des Systems die Information, welchen Teil der Kuppel der zugehörige Projektor bespielt, so dass der Rechner den entsprechenden Bildausschnitt der Kuppel berechnet. Auf der Projektionsfläche setzt sich dann das Gesamtbild zusammen.

Die Grafikrechner werden über ein Netzwerk synchronisiert. Ein zentraler Steuerrechner (der sog. „Host“) sendet Befehle an alle Grafikrechner, bietet eine grafische Benutzeroberfläche (GUI) und erlaubt verschiedene Eingabegeräte. Neben Tastatur und Maus werden häufig Joysticks unterstützt, aber auch Controller von Spielekonsolen oder herstellerspezifische Eingabegeräte.

⁴auch „Dolby 3D“ genannt. Auf der Webseite wird erklärt, wie das Verfahren genau funktioniert. - <http://www.infitec.net/index.php/de/ueber-uns/infitec>

Das Cluster der Rechner (Steuer- und Grafikrechner) zusammen mit der Bildgenerator-Software heißt „Bildgenerator“.

Die Flexibilität der Handhabung der dargestellten Inhalte hängt also nur von den Möglichkeiten des Bildgenerators ab: einige Systeme haben sich auf Echtzeitdarstellung von Modellen des Universums spezialisiert, andere auf kuppelfüllendes Video oder Hybridsteuerung (also die Kombination von digitalem Bild und opto-mechanischem Sternenhimmel). Auch die Anzahl möglicher Eingabegeräte, die der Host verarbeiten kann, wird durch die Bildgenerator-Software limitiert.

Der Markt der Hersteller von Bildgeneratoren ist komplex (Petersen, 2012, Absatz: „The Projector Systems“), zu den führenden Herstellern gehören aber:

- Evans & Sutherland Computer Corporation: Digistar 4
- SkySkan, Inc.: Digital Sky 2
- RSA Cosmos: Sky Explorer 3
- Carl Zeiss AG: Powerdome (wird mit Sciss Uniview im Bundle verkauft)

Weitere Hersteller mit hohen Verkaufszahlen sind Digitalis und e-Planetarium. Sie stellen aber nur Systeme für mobile Kuppeln her, diese Systeme benötigen in der Regel nur einen Projektor. Weiterhin ist noch Spitz, Inc. zu nennen. Diese Firma ist seit 2008 Teil von Evans & Sutherland und gehört zu den Firmen, die Kuppel-Komplettausstattungen (inkl. Projektionsfläche, Bestuhlung etc.) verkaufen.

Ein Vergleich der verschiedenen Systeme und das Erörtern einer optimalen Lösung stellt sich für diese Arbeit aus zwei Gründen als schwierig dar. Zum einen ist der Markt der Bildgeneratoren für Kuppeln klein, so dass die Firmen aufgrund des Konkurrenzdrucks ausgesprochen restriktiv mit Informationen umgehen. Zum anderen sollen in dieser Arbeit nicht die Vor- und Nachteile der Bildgeneratoren, sondern prinzipielle Fragen erörtert werden, so dass keine Entscheidung für ein bestimmtes System wichtig ist, sondern das System genutzt werden kann, welches bereits in der Testkuppel installiert ist. Aufbau und Ausstattung der für diese Arbeit genutzten Testkuppel (der Mediendom in Kiel) werden in Kapitel 6 vorgestellt.

2.5 Content-Erstellung

Die Erstellung von Inhalten, engl. „Content“ (Kübler, 2001, vergl. S. 43), für einen Bildgenerator gliedert sich in unterschiedliche Bereiche, je nachdem, wie der Inhalt gezeigt werden soll. Dabei unterscheidet man zwischen Visualisierung in Echtzeit (vergl. Akenine-Möller et al. (2008)) und dem Abspielen von vorproduziertem kuppelfüllendem Video (sog. „Fulldome-Video“). Das Abspielen des Videos erzeugt dabei immer wieder das gleiche Resultat, während Echtzeit-Visualisierung eine virtuelle Welt (im Sinne einer virtuellen Realität) erzeugt, die dann interaktiv verändert werden kann.

Da die meisten Fulldome-Umgebungen als Planetarien konzipiert sind, sind Bildgeneratoren darauf ausgelegt, astronomische Inhalte zu zeigen. So sind in den meisten Fällen durch den Hersteller bereits vielfältige astronomische Inhalte vorinstalliert, insbesondere für die Echtzeit-Visualisierung. Ist der Bildgenerator flexibel genug, lassen sich aber auch beliebige andere Visualisierungen erzeugen.

2.5.1 Produktion mit einem Echtzeit-System

Das Produzieren für Echtzeitvisualisierung bedeutet, dass alle verwendeten Objekte, Bilder (Texturen), Videos usw. in einer dafür vorgesehenen Software erzeugt werden und für die Nutzung im Bildgenerator bereitgestellt werden. Im Falle des Digistar 4 bedeutet dies, alle eingebundenen Dateien auf die lokalen Laufwerke der Grafikkrechner zu spielen, um sie möglichst effizient zugreifbar zu machen (im Vergleich zum Zugriff über ein Netzwerk).

Man erzeugt nun (z. B. über eine Skriptsprache) eine Beschreibung einer Szene (also einer 3D-Welt). Die Skriptsprache ist systemspezifisch (Digistar 4 nutzt das sog. Digistar 4 Script). Solch ein Skript enthält Informationen, wann die Objekte geladen und wo (im 3D-Raum) sie platziert werden. Auch das Bestimmen von Texturen, Erzeugen von Ton im 3D-Raum oder das Verknüpfen von Controllern mit Objekten ist auf diese Art produzierbar. Der Vorteil dieser Art der Produktion ist ein schneller Produktionsablauf und ein minimaler Speicheraufwand, da alle visuellen Berechnungen in Echtzeit ablaufen und daher nur die Objekte mit ihren Eigenschaften produziert und verwendet werden müssen.

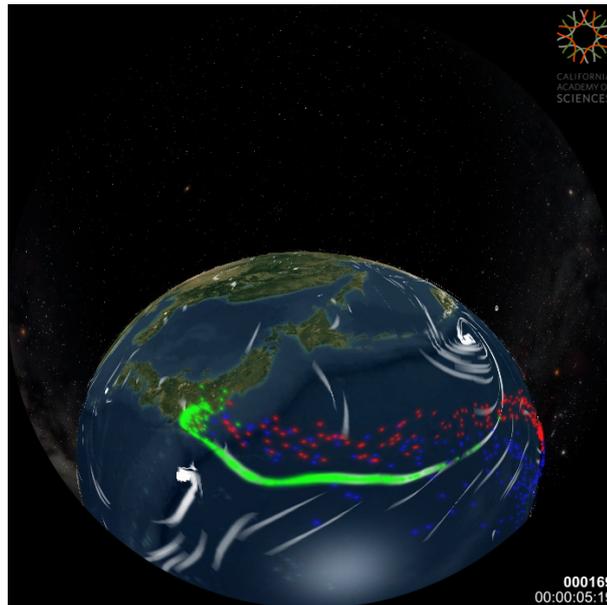


Abbildung 2.11: Simulation in einem Echtzeit-System: Verteilung der radioaktiven Partikel in der Atmosphäre nach dem Reaktorunglück in Fukushima.

Der Bildgenerator errechnet, wie die gesamte 3D-Welt aus Sicht der Kamera aussieht; die Kamera ist ebenfalls Teil der 3D-Welt und hat eine Position und Ausrichtung. Die Berechnung des Kamera-Gesamtbildes, das einer Abbildung mit einer 180°-Fisheylinse entspricht, wird auf die Grafikprozessoren verteilt. Dadurch, dass jeder GP seinen Ausschnitt des Gesamtbildes berechnet und über den zugehörigen Projektor ausgibt, wird das kuppelfüllende Bild erzeugt.

Das Errechnen des Aussehens der 3D-Welt in Echtzeit ermöglicht Interaktion über Controller (z. B. Joysticks), Nutzung von aktuellen Daten aus dem Internet (z. B. die Wolkenverteilung auf der Erde als Textur), die Simulation von Prozessen (z. B. Meeresströmungen oder Luftbewegungen auf der Erde, aber auch kollidierende Galaxien) oder das Einladen von Geodaten (z. B. Höhenreliefs von Planeten). Die visuelle Qualität von Echtzeit-Darstellungen ist durch den Rechenaufwand und die Leistungsfähigkeit des Bildgenerators begrenzt.

Einige Hersteller von Fulldome-Systemen legen eine Schnittstelle (API) für ihre Kunden offen, die das Programmieren von Funktionen des Systems gestattet. Das externe Programm (Plugin) steuert also das System, ähnlich wie es sonst ein Skript tun würde. Allerdings ist die Funktionalität hier nicht durch die vorgegebenen Möglichkeiten einer Skriptsprache eingeschränkt. Da das Plugin in der Regel in einer Programmiersprache wie C++ geschrieben wird, kann es

prinzipiell mit jeder Funktionalität ausgestattet werden. Das Fulldome-System hat dann die Aufgabe einer reinen Grafikausgabe (in einem Model-View-Control-Designpattern der View, vergl. Gamma et al. (1994) und Rienow (2011)), denn auch die Steuerung zeitlicher Abläufe liegt beim Plugin. Auf diese Art und Weise wird es beispielsweise möglich, neue Eingabe-Möglichkeiten zu erschließen: Joysticks, MIDI-fähige Keyboards, Game-Controller wie z. B. von der Playstation, Wii-Console, iPhones oder Audience Response Systems. Ist der Bildgenerator selbst mit Plugins erweiterbar (so auch im Digistar 4), können neue Shader-Algorithmen implementiert werden, die das Aussehen bestimmter Echtzeit-Objekte grundlegend verändern können. Die Möglichkeiten gehen aber noch weiter: theoretisch ist es möglich, zwei Fulldome-Kuppeln mit gleicher Zuspieltechnik über das Internet zu verknüpfen. Eine Anwendung kann der spielerische Wettbewerb zweier Kuppeln sein, dessen Auswirkungen wie in einem MUD (Multi-User Dungeon) oder MMORPG (Massively Multiplayer Online Role-Playing Game) auf der jeweiligen Kuppel sichtbar gemacht wird.

Der Austausch von Echtzeit-Anwendungen zwischen Kuppeln mit dem gleichen Bildgenerator ist in der Regel einfach, zu anderen Kuppeln aber sehr schwierig und mit viel Handarbeit verbunden. Die harte Konkurrenzsituation zwischen den einzelnen Herstellern verhindert einen Austausch der Syntax der Echtzeit-Skriptsprachen oder gar der APIs. Das Schreiben eines Compilers, der zwischen den Systemen übersetzt, ist praktisch unmöglich, denn er ist nicht nur von den Herstellern der Systeme nicht gewollt, sondern stößt auch auf das Problem, dass die unterschiedlichen Systeme einen unterschiedlichen Funktionsumfang aufweisen.

2.5.2 Produktion von kuppelfüllendem Video

Eine andere Möglichkeit der Produktion ist die des vorberechneten kuppelfüllenden Videos. Man denkt vielleicht zuerst an Film, aber da echte Kameras zum Zeitpunkt dieser Arbeit entweder eine ungenügende Auflösung oder ungenügende Framerate besitzen, wird im Moment noch vorrangig am Rechner produziert. Dies erfordert die Arbeit mit 3D-Software oder Postproduktions-Umgebungen. Beide Programme erzeugen die Einzelbilder für die Kuppel, die dann in der Auflösung der Kuppel vorliegen müssen. Im Gegensatz zur Visualisierung in Echtzeit ist man nicht durch die Möglichkeiten des Bildgenerators

eingeschränkt, da die gesamte Berechnung im Voraus passiert und Szenen und Objekte beliebig komplex werden können.

Kuppelfüllendes Video wird meistens in 4096x4096 Pixeln (4k) produziert und besteht während des Produktionsvorgangs aus Einzelbildern, den sog. Domemaster-Bildern, die ebenfalls diese Auflösung besitzen und ein Fisheylinsenabbild der gesamten Kuppelfläche zeigen (s. Abb. 2.12). Die Bilddateien selbst sind quadratisch, haben also die gleiche Pixelauflösung in der Waagerechten und in der Senkrechten. Interpretiert wird von den Domemastern allerdings nur der im Quadrat liegende maximale Kreis, die Ecken bleiben unbeachtet.

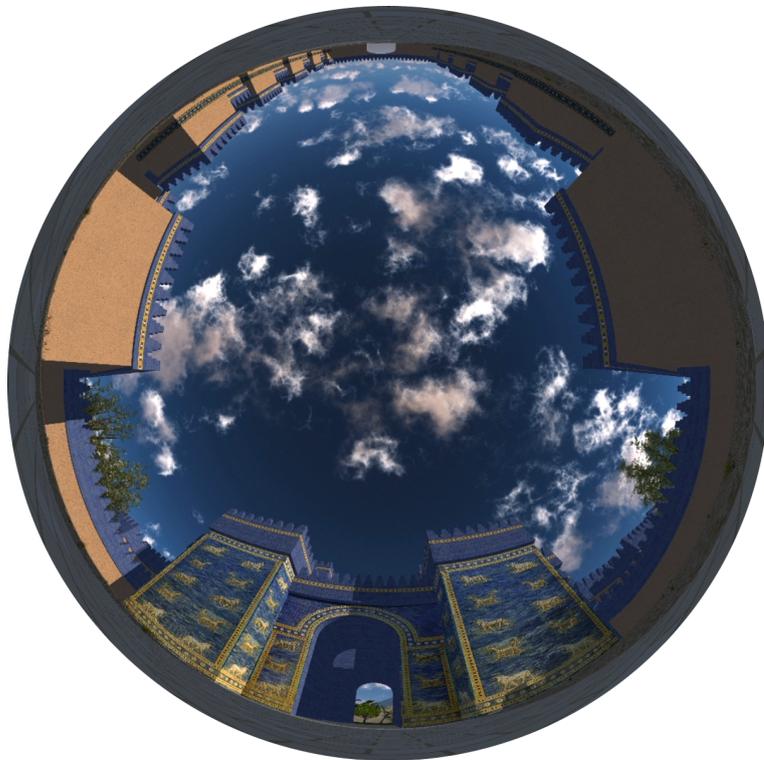


Abbildung 2.12: Beispiel für ein Domemaster aus einer Fulldome-Show. Zu sehen ist das babylonische Ishtar-Tor, das durch die Abbildung mit einer Fisheylinse stark verzerrt wirkt. Projiziert auf eine Kuppel wirkt das Bild aber räumlich korrekt.

Die Produktion der Domemaster erfordert enorme Rechenleistungen, zum einen aufgrund der Abbildung mit einer Fisheylinse⁵, zum anderen wegen der hohen Auflösung. Da kuppelfüllende Filme mit 30 oder 60 Bildern pro Sekun-

⁵Die Fisheylinse in einem 3D-Programm ist in den meisten Fällen ein Plugin für den Renderer. Je nach Qualität des Plugins kann die Geschwindigkeit bei der Berechnung stark variieren.

de gerechnet werden, ergibt sich auch ein großer Speicherbedarf bei der Lagerung der Domemaster. Da die Inhalte aber nicht in Echtzeit errechnet werden müssen, erlaubt dieses Produktionsverfahren eine hohe visuelle Qualität.

Die finale Folge von Domemaster-Bildern ist allerdings noch nicht das Ende der Produktion von Fulldome-Video: da das Abspielen der Einzelbilder direkt zuviel Systemleistung fordert, werden die Bilder in einen Stream kodiert (hier hat sich das Format MPEG-2 oder MKV, eine spezielle Variante des MPEG-4, durchgesetzt). Einige Systeme setzen dabei aber noch auf Effizienz und lassen das Video vorher „slicen“ („zerschneiden“). In diesem weiteren Schritt werden Teile des Videos so berechnet, dass sie der Projektorkonfiguration entsprechen. Dadurch entstehen so viele einzelne Videos, wie Grafikprozessoren vorhanden sind. Jedes Video enthält genau den Ausschnitt der Domemaster, den der zugehörige Grafikrechner an der Kuppel darstellen soll (s. Abb. 2.13). Spielt man alle Videos synchronisiert ab, setzt sich an der Kuppel das Gesamtbild zusammen.

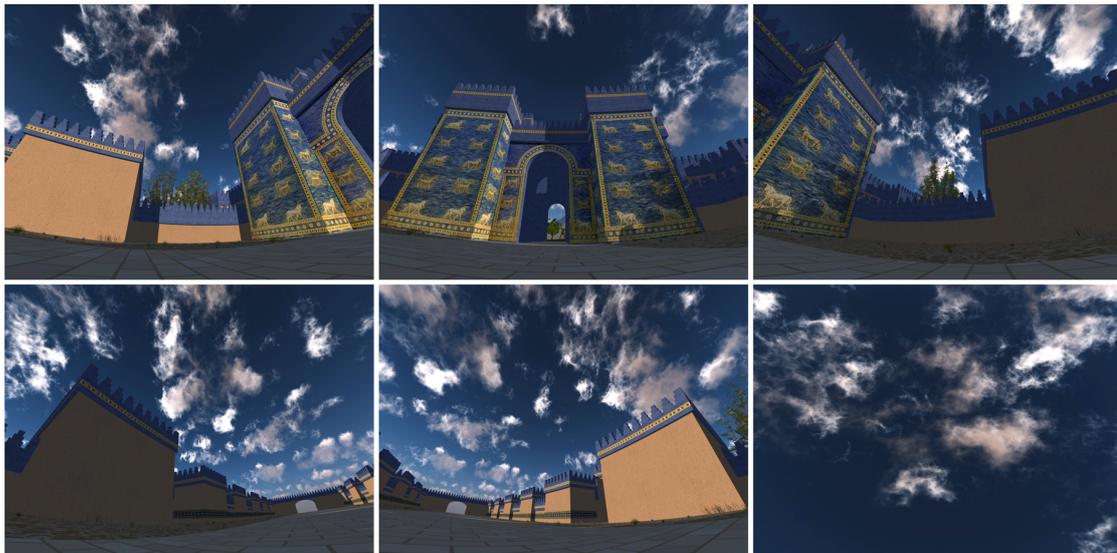


Abbildung 2.13: Slices für ein Fulldome-System mit sechs Projektionskanälen. Das Domemaster aus Abb. 2.12 nach dem Slicing-Vorgang; oben: GP 1-3, unten GP 4-6.

Das Prinzip des Slicing erfordert in der Vorbereitung natürlich noch mehr Rechenaufwand, lohnt sich aber für den Bildgenerator. Aufgrund der minimalen Leistungsanforderung beim Abspielen ist die Kombination von Fulldome-Video und Echtzeitinhalten möglich: direkt auf der Grafikkarte können die Inhalte gemischt werden. Dies erlaubt interaktive Komponenten vor einem visu-

ell anspruchsvollen Hintergrund oder gibt die Möglichkeit von Untertiteln mit Echtzeit-Textobjekten.

Das Domemaster-Format ist eine garantiert funktionierende Möglichkeit für den Austausch von Inhalten zwischen Kuppeln. Das Slicing wird in jeder Kuppel selbst vorgenommen, so dass das unterschiedliche Handhaben von Videos durch unterschiedliche Systeme kein Problem beim Austausch darstellt. Das einzige Problem des Austausches ergibt sich aus der großen Datenmenge der Domemaster.

Auf die Content-Erstellung wird in späteren Kapiteln im Detail eingegangen in dem Rahmen, in dem die Beispiele für die Kuppel dies erfordern.

2.6 Zur Abbildungsvorschrift im Domemaster

Das Domemaster-Bild ist eine flache, kreisrunde Darstellung der halbkugelförmigen Projektionsfläche von Fulldome-Umgebungen. Die gleiche Abbildung ist auch die einer Fisheye-Linse mit 180° Öffnungswinkel, die es einer Kamera ermöglicht, ein kreisrundes Bild aufzunehmen. Auf diesem Bild ist die Hälfte der (virtuellen) Welt zu sehen. Dabei besteht die projektive Abbildung aus zwei Schritten: die Objekte in der Szene werden auf die Oberfläche einer Halbkugel projiziert und in einem zweiten Schritt auf die Ebene. Die Fulldome-Umgebung projiziert also im Fall der Echtzeitdarstellung von Modellen die Objekte auf die (Halb-)Kugeloberfläche und im Fall der Darstellung von Domemastern oder kuppelfüllendem Video die flachen Bilder wieder zurück auf die Kugeloberfläche.

Die aus dieser besonderen Form der Projektion resultierende Perspektive nennen Albert Flocon und André Barre „Kurvenlineare Perspektive“, die „mit totalem Gesichtsfeld, mit vielfachen Fluchtpunkten, mit analytischer Umwandlung“ (Barre & Flocon, 1983, S. 30) künstlerische Herausforderungen und Vorteile mit sich bringt. Dabei strebten die Bauhaus-Künstler an, durch „rationale, auf die Umwelt der Dinge gerichtete Anstrengung“, das Ziel, „die konkrete Welt zu erfassen“, zu erreichen. (S. 30, ebd.).

Besonderer Augenmerk wurde dabei auf die Umwandlung der kugelförmigen Darstellung auf die Bildebene gelegt, mit der Priorität, das Kugelbild am wenigsten zu entstellen. Die klassische perspektivische Abbildung wird dem Anspruch nicht gerecht. Vorgeschlagen wird die „Projektion des Guillaume Postel“, bei der

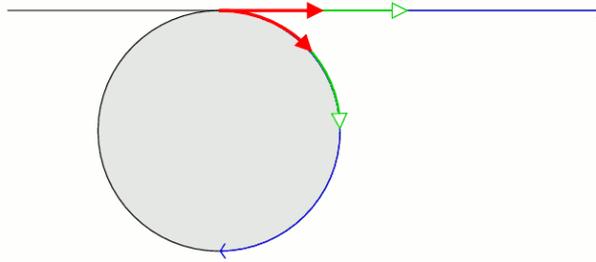


Abbildung 2.14: Mittabstandstreue Azimutalprojektion: Prinzip der Projektion.

„der Abstand zur Systemmitte der gleiche wie auf der Halbkugel“ ist (S. 103, ebd.).

Ein anderer Name für diese Art der Abbildung ist „Mittabstandstreue Azimutalprojektion“. Die Entfernung eines Punktes auf der Halbkugel vom Aufsatzpunkt der Projektion, gemessen als nicht-euklidische Länge der kürzesten Verbindung auf einem Großkreis (bzw. als Winkel zum Kugelmittelpunkt), hängt direkt mit der Entfernung vom Mittelpunkt des projizierten Bildes in der Ebene (des Domemasters) zusammen. Die Abbildung kann daher durch ein einfaches Proportionalitätsverhältnis berechnet werden.

Ein Domemasterbild enthält normalerweise 180° (in Abb. 2.14 der grüne Pfeil). Die Abbildung findet ausgehend vom Aufsatzpunkt in beide Richtungen statt, wodurch ein Abbild der oberen Halbkugel erzeugt wird. Das Proportionalitätsverhältnis erlaubt aber auch das Weiterführen der Abbildung auf mehr als 180° (der blaue Pfeil). Je weiter man zum gegenüberliegenden Bereich der Kuppel kommt, desto stärker verzerrt das Bild. Der dem Zenit gegenüberliegende Punkt (der sog. Nadir) wird durch die Projektion zu einem Kreis, in dem Fall werden die vollen 360° abgebildet. Theoretisch lassen sich sogar mehr als 360° darstellen, in dem Fall wiederholen sich bereits abgebildete Bereiche (s. Abb. 2.15).

Praktische Anwendung findet dieses Vorgehen bei der Landschaftsdarstellung: Häufig werden statt der üblichen 180° bis zu 230° auf der Kuppel-Halbkugel abgebildet. Dieses Verfahren wird „Compression“ genannt. Komprimiert werden dabei die Bildinhalte selbst: die Horizontlinie liegt nun nicht mehr genau auf, sondern bildet eine Linie über dem Kuppelhorizont. Alle Bildinhalte werden also gestaucht, was insbesondere bei geraden Linien auffällt: die in Abb. 2.16 dargestellten Hochhäuser neigen sich zur Kuppelmitte⁶. Der Vorteil

⁶Dies kann man der Abbildung hier nicht direkt ansehen, sondern muss das Bild in einer Kuppel betrachten.

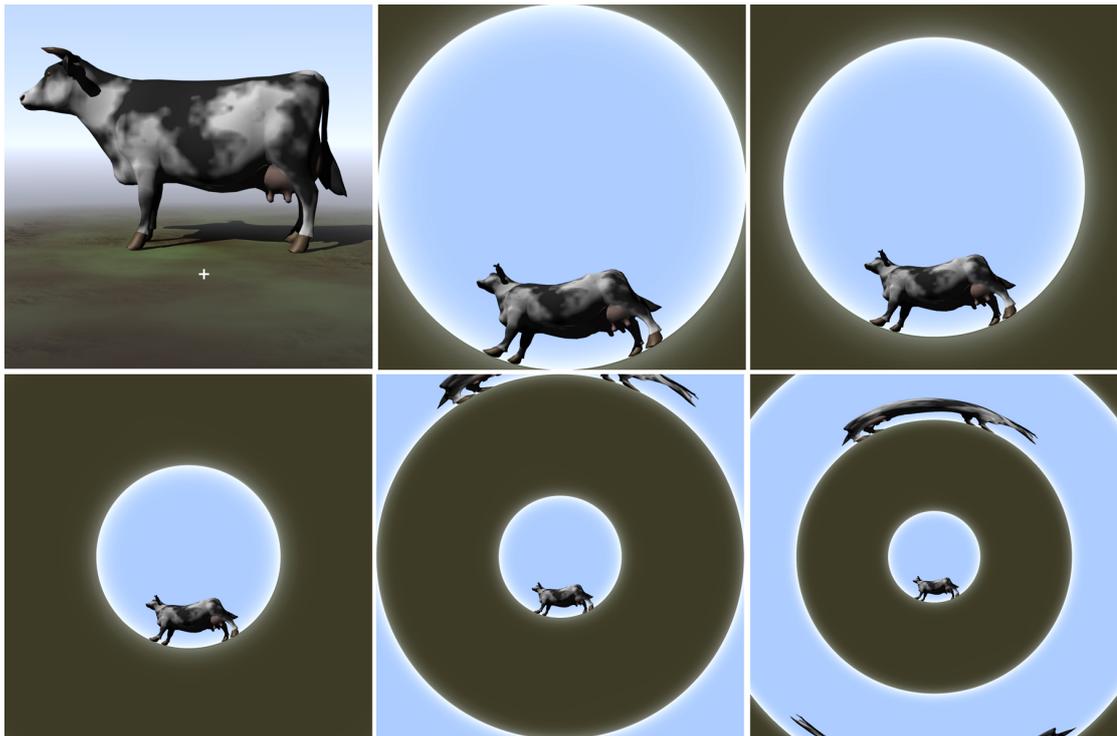


Abbildung 2.15: Mittabstandstreue Azimutalprojektion: Beispiele mit großem Öffnungswinkel. Links oben die Szene in klassischer perspektivischer Abbildung zur Orientierung: die Szene zeigt eine Kuh vor einem Himmelshintergrund. Das kleine weiße Kreuz markiert die Position der Fisheye-Kamera. Oben Mitte zeigt 180° Öffnungswinkel der Kamera; da die Kamera genau auf dem Boden positioniert ist, wird der Himmel in der Kuppel dargestellt, der Boden nicht (maximaler Kreis, die Ecken des quadratischen Bildes bleiben unbeachtet). Die weiteren Bilder haben die folgenden Öffnungswinkel: oben rechts: 220° (normale Compression für Landschaftsaufnahmen), unten: 360° (der Punkt unter der Kamera wird zum Kreis), 540° und 720° (Elemente wiederholen sich).



Abbildung 2.16: Allsky vom Times Square: Fotografie mit 230° Öffnungswinkel.

ist aber die Möglichkeit, Dinge darzustellen, die sich unter dem Horizont befinden. Dies erzeugt einen natürlicheren Eindruck des Gesamtbildes, denn die Wahrnehmung des Bodens bzw. sich unter dem Horizont befindlicher Dinge ist ein Teil der menschlichen Wahrnehmung, der bei kuppelfüllenden Landschaftsaufnahmen ohne Compression fehlen würde⁷.

⁷Allerdings nicht, wenn die Kuppel durch ihren Aufbau mehr als 180° abdecken würde, s. Abb. 8.1. Diese Form der Fulldome-Umgebung ist allerdings sehr selten.

Kapitel 3

Fulldome-Umgebungen als Medien

Bevor der Immersionsbegriff in späteren Kapiteln ausführlich diskutiert werden soll, ist es von Bedeutung, das Wort „Medium“ (Mehrzahl: „Medien“) zu betrachten, denn es wird in der Literatur für die Definition von Immersion oder den sog. „immersiven Medien“ herangezogen. Auch ist in der wenigen Literatur zu Fulldome-Umgebungen häufig vom „Fulldome-Medium“ die Rede. Aber gerade dieser Terminus zeigt, dass der Begriff nicht klar ist: ist damit das Gebäude, die Projektionsfläche, die technische Realisation der Projektion und des Bildgenerators oder die Bildinhalte und ihr Arrangement auf der Kuppel gemeint?

Es ist also eine Klassifizierung vonnöten, die einordnet, ob es sich bei Fulldome-Umgebungen um ein eigenständiges Medium handelt oder ob Fulldome-Umgebungen nur eine Zusammenführung bereits vorhandener Medien sind. Dazu wird in diesem Kapitel der Medienbegriff anhand medienwissenschaftlicher Literatur auf Fulldome-Umgebungen angewendet. Neben Klassifizierungen von Aspekten des Medienbegriffs steht in einem zweiten Teil das Nachvollziehen der historischen Entwicklung der Fulldome-Projektion und seiner technologischen Vorgänger im Vordergrund. So werden viele Stränge medialer Entwicklungen im Bereich der Fulldome-Umgebungen zu einem (einheitlichen) Bild zusammengefügt.

Auch wenn die Inhalte dieses Kapitels für die späteren empirischen Studien nicht direkt von Bedeutung sind, so dienen sie doch einem breiteren Verständnis von Fulldome-Umgebungen und zeigen die Vielfalt der möglichen Anwendungsszenarien von Kuppelprojektion.

3.1 Kategorisierung von Medien und die Anwendung auf Fulldome

Ein Medium (lateinisch „Mitte“) ist nach allgemeinem Verständnis etwas, das (ver-)mittelt; „Medien werden als technische, professionelle und organisatorische Kommunikationsmittel für öffentliche und gesellschaftliche Kommunikation verstanden“ (Kübler, 2001, S. 41). Kübler schreibt weiterhin, dass durch die zunehmende Digitalisierung dieser klassische Medienbegriff aufgelöst wird und „sich neue Kombinationen von privater, direkter und medialer, indirekter, öffentlicher Kommunikation bilden“ (Kübler, 2001, ebd.). Da Fulldome-Umgebungen ebenfalls auf digitaler Technik basieren, liegt die Vermutung nahe, dass auch Fulldome eine Kombination verschiedener Aspekte oder Ansätze darstellt; dies noch unabhängig davon, ob Fulldome-Umgebungen als eigenständige Medien verstanden werden oder nicht.

Die breite Vielfalt an Möglichkeiten wird klassifiziert u. a. bei Posner (1985): er beschreibt Medien als Oberbegriff für alle Kommunikationsmittel und damit als Voraussetzung für Kommunikation (s. S. 255, ebd.). Er unterscheidet

- biologische Medien, kategorisiert durch das zuständige Organ für die Rezeption (z. B. visuelle Medien, olfaktorische Medien usw.)
- physikalische Medien, als der Weg der Übertragung (z. B. „feste, flüssige oder gasförmige Körper als physische Verbindung zwischen Sender und Empfänger“ (ebd.) sind dann akustische Medien).
- technologische Medien, als technische Mittel zur Erzeugung einer Verbindung von Produktion (Sender) und Rezeption (Empfänger).
- soziologische Medien, dies bezeichnet die Institutionen, welche die biologischen, physikalischen und technischen Medien organisieren (dazu gehören Museen, Galerien, Verlage, Bibliotheken).
- kulturbezogene Medien als Unterscheidung der Genres, die trotz unterschiedlicher Einordnung in die oberen Kategorien durchaus gleich sein können. So findet man Nachrichten oder Kommentare sowohl im Fernsehen als auch in Zeitungen oder Radio.
- Die letzte Kategorie, der kodebezogene Medienbegriff, beschäftigt sich mit der Art und Weise, wie Medien gestaltet sind. Posner schreibt: „Die Ent-

scheidung eines Verlages, ob er ein Buch auf Deutsch, Englisch oder Französisch herausbringt, eines Komponisten, ob er tonal oder atonal komponiert, [...] wird häufig als Entscheidung zwischen verschiedenen Medien der Kommunikation hingestellt.“ (ebd.)

Die durch Posner gegebenen Definitionen von 1985 enthalten noch keine der heutigen Zeit angemessene Würdigung der vielfältigen digitalen Medien, aber sie erlauben, das Fulldome-Medium genauer zu spezifizieren.

Sämtliche unmittelbar an der Projektion in einer Fulldome-Umgebung beteiligten Objekte, also die Leinwand, die Projektoren, die Zuspieldreher und die Datenträger mit den Dateien, gehören zu den technologischen Medien. Allerdings können Fulldome-Umgebungen auch als soziologische Medien verstanden werden, diese Einordnung bezieht sich dann auf die Gesamtheit der Einrichtung, also Gebäude, Betreiberinstitution und Innenausstattung. Der kodebezogene Medienbegriff könnte zur Kategorisierung herangezogen werden, ob die Produktion der Inhalte vorgerendert oder für die Echtzeitdarstellung erfolgt.

Die gesamte Einrichtung als soziologisches Medium zu betrachten, ist für diese Arbeit nur sehr bedingt relevant. Durch die Entscheidung der Betreiber (z. B. eines Planetariums), nicht nur astronomische oder sonstige wissenschaftliche Inhalte zu zeigen, öffnen die Institutionen den Raum für narrative Formen und damit den Raum für einige der in den folgenden Kapiteln diskutierten Fragestellungen zur filmischen Sprache in Kuppeln. Für die in dieser Arbeit zu untersuchenden Kuppelinhalte bleibt die Entscheidung aber unbenommen, da die technischen Voraussetzungen in jedem Fall gegeben sind.

Der physikalische Medienbegriff ist ebenfalls nur am Rande relevant. Der physikalische Weg der Projektion kann im Sinne von Posner beschrieben werden, allerdings unterscheidet er sich nicht von anderen Projektionsinstallationen und soll hier deswegen nicht diskutiert werden.

Die genaue Beschreibung der biologischen (also anatomischen Weise) der Wahrnehmung führt ebenfalls nicht zu einer genauen Kategorisierung von Fulldome-Umgebungen. Man könnte zwar sagen, dass es sich um ein audiovisuelles Medium handelt, da für beide Sinne Inhalte generiert werden, für die anderen Sinne jedoch nicht. So unterscheidet sich eine Fulldome-Umgebung erst einmal nicht von anderen Projektionsinstallationen. Lediglich der Aufbau zum Erzeugen von blickfeldfüllenden Eindrücken ist ein Unterschied, der aber

in der Hauptsache entscheidend für den in den folgenden Kapiteln behandelten Immersionsbegriff ist, so dass dort genauer darauf eingegangen werden soll.

Interessant für die Produktion von Inhalten (dem o. g. Content) ist die Einordnung als technische Medien, aber auch dies ist wenig zielführend, denn laut der o. g. Kategorien sind der gesamte Content (also die Daten, ihre Produktion und das Abspielen) und sogar die Übertragungswege der Daten technische Medien. Aufgrund dieser begrifflichen Weite muss hier weiter unterteilt werden: zu den technischen Medien gehört beispielsweise auch die Leinwand.

Mit dem Begriff Content (der in seiner physikalischen Form als Daten auf einem Datenträger zu den technischen Medien gehört) ist unmittelbar der Produktionsprozess und der Weg des Abspielens verknüpft. Eine Medienkategorie lässt sich hier schwer abgrenzen. So werden auch weiterhin die Bezeichnungen der tatsächlichen technischen Geräte und Daten genannt. Auf den Medienbegriff soll im technischen Bereich aufgrund der Übersichtlichkeit verzichtet werden.

Interessanter sind die Genres des Content (also der kulturbezogene Medienbegriff), bei denen sich bei allen Fulldome-Umgebungen gewisse Tendenzen abzeichnen. So gibt es Inhalte, die strikt dem Cinema of Attraction gehorchen (vergl. Gunning (1986)). Dieses Phänomen, das sich besonders durch achterbahnartigen Content auszeichnet (also tatsächliche Achterbahnen, aber auch Flüge durch Tunnelstrukturen oder Fantasiewelten), ist hier schon etwas stärker auf Vektioneffekte ausgelegt als bei den allerersten Filmen, trotzdem ist bei dem jungen Medium Fulldome ein verwandter Trend zu beobachten.

Es wird aber bereits deutlich, dass zunehmend effektlastige und inhaltlich schwächere von filmähnlichen Produktionen mit klarem Inhalt und narrativer Struktur abgelöst werden. Daraus ergeben sich weitere Genres: besonders beliebt sind kuppelfüllende Dokumentarformate, die sogar erkennbar dramaturgischen Gesichtspunkten gehorchen (Hertling & Rienow (2009)) und meistens astronomische oder sonstige (natur-)wissenschaftliche Themengebiete behandeln. Interessant ist das fast vollständige Fehlen des Genres der (fiktiven) Erzählung mit gefilmten Charakteren im Sinne des Spielfilms. Es gibt zwar immer wieder Ansätze, die dann insb. für geneigte Kuppeln produziert sind. Dazu gehören „R+J“, eine Fulldome-Shakespeare-Verfilmung, beschrieben bei Pfändner & Singer (2007), und auch die Kinderproduktion „Kaluoka’Hina“ als Animationsfilm mit fiktiven Charakteren, beschrieben bei Popp (2007). Ein

ebenfalls kaum existentes Genre ist die interaktive Show, bei der das Publikum oder einzelne Zuschauer aktiv werden können. Die schlechte Portabilität von Echtzeit-Content ist dafür ursächlich.

Genres, die allein für Fulldome-Umgebungen typisch sind, sind äußerst selten. Ein Genre könnten Filme bilden, die besonders die räumliche Wirkung ausnutzen. Aufgrund der blickfeldfüllenden Leinwandform wirkt gerade eine Fahrt auf der virtuellen Achterbahn ausgesprochen stark, sicherlich viel stärker als auf einem flachen Bildschirm. Dies gilt aber auch für andere umgebende Medien, und daher hilft diese Aussage noch nicht bei der Frage, ob Fulldome-Umgebungen tatsächlich Medien sind.

Eine weitere Möglichkeit von Klassifizierung ist die von Harry Pross (1972) vorgeschlagene Unterscheidung von primären, sekundären und tertiären Medien. Während danach primäre Medien direkte Kommunikation ohne technische Hilfsmittel erlauben (dazu gehören Sprache, Mimik, Gestik etc.), sind sekundäre und tertiäre Medien solche, die den Einsatz von Geräten nötig machen. Sekundäre Medien bezeichnen dabei nur die bei der Produktion, nicht bei der Rezeption verwendeten Medien (z.B. Grenzsteine, Flaggensignale, Rauchzeichen, geschriebene und gedruckte Texte), tertiäre Medien hingegen spielen bei Produktion und Rezeption eine Rolle. Fulldome-Umgebungen würden hier als tertiäres Medium gelten, genauso wie Film, Tonträger, Radio, Fernsehen oder Computer.

Die Frage ist auch hier, ob diese Klassifizierung weiterhilft. In der Literatur werden Klassifikationsmöglichkeiten häufig und ausführlich diskutiert, Definitionen für den Begriff „Medium“ werden aber nicht direkt gegeben. Allerdings haben die vorhandenen Beschreibungen von eigenständigen Medien alle gewisse Dinge gemein: Medien unterscheiden sich von anderen Medien durch besondere Eigenschaften, die nur sie haben. Dazu gehören

- eine eigenständige Entwicklungsgeschichte (für Medien wie Druck, Film, Hörfunk, Fernsehen etc. ist aufzeigbar, dass sie alle eigenständige Entwicklungen durchlaufen haben (Schanze, 2001, vergl. S. 248ff.)),
- eine eigene Form von Inhalten, die in anderen Medien nicht oder nur zum Teil repräsentierbar oder in sie konvertierbar ist,
- eigene Institutionen, die nur für das Medium selbst geschaffen wurden.

Sind diese Aspekte erfüllt, liegt die Vermutung nahe, dass es sich um ein eigenständiges Medium handelt. Allerdings ist diese Definition keine endgültige oder offizielle. Aus der untersuchten Literatur ergeben sich keine klaren Definitionen oder Entscheidungskriterien, nur deutliche Hinweise. Diese Hinweise werden nicht explizit formuliert, sondern ziehen sich wie ein roter Faden durch die medientheoretischen Artikel und Bücher.

Auf Fulldome-Umgebungen angewandt, wird ein Punkt sofort deutlich: die Forderung nach eigenen Institutionen. Dies ist schon durch den soziologischen Medienbegriff von Posner gut gefasst und auch intuitiv klar, denn für einen halbkugelförmigen verdunkelbaren Raum mit Projektionsanlage muss es dedizierte Räumlichkeiten geben und auch Personal, dass sich mit der Erzeugung und der Aufführung von Inhalten beschäftigt.

Die o. g. eigene Form von Inhalten, die in anderen Medien schwierig repräsentierbar sind, ist ebenfalls gegeben. Die Wiedergabe von Domemaster-Bildern oder Fulldome-Video auf anderen Medien (z. B. flachen Bildschirmen) ist ungeeignet. Zu Produktionszwecken wird davon Gebrauch gemacht, aber normalerweise ist allenfalls eine Adaption der Inhalte zu Demonstrationszwecken denkbar, z. B. auf DVD¹. Die eigentliche räumliche Wirkung wird aber erst beim Abspielen auf einer Kuppelfläche deutlich.

Die letzte Forderung ist die nach einer eigenständigen Entwicklungsgeschichte. Es soll daher im Folgenden untersucht werden, aus welchen historischen Wurzeln sich Fulldome-Umgebungen entwickelt haben, ob sie nur Medien in sich vereinen oder ob Fulldome-Umgebungen als eigenständiges Medium (das o. g. umgangssprachliche „Fulldome-Medium“) gelten kann.

3.2 Historische Wurzeln von Fulldome-Umgebungen

Die Fulldome-Projektionstechnik entwickelte sich in Planetarien. Um diese Entwicklung als ein normales Voranschreiten der Entwicklung von Planetariumstechnik begreifen zu können, sei hier kurz auf die Historie von Planetarien eingegangen.

¹Viele Anbieter von Fulldome-Film erzeugen Demo-DVDs, die den Film zweimal enthalten, sowohl als rundes Bild (dann in 576 Pixel Domemaster-Durchmesser, die vertikale Auflösung der DVD ausnutzend) und als 16:9-Video, das einen Ausschnitt der Kuppel in voller DVD-Auflösung zeigt. Dies schafft einen guten Eindruck vom Film aber nur dann, wenn der Inhalt für gerichtete oder sogar geneigte Kuppeln ausgelegt ist.

3.2.1 Entwicklung des Projektionsplanetariums

Schon im Altertum gehörte die Beobachtung des Himmels zu jeder Kultur. So gaben uns die Ägypter den 365-Tage-Kalender, die Araber viele Sternnamen² und die Griechen die Namen der Sternbilder. Die Bewegungen am Himmel konnten zwar auch damals schon berechnet, aber erst seit der Renaissance modellhaft nachvollzogen werden: die ersten Globusuhren und Planetarien im Sinne von Tischmodellen wurden durch die Feinmechanik der Zeit möglich. Allerdings war dies immer eine Betrachtung der Geschehnisse von außen. Die erste Möglichkeit einer begehbaren Kugel mit Sternenhimmel auf der Innenseite wurde durch den Gottorfer Globus eröffnet, der 1650-1664 in einem eigens dafür gebauten Globushaus³ aufgestellt wurde und über eine wasserbetriebene Mechanik drehbar gemacht wurde (Lühning, 1997). Die Innenseite war mit einer festen Plattform und Sitzbänken ausgestattet, so dass sich der Himmel über den Zuschauern hinwegdrehen konnte und so die tägliche Bewegung des Himmels sichtbar gemacht wurde.

Auch wenn der Globus himmelsmechanisch korrekt aufgehängt war und die Sterne als vergoldete Verzierungen an der richtigen Stelle angebracht waren, standen die Sternbilder in ihren mythologischen Darstellungen im Fokus. Der Gottorfer Globus war also kein Gerät zum wissenschaftlich korrekten Nachbilden der Einzelsterne des Nachthimmels.

Das Wort „Planetarium“ leitet sich aber auch eher von „Planet“ (Wandelgestirn) ab, so dass die ursprüngliche Idee des Planetariums die der Simulation des Planetensystems ist. Von 1774-1781 wurde von Eise Eisinga im niederländischen Frankener ein solcher Simulator gebaut, der an der Decke eines Hauses die tatsächlichen Planetenstellungen in Echtzeit simulierte. Die dafür erforderliche Mechanik war in der Zwischendecke untergebracht. Dieses Planetarium funktioniert noch heute und kann besichtigt werden⁴.

Die Simulation des Nachthimmels in möglichst naturgetreuer Form begann erst nach 1900. Als besonderes Exponat und direkter Vorläufer des Projektionsplanetariums ist dabei die Atwood Sphere, die 1913 in Chicago der Öffentlichkeit präsentiert wurde. Die Konstruktion war dem Gottorfer Globus ähnlich,

²Die meisten Sternnamen stammen aus dem Arabischen, aus der Zeit nachdem die griechischen Sternkarten in Europa in Vergessenheit geraten waren (vergl. auch Sesti, 1997, S. 70).

³in Gottorf, bei Schleswig.

⁴s. Webseite <http://www.planetarium-friesland.nl/>, abgerufen am 19.7.2013

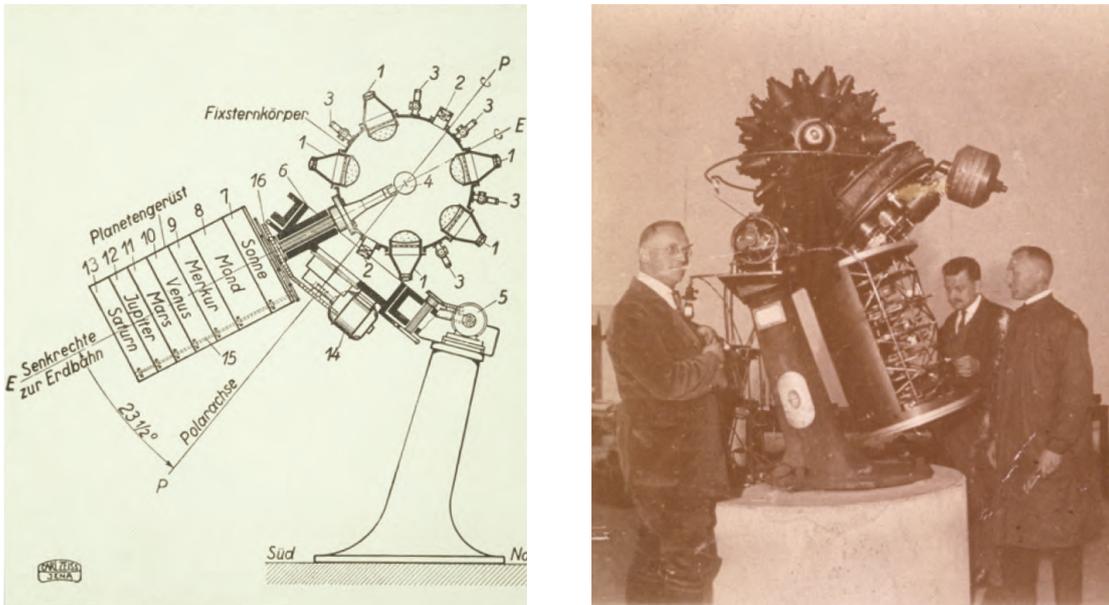


Abbildung 3.1: Zeiss Projektor Modell I, Skizze und Foto. Deutlich ist der an der Fixsternkugel angebrachte Planetenkäfig zu erkennen, der Stabprojektoren auf mechanischen Bauteilen enthielt.

allerdings besaß der Globus eine Perforation für jeden Stern. Durch zusätzliche Mechanik war es möglich Planetenpositionen darzustellen, so dass die Atwood Sphere als erstes begehbare Planetarium gelten kann, das beide Aspekte des Himmels (Sterne und Planeten) darstellen konnte (Faidit & Bolt, 2013). Allerdings wurde hier immer noch ohne Projektion gearbeitet.

Im Jahre 1923 sollte sich dies ändern: mit dem „Wunder von Jena“ wurde erstmals eine naturgetreue Nachbildung des Sternenhimmels durch Projektion auf die Innenseite einer extra dafür errichteten Kuppel möglich. Die Projektion erfolgte mit einem Spezialprojektor in der Kuppelmitte, der neben einer Kugel mit Sternensfeldern (die Fixsternkugel) einen zylinderförmigen Käfig besaß, in dem Mechanik und Projektoren für die Planeten, die Sonne und den Mond untergebracht waren (s. Abb. 3.1). Der Projektor war drehbar und konnte so die tägliche Drehung des Himmels simulieren. Über die Mechanik realisierte er sogar korrekte Planetenstellungen. Der Projektor war ein Auftrag vom Gründer des Deutschen Museums in München, Oskar von Miller (von Herrmann, 2011).

Projektion auf eine Kuppel war ein insofern neuer Ansatz, als dass bis dahin die Innenseiten von Kuppeln nur bemalt waren, aber nicht durch Projektion bespielt wurden. Die Simulation von Himmelsmechanik ohne Drehen der ge-

samten Kuppel erlaubte eine stabile Kuppelkonstruktion. Wie der Projektor war auch die Kuppel vom Zeiss-Ingenieur Dr. Walther Bauersfeld entworfen worden und wurde realisiert als eine Konstruktion aus Stahlstreben in Ikosaeder-Form (Krausse, 2006, S. 61), die mit schnellhärtendem Beton besprüht wurde und dadurch eine vom Stahlgerüst getragene feste Schale bekam. Die genaue Kuppelkonstruktion war für die damalige Zeit wegweisend und ist im Detail beschrieben auf S. 172f. bei Heinle & Schlaich (1996).

Durch die Entwicklung des Sternenprojektors fand bereits eine erste Zusammenführung von verschiedenen Einflüssen statt: „Der Himmel erscheint im Projektionsplanetarium so, wie ihn jeder von der Erde aus zu beobachten vermag. Dabei aber leistet der im Mittelpunkt des Gebäudes platzierte Projektor die Überführung des neuzeitlichen astronomischen Wissens in ein optomechanisches Modell. Diese Kreuzung zweier eigentlich unvereinbarer epistemischer Formationen hat eine direkte Entsprechung in der Geschichte astronomischer Meßinstrumente und Modelle“ (von Herrmann, 2011, S. 3).

Die Entwicklung der Projektoren schritt in den folgenden Jahren voran, neue Projektortypen und andere Hersteller nahmen sich des wachsenden Planetariumsmarktes an. Gleichzeitig erfuhr das Projektionsplanetarium aber eine weitere Veränderung. Zusätzlich zum Sternenhimmel wurden weitere Projektoren eingeführt. Diese gliedern sich in vier Kategorien.

- Sonderprojektoren: diese Spezialanfertigungen ermöglichten das Erzeugen von bestimmten animierten Objekten, z. B. drehende Galaxien, Finsternisse, Dämmerung oder ziehende Wolken.
- Diaprojektoren: sowohl einzeln, als auch im Verbund konnte der Sternenhimmel durch erklärendes oder stimmungsvolles Bildmaterial ergänzt werden. Diaprojektion in einem Verbund war entweder für Panoramen (am Horizont entlang, bis zu 12 Projektoren) oder kuppelfüllend (sog. Allsky-Diaprojektion, z. B. mit 6 Projektoren mit Weitwinkelobjektiv) möglich. Das Aufbereiten der Dias war aber arbeitsintensiv und erforderte extrem genaues Arbeiten, um die Überblendbereiche qualitativ hochwertig zu realisieren; kleine Abweichungen oder Fehler z. B. bei der Rahmung führten zu großen Abweichungen auf der Kuppel.
- Videoprojektion: mit einem Projektor wurde ein Film oder eine computer-generierte Animation an einem festen Punkt der Kuppel wiedergegeben.

- Showlaser: für Unterhaltungsprogramme oder Musikshows wurden ab den 1990er Jahren farbige Laser installiert, die (mit beweglichen Spiegeln abgelenkt) kuppelfüllend Figuren zeichnen oder mit Einsatz von Theaternebel farbige Fächer erzeugen konnten.

Die Sonderprojektoren hatten klar astronomisch geprägte Inhalte. Die Diaprojektion eröffnete aufgrund der flexiblen Austauschbarkeit der Bilder den Weg, nicht-astronomische Bildinhalte in die Kuppel zu spielen und das Medium Panorama fest in der Kuppel zu integrieren. Das Generieren von Videobild ermöglichte das Integrieren von filmischen Inhalten. Showlaseranlagen waren z. T. interaktiv steuerbar und hell genug, um mit Effekten wie Theaternebel kombiniert zu werden.

Die zusätzlich zum Sternenprojektor installierten Projektoren jeglicher Art erlaubten also das Zusammenführen unterschiedlichster Medien in der Kuppel. Das heutige Generieren von kuppelfüllendem Videobild ist aus dieser Sicht eine logische Weiterentwicklung und ermöglicht das Adaptieren vieler Medien bzw. Bestandteile anderer Medien auf hochgradig flexible Weise. Im Folgenden werden diese Medien vorgestellt und die Zusammenführung erläutert: Panoramen, Breitbild- und Kuppelkino, virtuelle Realitäten und interaktive Medien, illusionistische Kuppelmalerei.

3.2.2 Zusammenführen anderer Medien in Fulldome-Umgebungen

Panoramen

Die Kunstform der Panoramen wurde im 19. Jahrhundert sehr beliebt. In zylinderförmigen oder vieleckigen Gebäuden, sog. Panorama-Pavillons, wurden die Innenwände mit Bildern ausgemalt, die den Betrachter an schwer erreichbare Orte oder Geschehnisse versetzen sollten. Panoramen sind also umgebende Bildräume, mit denen versucht wurde, die Betrachterdistanz zum Bildinhalt zu mindern. Oliver Grau (2002) beschreibt den Beginn des Panoramas beispielhaft mit „historischen Illusionsräumen“ (S. 27ff.), neben der Villa dei Misteri aus Pompeji werden auch andere ausgemalte Innenräume vorgestellt. Das große Panorama der Schlacht von Sedan (S. 66ff.) oder das heute noch existente Panorama in Frankenhausen verfolgten z. B. propagandistische Ziele⁵. Das Panorama der Stadt Salzburg gibt das Stadtgebiet Salzburgs topografisch

⁵<http://www.panorama-museum.de> , besucht am 30.10.2012



Abbildung 3.2: Panorama-Pavillons im Vergleich, links für das historische Salzburger Panorama (das Gebäude steht nicht mehr), rechts der temporäre Panorama-Pavillon im Innenhof des Pergamon-Museums, Berlin 2011.

außerordentlich genau, den Rest der Landschaft aber eher fantasievoll wieder⁶. Grundsätzlich führten Panoramen den Betrachter aber immer an Orte, die für die meisten Personen der damaligen Zeit nicht erreichbar waren. So gehörten Landschaftspanoramen ebenfalls zu den häufigen Anwendungen.

Die Panorama-Pavillons erlaubten als abgeschlossener Raum das gezielte Ausschließen der Außenwelt, um Störungen zu vermeiden, und gleichzeitig das gezielte Ausleuchten des Bildes, um eine noch stärkere Wirkung zu erzielen. Zudem wurden vor dem eigentlichen Bild Erweiterungen der Landschaft angebracht, z. T. als flache Bühnenelemente, z. T. aber auch als sog. „faux terrain“, das die räumliche Illusion verstärken sollte. Panorama-Pavillons haben i. d. R. in der Mitte eine Besucherplattform, von der aus das Bild am besten zu betrachten ist.

Moderne Panoramen, wie die wechselnde Ausstellung im Panometer Leipzig⁷ oder die temporäre Erweiterung des Pergamonmuseums in Berlin durch ein Großpanorama des antiken Pergamon (Asisi et al., 2011), nutzen neben Lichtstimmungen auch Klanginstallationen, um das Eintauchen der Betrachter in die Szene zu erleichtern. Diese Panoramen führen die Idee des Landschaftspanoramas fort: antike Städte können heute nicht mehr bereist werden, ein Panorama gibt einen umfassenden Eindruck des Ortes.

⁶<http://www.salzburgmuseum.at/143.html> , besucht am 17.4.2010

⁷<http://www.asisi.de/de/Panometer/Amazonien> , aufgerufen am 17.7.2010

Panorama-Pavillons sind daher den Planetarien oder auch heutigen Fulldome-Umgebungen in vielerlei Hinsicht ähnlich: es ist nicht nur ein dediziertes Gebäude vorhanden, sondern es wird auch versucht, äußere störende Einflüsse auszuschließen. Die Panoramen in Planetariums-Shows werden projiziert (in der Zeit vor Fulldome-Projektion mit Diaprojektoren). Die zylindrische Form eines Panoramas führt zu einer Projektion am Rand (Horizont) der Kuppel. Auch diese Panoramen können Landschaften enthalten, die für den Betrachter unerreichbar sind; Panoramen von anderen Planeten gehören zu den häufigsten Anwendungen. Ebenfalls nicht überraschend ist der Wunsch nach kuppelfüllendem Bildmaterial, das durch die Allsky-Diaprojektion ermöglicht wurde und einem Panorama in sphärischer Projektion entspricht. Ähnlich wie beim Panorama sind hier mehrere Projektoren im Einsatz, die jeweils ein Stück (Slice) der Kuppel bespielen.

Durch die Kombination mit den anderen in der Kuppel vorhandenen Projektoren (Sterne, Planeten, Sonderprojektoren) konnten auch schon ohne Videoprojektion eindrucksvolle Bildwelten erzeugt werden.

Der Weg zur kuppelfüllenden Videoprojektion scheint ein logischer Schritt zu sein, der durch die Weiterentwicklung der Technik möglich wurde. Das erste Planetarium mit kuppelfüllender Videoprojektion war im Jahr 2000 das Hayden-Planetarium am Central Park in New York, aber schon vorher gab es Versuche, computergenerierte Bilder kuppelfüllend zu erzeugen. Das von der Firma Evans & Sutherland produzierte System „Digistar“ war schon 1983 dazu in der Lage, allerdings auf Basis einer einfarbigen (und leicht grünstichigen) Kathodenstrahlröhre, die aus der Kuppelmitte durch eine Fisheye-Linse die Kuppel mit Liniengrafik (also Drahtgitter- und Punktmodellen) bespielte. 1995 wurde auf der Basis ähnlicher Technik der „Digistar II“ herausgebracht (Sutherland, 2012), auch dieses System war noch kathodenstrahlbasiert und einfarbig, was dem Sternenhimmel ein eher surreales Aussehen verlieh. Mit der Weiterentwicklung von Grafikrechnern (zuerst Silicon Graphics, dann auf PC-Basis) wurden kuppelfüllende Systeme mit mehreren Zuspielrechnern und zugehörigen Videoprojektoren erschwinglich.

Auch anderen Unternehmen aus dem Planetariumsbereich ermöglichte die immer schneller und günstiger werdende PC-Hardware das Produzieren von Bildgenerator-Systemen. Zu diesen gehören alle im Abschnitt 2.4 genannten. Die dort ebenfalls genannten Hersteller von Systemen für mobile Kuppeln (also

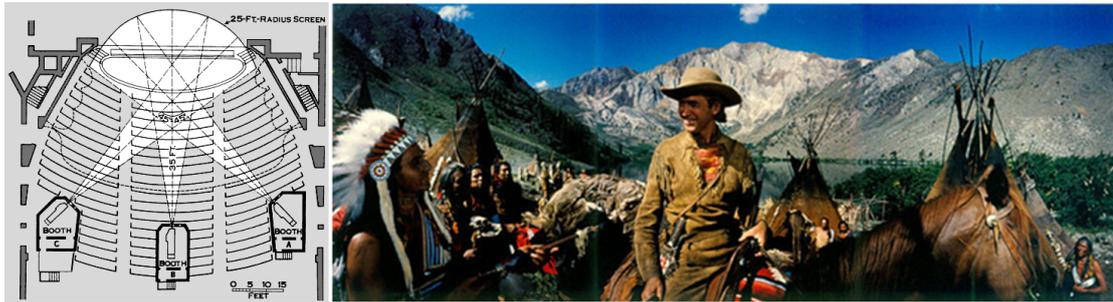


Abbildung 3.3: Cinerama-Projektionsprinzip mit 3 Projektoren, Installation am Broadway Theatre. Rechts: Szene mit sichtbaren Übergängen zwischen den Projektorfeldern.

meistens ein Projektor mit Fisheye-Linse) erleben durch die zunehmend hohe Auflösung von Projektoren einen besonderen Anstieg in ihren Verkaufszahlen (Petersen, 2012).

Film

Bewegte Panoramen waren eine durch die Ende des 19. Jahrhunderts aufkommende Filmtechnik resultierende Weiterentwicklung des Panoramas. Schon 1900 wurde auf der Pariser Weltausstellung das sog. Cinéorama gezeigt, eine 360°-Panoramaprojektion mit 10 Projektoren, um deren tatsächliche Realisierung und Aufführtermine sich einige Mythen ranken (Piccolin & Wulff, 2007). Aber auch das Kino hat in seiner Entwicklung auf verschiedene Weisen versucht, Breitbildformate einzuführen. Als Beispiele seien hier Cinemascope genannt, bei dem auf 35mm-Film ein besonders breites Bild dadurch untergebracht wurde, dass sowohl die Aufnahme als auch das Abspielen mit einer anamorphen Linse durchgeführt wurde, so dass ein Seitenverhältnis von 2,55:1 erreicht wurde. Ein anderes Beispiel ist Todd AO auf 70mm-Filmstreifen mit einem resultieren Seitenverhältnis von 2,2:1. Die Kinoleinwand war also auch von dem Bedürfnis, das Blickfeld auszufüllen, geprägt.

Eine Erweiterung erfuhr die Filmindustrie dann durch Cinerama, einer amerikanischen Multiprojektor-Installation von 1952. Es wurde mit drei Kameras aufgezeichnet und mit drei Projektoren wiedergegeben. Das besondere war die stark gekrümmte Leinwand. Zu der gleichen Kategorie gehört auch das Thrillarama oder das Smith-Carney-System (Piccolin & Wulff, 2007). Die Kinoleinwand sollte breiter werden und das Blickfeld des Publikums stärker ausfüllen.



Abbildung 3.4: Marilyn Monroe auf einer Couch, leinwandfüllend.

Eine besondere Herausforderung war dabei aber die Bildsprache: durch das extrem breite Filmformat konnten besonders gut panoramaartige Bilder gezeigt werden, ungünstig war das Format allerdings für Dialogeinstellungen oder die bildfüllende Darstellung von Personen. Ein gutes Beispiel hierfür ist das Bild von Marilyn Monroe auf einer Couch (s. Abb. 3.4). Sie füllt die gesamte Leinwand. Der Zuschauer ist nicht mehr in der Lage, die gesamte Person zu sehen, sondern muss sich das Bild aktiv erschließen durch Ändern der Blickrichtung. Im Gegensatz zum stillstehenden Panorama hat der Betrachter im Film nur die Zeit bis zum nächsten Ändern der Einstellung. Bei Breitbildfilm wird zum ersten Mal deutlich, dass besonders großes Bild einer besonderen Bildsprache bedarf, insbesondere in Hinblick auf die Dauer der Einstellungen.

Eine besondere Form des Panoramakinos lieferte seit 1994 IMAX⁸. Die amerikanische Kino- und Filmprojektionsfirma nutzte besonders große Leinwände und Kinos mit steiler Sitzplatzanordnung und setzte Standards für solche Großbildformate (Grau, 2002, S. 117). Zur Projektion wurde 70mm-Film in doppelter Bildhöhe verwendet. Dies erlaubte zum einen das Projizieren ohne anamorphische Linse, andererseits das Entwickeln des Spezialformates IMAX Dome (früher OmniMAX) durch Projektion der Filminhalte mit einer Fisheye-Linse auf eine Kuppel, die zwar 180° Bildhorizontale, aber nur 122° Bildvertikale umfasste, also keine vollständige Halbkugel als Projektionsfläche benötigte. Die Kuppel des IMAX Dome ist dabei genauso stark geneigt wie die Sitzanordnung des Kinos selbst.

⁸s. <http://www.imax.com/about/history/>

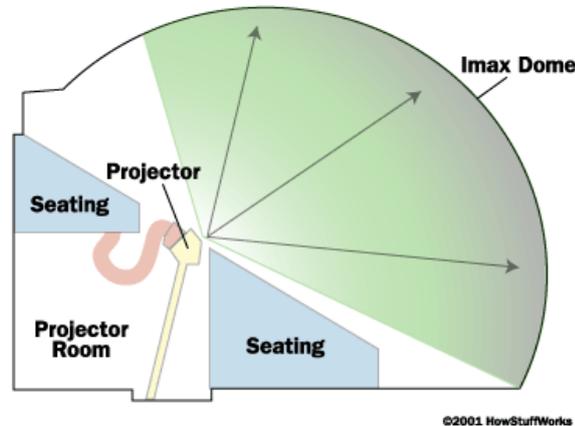


Abbildung 3.5: Aufbau eines IMAX Dome Theaters.

Adaption von bewegtem Breitbild (also Panorama-Kino und auch IMAX Dome) gehört zu den immer noch gängigen Geschäftsmodellen, die insbesondere von der Digitalisierung der 70mm-Filmstreifen profitiert. So hat Evans & Sutherland ein Verfahren zur Umrechnung von IMAX Dome-Filmen für Full-dome-Umgebungen entwickelt und sich damit den Weiterverkauf der IMAX-Filmbibliothek sichern können⁹.

Auch werden IMAX Dome-Projektionsanlagen häufig in geeigneten Planetariumskuppeln installiert. Ein gutes Beispiel für diese Zusammenführung von Medien ist das Planetarium Kopenhagen, das neben dem IMAX-Projektor über einen Sternenprojektor und einen digitalen Fulldome-Bildgenerator verfügt.

Virtuelle Realitäten

Durch die vollständig digital arbeitenden Bildgeneratoren wurde es möglich, Aspekte von Anwendungen aus dem Bereich der Virtuellen Realität (VR) nutzbar zu machen. Im Sinne von VR wäre die Kuppel eine speziell geformte Ausgabefläche für die Darstellung einer artifiziellen Welt, die dreidimensional im Computer definiert ist und Interaktion erlaubt. Durch die Darstellung in Echtzeit (s. o.) ist es möglich, die Welt und die Sichten auf diese Welt interaktiv zu modifizieren.

Andere Anwendungen dieser Art sind erst durch die fortschreitende Entwicklung der Computergrafik-Technologie möglich geworden; eine der ersten ist

⁹s. E&S-Webseite zum Thema: http://www.es.com/Products/Giant_Screen_Transfers.html, aufgerufen am 31.7.2013



Abbildung 3.6: Virtuelle Realitäten: CAVE mit Stereo3D-Projektion und kabelgebundenem Tracking (links), Flugsimulator der US Navy (rechts).

die CAVE (CAVE Artificial Virtual Environment), die zur Projektion drei Seiten und den Boden eines Würfels nutzte (Cruz-Neira et al., 1993). In neueren Installationen dieser Art kann sogar die Decke und eine verschließbare Rückwand bespielt werden, so dass der Nutzer auf allen Seiten von Bild umgeben ist.

Das Prinzip von Virtuellen Realitäten wurde von Ivan E. Sutherland begründet, der schon früh versuchte, die computergenerierte Welt in einem „ultimate computer display“ erfahrbar zu machen: „One must look at a display screen as a window through which one beholds a virtual world. The challenge to computer graphics is to make the picture in the window look real, sound real, and the objects act real“ (Sutherland, 1965).

CAVEs findet man heute vor allem als Simulatoren, beispielsweise für die Pilotenausbildung. Insofern verwundert es nicht, dass die von Sutherland gegründete Firma Evans & Sutherland mit dem Bau von Flugsimulatoren startete und sich erst später (ab den 1980er Jahren) mit dem Bau von Fulldome-Bildgeneratoren beschäftigte. Ihr Produkt Digistar ist demzufolge ähnlich einem Flugsimulator, dessen mitgelieferter Content aber ausschließlich Planetariumszwecken dient (z. B. Sterne, Sternbilder, Planeten, astronomische Datensätze).

Die Ähnlichkeit zu Simulatoren ist gleichzeitig eine Ähnlichkeit zu Game-Engines¹⁰. Ein echtzeitfähiger Fulldome-Bildgenerator bekommt 3D-Objekte und eine Szenenbeschreibung. Die Szene wird auf dem verfügbaren Display

¹⁰Software-Framework, das für die Steuerung des Spielverlaufes und die Darstellung der Spielwelt genutzt wird

gerendert. Dieses Prinzip entspricht exakt dem Vorgehen bei der Spiele-Darstellung und im CAVE.

Eine weitere Gemeinsamkeit ist die Vielzahl an möglichen Controllern. Die an aktuellen Spielekonsolen nutzbaren Controller (z. B. ein Xbox-Controller) oder ein Apple iPad sind am Digistar nutzbar. Auch andere Bildgenerator-Software unterstützt die Nutzung von bestimmten Controllern. Zum Teil werden aber auch herstellerspezifische Eingabegeräte verwendet: beim Digistar ist das die Dials- & Slider-Box, die mit programmierbaren Dreh- und Schieberegler ausgestattet ist. Beinahe alle Hersteller liefern Systeme für Publikumsabfragen, meistens sind dies Knöpfe in den Armlehnen der Zuschauersitze.

Selten findet in einer Fulldome-Umgebung Tracking statt. Dieses Verfahren erlaubt es, Personen, ihren Blick oder ihre Gestik mit Kameras zu erfassen. Diese Herangehensweise ist für eine CAVE typisch, dort gibt es aber in der Regel nur einen Benutzer, aus dessen Sicht dann die Szene gerendert wird und der interagieren kann. Bei mehreren Zuschauern wird dies schwierig.

Das Zusammenführen der Techniken VR und Fulldome-Bildgenerierung erlaubt aber, bestimmte Aspekte von VR für große Publikumszahlen nutzbar zu machen. Dies ist technisch, aber insbesondere gestalterisch und inhaltlich eine Herausforderung, die bislang nur in kleinem Maßstab in bestimmten Planetarien durchgeführt wird. Ein Beispiel dafür ist 360touch.it des Lübeckers Axel Meyer¹¹. Eine besondere Herausforderung ist die Überwindung der Hemmschwelle des Publikums, das häufig Angst vor der Nutzung eines ungewohnten Controllers in einer visuell stark fordernden Umgebung hat.

Kuppeln und Illusionsmalerei

Kuppeln waren schon immer eine beeindruckende Form architektonischen Wirkens und wurden vor allem in der Antike für besondere Bauwerke wie Grabdenkmäler oder Tempel verwendet. Noch heute erhaltene Bauwerke dieser Art sind der Merkurtempel in Neapel (Heinle & Schlaich, 1996, S. 19) oder das Pantheon in Rom. Erbaut 118-125 n. Chr., war letzteres allen Göttern geweiht und wurde daher groß angelegt: es hat über 43 Meter Durchmesser und Höhe, da der Innenraum der vollständigen Kugel Platz bieten würde. Die Kuppeldecke wird von der bekannten Kassettenstruktur geprägt (s. Abb. 3.7). Der Schlussstein in der Kuppeldecke verfügt über ein 9 Meter durchmessendes Loch und

¹¹s. dazu die Webseite 360touch.it



Abbildung 3.7: Decke des Pantheon in Rom, Lichteinfall.

bildet so die einzige Lichtquelle; bei Sonnenschein fällt ein Lichtstrahl auf die Kassetten wie ein Scheinwerfer. Die außerordentliche Stabilität und symmetrischen Eigenschaften der Kuppel machten sie zu einem Vorbild für spätere Kuppelbauten.

Nachdem bis ins 4. Jhd. noch viele Kuppeln gebaut wurden (vergl. S. 27, ebd.), brachte das Mittelalter in Europa einen Entwicklungsstopp. Erst mit der Renaissance und dem Kuppelbau für den Dom in Florenz (1418-1436) wurde diese architektonische Form durch Filippo Brunelleschi wiederbelebt. Die Kuppel verfügte über einen Durchmesser von 42 Metern und wurde durch mehrere Schalen getragen (S. 100f, McLean, 2009; Heinle & Schlaich, 1996, S. 88-95).

Heute ist die Innenseite der Kuppel mit einer komplexen Freskenmalerei ausgestattet und reiht sich damit in eine Vielzahl an Kuppeln, die sowohl durch Form als auch durch die dargestellten Inhalte stark beeindruckend sollen.

Die Schwächung der katholischen Kirche durch die Reformation brachte eine Gegenbewegung (die Gegenreformation) hervor, die vor allem durch Jesuitenmönche vorangetrieben wurde. Kunst und Wissenschaft wurden genutzt, um Staunen und Verwunderung in den Kuppeln der Kirchen hervorzurufen und so Zweifler zurück zur katholischen Kirche zu führen. Insbesondere der Bildort „Decke“ war für die damaligen Verhältnisse ungewöhnlich, aber durchaus beabsichtigt. Die Richtung „oben“ verweist auf Höheres, als „als Ort der Transzendenz Während dem Bild gegenüber dem Betrachter, an der Wand, das Historische, Konkrete und Endliche anvertraut ist.“ (Rupprecht, 1987, S. 12).

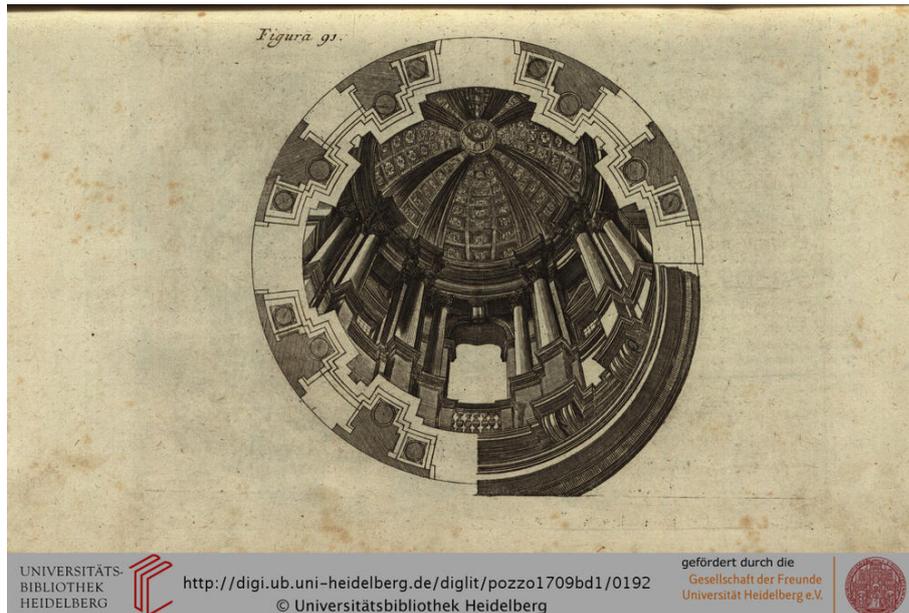


Abbildung 3.8: Scheinkuppel, Andrea Pozzo.

Allen voran führte der Jesuit Andrea Pozzo die Illusionsmalerei in Kuppeln ein. Durch geschickte perspektivische Verkürzung wird die Illusion von Raum erzeugt, der größer ist als die Kuppel selbst (sog. Scheinarchitektur, Quadraturmalerei oder franz. *Tromp l'oeil*, s. Abb. 3.8). Klar zu erkennen ist dabei die typische Rückbesinnung auf antike Grundsätze, so wird hier die Kassettendecke des Pantheon zitiert. Diese Struktur findet sich auch bei anderen Künstlern wieder (s. Abb. 3.9).

Nach einer ersten Phase der beeindruckenden Räumlichkeit finden sich zunehmend Darstellungen mit erzählendem Inhalt (meistens Szenen aus der Bibel). Es ist also auch hier eine ähnliche Entwicklung wie in anderen Medien festzustellen: nach einer anfangs beeindruckenden Wirkung werden zunehmend Inhalte transportiert. Vor allem im süddeutschen Raum im 18. Jhd. finden sich in den barocken Kirchen und Klöstern eine Vielzahl von gestalterisch und perspektivisch beeindruckenden Kuppelillusionsmalereien, die nicht nur Scheinarchitektur, sondern vor allem den Himmel scheinbar für den Betrachtern öffnen (vergl. Bauer (1965) und Abb. 3.9, 3.10).

Mit der Einführung von Fulldome-Umgebungen erschließt sich diese Kunstform wieder: das Erschaffen von Raum-Illusion ist ein ständiges Thema, das durch die bewegte Kamera und die daraus resultierende Bewegungsparallaxe im Bild noch weiter verstärkt wird. Die grundlegende Abbildungsvorschrift für



Abbildung 3.9: Kuppeldecke in der Wallfahrtskirche Birnau am Bodensee. Die Illusionsmalerei zeigt hier wieder das Pantheon, die Handlung findet scheinbar räumlich davor statt.



Abbildung 3.10: Kuppeldecke in der Bibliothek des Kloster Schussenried. Zu erkennen ist neben den Figuren auch Scheinarchitektur und die Öffnung des Himmels.

illusionistische Räume in einer Kuppel unterscheidet sich nur durch die Position des Wahrnehmenden: während die Untersicht grundsätzlich bestehen bleibt, ist der Betrachter aber nicht mehr so weit unterhalb der Kuppel zu finden. Um möglichst vielen Betrachtern einen guten Eindruck zu vermitteln, befindet sich die virtuelle Kamera in der Kuppelmitte.

Hybride Planetarien

Im Folgenden soll noch einmal der Fulldome-Bildgenerator als Teil von Planetariumsausstattung betrachtet werden. Hier zeichnet sich ein Trend ab, der seit der Einführung dieser Technik immer wieder auftritt.

Gerade kleinere Planetarien müssen aus Finanzgründen günstige Lösungen für Projektionstechnik wählen. Da ein digitales Projektionssystem in der Lage ist, den Sternenhimmel darzustellen, wird immer wieder auf einen zentralen optomechanischen Projektor verzichtet¹². Die konstante Erweiterung der Zusatzprojektionsmöglichkeiten des Planetariums verdrängt also den ursprünglichen Planetariumsprojektor aus den Kuppeln. Dieser Trend hat allerdings Nachteile, die im Folgenden erläutert werden sollen und für deren Lösung Produkte angeboten werden.

Die Qualität des Sternenhimmels ist bei Verzicht auf den optomechanischen Sternenprojektor begrenzt, denn die Sterne müssen dann durch das digitale System dargestellt werden und können minimal ein Pixel groß sein. Damit sind sie deutlich als flächige Strukturen zu erkennen, was der Natur nicht mehr nahekommt.

Optomechanische Sternenprojektoren hingegen versuchen mit großem Aufwand, den Sternenhimmel so natürlich wie möglich zu projizieren, also die Sterne möglichst klein darzustellen (ohne Helligkeitseinbußen). Die Sterne werden bei dieser Art der Projektion deutlich kleiner als ein Pixel eines Fulldome-Systems.

Um die beste Darstellung für jede Aufgabe zu bekommen, gibt es Systeme, die den Bildgenerator mit einem optomechanischen Projektor verknüpfen. Die Stellung des Sternenprojektors wird an den Fulldome-Bildgenerator gemeldet, so dass die „analogen“ Sterne durch die digitale Projektion ergänzt werden können. Hilfslinien, Planeten, Koordinatennetze usw. werden dann passend auf

¹²so auch in der Fulldome-Kuppel des Mediendoms Kiel, die für diese Arbeit als Testumgebung genutzt wurde, s. Kapitel 6.7.

den Sternenhimmel projiziert, der Sternenprojektor selbst stellt nur noch Sterne dar und braucht keine weiteren Projektionsmöglichkeiten. Dies senkt wiederum die Kosten für den Sternenprojektor, der in diesem Fall nur noch ein sog. Starball ist, also eine Kugel, mit der ausschließlich der Sternenhimmel dargestellt werden kann.

Für das „Look and Feel“ einer solchen Anlage wird häufig ein Schaltpult mitgeliefert, das über Drehknöpfe und Schieberegler verfügt und mit dem beide Systeme synchron gesteuert werden können.

Dieses Verbinden von zwei unterschiedlichen Projektionssystemen ist mehr als nur das gleichzeitige Betreiben der beiden Systeme. Durch die Verbindung werden die zwei Systeme ineinander integriert und lassen sich wie ein System bedienen. Man spricht hier vom Hybrid-Planetarium.

Umgangssprachlich wird in Planetariumskreisen jede synchrone Nutzung von Sternenprojektor und Fulldome „Hybrid“ genannt¹³, aber der Begriff „Hybrid Planetarium“ (deutsch oder englisch zu lesen) ist markenrechtlich für die Firma Goto, Inc. aus Japan geschützt¹⁴ und bezeichnet die Kombination aus deren eigenen optomechanischen Projektoren mit einem Fulldome-Bildgenerator.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass medienhistorisch hier etwas Spannendes passiert ist. Aus der Entwicklung eines Mediums (des Projektionsplanetariums mit allen zusätzlichen Möglichkeiten wie Dia- und Videoprojektion) hat sich durch die mit Digitaltechnik mögliche Zusammenführung unterschiedlichster Stränge etwas Eigenständiges entwickelt - die Fulldome-Projektionstechnik. Diese kann das klassische Planetarium mit Sternenprojektor ersetzen, da sie flexibel genug ist, um alleine die gesamte Kuppel auch mit astronomischen Inhalten zu bespielen. Das Planetarium (als Medium) hat aber etwa 80 Jahre lang von einem konstanten Element gelebt, nämlich dem brilli-

¹³siehe dazu die Webseite des Planetariums-Ausstatters Global Immersion, <http://globalimmersion.com/solutions/hybridplanetarium> (abgerufen am 25.12.2012), oder das Planetarium Hamburg, <http://www.planetarium-hamburg.de/service/wie-funktioniert-das-planetarium/> (abgerufen am 25.12.2012), dort wird ein Digistar-System mit einem Zeiss-Projektor über einen Timecode gesteuert, der von einem SkyScan Spice Automation System erzeugt wird, s. dazu <http://www.skyskan.com/about> (abgerufen am 25.12.2012)

¹⁴so auch in Deutschland schon seit 2004, s. http://www.tmdb.de/de/marke/HYBRID_PLANETARIUM,DE30452583.html (abgerufen am 25.12.2012)

anten Sternenhimmel. Um diese Konstanz zu halten, erfolgt nun die Kombination dieser zwei eigenständigen Projektionstechniken zu einem Hybrid, dessen Einzelkomponenten sich aber nach wie vor auch einzeln nutzen lassen.

In diesem Sinne wäre ein Hybrid-System tatsächlich eine Kombination zweier Medien. Dies wird insbesondere deutlich auf der Webseite des Anbieters der Hybrid-Planetarien, Goto, Inc.¹⁵.

Sonstige Medien

Weitere Medienzusammenführung tritt nur zeitweise auf. Durch die Verfügbarkeit von astronomischen und meteorologischen Daten in Bildformaten wird es möglich, das Internet insoweit mit einzubeziehen, dass tagesaktuelle Texturen von Satellitendaten (Wolkenverteilung, Wassertemperatur der Ozeane oder ähnliches) durch Angabe einer HTTP-Adresse als Texturpfad direkt eingeladen werden können.

Auch werden verschiedene Tonformate adaptiert, allerdings ist die Konvention, Shows in 5.1-Ton anzubieten, sehr verbreitet. Hier merkt man deutlich, dass dieses Tonformat aus dem Medium Film extrahiert wurde, denn zum einen findet 5.1-Ton in der Ebene statt (also am Horizont entlang), von oben kommt kein Ton. Zum anderen ist die Ausrichtung des Tones klar auf eine Front-Richtung ausgelegt (die Leinwand im Kino), die fünf Kanäle sind nicht gleichberechtigt oder gleichförmig verteilt.

3.3 Das Fulldome-Medium - ein Fazit

Handelt es sich bei Fulldome nun um ein eigenständiges Medium? Das Zusammenführen der vielen Stränge und der damit verbundenen Ideen lässt erst einmal den Schluss zu, dass Fulldome lediglich eine (wenn auch sehr komplexe und vielseitige) Ansammlung bereits vorhandener Medien und damit kein eigenständiges Medium ist. Dafür spricht auch eine Ansammlung von Genres, die sich in ähnlicher Form auch in Fernsehen oder Film wiederfinden lässt.

Diese Folgerung ist allerdings nicht vollständig: Fulldome ist als Erweiterung der Planetariums-Projektionstechnik ein Teil der Planetariumsgeschichte. Die mediale Entwicklung von Planetarien ist unabhängig von der Entwicklung

¹⁵<http://www.goto.co.jp/english/product/index.html> (abgerufen am 25.12.2012)

anderer Medien, es gibt eigene Institutionen (die Planetarien). Auch sind die beteiligten Personen durch den Kuppel- und Sternenprojektorbau andere als die in den sonstigen hier angeführten Medien. Die Frage ist also auch, ob Fulldome als Teil der Planetariumsgeschichte lediglich ein Teil des Mediums Planetarium ist.

Diesen beiden Sichtweisen stehen einige Fakten entgegen:

- die Entstehungsgeschichte ist zusätzlich geprägt durch die technische Entwicklung der Projektionstechnik im Bereich virtueller Realitäten und Simulatoren.
- nicht nur Planetarien, sondern auch Science Center oder Entertainment-Einrichtungen nutzen kuppelfüllende Projektion. Diese Einrichtungen haben meist eigene Themen, nicht nur Astronomie.
- Die o. g. Medien werden nicht einfach adaptiert oder zusammengeführt, sondern meistens nur bestimmte Aspekte. Dazu gehören beim Film insbesondere die kuppelfüllenden Formate, weniger die Standard-Kinoformate. Aus dem Bereich der VR werden einige Controller und die dreidimensionale Welt (Szene) übernommen, nicht aber das Tracking.
- Fulldome wird im Rahmen von Hybrid-Systemen wie ein eigenständiges Medium behandelt.

Die Zusammenführung der unterschiedlichsten Medien sowohl in ihren Ideen als auch in technischer Realisierung führt aber dazu, dass das Resultat nicht oder nur ungenügend auf andere Medien adaptierbar ist. Dies beginnt schon bei der Betrachtung technischer Rahmenbedingungen: Die Zusammenführung von Panoramen, Großformat-Film, virtuellen Realitäten und sogar Daten aus dem Internet wird realisiert durch 3D-Objekte, die sich in der Szene befinden und auf deren Oberfläche die jeweiligen Bildinhalte als Textur gemappt¹⁶ werden. Damit ist praktisch jeder Bildinhalt (bewegt oder unbewegt) in Fulldome adaptierbar, aber die Kombination aus den Inhalten (die Fulldome-„Show“, s. u.) lässt sich nicht gut zurück auf die einzelnen Quellmedien übertragen.

Die Verbindung von verschiedenen Quellen eröffnet Möglichkeiten: die Objekte sind Teil einer virtuellen 3D-Welt und damit interaktiv manipulierbar. Hin-

¹⁶das Abbilden eines 2D-Bildes (Textur) auf einer 3D-Oberfläche, s. dazu Bungartz et al. (1996), S. 166.

zu kommt das Abspielen von kuppelfüllendem Video (Fulldome-Video). Auch das Video ist interaktiv manipulierbar - das Mischen mit der 3D-Welt (durch Angeben der Zeichenreihenfolge) ergibt Möglichkeiten der Bildkomposition, die keines der einzelnen Grundmedien hatte.

Aus diesem Grund kann auch nicht von einem Fulldome-Film gesprochen werden, es sei denn, es wird ausschließlich Fulldome-Video (und das zugehörige Audio) gespielt. Es sind also andere Begrifflichkeiten nötig, um Fulldome-Inhalte zu benennen, es soll hier das Wort „Show“ für eine zeitgesteuerte und echtzeitgenerierte, zum Teil interaktive, zum Teil reines Video beinhaltende Menge an Fulldome-Content verwendet werden. Es entstehen dabei neue Bildeindrücke, die ohne das Zusammenwirken der verschiedenen Stränge nicht möglich wären.

Ein weiterer zu betrachtender Punkt ist der Aufbau der dargestellten Bildinhalte, die sog. Bildsprache. Wie schon in Absatz 3.2.2 deutlich wurde, muss über die dargestellte Größe von Personen nachgedacht werden; diese Überlegungen lassen sich aber direkt übertragen auf alle groß dargestellten Objekte. Auch ist die Positionierung von Objekten wichtig, damit so viele Zuschauer wie möglich die Objekte wahrnehmen können. Diese Überlegung betrifft insbesondere die Kuppeln mit konzentrischer Sitzanordnung.

Ein weiterer Punkt in der o. g. Definition des Medienbegriffs ist das Vorhandensein eigenständiger Institutionen. Wie bereits oben verdeutlicht, ist für das Medium eine dedizierte Spielstätte mit eigener Technik nötig, so dass auch dieser Punkt erfüllt ist.

Zusammenfassend lässt sich also sagen, dass Fulldome ein eigenständiges Medium ist. Es werden zwar viele unterschiedliche Medien adaptiert und integriert, aber dabei entsteht Neues. Diese neuen Inhalte lassen sich nur schwerlich auf andere Medien (z. B. Film) übertragen, selbst wenn keine interaktiven Elemente vorliegen. Echtzeitgenerierte Inhalte kann man capturen (als Bildfolge herausrendern), aber selbst dann ist auf einer flachen Leinwand ein rundes Bild zu sehen (das Domemaster), das den eigentlichen räumlichen Eindruck der Kuppelprojektion nur ungenügend wiedergeben kann. Die volle Wirkung auf den Rezipienten kann sich nur bei der Darstellung des Domemasters auf einer Kuppel entfalten. Es wird deutlich, dass das Fulldome-Medium ein komplexes Zusammenspiel aus institutionellen und technischen Voraussetzungen,

dargestellten Inhalten und deren Wahrnehmung bietet; diese Faktoren lassen sich nicht losgelöst betrachten.

Kapitel 4

Immersion

Die folgenden drei Kapitel dienen der Erläuterung eines Begriffes aus dem Titel der Arbeit. Es wird versucht, sich dem Terminus „Immersion“ aus verschiedenen Blickwinkeln zu nähern und damit eine erste theoretische Grundlage und ein Begriffsverständnis für die am Ende der Arbeit folgenden Studien zu legen.

Auf der Suche nach einer Definition fällt auf, dass es eine Vielzahl an verschiedenen Bedeutungen gibt, je nachdem, in welchem thematischen Umfeld man sich bewegt. In diesem Kapitel wird eine medienwissenschaftliche Sicht vorgestellt. Im Bereich der Medienwissenschaft sind es unterschiedliche Ansätze und Versuche der Abgrenzung zu anderen Ausdrücken, die den Bereich prägen. Die Vielfalt der Definitionen und Beschreibungen zeigt, dass sich dieses Fachwort noch in der Entwicklung befindet und die tatsächliche Bedeutung variieren kann. Immersion wird von verschiedenen Autoren unterschiedlich verstanden und nur so ungenügend umrissen, dass sich eine einheitliche Definition nicht finden ließ. Allerdings wird es durch das Vergleichen unterschiedlicher Medien mit unterschiedlichen Strategien zur Erzeugung von Immersion möglich, erste Ergebnisse festzuhalten.

Das Kapitel gliedert sich in vier Abschnitte, die sich aufeinander aufbauend einem Verständnis der Immersion annähern. Dabei wird nach einer ersten Definition, die sich in der Hauptsache mit umgebenden Medien und dem Begriff Präsenz auseinandersetzt, der Bereich des Erlebens von Computerspielen untersucht, da hier als weiteres Element die Interaktion hinzukommt, die ihrerseits Einfluss auf das Immersionserleben haben kann. Im dritten Abschnitt wird dann der Präsenzbegriff näher erläutert mit dem Ziel, ein mentales Modell des Erlebens virtueller Welten vorzustellen. Ein Fazit schließt dieses Kapitel ab.

4.1 Erster Definitionsversuch

Die Wurzeln gehen zurück auf das lateinische „immergere“ oder auch „immersio“, das zunächst „eintauchen“ im wörtlichen Sinne bedeutet. Diese ursprüngliche Bedeutung findet sich z. B. in der Physik wieder, wo Körper in andere Medien vollständig eingetaucht werden (z. B. Festkörper in Flüssigkeiten). In der Medizin kann der Begriff beim Baden (und dabei vollständigem Eintauchen) eines Patienten gefunden werden. Auch wird mit Immersion das Eintauchen in Wasser bei rituellen Handlungen bezeichnet, so z. B. im Baptismus, in dem die Taufe das vollständige Untertauchen des zu Missionierenden erfordert (vergl. Wikipedia (2011)). In der Pädagogik bezeichnet Immersion u. a. ein „Sprachbad“, also das Eintauchen z. B. in eine Fremdsprache, welches das Erlernen dieser Sprache vereinfachen soll.

Die deutsche Sprache stellt in Bezug auf das Wort „Immersion“ eine Besonderheit dar: während das Wort „Immersion“ selbst im Duden zu finden ist, fehlt jedoch das Adjektiv „immersiv“, welches in anderen Sprachen (z. B. englisch: immersive) sehr gebräuchlich ist. In Anlehnung an das englische Wort soll aber auch das Adjektiv hier Verwendung finden. Schwieriger ist die Übersetzung des englischen Verbs „to immerse“, das im Deutschen nur mit „eintauchen“ übersetzt werden kann, sich in einigen Publikationen aber als „immersieren“ wiederfindet.

Spannend ist, dass im Duden der Begriff erst seit wenigen Jahren in der Definition um den medienorientierten Begriff erweitert wurde, und dort als EDV-Begriff verstanden wird („(EDV) Eintauchen in eine virtuelle Umgebung“¹).

Die Idee des Eintauchens ist auch im Bereich der Medien Ursprung des Gedankens, dieses Wort zu verwenden. So schreibt Janet Murray:

„Immersion is a metaphorical term derived from the experience of being submerged in water. We seek the same feeling from a psychologically immersive experience that we do from a plunge in the ocean or swimming pool, the sensation of being surrounded by a completely other reality, as different as water is from air, that takes over all of our attention, our whole perceptual apparatus.“ (Murray, 1997, S. 98)

¹vergl. <http://www.duden.de/rechtschreibung/Immersion>; so ist diese Definition 2004 in der gedruckten Ausgabe noch nicht vorhanden, wohl aber 2012.

Wie das Eintauchen in die „komplett andere Realität“ erfolgt und welche Mittel dafür notwendig sind, sagt dieses Zitat allerdings noch nicht.

Auch in der Filmwissenschaft wird dieses Phänomen dokumentiert, und das sogar schon sehr früh (1938). Wenngleich das Wort Immersion noch nicht fällt, so wird das Phänomen klar beschrieben. Anlass ist die zu der Zeit immer häufigere Anwendung einer beweglichen Kamera, die der Handlung folgt oder sich in die Handlung hineinbegibt:

„Die bewegliche Kamera nimmt mein Auge, und damit mein Bewußtsein, mit: mitten in das Bild, mitten in den Spielraum der Handlung hinein. Ich sehe nichts von außen. Ich sehe alles so, wie die handelnden Personen es sehen müssen. Ich bin umzingelt von den Gestalten des Films und dadurch verwickelt in seine Handlung. Ich gehe mit, ich fahre mit, ich stürze mit - obwohl ich körperlich auf demselben Platz sitzen bleibe.“ (Balázs, 1938, S. 212)

Nicht hilfreich auf der Suche nach einer Definition des Wortes ist die häufige Verwendung in englischsprachigen Werbetexten, z. B. für Fulldome-Shows, die immersives Erleben versprechen. „[The show]... is an award-winning immersive film“² oder „be immersed and overwhelmed ..“³ zeigen, dass Immersion auch ein Buzzword ist, also ein besonders werbewirksames Wort. Diese Verwendung hilft aber bei einem Verständnis des Phänomens nicht weiter.

Die meisten Versuche einer Definitionen stammen aus dem Bereich der Virtuellen Realität (VR) und der Computerspiele, wobei es aber auch andere (rezeptive) Phänomene gibt, die sich genau mit diesem Phänomen auseinandersetzen. Diese Definitionen sollen im Folgenden vorgestellt werden.

4.1.1 Umgebende Medien

Oliver Grau gilt als ein Wegbereiter der Immersionsforschung im deutschsprachigen Raum.

Er gibt in der Einleitung seines Buches „Virtuelle Kunst in Geschichte und Gegenwart“ eine reiche Sammlung von Möglichkeiten, Immersion zu erreichen. So kann Immersion beispielsweise ein durch Illusionismus erzeugtes Verlieren des Bezugs zwischen Medium und Betrachter sein. Er schreibt:

²<http://www.lochnessproductions.com/shows/livinglobe/cdn.html>

³<http://www.lochnessproductions.com/shows/mirage3d/dsa.html>

„Dazu gehört neben den Mitteln des Illusionismus insbesondere das den Gesichtswinkel möglichst vollständig ausfüllende Bildformat und die Ansprache möglichst vieler anderer Sinne. Die hierdurch mögliche Suggestion, die den Betrachter gewissermaßen in den Bildraum eintauchen läßt, vermag die Subjekt-Objekt-Beziehung für einen gewissen Zeitraum aus den Angeln zu heben und dem „Als-Ob“ im Bewußtsein Konsequenz zu schaffen. Diese sinnliche und rezeptive Verbindung zum Bild soll hier als „Immersion“ bezeichnet werden.“ (Grau, 2002, S. 23f.)

Grau spricht hier verschiedene Komponenten von Immersion an: zum einen das Ausfüllen des Blickfeldes, aber auch multisensorieller Input. Dies impliziert einen technischen Aufbau, der unterstützend wirkt. Die umgebende Welt scheint bei Grau eher störend zu sein, so dass sie hermetisch ausgeschlossen werden muss: „[...] installing an observer in a hermetically closed-off image space of illusion“ (Grau, 2004, S. 5). Damit bezieht er sich sowohl auf die Panoramen, als auch auf die VR-Techniken wie VR-Brille oder -Helm (engl. head-mounted display) oder CAVE, deren Aufbau sich grundsätzlich an dieser Idee orientiert.

Dies ist aber nur eine Umschreibung der Voraussetzungen von Immersion, der Begriff selbst wird von Grau verstanden als eine durch die Voraussetzungen begünstigte Aufnahme des Rezipienten in das Bild. Der Betrachter wird ein Teil des Bildraumes, der wie folgt definiert wird: „Räume [...], die den Betrachter hermetisch zu 360° umschließen und den Eindruck vermitteln, sich an einem anderen, als den tatsächlich eingenommenen Aufenthaltsort zu befinden - mithin eine artifizielle Welt formulieren“ (Grau, 2002, S. 25f.) oder auch „Bilder, die [...] den Betrachter zu 360° in einen zeit- und ortseinheitlichen Illusionsraum integrieren“ (Grau, 2002, S. 17).

Es werden zwei wichtige Voraussetzungen für Immersion genannt, zum einen das Umschließen durch den Bildraum und räumliche Illusion. Diese Voraussetzungen erzeugen ein „Kraftfeld der Illusion“, das eine Richtung des Wahrnehmens in das Bild hinein erzeugt, und danach umfasst das Bild den Betrachter.

Damit schafft Grau eine Definition von Immersion als medienstrategisches Ziel, „ein möglichst hochgradiges Gefühl der Präsenz - ein[en] Eindruck suggestiver Anwesenheit“ zu erzeugen (Grau, 2002, S. 15). Die eigentliche Definition

wird hier also durch das Einführen eines neuen Begriffes erreicht, Präsenz. Diesen Begriff definiert Grau als einen „möglichst hochgradigen Eindruck von Anwesenheit am Bildort“ und als „Angleichung von illusionärer Information an die physiologische Disposition der Sinne“ (Grau, 2002, S. 14f.). Später im Text ist er noch konkreter: im „Moment kalkulierter ‚Totalisation‘ kann das Kunstwerk [...] für einen begrenzten Zeitraum verlöschen - kann bewußte Illusion in unbewußte umschlagen“ (Grau, 2002, S. 135).

Für Grau ist Immersion also ein medienstrategisches Ziel, das sich nicht ohne andere Begriffe wie Präsenz definieren lässt. Zum eigentlichen Vorgang des mentalen Eintauchens und zu den damit verbundenen Gefühlen sagt Grau nichts, d. h. es gibt insbesondere keine klare Definition des Immersionsbegriffes, sondern nur Bedingungen und Voraussetzungen.

Von den Voraussetzungen lassen sich allerdings viele in technischen Umsetzungen virtueller Umgebungen wiederfinden. Das Umgebende des Bildraumes ist durch die technische und räumliche Konstruktion der medialen Installation erreicht. Dabei ist es für Grau wichtig, die nicht benötigten Sinne oder Sinneindrücke, die seitens des Mediums unerwünscht sind, möglichst gut zu unterdrücken. Störgeräusche, von außen einfallendes Licht, seltsame Gerüche oder ein unbequemer Sitz sind Beispiele, die das Wahrnehmen eines umgebenden Mediums beträchtlich stören können und die durch die Konstruktion vermieden werden sollten.

Er bringt aber noch mehr Gedanken ein, die diskutiert werden müssen, wie die „Ansprache möglichst vieler anderer Sinne“. In heutigen Multimedia-Installationen werden meistens nur zwei Sinne angesprochen: Sehen und Hören. Zwar zählt auch die Haptik mit hinein, wenn man an VR-Umgebungen denkt, z. B. durch Nutzung eines Joysticks oder anderer Controller, das direkte Berühren von Objekten im Medium ist aber nicht möglich⁴.

⁴Als kleiner Exkurs sei hier der Versuch der Spieleindustrie genannt, möglichst echt wirkende Controller (wie z. B. Gaspedal und Lenkrad für Autorennen) nachzubilden, die tatsächliche haptische Erfahrung kommt aber durch das „Force Feedback“, also das Vibrieren oder gegen die Bewegung des Spielers anwirkende Kräfte, die durch Motorik in den Controllern erzeugt werden. In Fulldome-Umgebungen ist eine solche Simulation der Realität allerdings eine Seltenheit. Eher findet man in Erlebnisparks oder Jahrmärkten Simulatoren, die über Hydraulik die Sitze der Zuschauer passend zur visuellen Darbietung in Bewegung setzen. So etwas ist schon früh versucht worden, beispielsweise 1904 in „Hale’s Tour and Scenes of The World“ (vergl. (Fielding, 2008, S. 28) und (Huhtamo, 2008, S. 57)) und ist bis heute noch aktuell. Andere Sinne wie Schmecken oder Riechen werden in der Regel nicht bedient; für Fulldome-Umgebungen wird

Immersion ist für Grau nur bei umgebenden Bildräumen unter der Voraussetzung der Erzeugung von räumlicher Illusion möglich. Zu diesem Ansatz liefert er in den weiteren Kapiteln seines Buches viele Beispiele, mit denen er in der Mediengeschichte eine Tendenz zu umgebenden Bildräumen feststellt.

Allerdings gibt es mit dieser Definition zwei Probleme: zum einen wird (bei Grau ausschließlich) davon ausgegangen, dass aufgrund der umgebenden Natur des Mediums Immersion möglich ist. Da Immersion aber ein durch das Medium hervorgerufener mentaler Zustand (das Präsenzerleben) ist, der durch Wahrnehmung erzeugt wird und der laut Grau auf (räumlicher) Illusion beruht, ist es eine gewagte Behauptung, dass die Form des Mediums der entscheidende Faktor beim Erreichen dieses Zustandes ist. Vermutlich erleichtert ein umgebendes Medium aufgrund der o. g. Eigenschaften das Erreichen des Immersionserlebens, garantiert ist es jedoch nicht. Insofern soll im Folgenden von „umgebenden Medien“ gesprochen werden (bei Panorama, VR-System wie CAVE oder auch Fulldome-Umgebung) und nicht wie umgangssprachlich von „immersiven Medien“.

Zum anderen ist immersives Erleben auch mit Hilfe anderer (nicht-umgebender) Medien möglich. Dazu gehören beispielsweise Bücher, Filme oder Videospiele. Wer schon einmal völlig versunken beim Lesen einer spannenden Geschichte Zeit und Ort vergessen hat, weiß, wie stark Worte und Phantasie wirken können. Deswegen zeigen gerade Bücher, dass das starke Gewicht auf das visuelle Umgeben-Sein durch ein Medium für Immersionserleben keine Voraussetzung darstellt. Es spricht also bei einer Begriffswahl vieles für eine Trennung von technischen Aspekten des Aufbaus (Umgeben-Sein, Ausschließen von externen Reizen) zu dem tatsächlich Erlebten. Hier ist eine deutliche begriffliche Trennung nötig.

4.1.2 Immersion und Präsenz

Graus o. g. „suggestive Anwesenheit“, mit dem „Gefühl der Präsenz“ in der medial vermittelten Szene, benennt das Erleben und nicht die umgebende Technik. In der englischsprachigen Literatur findet der Begriff „presence“ Verwendung, der u. a. definiert wird als „the feeling of being there“ (McMahan, 2003, S. 68). Immersion wird dann eher als Ausdruck zur Beschreibung technischer

nur eine Ausnahme beworben: das „Odour broadcasting system“ von R.S.A.Cosmos (siehe dazu die Webseite rsacosmos.com).

Ausführung genutzt. Die Trennung zwischen Technik und Erleben durch die beiden Begriffe findet sich u. a. bei Cummings, Bailenson und Fidler: „immersion can be regarded as a quality of the system’s technology, an objective measure of the extent to which the system presents a vivid virtual environment while shutting out physical reality“ (Cummings et al., 2012, S. 1) oder auch bei Mestre, der Immersion als das Hauptmerkmal von Virtuellen Umgebungen (VE) darstellt: „In this sense, the primary characteristic distinguishing VEs from other means of displaying information is the focus on immersion. In a technical acceptance of the term, immersion is achieved by removing as many real world sensations as possible, and substituting these with the sensations corresponding to the VE“ (Mestre, 2005, S. 1). Mit dieser Definition stimmt Mestre mit Oliver Grau überein, beide legen Wert auf den Ausschluss der Reize aus der Realität. Diese eher technische Herangehensweise ist typisch für englischsprachige Texte (Rupert-Kruse, 2012, s. dazu S. 12, Fußnote 4); da aber immersives Erleben aufgrund von technischen Voraussetzungen nicht garantiert werden kann, sollte eher von „immersiven Strategien“ der Medien gesprochen werden (ebd. aber auch S. 15f.).

Ebenfalls getrennt werden die beiden Begriffe bei Marie-Laure Ryan, dort allerdings als zwei Facetten des Erlebens eines totalen (und damit ausschließlichen) Effektes, der auf den Betrachter wirkt: „As for the terms *immersion* and *presence*, they capture two different but ultimately inseparable aspects of the total effect: *immersion* insists on being *inside* a mass substance, *presence* on being *in front of* a well-delineated entity“ (Ryan, 2001, S. 67f.). Ryan unterscheidet also zwischen Immersion als dem Sich-Befinden innerhalb einer Struktur (mit Substanz) und der Präsenz als Konfrontation mit Objekten. Wenn man aber mit Objekten konfrontiert wird, dann steht man zu diesen Objekten in einer Relation, und damit sind die Objekte dann auch Teil der gleichen Welt, so dass die Begriffe Präsenz und Immersion ohne einander nicht auskommen (Ryan, 2001, vergl. ebd.).

Die Trennung der beiden Begriffe wird aber nicht immer durchgehalten: der deutschsprachige Begriff „Immersion“ wird häufiger für den mentalen Zustand verwendet, „der die Rezipierenden sich in der medialen Welt verorten lässt“ (Rupert-Kruse, 2012, S. 12), also in Graus Bildräumen. Aber auch im Englischen ist dieser Unterschied nicht immer gegeben, so dass Alison McMahan auf die daraus resultierende Verwirrung hinweist: „presence is often used syn-

onymously with immersion, which simply adds to the confusion“ (McMahan, 2003, S. 70).

Presence als „feeling of being there“ ist zurückzuführen auf die durch Ivan Sutherland begonnene Entwicklung eines VR-Displays und einer Veröffentlichung von Marvin Minsky, „Telepresence“ (Minsky, 1980), in dem beschrieben wird, wie das ferngesteuerte Arbeiten mit Maschinen das Gefühl vermitteln kann, sich tatsächlich am Ort der Maschine zu befinden.

Präsenz ist also durchaus verwandt zu dem Immersionsbegriff nach Murray und nach anderen Autoren. Eine getrennte Untersuchung dieser Begriffe erscheint also nicht sinnvoll, insbesondere weil sie auch gegenseitig zur Definition gebraucht werden. So schreiben Laura Ermi und Frans Mäyrä: „the concept of 'presence' has been used with an aim to assess the so-called 'immersivity' of the system“ (Ermi & Mäyrä, 2005, S. 4).

Das Phänomen der Präsenz wird ausführlich von Lombard und Ditton diskutiert (Lombard & Ditton (1997)). Sie nennen sechs Kategorien von Präsenz:

1. Präsenz als Realismus: Realismus kann sowohl inhaltlich (dort: „social realism“) interpretiert werden, z. B. bei einer guten Story in einem technisch schlechten Film, oder aber perzeptionell (dort: „perceptual realism“), was verstanden werden soll als glaubwürdige und lebhaftere Umsetzung einer virtuellen Welt (technisch und inhaltlich).
2. Präsenz als soziale Reichhaltigkeit: dieser Punkt behandelt, inwiefern ein Medium die Übertragung von zwischenmenschlichen Regungen ermöglicht.
3. Präsenz als Transport: dies ist Präsenz durch einen Transfer der eigenen Wahrnehmung oder des Mediums selbst auf drei verschiedene Weisen. „You are there“ transportiert den Zuschauer in die Szene hinein, „it is here“ lässt den Rezipienten an seinem Ort und bringt die Szene zu ihm (z. B. beim Fernsehen), „we are together“ ist das Teilen eines gemeinsamen Raumes, z. B. bei Videokonferenzen und Chaträumen. Das Medium wird hierbei zu dem gemeinsamen Raum.
4. Präsenz als Immersion: hier wird ähnlich wie bei Grau Bezug auf das komplette Einschließen der Sinne in der Umgebung und das Abschirmen der Außenwelt genommen. Als Beispiel werden verschiedene umgebende Me-

dien aufgeführt, zusammen wird dies dann „perceptual immersion“ genannt. Präsenz als Immersion enthält aber auch noch „psychological immersion“, welches Bezug auf die Absorption des Nutzers in die virtuelle Welt hinein nimmt und in dieser Bedeutung auch bei anderen Autoren genannt wird (s. Kap. 4.2).

5. Präsenz als Akteur in einem Medium: gemeint sind Avatare und virtuelle Charaktere, die durch den Nutzer des Mediums interaktiv steuerbar sind. Sie sind aber selbst Teil des Mediums, was dem Rezipienten das Präsenzerleben erleichtern kann.
6. Präsenz, bei der das Medium selbst als Akteur auftritt: Gemeint sind hier beispielsweise Computerwesen, die trotz ihrer Künstlichkeit Emotionen beim Rezipienten hervorrufen (C3PO, Data) oder Computer selbst, deren Entwickler menschenähnliches Verhalten programmiert haben und mit denen daraufhin höflich umgegangen wird (obwohl dies nicht nötig ist).

Zusammenfassend definieren Lombard und Ditton den Begriff der Präsenz als „perceptual illusion of non-mediation“, also der Illusion, man würde eine künstliche Szene nicht medial vermittelt, sondern direkt wahrnehmen. Hier wird eine Grenze aufgehoben, denn das Medium wird transparent oder zu einem offenen Fenster, das einen Blick auf die Szene vermittelt oder den Zuschauer im o. g. Sinne in die Szene transportiert.

Die umfangreiche Abhandlung zeigt darauf folgend einige Variablen auf, die Präsenz begünstigen können; dazu gehört insbesondere der Grad der Lebhaftigkeit („vividness“), die u. a. von Bildqualität, Bildgröße, Konsistenz der gezeigten Szene und der Zahl der angesprochenen Sinne abhängt. Der Grad der Lebhaftigkeit betrifft vor allem die erste Kategorie (Präsenz als Realismus), die genannten Variablen verzeugen einen hohen Grad von perzeptionellem Realismus.

Ebenfalls begünstigend wirkt Interaktion und die Zahl der verschiedenen modifizierbaren Charakteristiken der Szene. Im Gegensatz zu Grau, für den Immersion das Ziel hat, Präsenz zu erzeugen, ist die Betrachtung hier viel breiter aufgestellt. So werden sogar die möglichen Effekte von Immersion wie Vergnügen, Aufregung oder Involviertsein erläutert, die das eigentliche Ziel sein müssen und auch Hinweise auf mögliche Indikatoren für Immersion liefern.

In diesem Text wird wieder die Trennung von „immersion“ als Umgebendes, Technisches und „presence“ als mentales Gefühl des „being there“ deutlich. Die technische Komponente des Umgeben-Sein wird häufig angeführt, um den Vorgang des Eintauchens zu beschreiben, insbesondere, da man technische Größen wie Leinwandbeschaffenheit, Bilddiagonale, Auflösung, Ausfüllung des Gesichtsfeldes, Anzahl Tonkanäle und ähnliches objektiv messen kann. Dabei gibt es einige Hinweise, dass technischer Aufwand und Qualität des Eintauchens einander beeinflussen (sowohl positiv als auch negativ). So beschreiben Lombard, Ditton, Grabe und Reich, dass eine stärkere Reaktion auf einen großen Bildschirm nicht zwingend mit mehr Genuss verbunden ist: „while viewers may respond with more intensity to larger television images, they don't necessarily enjoy them more“ (Lombard et al., 1997, S. 104), insbesondere weil kleinere Bildschirme ein schärferes (und somit besseres) Bild zu haben scheinen (S. 102, ebd.). Auch McMahan sagt, dass weder Fotorealismus des Inhaltes noch Größe des Bildschirms entscheidend sind für Immersion. „Most scholars and scientists seem to agree that total photo- and audiorealism is not necessary for a virtual reality environment to produce in the viewer a sense of immersion, a sense that the world they are in is real and complete“, und weiter „it is quite possible to become very immersed in a desktop VR, for immersion is not totally dependent on the physical dimensions of the technology“ (McMahan, 2003, S. 68). Durch technische Qualität wird also die Intensität des Eindrucks selbst verstärkt; dies ist aber noch kein Eintauchen im Sinne von Immersion.

Wichtiger scheint die Unterscheidung in „perceptual immersion“ und „psychological immersion“ zu sein. Während „perceptual immersion“ die technischen Voraussetzungen für Perzeption wie Auflösung, Bildgröße etc. anspricht, bezeichnet „psychological immersion“ das Gefühl, tatsächlich in der Szene zu sein. Dies kann durch das perzeptuelle Umgeben-Sein durch das Medium ausgelöst werden, dafür gibt es aber keine Garantie.

Es gibt also eine Differenzierung des Immersionsbegriffs im Hinblick auf technische Voraussetzungen und psychologische Zustände des Rezipienten. Ob die psychologische Immersion gleichbedeutend mit dem Präsenzbegriff Verwendung finden kann, ist fraglich. Der Text von Lombard und Ditton scheint davon auszugehen, dass psychologische Immersion auf jeden Fall die perzeptuelle Immersion als Voraussetzung braucht. Damit wird auch Kategorie 4 verständlicher, Präsenz als Immersion anzugeben. Wenn das Medium eine Mög-

lichkeit für perzeptuelle Immersion technisch bietet, kann Präsenzerleben einfach folgen. Allerdings wurde schon in 4.1 festgestellt, dass der Zustand des Eingetauchtseins auch durch ganz andere Medien hervorgerufen werden kann. Verbindet man die beiden Theorien miteinander, gibt es mehrere Interpretationsmöglichkeiten.

- Zum einen könnte Präsenz ein Oberbegriff sein, der auch (psychologische) Immersion sein kann, wenn die technischen Voraussetzungen gegeben sind. Im dem Fall wäre Immersion eine besondere Form der Präsenz, und es müsste einen Grund geben, diese Besonderheit so stark hervorzuheben. Tatsächlich könnte der Grund in der Messbarkeit der technischen Parameter des Mediums liegen, denn diese Größen sind einfach erfassbar.
- Zum anderen könnte es sein, dass die „illusion of non-mediation“ als psychologischer Zustand von unterschiedlichsten Dingen getriggert werden kann, aber das Resultat (der Zustand des Eingetauchtseins) immer gleich funktioniert. In dem Fall wird das Problem schwieriger, da es keine einheitlichen Voraussetzungen und im Falle von Narration oder schlicht Vorstellungskraft keine handfesten messbaren Größen gibt.

Ein Ergebnis von Lombard und Ditton ist aber, dass gewisse Voraussetzungen Präsenz begünstigen. Dazu gehören auch Interaktionsmöglichkeiten, insbesondere im Sinne einer Gaming- oder VR-Umgebung.

4.2 Immersion und Gaming

Im Folgenden soll nun Immersion im Computerspiel betrachtet werden. Dieses weitere Medium unterscheidet sich von den sonst für die Bestimmung des Immersionsbegriffes herangezogenen Medien wie Spielfilm oder umgebende Medien, da Computerspiele normalerweise auf Computermonitoren angezeigt werden, die insbesondere nicht das Sichtfeld ausfüllen, also nicht als umgebendes Medium gelten können. Auch ist der Betrachtungsabstand im Vergleich zur Kinoleinwand bzw. zum umgebenden Medium in der Regel sehr niedrig. Die immersive Wirkung eines Computerspiels ist also auf andere Faktoren zurückzuführen, dies könnte z. B. die Interaktion sein.

Im Sinne dieser Arbeit ist eine Untersuchung, inwiefern ein stark interaktives Medium wie das Computerspiel Immersion beeinflusst, sinnvoll, da virtuelle

Realitäten (VR) oder auch Fulldome-Umgebungen über Interaktionsmöglichkeiten verfügen. Gerade beim Computerspiel treten Phänomene wie das Vergessen der Zeit (Varney, 2006, S. 1) und das komplette Eintauchen in die Spielwelt (und dem Vergessen oder Ignorieren der Außenwelt) auf. Diese beiden Phänomene könnten Indikatoren für Immersion sein.

Die begünstigenden Faktoren werden bei verschiedenen Autoren aufgeführt; aufgrund der Unwägbarkeiten der beiden Begriffe Immersion und Präsenz versuchen einige Autoren sogar, klare neue Begrifflichkeiten zu schaffen. Dabei sind die verschiedenen Fälle des Auftretens von Immersion grundsätzlich vergleichbar: „immersion as understood by gamers is found to be comparable to immersion in reading and film“ (Cairns et al., 2006, S. 1).

Allerdings gibt es Unterschiede zwischen einem Spiel und einer virtuellen Umgebung. Die Frage ist also, ob sich die Ergebnisse direkt anwenden lassen. Dies wurde untersucht von Jennett, Cox und Cairns (Jennett et al., 2008b). Sie stellen drei wichtige Unterschiede fest:

- In einer Virtuellen Realität (VR) bleibt der Nutzer er selbst und verhält sich entsprechend; in einem Spiel versetzt sich der Spieler in eine (fiktive, virtuelle) Figur (was zum Ignorieren des eigenen physischen Körpers führen kann).
- In einer VR kann man sich komplett im Raum (körperlich) drehen, während das Spiel i. d. R. nur auf einem (im Verhältnis) kleinen Bildschirm abläuft und man still davor sitzt. Eine VR ist also als umgebendes Medium einzustufen.
- Die Zeitspanne, bis Präsenzerleben eintritt, ist unterschiedlich: in VR passiert dies augenblicklich, in Spielen baut sich das Gefühl langsam auf (wenn das Spiel dies erlaubt).

Daraus schließen die Autoren, dass Präsenzerleben den VR-Umgebungen vorbehalten ist und das „Im-Spiel-Sein“ einen Zustand hochgradiger Involviertheit⁵ darstellt. Immersion drückt dann den Grad der Involviertheit aus. Wenn

⁵Witmer & Singer (1998) definieren auf S. 227 „involvement“ als „a consequence of focusing one’s energy and attention on a coherent set of stimuli or meaningfully related activities and events“, eine Definition, die sowohl die Konzentration auf bestimmte Stimuli als auch die zusammenhängende Form dieser Stimuli einschließt. Die Stimuli meinen hier beispielsweise eine VR-Umgebung oder ein Computerspiel. Diese Definition findet sich so auch bei anderen Autoren wie Mestre (2005) wieder.

Präsenzerleben im Spiel eintritt, dann soll dies bei hoher Immersion der Fall sein, dies ist laut den Autoren aber nicht garantiert. Wie im Folgenden aber ersichtlich wird, ist auch diese Einschätzung nicht durchgängig gültig, so dass weiterhin beide Begriffe betrachtet werden sollen.

4.2.1 Voraussetzungen für Immersion im Spiel

Auf der Suche nach Auslösern für immersives Erleben im Computerspiel nennt Alison McMahan drei Voraussetzungen:

1. Das Spiel muss eine Umgebung bieten, deren Regeln und Aufbau der Erwartung des Spielers möglichst gut entspricht.
2. Aktionen des Spielers können die Umgebung nicht-trivial beeinflussen.
3. Der Aufbau der Spielwelt muss in sich konsistent sein (das heißt aber nicht, dass sie denen der physikalisch realen Welt entsprechen müssen). Realismus wird dabei explizit nicht verlangt.

Diese Bedingungen, die die Autorin an Immersion stellt, sind komplett nicht technisch ausgerichtet, obwohl sie in der Spielekonzeption und -umsetzung durchaus technische Aspekte haben können. Aber reine Immersion im Spiel soll laut McMahan nicht das Ziel sein, sondern Präsenz. Sie definiert auch hier wieder Vorbedingungen. Dabei geht es nicht um das Umgebensein (die o. g. perzeptuelle Immersion). McMahan gibt an, dass die Qualität einer sozialen Interaktion hoch sein muss, was durchaus technische Aspekte (z. B. Geschwindigkeit der Übertragung) aber auch emotionale Aspekte haben kann. Weiterhin müssen gewisse soziale und perzeptuelle Vorbedingungen erfüllt sein, die den Spieler motivieren, weiterzuspielen. Der Spieler selbst und auch seine Umgebung sind beim Präsenzerleben absorbiert von der künstlichen Welt (sog. „cognitive absorption“ nach Agarwal & Karahanna (2001)). Die reale Welt wird dabei größtenteils ignoriert, sei es durch technische Rahmenbedingungen oder dem fehlenden Fokus des Spielers. Das Abblocken der Außenwelt (bei McMahan „perceptual immersion“) und das Absorbiert-Sein („psychological immersion“) erzeugen zusammen das Präsenzerleben.

4.2.2 Genauere Terminologie

Eine genaue Definition von „Präsenz“ und „Immersion“ ist noch nicht genannt worden, insbesondere nicht im Hinblick auf die Unterschiede zwischen den beiden Termini. Um die Untiefen der Begriffsungenauigkeiten zu umschiffen, wählen einige Autoren neue Begriffe oder Abgrenzungen, die nun vorgestellt werden sollen.

So definiert Ernest Adams (2004) drei Typen spielerischer Immersion:

- „tactical immersion“: eine direkte, physische Form des Eintauchens. Es erfolgt eine direkte Übersetzung des visuellen Inputs auf die Bedienung eines Controllers (also meistens Fingerbewegungen), was wiederum zu einer direkten Beeinflussung der Spielwelt führt. In diesem Kreislauf ist der Spieler nicht mit einer Gesamtstrategie befasst, sondern mit der unmittelbar zu bearbeitenden kleinen Aufgabe. Als Beispiel wird das Spiel „Tetris“ genannt, bei dem einzelne „Spielsteine“ bewegt werden müssen und mit fortschreitendem Spielverlauf die benötigten Controllereingaben immer schneller erfolgen müssen.
- „strategic immersion“: diese Form des Eintauchens ist ein Involviertsein auf höherer geistiger Ebene; der Spieler beschäftigt sich mit dem Optimieren einer Situation oder dem Gewinn des gesamten Spiels.
- „narrative immersion“: Immersion wird hier durch gutes Storytelling erzeugt. Der Spieler wird in die Story eingebunden, weil er emotional mit Charakteren mitfühlt oder wissen will, wie die gesamte Geschichte endet. Dies kann sogar dazu führen, dass der Spieler schlechten Spielfluss toleriert (z. B. gegeben durch unpraktische Benutzerführung oder ungenügend implementierte AI).

Aus diesen unterschiedlichen Formen der Immersion lassen sich auch hier wieder unterschiedliche Vorbedingungen für Immersionserleben ableiten. Diese sind auf den Aufbau des Spieles und die Aufgaben zurückzuführen, die der Spieler zu bewältigen hat. Technische Rahmenbedingungen sind dafür erst einmal nicht wichtig. Die unterschiedlichen Formen von Immersion sagen allerdings noch nichts über die Stärke des Erlebens aus.

Brown & Cairns (2004) definieren verschiedene Stärken der Immersion als Grad der Involviertheit mit dem Spiel. Dies hängt zum einen vom Spieler ab

(der sich z. B. durch Konzentration auf das Spiel fokussieren kann) und auch von der Umsetzung oder dem Aufbau des Spiels selbst. Der Spieler durchläuft dabei Ebenen einer bestimmten Immersionstiefe („stages“), die ihrerseits durch Barrieren („barriers“) eingegrenzt werden. Die Stärke der Barrieren ist dabei durch Empathie des Spielers und Atmosphäre des Spiels bestimmt.

- „engagement“: Diese als „I want it“ definierte Grundebene wird dadurch erreicht, dass das Spiel dem Spieler gefällt; er ist also bereit, in das Spiel zu investieren (insbesondere Zeit, Konzentration). Dieser Zustand wird begünstigt, wenn das Verhältnis aus Aufwand und Belohnung stimmig ist.
- „engrossment“: Hier ist die Barriere in der Hauptsache das Spiel selbst. Ist es (nach Meinung des Spielers) gut gemacht und detailliert, so kann dies dazu führen, dass dem Spiel viel emotionale Regung entgegengebracht wird. Das Spiel zieht nun den größten Teil der Spieleraufmerksamkeit auf sich. Der Spieler verdrängt seine Umgebung und sich selbst zunehmend. Dabei hilft eine störungsfreie Umgebung, die Ablenkungen verhindert.
- „total immersion“: in dieser letzten Stufe ist der Spieler komplett im Spiel versunken. Die Autoren bezeichnen dies als Präsenzerleben. In dem Fall ist das Spiel das einzige, was noch für den Spieler Relevanz hat, der Spieler ist komplett von der Außenwelt abgeschnitten. Begünstigt wird dies durch zwei Faktoren: zum einen Empathie, dem Mitfühlen mit der Spielfigur (z. B. bei der Wahrnehmung der Szene aus der ich-Perspektive), zum anderen durch die Atmosphäre, die wieder stark beeinflusst wird durch die Konstruktion der virtuellen Umgebung und der virtuellen Inhalte. Hierzu gehören die Qualität der grafischen Umsetzung, die Umgebungsgeräusche usw., aber auch eine Einschränkung auf für den Spieler relevante Dinge (sowohl im visuellen, wie auch im Audio-Bereich).

Die Präsenz als „totale Immersion“ darzustellen, erzeugt auf den ersten Blick ein neues Wort für ein bereits benanntes Phänomen. Die Definition erweitert sich aber um eine Form der Isolation, die sich vielleicht am besten als die o. g. „cognitive absorption“ verstehen lässt.

Ermi und Mäyrä unterscheiden den Begriff Präsenz klar von Immersion: während für sie Präsenz als Transport nach Lombard und Ditton gemeint ist

(s. o.), verstehen sie Immersion als Erleben aufgrund der für Spiele typischen mentalen Prozesse: „However, since the term ‘presence’ was originally developed in the context of teleoperations, it also relies heavily on the metaphor of transportation. In the context of digital games, we prefer using the term ‘immersion’, because it more clearly connotes the mental processes involved in gameplay.“ (Ermi & Mäyrä, 2005, S. 4).

Die für das Spielgeschehen typischen mentalen Prozesse werden im Rahmen dreier Formen der Immersion vorgestellt, die das sog. SCI-Model bilden.

- „sensory immersion“, die sich auf die Qualität des Inputs und damit die audiovisuelle Qualität des Spiels bezieht.
- „challenge-based immersion“, die aus einer ausgewogenen Balance von Aufgaben und Spielerfertigkeiten heraus entsteht, wobei beides durch die motorischen und kognitiven Fähigkeiten des Spielers bestimmt wird (strategisches und logisches Denken beim Erarbeiten von Problemlösungen).
- „imaginative immersion“, also die Fähigkeit, die eigene Vorstellungskraft vom Spiel anregen zu lassen und auf diese Weise in das Spiel einzutauschen. Hierzu gehört das empathische Wahrnehmen und gegebenenfalls die Identifikation mit den fiktiven Figuren des Spiels und die Absorption in die Spielwelt.

Ermi und Mäyrä verdeutlichen, dass „sensory immersion“ insbesondere durch VR-Umgebungen erreicht wird, imaginative Immersion am besten durch die Versunkenheit in ein gutes Buch beschrieben werden kann und dass im Film möglicherweise eine Kombination aus beidem auftritt (Ermi & Mäyrä, 2005, vergl. S. 8). Die Autoren erreichen dadurch eine Trennung verschiedener Immersionsformen mit und ohne Interaktion, so dass sich diese Begriffsdefinitionen auch bei den virtuellen Umgebungen anwenden lassen.

Nach Ansicht von Dominic Arsenault ist Imagination als Grundlage für Immersionserleben aber nicht ausreichend: „the consumption of a media object is never completely passive; in fact, readers and spectators are [...] exercising their ‘active creation of belief’ [nach Murray, Anm. d. Autors] in order to enjoy immersion“ (Arsenault, 2006, S. 1). Da das menschliche Gehirn (u. a. mittels Imagination) ständig versucht, aus dem Input des Wahrnehmungssystems Sinn zu generieren, ist die Aussage in Bezug auf Immersion zu breit angelegt. Aus diesem Grund schlägt der Autor vor, aus der Definition von Ermi und

Mäyrä der impliziten Forderung nach Fiktionalität gerecht zu werden und den Begriff „fictional immersion“ zu verwenden.

Er schlägt weiterhin vor, „challenge-based immersion“ durch „systemic immersion“ zu ersetzen. Er begründet dies mit der Aussage, die Herausforderung eines interaktiven Spiels sei auch bei anderen Medien gegeben, nur in anderer Form: „There are, however, many ways to experience a form of challenge in traditional, non-participatory media“ (Arsenault, 2006, S. 2). Medial vermittelte Herausforderungen eines virtuellen Systems können im Falle der „systemic immersion“ die der realen Welt ersetzen. In diesem Fall tritt Immersionserleben ein. „Systemic immersion occurs when one accepts that a system (of rules, laws, etc.) governing a mediated object replaces the system governing a similar facet of unmediated reality.“ (ebd.)⁶. Dies passiert insbesondere, wenn die Systeme gleichwertig werden, d. h. der Unterschied zwischen Wirklichkeit und medialer Vermittlung verschwimmt.

Aus diesen Änderungen der Herangehensweise von Ermi und Mäyrä entsteht Arsenaults SSF-Theorie (sensory, systemic, fictional immersion). Dieser Ansatz erlaubt ihm, nach Ursachen für immersives Erleben zu suchen. Er nennt den Artikel von Brown und Cairns und beschreibt deren Ansatz als negative Sichtweise: „the barriers system is a negatory tool: it tells us what can prevent immersion, but not how to achieve it. I would like to pursue this exercise of integration and study the elements that actively contribute to immersion“ (Arsenault, 2006, S. 2). Daraus entstehen Anforderungen, die sowohl für Spiele als auch für alle anderen virtuellen Umgebungen nützlich sind: der „information load“ (also die Menge und der Detailgrad bzw. Realismus der dargebotenen Information) und „expectation“ (was erwartet der Nutzer) müssen nicht nur aufeinander abgestimmt sein, sondern beeinflussen sich gegenseitig. Grundsätzlich sollte die Menge der dargebotenen Information verarbeitbar sein (was auch vom Nutzer abhängt). Weiterhin nennt Arsenault die „Coherence“, also die Stimmigkeit verschiedener Szenarien untereinander. Wird diese Barriere aufgehoben, scheint der Spieler auch toleranter gegenüber weiteren Inkohärenzen: „This suggests that as players become more immersed, their spectrum of expectations also broadens, which means that immersion could be

⁶Dazu gehört das Eintauchen in eine Fremdsprache; dabei werden die Systeme der Muttersprache durch die der Fremdsprache ersetzt, ein Phänomen, das als „immersives Lernen“ im Sinne eines Sprachbades bekannt ist (vergl. von Holten (2008)).

viewed as a feedback loop: the more immersed one is, the easier it is to become even more immersed“ (Arsenault, 2006, S. 3).

Eine aktuelle Herangehensweise, einen passende Terminus zu finden, liefert Gordon Calleja (2011). Er versucht, die Erfahrung des Spielens komplett zu erfassen. Besonderes Gewicht wird dabei auf die (metaphorische) Verringerung der Distanz zwischen Spieler und virtueller Spielwelt gelegt, die der Autor auf „Involvement“ zurückführt. Dadurch werden schon in der Erfassung des Problemfeldes andere Begriffe als Immersion oder Präsenz verwendet. Das Hauptproblem der ähnlichen Bedeutung liege vor allem in der schon erwähnten homogenen Verwendung des Immersionsbegriff für sowohl technische, umgebende Eigenschaften von Medien als auch das Gefühl des Eintauchens in eine Spielwelt, also ein subjektives Erleben eines Spielers.

Calleja unterscheidet aber nicht zwischen perzeptueller und psychologischer Immersion, sondern wählt andere Unterscheidungsmerkmale, die sich insbesondere auf das Spielerleben konzentrieren, „immersion as absorption“ und „immersion as transportation“ (Calleja, 2011, S. 26f.). Erstere Form der Immersion bezieht sich auf die fesselnden Eigenschaften eines Spieles und dem daraus resultierenden Wunsch des Spielers auf Isolation (s. o.). Diese Form der Immersion muss erst einmal nichts mit dem Erzeugen einer virtuellen Welt zu tun haben. Die zweite Form meint Spiele, die einen Raum oder eine ganze Welt erzeugen, in der sich der Spieler mit Hilfe einer Figur bewegen kann und die auf diese Weise den Spieler in die Welt hineinversetzen.

Um aber die Begriffe deutlicher abzugrenzen, entwickelt Calleja ein Modell auf der Basis des Involviert-Seins in ein Spiel (das „player involvement model“) und unterscheidet sechs verschiedene Typen des Involvement: kinesthetic involvement, spatial involvement, shared involvement, narrative involvement, affective involvement und ludic involvement (Calleja, 2011, S. 35ff.). Insbesondere unterscheidet er bei jedem Typ das Makro- und Mikro-Involvement: Makro-Involvement meint die Erfahrungen vor und nach dem Spiel, die motivieren, das Spiel zum ersten Mal oder erneut zu spielen. Diese Erfahrungen sind besonders wichtig für die häufige Rückkehr zum Spiel, also letztendlich für den Erfolg eines Produktes. Mikro-Involvement bezieht sich hingegen eher auf das „moment-to-moment engagement of gameplay“ (Calleja, 2011, S. 40), also auf die formalen Aspekte eines Spiels, die den Spieler immer wieder zum Handeln motivieren. Weiterhin nennt der Autor Aufmerksamkeit als eine Vor-

aussetzung für Involvement: „attention is a key prerequisite for involvement“ (Calleja, 2011, S. 41).

Nach der Analyse der verschiedenen Arten des Involvement gelingt es Calleja, die Begriffe Immersion und Präsenz durch „incorporation“ zu ersetzen. Dieser Begriff vereint zwei Aspekte, die auch schon durch seine o. g. Definition von „immersion as absorption“ und „immersion as transportation“ genannt wurden.

„Incorporation thus operates on a double axis: the player incorporates (in the sense of internalizing or assimilating) the game environment into consciousness while *simultaneously* being incorporated through the avatar into that environment.“ (Calleja, 2011, S. 169)

Callejas o. g. Definition der Incorporation lässt sich wohl am ehesten durch „Eingliederung“ oder „Einbindung“ des Spielers in das Spiel übersetzen. Dabei ist der Spieler eines Computerspiels zwar durch den Avatar im Spiel verkörpert, trotzdem bleibt er physisch vor dem Computer sitzen. In den Texten zum Computerspiel wird vom Ignorieren des eigenen Körpers zugunsten der Spielerfigur ausgegangen: „when people play games for extended periods of time they ignore their physical bodies and concentrate on what is happening to their virtual bodies inside the game world“ (Jennett et al., 2008b, S. 3). Dieses Phänomen wird auch als außerkörperliche Erfahrung beschrieben: „absorption and intense concentration are cardinal factors in inducing the sense of out-of-bodiness typical of total-immersion“ (Nechvatal, 1999, S. 109).

Allerdings wird der eigene Körper des Spielers immer noch zur Bedienung von Eingabegeräten genutzt. Ein komplettes Ignorieren des eigenen Körpers erfolgt also nicht, sondern eher eine Übersetzung der Spielsituation in Körperbewegungen, die ihrerseits wieder über die Auswirkung in der Spielwelt verifiziert werden.

Als Schlussfolgerung lässt sich sagen, dass der Körper beim Spielen nicht mehr im Fokus der Aufmerksamkeit des Spielers ist. Trotzdem bleibt er für die Steuerung des Spiels und für die Wahrnehmung der Spieleumgebung essentiell, denn nur mit dem eigenen Körper (mit den Sinnen) kann ein Controller bedient werden und die physische (externe) Welt wahrgenommen werden, zu der auch das Computerspiel gehört. Also wird auch das Immersions- bzw. Präsenzerleben grundsätzlich durch den sensorischen Input des Körpers

ausgelöst. Der Körper bleibt also zu einem gewissen Grad wichtig, selbst wenn er nicht mehr im Fokus der Aufmerksamkeit steht. Die Wahrnehmung des eigenen Körpers vermindert sich, er wird aber weiterhin genutzt.

4.3 Präsenzerleben und das „Buch-Problem“

Eine der grundlegenden Schriften zum Präsenzerleben in VR stammt von Jonathan Steuer (1993). Er definiert Virtuelle Realität an sich, legt dabei aber einen Schwerpunkt auf das Erleben der virtuellen Umgebung. Dabei kommt er zu dem Schluss, dass das Präsenzerleben eine Erfahrung ist, die auf menschlichen Wahrnehmungsprozessen beruht:

„The key to defining virtual reality in terms of human experience rather than technological hardware is the concept of presence. Presence can be thought of as the experience of one’s physical environment; it refers not to one’s surroundings as they exist in the physical world, but to the perception of those surroundings as mediated by both automatic and controlled mental processes.“ (Steuer, 1993, S. 2)

Die Erfahrung von VR ist also das Präsenzerleben. Unter Verweis auf den Psychologen James Gibson, der den Begriff „environment“ als das ein wahrnehmendes Wesen umgebendes Umfeld („surrounding“) definiert (vergl. Gibson, 1986, S. 7-15), kommt Steuer zu dem Schluss, dass in einer VR-Umgebung die gleichen Prozesse wirken wie auch bei der Erfahrung bzw. dem Wahrnehmen der Realität: „Presence is defined as the sense of being in an environment“ (Steuer, 1993, S. 4). Er unterscheidet also nicht, ob es sich um eine virtuelle oder eine physisch existente Umgebung (dort: „natural environment“) handelt, in beiden ist Präsenzerleben als „natural perception“ möglich. In diesem ersten Schritt scheint es also noch keine Unterschiede zwischen der Wahrnehmung einer physisch und einer medial vermittelten Umgebung zu geben. Um zu den virtuellen (technisch erzeugten) Umgebungen abzugrenzen, verwendet Steuer für das Erleben medial vermittelter Umgebungen den Begriff Telepräsenz; er meint damit aber genau den Begriff der Präsenz, den insbesondere Lombard und Ditton ansprechen.

Dabei setzt Steuer implizit voraus, dass der Rezipient im Falle der Nutzung einer VR-Umgebung weiß, dass er eine medial vermittelte Umgebung wahr-

nimmt. In dem Fall muss der Rezipient aber gleichzeitig zwei verschiedene Umgebungen wahrnehmen: „one is forced to perceive two separate environments simultaneously: the physical environment in which one is actually present, and the environment presented via the medium“. Durch diese Unterscheidung zwischen Wahrnehmung einer physischen und einer medial vermittelten Umgebung kann nun Steuer nun das (Tele-)Präsenzerleben definieren durch „the extent to which one feels present in the mediated environment, rather than in the immediate physical environment“ (Steuer, 1993, S. 6).

Das gleichzeitige mentale Verwalten zweier Umgebungen findet sich auch in anderen Quellen wieder, so u. a. bei Wirth & Hofer (2008), die nicht über Umgebungen direkt sprechen, sondern Referenzrahmen definieren („reference frame“), die zur persönlichen räumlichen Verortung in einer Umgebung dienen. Die Umgebung, die zum primären Referenzrahmen („primary egocentric reference frame“) wird, wird zum „Raum, der dominante Gültigkeit für die aktuellen Wahrnehmungsprozesse besitzt“ (Wirth & Hofer, 2008, S. 164).

Wirth und Hofer vertreten aber noch ein zweipoliges Modell des Präsenzerlebens. Im Falle zweier Nutzer steht das Medium als Kommunikationsmittel auch bei virtueller Realität zwischen ihnen. Dieses Modell hat den Nachteil, dass die genaue Verortung im primären Referenzrahmen schwierig wird, denn die VR wird nicht direkt als Ort angesehen. Anders ist dies bei Steuer, der das Modell um einen dritten (Zwischen-)Raum erweitert. Dieser Raum ist die virtuelle Realität, in der sich beide Teilnehmer treffen. Dadurch wird auch die Idee einer Verortung der Nutzer in unterschiedlichen Orten einfacher verständlich. Die Nutzer befinden sich also physisch und im Falle des Präsenzerlebens mental innerhalb unterschiedlicher Umgebungen, die beiden Nutzer treffen sich in der Mitte (Steuer, 1993, vergl. S. 8).

Ebenfalls verwandt zum Ansatz von Steuer ist der von Frank Biocca (1997): er schreibt, dass der Körper unsere Schnittstelle zur Außenwelt ist: Der Körper funktioniert als „display device for the mind“ und als „communication device“. Dabei funktionieren die Sinne als „channels to the mind“. Er sagt weiterhin, „what we know about the world is embodied“ und weist damit darauf hin, dass der Körper die einzige Möglichkeit für unsere kognitiven Prozesse ist, Informationen über die Außenwelt zu erlangen. In Bezug auf VR bedeutet dies, dass das Medium zur Verlängerung der Sinne wird.

Die Definition von Embodiment (Verkörperung) ist hier also durch den umschließenden Charakter eines Mediums gekennzeichnet (bei Biocca als „immersion“ bezeichnet). Das Medium kommt auf den Betrachter zu und spricht möglichst viele Sinne an, so dass sich der gesamte Körper am Cyberspace-Erlebnis beteiligt. Dafür nennt der Autor einige Voraussetzungen: neben der Anzahl der angesprochenen Sinne, der Qualität der Displays und dem „motor engagement“ (dem möglichst genauen Nutzen von Bewegungsinformation des Körpers) führt er „increased saturation of sensory channels engaged by VR“ an. Mit Sättigung wird dabei das Verhältnis von Reizen durch die VR zu den Reizen aus der physischen Welt gemeint. Diese Unterscheidung führt weiter als die bislang genannten Definitionen.

Unser Körper als Schnittstelle zur physischen Welt zeigt uns bereits eine medial vermittelte (nämlich durch unsere Sinne vermittelte) Welt, so dass wir uns in virtuelle (und auch medial vermittelte) Welten hinversetzen können:

„When we experience our everyday sense of presence in the physical world, we automatically generate a mental model of an external space from patterns of energy on the sensory organs. In virtual environments, patterns of energy that simulate the structure to those experienced in the physical environment are used to stimulate the same automatic perceptual processes that generate our stable perception of the physical world.“ (Biocca, 1997, S. 20)

Dies vorausgesetzt, entscheidet über den Erfolg (also das tatsächliche Präsenzerlebnis) insbesondere die Art der Darstellung. Während Biocca dafür direkt Anzahl und Qualität der Displays für die einzelnen Sinne angibt, führt Steuer die Diskussion über zwei Begriffe: „interaction“ und „vividness“. „Vividness means the representational richness of a mediated environment as defined by its formal features, that is, the way in which an environment presents information to the senses“ (Steuer, 1993, S. 11). Dabei wird die vividness (Lebhaftigkeit) einer Umgebung durch die Breite (Anzahl angesprochener Sinne) und Tiefe (sensorielle Wiedergabetreue des Displays)⁷ definiert.

⁷Die Tiefe bzw. in Bioccas Text „sensory fidelity of displays“ bezeichnet, wie hochauflösend das Display den jeweiligen Sinn anspricht. Die Bezeichnung Display meint hierbei eine Ausgabefunktionalität, die auf den jeweils bedienten Sinn optimiert ist. Beispielsweise ist für visuelle Wahrnehmung die Auflösung in Pixel pro Fläche gemeint, für Tastsinn die Genauigkeit, mit der taktile Informationen übermittelt werden.

Während der Begriff der „vividness“ eher das Ziel setzt, die Wahrnehmung der technischen VR-Umgebung an die natürliche anzugleichen (durch technischen Aufwand), ist die Interaktion (als zweites Kriterium, das Steuer angibt), neben der offensichtlichen Bereicherung bei der Erfahrung der VR-Welt auch immer ein Faktor, der Medialität spürbar macht. Mit den Objekten der VR kann nicht direkt (z. B. haptisch) interagiert werden, die Interaktion erfolgt immer mittels Controllern (Steuer, 1993, vergl. S. 14ff.).

Die unter dem Begriff „vividness“ zusammengefassten Variablen sind wiederum technischer Natur, was Messbarkeit erlaubt. Wichtiger für den Erfolg sind aber schwerer fassbare Kriterien. Beim Wahrnehmen (der physischen wie auch virtuellen Umgebung des eigenen Körpers) spielt nicht nur die Wahrnehmung und der technische Aufbau der Umgebung eine Rolle, sondern auch das, was das kognitive System des Betrachters aus dem sensorischen Input erzeugt. Begründet wird dies über das sog. „imaginative environment“, das laut Biocca gleich wichtig ist zum „physical environment“ und dem „VR environment“. Zwischen diesen drei Umgebungen kann eine Dreiecksbeziehung entstehen: „the sense of presence oscillates around [these] three poles“. Er führt damit ebenfalls das zweipolige Modell weiter, das nur zwischen „physical space“ und „virtual space“ unterscheidet.

Das zweipolige Modell kann laut Biocca mehrere Probleme des Präsenzerlebens nicht erklären (Biocca, 2003, vergl. S. 4):

- das „book problem“: Bücher sind medial nicht aufwendig, zeigen keine natürliche Repräsentation einer Welt in Bild-/Ton- oder sonstiger Form, und die von ihnen erzeugte Umgebung lässt sich nicht interaktiv verändern oder erforschen. Trotzdem liefern sie ein intensives Präsenzerlebnis.
- das „real world problem“: Obwohl Menschen sich normalerweise in der realen Welt befinden, neigen sie zum Wegdriften oder Tagträumen, obwohl die reale Welt die beste Natürlichkeit und Interaktionsmöglichkeit bietet.
- das „problem of presence in dream states“: man kann sich in Träumen ausgesprochen präsent fühlen, obwohl es keinen realen oder virtuellen Raum gibt und die Traumwelt auch keine medienvermittelte Umgebung darstellt.

Der Autor stellt die These auf, dass Präsenzerleben ohne die Referenz zu Medien erklärbar ist, da es auf kognitive Prozesse zurückzuführen ist. Er schreibt so-

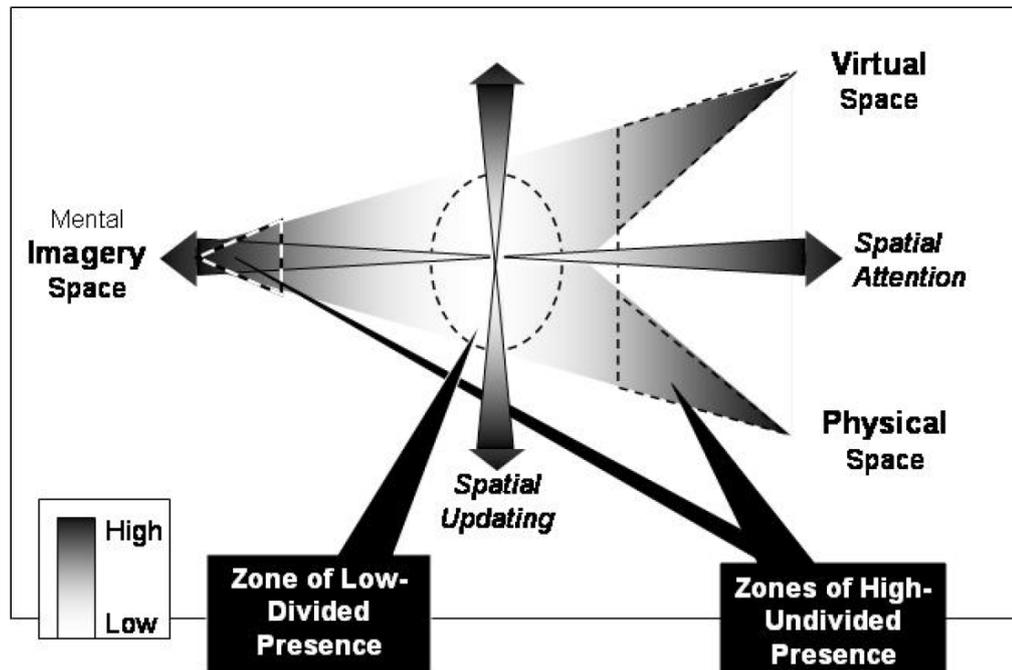


Abbildung 4.1: Dreipoliges Modell nach Biocca (2003). In den drei Polen „mental imagery space“, „virtual space“ und „physical space“ liegt hohe, ungeteilte Präsenz vor. Die Ursachen des Driftens sind als Richtungspfeile eingezeichnet.

gar: „All representation must engage the processes activating a presence shift, although they may do so with different strength and with slightly different mechanisms“ (Biocca, 2003, S. 5). Daraus baut er ein dreipoliges Modell auf, das (mental) imagery, virtual und physical space und außerdem die Selbstwahrnehmung des Rezipienten zueinander in Bezug setzt: „one of three dynamic sources of spatial cues will dominate in the formation of the user’s mental model of egocentric space“ (ebd.). Besonders interessant ist hier die Einführung des mental imagery space, der Bereich der bildlich-räumlichen Vorstellungskraft. Laut Biocca ist dieser Bereich zwar nicht durch direkten sensoriiellen Input geprägt, kann aber genauso zur Erzeugung von Präsenzerleben genutzt werden.

Raumwahrnehmung ist hier die Kernvoraussetzung für Präsenzerleben, wobei die Aufmerksamkeit je nach Umgebung, eigenem Zustand usw. zu einem der Pole, also zu einer der Zonen ungeteilter Präsenz, hindriften kann (s. Abb. 4.1). Aus dieser Überlegung heraus ergeben sich zum einen die räumliche Aufmerksamkeit (dort: „spatial attention“), die das Fokussieren entweder der physischen

oder virtuellen Umgebung erlaubt oder das Driften in den mental imagery space, zum anderen das „spatial update“, welches das (ständige, unbewusste) Verfolgen von Rauminformation benennt, das für die Verortung des eigenen Körpers wichtig ist und das Ändern der Präsenz zwischen physical und virtual space erlaubt.

Dieses Modell bietet auch Lösungen für die bei Steuer benannten „variations across individuals“, also das unterschiedliche Empfinden bei verschiedenen Rezipienten. Er führt die Anzahl gleichzeitiger Nutzer eines Mediums, situationsbedingte Faktoren, persönliche Probleme der Nutzer und „willing suspension of disbelief“⁸ als Faktoren an, die den Grad des Präsenzerlebens beeinflussen können (Steuer, 1993, vergl. S. 17f.).

So führt Biocca in dem Modell Zonen von hoher, ungeteilter Präsenz (jeweils dicht an den Polen) und Zonen niedriger, geteilter Präsenz (in der Mitte zwischen den Polen) ein, so dass die Schlussfolgerung möglich wird, dass starkes Präsenzerleben eine hohe Aufmerksamkeit auf eine Umgebung (auf einen Pol des Modells) erfordert⁹. Ebenso kann geschlussfolgert werden, dass sowohl durch Störungen (technischer Art) als auch aufgrund von Ablenkung wegen persönlicher Situationen oder Probleme (die ständig einen Teil der Aufmerksamkeit fordern), das Präsenzerleben eine gewisse Stärke nicht überschreiten kann.

Die drei o. g. Probleme werden dann durch Lokalisierung des Selbst (der dort benannte „egozentrischen Raum“) in dem Modell erklärt: sowohl Buch- als auch Traumwelt liegen deutlich im Bereich des mental imagery space, während das „real world problem“ den Nutzer im Bereich der niedrigsten Präsenz (also in der Mitte der drei Pole) positioniert, aber das Abdriften in den mental imagery space erlaubt. Insgesamt werden die drei Probleme folgendermaßen erklärt: „Spatial models generated by mental imagery have similar analog properties of sensorimotor spaces and appear to make use of neural mechanisms associated

⁸Zum Begriff „suspension of disbelief“ definieren Wirth & Hofer (2008), „technische Störungen und inhaltliche Inkonsistenzen nicht salient werden zu lassen, sondern auszublenden“. Dies ist also ein aktiver Vorgang, der Störfaktoren durch Fokussieren auf andere Aspekte auszublenden versucht. Ein anderer Begriff aus diesem Zusammenhang ist „Wahrnehmungstoleranz“, die beschreibt, wieviel Toleranz der Rezipient aufbringen muss, um „seinen potentiellen Nichtglauben also auszublenden“ (s. S. 168, ebd.).

⁹Aufmerksamkeit wird auch in anderer Literatur als Voraussetzung für Präsenzerleben genannt, so z. B. bei Wirth & Hofer (2008).

with visual and other sensory spatial processes“ (Biocca, 2003, S. 5). Der Autor gibt damit einen wichtigen Hinweis auf kognitive Vorgänge.

Das „Buch-Problem“ wird auch von Schubert & Crusius (2003) beschrieben. Die Autoren stellen fünf Thesen dazu auf, nachdem sie das Präsenzerleben in VR, Film und Buch verglichen haben:

- Das psychologische Phänomen der Präsenz ist das gleiche in allen drei Medien, und für alle drei wird die Metapher des „Transports“ zur Beschreibung verwendet.
- Um das Buch-Problem verstehen zu können, muss Kognition als Vermittler zwischen Immersion und Präsenz anerkannt werden: damit meinen die Autoren die Tatsache, dass Präsenzerleben sowohl durch visuelle oder multisensorielle Stimuli als auch durch das Verstehen von Symbolen hervorgerufen werden kann. Es muss also eine abstrakte Ebene geben, die „layer of mental representations“ genannt wird. Im Falle der Beschreibung einer Umgebung durch einen Text wird mental eine räumliche Umgebung erzeugt, in der der Leser präsent sein kann.
- Präsenz in den drei Medien unterscheidet sich durch die Menge der „spatial presence“ und des „involvement“. Beide Begriffe werden wie folgt erklärt: „spatial presence“ ist hier die Konstruktion des mentalen räumlichen Modells und die dazu gehörige Interaktion, „involvement“ ist die Aufmerksamkeit, die diesem Modell zuteilwird. Damit nutzt VR vorrangig den Bereich „spatial presence“, Bücher dagegen den Bereich „involvement“.
- Immersion ist das Angebot der körperlichen Interaktion, also der Körperbewegungen (wie z. B. Drehen des Kopfes), die unmittelbar zu einer Änderung der Stimuli führen. Daher ist Immersion am stärksten für VR in den drei Medien.
- Bücher können Präsenzerleben hervorrufen, weil sie die Kraft der Erzählung nutzen. Daraus folgt insbesondere, dass Narration eine wichtige Quelle für Immersion ist; aber auch Filme und VR können Narration wirkungsvoll einsetzen.

Die wichtigste Definition der Autoren ist die Ebene der mentalen Repräsentation; der von Biocca definierte „mental imagery space“ hat ähnliche Eigenschaften und könnte die gleiche Ebene in den kognitiven Prozessen bezeichnen. Die

Aussagen, „all representation must engage the processes activating a presence shift“ (Biocca, 2003, s. o.) und „If shifts in presence predate media, then we should be able to explain the shifts of presence without any reference to a medium. Cognitive processes that initiate presence shifts must serve cognitive functions that are independent of media“ (Biocca, 2003, S. 5) weisen darauf hin, dass die Verarbeitung von medialer Repräsentation und der damit verbundene Aufbau mentaler Räume eine grundlegende Funktionalität der menschlichen Kognition darstellt.

Diese Erkenntnis gewinnt auch Marie-Laure Ryan. Sie geht wie auch Murray von der Narration als Quelle der Immersionserfahrung aus. Zur Beschreibung führt sie den Begriff der „mental simulation“ ein, der das (räumliche) Einordnen in eine konkrete imaginäre Situation beschreibt und das aktive Miterleben (z. B. durch Antizipation zukünftiger Geschehnisse) ermöglicht:

„[Mental] simulation goes far beyond the attribution of thought to character; it creates a rich sensory environment, a sense of place, a landscape in the mind. In a reading situation, it executes the incomplete script of the text into an ontologically complete, three-dimensional reality.“ (Ryan, 2001, S. 112)

Aus dieser mentalen Simulation heraus kann räumliche Immersion („Spatial Immersion“, S. 121, ebd.) entstehen, wenn der Leser „a haunting sense of the presence of a spatial setting and a clear vision of its topography“, also eine klare Vorstellung der räumlichen Verortung in der imaginären Situation hat. Dabei hilft das Hervorrufen einer Resonanz mit den persönlichen Erinnerungen des Lesenden. Ein tieferes Eintauchen ermöglicht die „spatio-temporal immersion“, die sich auf die imaginative Distanz zwischen der räumlichen und zeitlichen narrativen Welt und der Welt des Lesers bezieht und den Transport des Lesers in die Szene beschreibt: „Spatio-temporal immersion takes place when this distance is reduced to near zero“ (Ryan, 2001, S. 130).

Die räumlich-temporale Immersion bezieht sich insbesondere auf einzelne detailliert geschilderte Szenen, deren Detailfülle den Leser lange (oder erneut) in der Szene verweilen lassen kann. Dem gegenüber stehen zwei laut Ryan paradoxe Formen der Immersion, die temporale und emotionale. Die temporale Immersion wirkt der räumlich-temporalen entgegen: durch Spannung wird der Leser dazu angehalten, schneller in der Handlung und damit in der (virtuellen) Zeit voranzuschreiten, um den Ausgang der Geschichte zu erfahren. Die

emotionale Immersion bezeichnet das Sich-Einlassen und Teilhaben an den Emotionen der (nicht real existierenden) Charaktere.

Immersion kann also bedeuten, sich einerseits detailliert mit einer Szene auseinanderzusetzen, und andererseits auch zügig die Handlung zu erleben.

Es stellt sich die Frage, ob das mentale Erleben zu einem Ausblenden, Ignorieren oder Vergessen der „realen“ Welt führt, wie durch einige der oben aufgeführten Theorien beschrieben wurde. Je genauer die virtuelle Welt in all ihren räumlichen, temporalen oder emotionalen Facetten beschrieben ist, desto realer oder plausibler erscheint sie und desto einfacher fällt auch das Eintauchen. Laut Ryan führt dies aber nicht zu einem Verdrängen der physischen Umgebung der realen Welt, in der sich der eigene Körper aufhält:

„media users remain fully conscious of contemplating a representation, even when this representation seems more real than life“
(Ryan, 2001, S. 351).

Damit stimmt Ryan mit den Erkenntnissen von Biocca oder Steuer überein. Daraus folgt, dass die rein aus der Narration begründeten Theorien mit den technisch geprägten Theorien der anderen Autoren in Einklang zu bringen sind. Dies lässt mehrere Schlüsse zu: auch wenn wir uns auf die virtuelle Szene einlassen wollen (z. B. durch Konzentration, Aufmerksamkeit, suspension of disbelief) und wir dadurch einen Großteil unserer Aufmerksamkeit insbesondere nicht auf unsere reale Umgebung richten, wissen wir doch grundsätzlich, dass das (durch eine mentale Simulation / im „mental image space“ oder durch einen großen technischen Aufwand in einer virtuellen Umgebung) Erlebte nicht die Realität ist, in der wir uns physisch befinden¹⁰. Die physische Situierung in der realen Welt befindet sich also nach wie vor in unserem Bewusstsein, und unser mentaler Apparat erzeugt für uns eine doppelte Buchführung, die auch als eine Art Doppelrolle gesehen werden kann. Diese Theorie deckt sich auch mit der Theorie von Biocca, der VR als Zwischenraum versteht, in dem sich Nutzer treffen (s. S. 81).

Das Eintauchen in eine virtuelle Umgebung „muss folglich als ein ambivalentes Phänomen gedacht werden“, in der wir zwischen dem „Hier“ (dem Ort der aktuellen Rezeption) und dem „Dort“ (der virtuellen Welt) hin- und her-

¹⁰Trotzdem scheint das Erleben einer virtuellen Welt etwas Erstrebenswertes zu sein, wie un-
schwer am breiten Interesse an Unterhaltungsmedien festzustellen ist.

schwimmen (Kruse, 2010, vergl. 14:10). Dies wird als episodale Eigenschaft der Immersion zusammengefasst, ein Phänomen, das auch Oliver Grau benennt:

„Die [...] Suggestion, die den Betrachter gewissermaßen in den Bildraum eintauchen läßt, vermag die Subjekt-Objekt-Beziehung für einen gewissen Zeitraum aus den Angeln zu heben und dem »Als-Ob« im Bewußtsein Konsequenzen zu schaffen“ (Grau, 2002, S. 23f.).

Bei dieser Definition des Immersionsbegriffs steht der Teilsatz „für einen gewissen Zeitraum“ als episodale Qualität der Immersion.

4.4 Eine Zwischenbilanz

Auf der Suche nach einer klaren Definition von Immersion lassen sich nun einige Dinge festhalten:

Immersion bezeichnet das Eintauchen in eine medial vermittelte Welt. Der Nutzer eines Mediums kann durch eigene mentale Kapazität oder durch einen technischen Aufbau eines umgebenden Mediums Immersion erleben. Dabei bezeichnet Immersion sowohl den Vorgang des Eintauchens in die mediale Welt, als auch den mentalen Zustand des Eingetauchtseins, also des Immersionserlebens. Laut Biocca ist dieses Phänomen grundlegender Natur und tritt - in unterschiedlichen Stärken - immer auf, wenn medial vermittelte Inhalte rezipiert werden.

Die wichtigste Möglichkeit, Immersion zu kategorisieren, ist die Aufteilung in die folgenden zwei Aspekte.

- *perzeptuelle Immersion*: das Umgebensein durch ein Medium (im Sinne einer VR) durch hohen technischen Aufwand, und das durch Technik realisierte gleichzeitige Abschotten der Außenwelt (Reizreduktion). Dies hat die ausschließliche Ansprache der genutzten Sinne und das Ruhen der nichtgenutzten Sinne zur Folge. Gleichzeitig wird durch das hermetische Ausschließen der Einflüsse der außen liegenden realen Welt die Aufmerksamkeit des Rezipienten besonders auf die virtuelle Welt gelenkt. Besonders realistische Darstellungen können dabei zu einem eindringlicheren Erlebnis führen. Gemeint ist Mimesis, also durch technischen Aufwand realisierte möglichst perfekte Illusion, die beim Betrachter ein Realitätsgefühl auslöst, s. McMahan (2003) und Grau (2002). Zu diesem

gesamten Bereich gehören Virtuelle Realitäten, 3D-Großleinwandkinos, Cyberbrillen, fotorealistisches Rendering von Szenerien oder Objekten. All diese Parameter zur Beschreibung von perzeptueller Immersion sind messbar, und es scheint der Grundsatz zu gelten: „viel hilft viel“. In diesem Zusammenhang ist auch der Begriff der „Totalisation“ erwähnenswert, also das vollständige Umgebensein von einem Medium (daher „umgebende Medien“ (s. o.) oder auch nach Grau „Großimmersionsräume, die den Körper vollständig integrieren“ (Grau, 2002, S. 135)). Zusammengefasst hat dies Rupert-Kruse mit dem Ausdruck „immersive Strategien der Medien“, der sich auf den Aufbau umgebender Medien mit dem Ziel bezieht, den Vorgang des Eintauchen einfach zu ermöglichen. Perzeptuelle Immersion ist zwar technisch aufwendig, aber von der Grundidee einfach und beschäftigt sich in der Hauptsache mit der Vereinfachung des Vorganges des Eintauchens. Diese perzeptuelle Immersion ist aber kein Garant für das immersive Erleben, was im Folgenden zusammengefasst wird.

- *psychologische Immersion*: das tatsächliche Gefühl des Eingetauchtseins in einer Szene. Die Beschreibung dieses Phänomens erfolgt unabhängig von technischen Rahmenbedingungen, obwohl die perzeptuelle Immersion als mögliche Voraussetzung für die psychologische genannt wird. Der Unterschied zum Präsenzerleben eines Rezipienten ist allerdings schwierig: „Präsenz“ bezeichnet das Gefühl, in dem virtuellen Raum, der durch das Medium erzeugt wird, anwesend zu sein, obwohl man es physisch nicht ist. Wie das Erleben der Verortung des Selbst in der virtuellen Welt im Sinne der Präsenz funktioniert, wird allerdings nicht genau erklärt, es werden häufig nur Voraussetzungen genannt und daraus gefolgert. Die Beschreibung der Voraussetzungen umfasst eine lange Liste von Begriffen, die in diesem Zusammenhang verwendet werden. Dazu gehören Präsenz, aber insb. im Computerspiel auch Involvement oder Engagement. Die starke Einbindung in ein Computerspiel wird unterstützt durch mentale Isolation von der Außenwelt, die einen Fokus oder starke Konzentration auf das Erlebte vereinfacht. Die o. g. Autoren versuchen durch unterschiedliche Kategorisierungen des immersiven Erlebens, das besondere Umfeld einer interaktiven Nutzung zu erfassen, immer schwankend zwischen dem Aufbau des Spiels, der zu bewältigenden Aufgabe und der Person des Spielers, die sich zum einen über den Avatar im Computer-

spiel, zum anderen aber auch vor dem Computer befindet.

Im Gegensatz dazu steht das Gefühl, in die Szene eingetaucht zu sein. Die physische Verortung der eigenen Person ist dafür gar nicht wichtig, genauso wenig, wie dafür die „illusion of non-mediation“ wichtig zu sein scheint. Viel mehr ist das Prinzip der doppelten mentalen Buchführung entscheidend, das jederzeit mit dem physischen Körper ein Standbein des Erlebens in der realen Welt hält und dem Geist erlaubt, ein Gefühl des Eintauchens in die mediale Welt zu haben. Für diese Theorie spricht besonders das schnelle Umschalten zwischen virtueller und realer Welt, wenn das notwendig werden sollte (z. B. durch Störungen, Ablenkung usw.). Hinzu kommt mit dem 3-poligen Modell von Biocca eine mögliche Erklärung, wie Eintauchen in jedes Medium (auch ein medial nicht-aufwendiges) funktioniert.¹¹

Die Definition der Immersion als Gefühl, in die Szene eingetaucht zu sein, löst gleichzeitig ein Problem der Präsenzdefinition: die wahrgenommene Verortung des Rezipienten. Fühlt er sich wirklich präsent in der virtuellen Welt oder ist er nur sehr stark eingebunden (im Sinne des involvement)? Wie oben bereits festgestellt wurde, verliert man nicht die Haftung zur Realität, also die Bindung an die physische Position des eigenen Körpers, wohl aber wird der Geist angeregt, sich in virtuelle Szenen hineinzusetzen. Lombard und Dutton sprechen von der „illusion on non-mediation“, also der Auflösung der Grenze zwischen der realen und der wahrgenommenen Welt. Wird dies allerdings als eine Art Entfernen einer Fensterglasscheibe oder als eine Aufhebung einer Distanz zwischen dem Rezipienten und der virtuellen Welt verstanden (sei es durch den Transport der Welt zum Nutzer oder dem Transport des Nutzers in diese Welt), müsste dies bedeuten, dass auch die virtuelle Welt als Realität empfunden wird oder die virtuelle Welt eine konsistente Fortsetzung der Außenwelt wäre. Es fände also eine Verschmelzung der physischen und virtuellen Realität statt. In diesem Sinne mutet es aber seltsam an, dass ein Computerspieler oder ein Nutzer einer VR-Umgebung diese für real hält, wenn dort eindeutig Inhalte präsentiert werden, die in der realen Welt nicht vorkommen (gemeint sind hier stark stilisierte Inhalte oder Inhalte von Spielen oder virtuellen Welten aus

¹¹Das Modell von Biocca bezieht sich auf das Präsenzerleben. Dennoch kann es auch auf psychische Immersion angewandt werden, da es als mentales Modell einen allgemeineren Ansatz enthält, der sich nicht nur auf eine bestimmte Form des Erlebens bezieht.

dem Bereich Science-Fiction, Fantasy etc.). Viel mehr steht zu erwarten, dass die von Biocca benannte räumliche Verortung dazu führt, dass der Rezipient sich einfach in der virtuellen Räumlichkeit zurechtfindet, sich daher mühelos darauf einlassen kann und das Gefühl, in die Szene eingetaucht zu sein, leicht entsteht. Das gleiche gilt für die „mental simulation“ (nach Ryan) genauso wie für das Erzeugen einer nur im Geiste vorhandenen Räumlichkeit (in Bioccas „mental imagery space“).

Des Weiteren kann die Frage nach der Dauer und der Natur des Gefühls beantwortet werden: durch die doppelte mentale Buchführung kann der Rezipient schnell hin- und herwechseln, was häufig notwendig werden kann (bei Controller-Nutzung, haptischer oder anderer Ablenkung oder generell beim Ändern der Aufmerksamkeit). Die episodale Natur, die von Grau und Kruse benannt wird, scheint eine logische Konsequenz aus dem doppelten Buchführen zu sein.

Eine weiterführende Frage stellt sich nun nach der Bedeutung der Interaktion in diesem Zusammenhang. Auch hier wird das Verlangen nach dem Aufheben der Grenze (gemäß Lombard und Ditton) nicht unterstützt, denn Interaktion mit einer VR-Umgebung bedeutet, dass die zumindest teilweise Verortung in der realen Welt notwendig bleibt: man kann mit den Objekten der VR nur indirekt interagieren, die Interaktion ist immer vermittelt durch Controller. Dies macht auf jeden Fall die Medialität einer solchen Anwendung spürbar. Allerdings scheint dies das immersive Erleben nicht zu stören, da die häufige Nutzung eines Spieles ein Mapping (Abbildern von Interaktionsmöglichkeiten auf bestimmte Controllerbedienung) für den Spieler leicht zulässt - man übt den Umgang mit den Controllern und ihrer Bedienung für die jeweilige Anwendung.

Auch die Definition der „incorporation“ nach Calleja kann mit der Idee der doppelten Buchführung verstanden werden: die „incorporation“ in beide Richtungen unterstützt die These der Verortung in der virtuellen Welt im Sinne eines Sich-Einlassens, dies schließt aber den teilweisen Verbleib in der realen Welt nicht aus. Der einzige Unterschied zur Theorie bisher ist die Zweigleisigkeit, mit der Calleja diesen Vorgang beschreibt: zum einen das Sich-Einlassen auf die virtuelle Welt und zum anderen das Hineingezogenwerden durch den Avatar (s. das Zitat auf S. 79). Es scheint, als wäre dieser speziellere Ansatz

durch die besondere Natur des Computerspiels gegeben; gerade die Interaktionsmöglichkeit wird häufig als besonders immersionsverstärkend benannt.

Kapitel 5

Immersion und Realität

Zwei Begriffe fallen in der Zusammenfassung von Kapitel 4 besonders auf: die doppelte mentale Buchführung und die Frage, für wie real die Nutzer ein umgebendes Medium, eine VR-Umgebung oder ein Computerspiel wirklich halten. Diese Arbeit soll sich im Folgenden mit diesen beiden Begriffen auseinandersetzen und sich dadurch den Terminus „Immersion“ noch genauer erschließen.

Gerade der Begriff „Realität“, der häufig in der in Kapitel 4 zitierten Literatur Verwendung findet, scheint nicht genau definiert bzw. nicht gründlich genug hinterfragt zu sein. Auch scheint durch die häufige Verwendung in verschiedenster Form (z. B. „virtuelle Realität“) eine grundsätzliche Auseinandersetzung mit dem Begriff sinnvoll.

Aus der eigenen Erfahrung weiß man, dass wir Menschen uns offensichtlich in sowohl reale als auch fiktionale Räume geistig hineinversetzen können. Dies kann zu der Frage führen, warum eine solche Funktionalität des kognitiven Systems biologisch sinnvoll ist¹ und von uns sogar als spannend oder reizvoll empfunden wird.

Unser Wahrnehmungssystem ist dafür verantwortlich, dass wir unsere Umgebung wahrnehmen können, das bedeutet, dass auch die Entscheidung, ob wir uns gerade in der Realität oder eingetaucht in eine virtuelle Welt befinden, Teil der Auswertung unserer Wahrnehmungsprozesse ist.

Aus diesem Grund soll hier auf die grundlegende Funktionalität der Wahrnehmung mit verschiedenen Theorieansätzen dazu und daraus folgend auf die Realitätswahrnehmung eingegangen werden. Am Ende werden die Ansätze aus diesem Kapitel mit denen aus dem vorigen zusammengeführt, um ein wei-

¹Denn sonst hätte sie sich evolutionär nicht durchgesetzt.

terführendes Verständnis immersiven Erlebens zu erhalten, das damit eine Grundlage für die Erfassung des Phänomens bietet, die im nachfolgenden Kapitel diskutiert wird.

5.1 Wahrnehmung

Die meisten in Kapitel 4 genannten Autoren halten sich in Bezug auf Wahrnehmung eher zurück; es fällt auf, dass Wahrnehmungsprozesse grundsätzlich als Ursache für Immersion genannt, aber nicht genauer spezifiziert werden. Wird doch Bezug darauf genommen, so verweist der Text in der Regel auf die Erkenntnisse von James Gibson:

„Immersive virtual reality designers tend to be implicitly or explicitly Gibsonian [...]. Users make use of the affordances in the environments from which they perceive the structure of the virtual world in ways similar to manner they construct the physical world.“ (Biocca, 1997, S. 13)

Biocca bezieht sich auf Gibsons „affordances“ (Gibson, 1986, Kap. 8), nach denen in den Objekten in unserer Wahrnehmung nicht nur die sensorische Information, sondern auch darauf aufbauend Information zu Nutzen und Funktionalität enthalten ist. Gibson macht also die Struktur der Reize selbst verantwortlich für die komplexen Ergebnisse der Wahrnehmung, nicht jedoch mentale Prozesse. Er schreibt: „the “values” and “meanings” of things in the environment can be directly perceived.“ (Gibson, 1986, S. 127).

Diese reiche Information im sensorischen Input steht im Widerspruch zu einer physikalischen Sicht, nach der - im Falle der visuellen Wahrnehmung - durch Größen der Physik bestimmbare Energien auf die Netzhaut treffen, Bedeutung aber noch nicht im Reiz liegt. Gibsons Theorie platziert den Rezipienten also in seiner Umwelt („ecology“), deren Struktur für die Wahrnehmung Informationen in Form von Licht darbietet, das von Objektoberflächen („surfaces“, vergl. Gibson (1986), S. 22ff.) reflektiert wird. Das Wahrnehmungssystem extrahiert aus der Umwelt „Invarianten“, d. h. das, was beim Bewegen durch die umgebende Welt gleich bleibt (Gibson, 1986, vergl. S. 73-75 und S. 221ff.). Damit sind beispielsweise Oberflächen von Objekten gemeint, die immer gleiche Lichtmuster unabhängig von der Betrachtungsrichtung zeigen.

Mit dieser Theorie der „ecological optics“ erzeugte Gibson die Motivation für Computer Vision (Bildanalyse in der Informatik), aber auch bestimmte Algorithmen in der Computergrafik (Palmer, 1999, vergl. S. 53). Obwohl er häufig zitiert wird und seine Theorien für viele Bereiche fruchtbar sind, löst Gibson aber ein bedeutendes Problem nicht. Da er „von der Existenz einer mentalen Repräsentation absieht“ (Wuss (1999), S. 232, ähnlich auch bei Anderson (1996), S. 19), kann nicht gezeigt werden, dass mehr als das übertragen wird, was durch physikalische Größen beschreibbar ist, und woher dann die Bedeutung der wahrgenommenen externen Objekte kommt (Mausfeld, 2005, vergl. S. 7).

Eine naturwissenschaftliche Annäherung an das Problem geht erst einmal von physikalischen Größen aus: in der Natur gibt es keine Objekte mit Bedeutung, sondern Atome, Moleküle, Kristallgitter usw. Es finden Energietransfers statt, die sich in elektromagnetischen Wellen (Licht in bestimmten spektralen Verteilungen) äußern. Diese Energiemuster (es soll hier beispielsweise an auf Oberflächen teils absorbiertes, teils reflektiertes Licht gedacht werden) treffen auf die visuellen Rezeptoren der Netzhaut. Bis dahin ist die Welt nur durch physikalische Größen beschreibbar. Erst durch Weiterverarbeitung im Hirn wird letztendlich die Außenwelt in (bedeutungshafte) Objekte gegliedert.

Dies bedeutet für die Realitätswahrnehmung, dass das, was wir Menschen als Realität empfinden, mit der physikalischen Realität nur noch sehr eingeschränkt zu tun hat. Diese Sicht entspricht nicht dem Alltagsverständnis der Wahrnehmung, das im Folgenden einer naturwissenschaftlichen Sicht gegenübergestellt werden soll. Insbesondere Rainer Mausfeld hat sich ausführlich mit der Frage nach Fehlkonzeptionen und Trivialisierungen beim psychologischen Verständnis von Wahrnehmungsprozessen auseinandergesetzt (Mausfeld, 2010, 2011a, 2012).

Im Alltagsverständnis der Wahrnehmung (dargestellt in Abb. 5.1) geht man davon aus, dass Licht von externen Objekten (entstanden durch physikalische Prozesse wie Absorption und Reflektion) zum Auge gelangt und dort als Energiemuster auf der Retina in Erscheinung tritt. Durch Prozesse im Wahrnehmungssystem wird daraus wieder das Objekt. Im Beispiel von Abb. 5.1 wird das externe Objekt Wasserglas betrachtet, und deswegen sieht der Betrachter auch ein Wasserglas. Durch diese trivialisierete Formulierung soll deutlich werden, dass hier die Erklärung fehlt, wie der komplexe Eindruck des externen Objektes, das Perzept, entsteht. Besonders interessant ist die Tatsache,

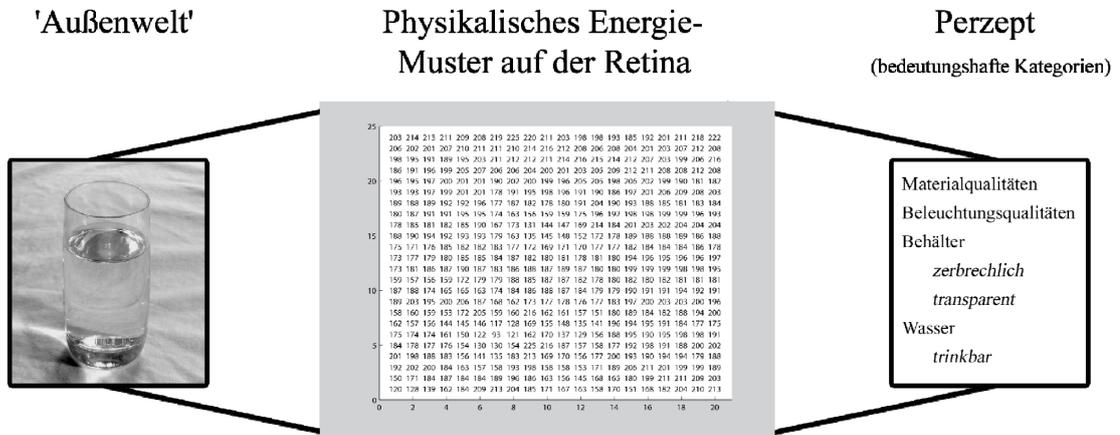


Abbildung 5.1: Fehlkonzeption: Wahrnehmung als Rekonstruktion der Außenwelt aus dem sensorischen Input, nach Mausfeld (2011b).

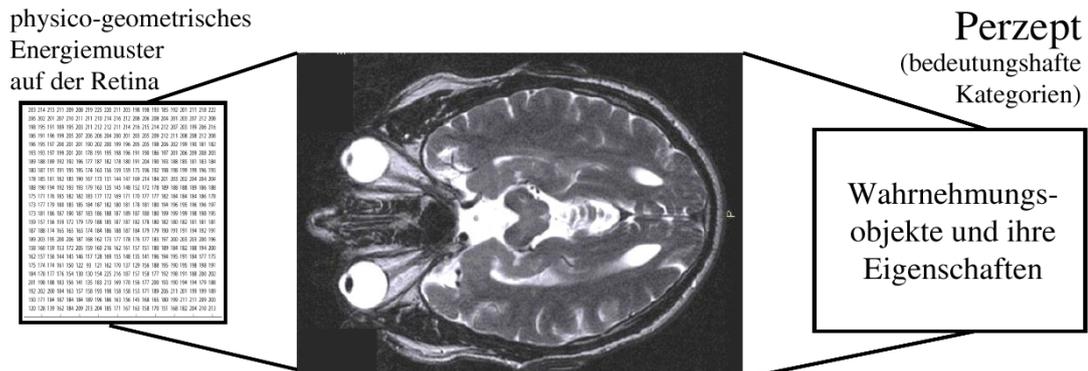


Abbildung 5.2: Das Fundamentalproblem der Wahrnehmungspsychologie, nach Mausfeld (2011b).

dass man beim Betrachten des Wasserglases aus dem Beispiel nicht nur die geometrisch-räumlichen Informationen wahrnimmt, sondern einen komplexen Eindruck eines Wasserglases bekommt, zu dem auch ein haptischer Eindruck zählt, der im visuellen Input nicht enthalten sein kann. Hier ist also eine Erklärungslücke vorhanden.

Die konkurrierende Sicht wird in Abb. 5.2 deutlich. Die Grundvoraussetzung ist dabei eine andere: das Wahrnehmungssystem weiß zuerst nicht, was sich hinter dem Energiemuster auf der Netzhaut verbirgt. Trotzdem wird daraus ein Perzept, das eben nicht nur die geometrischen Eigenschaften des Objektes enthält, sondern auch Bedeutung, Einordnung in die Umgebung im Sinne einer Verortung, evtl. Ergänzung von fehlenden (z. B. verdeckten) Teilen und sogar die Einschätzung, ob es sich um ein real existierendes Objekt handelt.

Für dieses sog. Fundamentalproblem der Wahrnehmungspsychologie gibt es unterschiedliche Erklärungsansätze.

Einen frühen Versuch der Erklärung bietet Herrmann von Helmholtz in seiner Zeichentheorie: Die Wahrnehmung von externen Objekten enthält immer (auch wenn sie z. B. nur visuell erfolgt) Eindrücke aller Sinne. Wenn also ein Tisch betrachtet wird, werden in uns auch haptische Eindrücke mitgeweckt, es gibt also ein abstraktes „Zeichen“ in uns für das jeweilige Objekt, das den Gesamteindruck eines Objektes enthält (Helmholtz, 1867, S.445f.). Zudem gibt es psychologische Prozesse, die aus bestimmtem Input (unbewusst) Schlüsse ziehen auf die Natur von Dingen, Helmholtz nennt dies „unbewusst vollführte Induktionsschlüsse“ (ebd., vergl. S. 449). Er geht davon aus, dass die Grundlagen dieser Schlüsse erlernt werden müssen².

Das Erlernen aller notwendigen „Zeichen“ scheint aus biologischer Sicht aber nicht sinnvoll, denn dies müsste für alle Spezies gelten und wäre insbesondere für das alltägliche (Über-)Leben einer Art unzweckmäßig. Vielmehr geht die Biologie (insbesondere die Evolutionsforschung) davon aus, dass jedes Exemplar einer Spezies eine für sie typische Grundausrüstung an neuronalen Mechanismen in sich trägt (Palmer, 1999, vergl. S. 47). Dies bedeutet insbesondere, dass jedes Lebewesen (und damit in einer evolutionären Entwicklung auch der Mensch) nicht nach der Geburt als „tabula rasa“ anfangen muss, sich durch Erfahrungen und Lernen alles anzueignen, was für das Leben notwendig

²Damit fügt sich Helmholtz den Alltagsvorstellungen von Wahrnehmungsprozessen und gehört damit zu den Vertretern der empiristischen Sicht auf die Wahrnehmung.

ist, sondern über eine Grundausrüstung von Konzepten verfügt. Diese Grundausrüstung muss demzufolge angeboren sein³ und wird durch Input geweckt, „getriggert“ (Mausfeld, 2011a, S. 38).

Das Triggern der biologisch vorgegebenen Konzeptformen erzeugt aus wenig Input ein komplexes Bild der Außenwelt, das Perzept. „Inbesondere zeigen die Befunde der Gestaltpsychologie⁴, dass die Bildung bedeutungshafter Einheiten eine aktive Leistung des Wahrnehmungssystems ist und nicht etwas, das aus dem Reiz gewonnen werden kann“ (Mausfeld, 2005, S. 5). Die bedeutungshaften Einheiten (und damit unser Bild der Welt) sind also aktiv konstruiert und die zugrunde liegenden Konzeptformen müssen biologisch vorgegeben sein. Diese biologische Grundausrüstung wird häufig angezweifelt und vermutet, dass durch Lernen oder Erfahrung die Fähigkeiten des Wahrnehmungssystems ausgebildet werden. Es soll hier nicht abgestritten werden, dass es so etwas wie Lernen gibt. Allerdings ist Lernen oder Erfahrung ein erklärungsbedürftiges Phänomen und nicht etwas, das zum Erklären von kognitiven Leistungen herangezogen werden kann. Da aus der Sicht der Biologie jedes Lebewesen über eine Grundausrüstung verfügt, die das aktive Bilden von Bedeutung ermöglicht, wird der Reiz nur zum Triggern der Bedeutungskategorien genutzt und kann die Informationen selbst nicht enthalten. Entsprechend kann die Fähigkeit, Bedeutung aus Reiz zu gewinnen, nicht durch Lernen gewonnen werden, sie kann nur durch Erfahrung ausgeprägt und auf bestimmte Situationen angepasst werden.

Demzufolge ist auch alles, was sich in unserem Verständnis der Welt außerhalb des Körpers befindet, konstruiert im Geist, da wir es nur durch unsere Sinne wahrnehmen können, und das Wahrnehmungssystem für jeden Input

³Diese sog. nativistische Sicht entspricht aber nicht der Alltagsvorstellung, die uns unser eigenes Wahrnehmungssystem zu vermitteln versucht. Für unsere eigene Wahrnehmung ist die immer konstante Grundausrüstung nicht wichtig, sondern nur das, was durch Lernprozesse sich darauf aufbauend entwickelt. Wir nehmen also insbesondere Unterschiede wahr, gleiches wird herausgefiltert; eine Erkenntnis, die sogar schon bei Helmholtz zu finden ist (Helmholtz, 1867, vergl. S. 431).

⁴Die Gestaltpsychologen beobachteten, dass Wahrnehmung sich nach bestimmten inneren und immer gleichen Vorgängen organisiert. Aus dieser Motivation heraus entstanden viele einfache geometrische Beispiele, die für das Erzeugen von Bedeutung amodale Ergänzung erforderten (und so sensorisch Unsichtbares wahrnehmbar machten) und zeigten, dass diese Vorgänge bei allen Betrachtern gleich funktionieren. Dies ist ein Befund für angeborene Konzeptformen (Mausfeld, 2013b, vergl. S. 14).

die gleichen bedeutungsgenerierenden Verarbeitungsprozesse nutzt. Es folgt, dass das Wahrnehmungssystem auch auf künstlich erzeugten Reiz entsprechend seinen angeborenen Regeln reagiert, also auch auf eine virtuelle Welt, die medial erzeugt wird und in die wir eintauchen (im Sinne der Immersion). Immersion ist also ein Resultat von bestimmten Konstruktionsprozessen im Wahrnehmungssystem, getriggert durch Input.

Im Folgenden soll der Begriff der Realitätswahrnehmung genauer betrachtet werden und dann eine Schlussfolgerung gezogen werden, die den wahrnehmungspsychologischen Realitätsbegriff mit Immersionserleben verbindet. Im Sinne der angeführten Argumentation ist auch die Entscheidung, ob bedeutungshafte Einheiten als real eingestuft werden, auf diesen aktiven Vorgängen basierend.

5.2 Phänomenologie der Realität

Die Einschätzung, ob bedeutungshafte Einheiten real sind, funktioniert im Alltag recht gut. Menschen haben eine grundlegende Vorstellung davon, was in der realen Welt passieren darf oder kann und was nicht. Torben Grodal schreibt, „We have a basic everyday sense of the world, a sense that is upheld by our innate dispositions and by our acquired knowledge of the normal appearance of agents and objects and the natural and psychological laws that govern their behavior.“ (Grodal, 2009, S. 98f.)

Da hier von mehr als nur Objekten die Rede ist, sondern auch das Verhalten und das grundsätzliche Erscheinen von z. T. selbsthandelnden Akteuren mit herangezogen wird, soll im Folgenden eine Definition von Mausfeld Verwendung finden, in der sowohl wahrgenommene Objekte als auch Ereignisse und Situationen als sog. „perzeptuelle Objekte“ zusammengeführt werden.

Während also perzeptuelle Objekte des täglichen Lebens als real eingestuft werden, bietet uns eine Veränderung der erwarteten Logik dieser Objekte die Möglichkeit, fiktionale oder virtuelle Objekte im Film, auf einem Bild oder auch in einer virtuellen Umgebung als solche zu erkennen. Trotzdem ist die einzige Möglichkeit der Zuordnung der sensorielle Input, unabhängig von der Ursache. Daher werden zur Auswertung immer die gleichen mentalen Mechanismen aktiviert.

„Quite different types of experiences activate some of the basic perceptual mechanisms [...]. Dreams, memories, films, mirror images, and hypothesis making of all kinds - from viewing fiction or looking at realistic statues to entertaining ideas about how to redecorate one's living room - may all activate the same perceptual mechanism; for example those brain modules in the visual cortex that analyze shapes and colors. Reality status mechanisms then continuously try to monitor and tag these experiences, determining that this one is a dream, that one a hallucination, this one a plan, that one a memory.“ (Grodal, 2009, S. 153)

Bei dieser Einordnung von perzeptuellen Objekten wird uns in der Abwesenheit von fiktionalen Objekten die Einstufung als real nicht salient, da alle Objekte zu der einen Welt gehören, die umgangssprachlich als „Realität“ bezeichnet wird. Eine Unterscheidung in diesem Fall ist also nicht sinnvoll. Erst, wenn der direkte Kontakt mit der „realen“ Welt unterbrochen wird (z. B. beim Betrachten eines virtuellen Objektes auf einem Bildschirm), wird eine unterschiedliche Zuweisung von Wesensmerkmalen (Attributen) bewusst (Mausfeld, 2013a, vergl. S. 6).

Die Unterbrechung wird in dem Moment deutlich, in dem die vom Medium losgelöste Betrachtung des Objektes erfolgt. Gemeint ist der Unterschied zwischen der Betrachtung eines Bildes als Objekt der umgebenden Welt (Rahmen, Leinwand, Farbe) und des Dargestellten als eigenständiges Objekt. Albert Michotte liefert für die Einstufung den Realitätsgrad („realness“) als ein internes Attribut von perzeptuellen Objekten. So ein Attribut bedeutet, dass alle perzeptuellen Objekte (auch Ereignisse und Situationen, auch Fiktionales oder Virtuelles) eine Art Markierung bekommen, die den Grad der Realität bemisst. Dabei ist dies nicht nur als Wahrheitswert (real / nicht real) zu verstehen, sondern auch als jede Stufe dazwischen (sozusagen als reelle Zahl aus dem Intervall [0..1]):

„[...] a variety of considerations and a good deal of research force us to conclude that any perceptual structure possesses among its characteristic features not only its qualities, intensity, duration, extent, etc. but also a special property of 'reality' or 'unreality', which can vary in degree as do the other sensory dimensions.“ (Michotte, 1960, S. 194)

Allen perzeptuelle Objekten des täglichen Lebens wird der maximale Grad zugeordnet. Da die menschliche Wahrnehmung besonders gut Unterschiede bemerkt, Gleiches aber ignoriert, fällt durch die identische Wertzuweisung das Attribut an sich nicht auf. Interessant ist vielmehr die Einstufung von medial repräsentierten Objekten und Ereignissen, wie sie in Film, Buch, VR-Umgebung etc. auftreten können. Da diese Objekte in der Wahrnehmung ebenfalls einen Realitätsgrad zugewiesen bekommen, soll im Weiteren nicht mehr von fiktionalen oder virtuellen Objekten gesprochen werden, sondern eine geeignetere Begrifflichkeit vorgestellt werden.

In den Abschnitten 4.3 und 4.4 wurde das Erleben von virtuellen Welten als eine Art doppelter mentaler Buchführung beschrieben. Auch dieses Phänomen beschreibt Michotte und verweist auf Bild- und Filmwahrnehmung und insbesondere das Wahrnehmen eines Theaterstücks:

„The space of the scene seems to be the space in which the represented events are actually taking, or have taken, place and yet it is also continuous with the space of the theatre itself. Similarly for time also, instants, intervals, and successions for the spectators belong primarily to the events they are watching, but they are left nevertheless in their own present.“ (Michotte, 1960, S. 191f.)

Die hier beschriebene „phänomenale Duplikation“ ermöglicht dem Zuschauer das gleichzeitige Erleben der Anwesenheit im Spielort Theater und der im inhaltlichen Sinn zeitlich und räumlich davon losgelösten Welt des Theaterstückes. Die Wahrnehmung verwaltet also gleichzeitig beide Welten. Mausfeld definiert aus Michottes Beobachtungen heraus, dass sowohl räumliches als auch zeitliches Loslösen einer medial repräsentierten Szene aus der umgebenden Welt zur Bildung eines eigenständigen Bezugsrahmens („autonomous reference frame“) führt, der mit der „normalen“ Realität einen Bruch vollführt (Mausfeld, 2013a, vergl. S. 11ff.). Der Bruch tritt beispielsweise auf, wenn die räumlichen oder zeitlichen Inhalte eines Bezugsrahmens nicht zum umgebenden Bezugsrahmen passen oder wenn das Medium (bei Mausfeld: „carrier object“) nicht zu dem gezeigten Event passt. Als Beispiel kann man sich hier eine räumliche Szene auf einer flachen Leinwand vorstellen, die Räumlichkeit entspricht nicht der flachen Form des Trägermediums. Die dargestellte räumliche Szene (als Beispiel eine Landschaft) passt nicht zu dem äußeren Bezugsrah-

men einer Kunstausstellung, so dass der Inhalt des Bildes ebenfalls einen eigenständigen Bezugsrahmen fordert.

Mausfeld definiert für die einzelnen Bezugsrahmen zwei Symbole:

- Ω für die (wahrgenommene) umgebende Welt, welche die höchste Stärke der Realität erhält und umgangssprachlich als „Realität“ bezeichnet wird: „[...] the overarching frame of reference, in which the observer is temporally and spatially situated. This unique frame of reference ordains our feeling of 'being-in-the-world' and is perceived as 'reality'.“ (Mausfeld, 2013a, S. 12)
- ω für einen untergeordneten Bezugsrahmen, z. B. der Inhalt eines Bildes. In der Regel gilt für untergeordnete Bezugsrahmen, dass sich die Relationen und Operationen von ω nicht konsistent nach Ω fortsetzen lassen. Mausfeld nennt diesen Fall „perzeptuelle Autonomie“ des Referenzrahmens. Ist dies der Fall, wird das Perzept in Form einer Duplikation erzeugt. Gleichzeitig erfährt ω eine Liberalisierung der möglichen Regeln (englisch „constraints“), was bedeutet, dass die Inhalte nicht den Regeln von Ω entsprechen müssen. Fantasivolle Inhalte werden möglich und vom Betrachter akzeptiert.



Abbildung 5.3: Alfred le Petit, „Autoportrait“ (1893).

Als Beispiel führt Mausfeld zum einen ein Gemälde von Alfred le Petit (Abb. 5.3) an, das den Maler selbst, seine Spiegelbilder und das halbfertige Portrait zeigt. In dem Bild befinden sich vier perzeptuelle Objekte vom Typ „Kopf“. Das Bild (die Leinwand) selbst gehört zum Bezugsrahmen Ω und fügt sich als Objekt räumlich und zeitlich in die umgebende Welt ein (z. B. bei der Betrachtung in einer Galerie). Der Inhalt des Bildes spannt aber einen autonomen Bezugsrahmen ω auf, der die gesamte dargestellte Szene umfasst. ω enthält aber wiederum zwei Referenzrahmen, zum einen die im Spiegel dargestellte Szene ω'_1 und das halbfertige Bild auf der Leinwand ω'_2 . ω'_1 ist dabei nicht autonom, weil gespiegelte Objekte geometrisch mit den Objekten des übergeordneten Referenzrahmens ω verbunden sind. Anders ist es mit dem Papier, das einen autonomen Bezugsrahmen aufspannt. In diesem Sinne bekommen alle vier Kopf-Objekte einen unterschiedlichen Realitätsgrad: der Kopf ganz rechts des höchsten, weil er unmittelbar in ω verortbar ist, dicht gefolgt von den gespiegelten Köpfen links. Am wenigsten real ist der gezeichnete Kopf in der Mitte.

Als zweites Beispiel wird das Heider-Simmel-Experiment angeführt, in dem geometrische Objekte bestimmte Verhaltensweisen zeigen, was zu einer Duplikation eines Ereignisses führt (nämlich der Zuschreibung von Verhaltensweisen zu geometrischen Objekten, mit einem Realitätsgrad für das Verhalten), während die perzeptuellen Objekte aber dazu nicht passen. Eine genaue Beschreibung findet man bei Mausfeld (2011a).

Unser gesamtes Wahrnehmungssystem schafft es also, sehr komplexe Zusammenhänge wie Inhalte unterschiedlicher Referenzrahmen mit einem Realitätsgrad zu belegen und alles zu einem Gesamteindruck zu verschmelzen. Das Ergebnis (das „Perzept“) ist uns also - zumindest in Grundzügen - zugänglich, nicht aber die Weise, wie es erstellt wird: „core organizing principles of perception are independent of our explicit awareness and conscious control“ (Mausfeld, 2013a, S. 14). Im Folgenden soll bei der Herleitung einer Theorie hierzu weiter diesem Artikel von Mausfeld gefolgt werden, der die These vertritt: „The perceptual system is only a single specific instrument in an entire orchestra of mental components whose complex interactions bring forth 'perception' in the ordinary sense“ (S. 15, ebd.), und weiter „core perceptual achievements, such as the phenomena of duplication [...], cannot simply be explained on the basis of properties of sensory codes, or the system of conceptual forms“ (S. 23, ebd.). Es muss also weitere Systeme geben, die den Input nach dem Triggern

von den Konzeptformen weiterverarbeiten und höhere Systeme einbeziehen. Die Grundvorstellung ist dabei eine von mehreren kognitiven Teilsystemen, die jeweils bestimmten Input zu etwas weiterverarbeiten, das für ein System höherer Ordnung verwendbar ist.

Die Kette der Datenübermittlung beginnt dabei mit dem sensorischen System, das die Inhalte so aufbereitet, dass das perzeptuelle System die Konzeptformen triggern kann:

„The relation between the system of sensory codes, i.e. codes yielded by computations on the sensory input, and the system of conceptual forms is a relation between two computational systems that are based on logical languages of different expressive power. The relation between the sensory input and the conceptual forms therefore has to be mediated by some interface or triggering function that takes a sensory input as an argument and calls a set of conceptual forms“ (S. 19, ebd.)

Dazu braucht das gesamte System aber eine bestimmte Grundmenge an sensorischem Input; die Konzeptformen „erwarten“ eine Zuordnung von Werten aus sensorischen Informationen zu Attributen. In dem Fall des Fehlens bestimmter Attribute führt Mausfeld an, dass entweder amodal ergänzt wird oder eine bidirektionale Kommunikation zwischen den Systemen auftritt, die dazu dienen soll, möglichst viele Informationen aus wenig Reiz zu gewinnen. Dabei ist allerdings festzuhalten, dass perzeptuelle Objekte sofort mit allen Attributen ausgestattet werden, sogar mit denen, die höhere kognitive Systeme erfordern. Es ist also davon auszugehen, dass die Informationen in ihrem jeweiligen (auch unvollständigen) Zustand sofort an die nächsthöheren Systeme weitergeleitet werden.

Die Erfassung des Realitätsgrades gehört dabei aufgrund der Komplexität der Analyse nicht mehr direkt zum System, in dem Konzeptformen getriggert werden, sondern baut darauf auf:

„The assignment of phenomenal realness requires a global assessment of the entire situation in terms of the internal constraints on what is conceived as the 'ambient world' and mind-independent aspects of the percept. Such an assignment must be based on internal causal analyses and integrative evaluations of potential causal

sources for the activated and phenomenally expressed conceptual forms.“ (S. 21, ebd.)

Die Funktionen, die nach der Ursache für die Aktivierung bestimmter Konzeptformen suchen, nennt Mausfeld „I-epistemische Evaluationsfunktionen“ (englisch „I-epistemic evaluation functions“, vergl. S. 22, ebd.), wobei das I für „intern“ („internal“) steht. Es steht zu erwarten, dass andere Systeme diesen Funktionen Eingaben liefern, und zwar nicht nur das System der Konzeptformen, sondern auch die Imagination oder das motorische System (vergl. S. 22, ebd.). Die Ausgabe dieser Funktionen stellt dann eine Vielzahl an Interpretationen bereit, u. a. den Grad der Realität.

Zu diesen Funktionen sind zwei Dinge anzumerken: als Teil des o. g. ständigen Datenaustauschs zwischen den einzelnen Systemen werden auch die Ergebnisse der Funktionen sich ständig anpassen. Dies bedeutet für den Grad der Realität insbesondere, dass auch dieser Wert ständig neu berechnet wird, also ständigem Schwanken unterliegt (experimentell bestätigt von Michotte, 1960, S. 175ff.). Weiterhin berechnen diese Funktionen auch andere Werte, so z. B. die Zuordnung, ob ein perzeptuelles Objekt der umgebenden Welt (Ω) zugeordnet werden kann („Externalisierung“) oder ob es Teil einer imaginierten Welt ist. Nur als „extern“ eingestufte Objekte bekommen das Attribut eines Realitätsgrades.

Ein weiterer hier ermittelter Wert ist der im o. g. Michotte-Zitat genannter Grad der Unrealität („unrealness“). Unrealität oder Nicht-Realität meint dabei etwas anderes als nur das Gegenteil vom Realitätsgrad. Der Wert bezeichnet (tatsächlich unabhängig vom Realitätsgrad) die Einschätzung, inwiefern ein perzeptuelles Objekt über Eigenschaften verfügt, die inkompatibel sind zu dem, was für ein externes Objekt erwartet werden würde. So kann ein stark definiertes Objekt (wie z. B. das Rendering eines menschlichen Gesichtes) sehr unreal wirken, obwohl es äußerst viele Informationen bietet (also als phänomenal lebhaft einzustufen ist). Ebenso kann der gezeichnete Kopf aus Abb. 5.3 zwar einen niedrigen Realitätsgrad bekommen, aber trotzdem nicht unreal wirken. Der Grad von Realität oder Unrealität eines Objektes wird also immer bestimmt aus den vorhandenen sensorischen Informationen. Sind im Falle eines phänomenal lebhaften Objektes viele Informationen vorhanden, werden diese auch ausgewertet. Im Falle des Renderings von Charakteren fällt dann auf, dass gewisse Züge oder Bewegungen nicht menschlich sind.

Objekte, die gleichzeitig real und unreal wirken, werden als seltsam oder auch furchteinflößend empfunden, s. dazu den Begriff des „Uncanny Valley“ (Mori, 1970) und Abb. 5.4.



Abbildung 5.4: Polar Express, USA 2004. Einer der ersten vollständig computeranimierten Filme, der versucht, Menschen glaubwürdig darzustellen (und dafür u. a. Motion Capture für die Animation der Figuren verwendet). Trotz des hohen Aufwandes in der Erstellung sind die Figuren, insbesondere der Weihnachtsmann, im Uncanny Valley anzusiedeln.

5.3 Realitätswahrnehmung und Immersion

Im Folgenden sollen diese Theorie der Realitätswahrnehmung und das Verständnis des Immersionsbegriffs aus 4.4 zusammengeführt werden. Mausfeld erwähnt in seinen Artikeln den Zusammenhang, geht aber nur am Rande auf Begriffe wie Immersion oder Präsenz ein, weist aber auf einen weiteren wichtigen Aspekt hin: die Lokalisierung des Selbst bzw. des Körpers des Rezipienten (Mausfeld, 2013a, vergl. S. 10). Dies ist aber Präsenzerleben, und so werden im Folgenden die in Kapitel 4 genannten Begriffe mit der Realitätswahrnehmung verknüpft.

Als Voraussetzung für das immersive Erleben sei zunächst angenommen, dass der Rezipient sich in einem umgebenden Medium befindet, das im Sinne der perzeptuellen Immersion ideale Voraussetzungen bietet. Dieser Ansatz wird als Startbedingung gewählt, weil er ideale Bedingungen für die Erzeugung der psychologischen Immersion, dem eigentlichen Immersionserleben, vorsieht.

Beim Erleben einer solchen VR-Umgebung wird das perzeptuelle System durch das ausschließliche Konfrontieren mit medial vermittelten Reizen zur phänomenalen Duplikation geradezu aufgefordert. Da die Grenzen von ω nicht mehr zwingend sichtbar (im Sichtfeld) sind, ist der Schritt, die virtuelle Szene nicht als Leinwand, sondern als externe Szene zu sehen, nicht mehr groß. Es erfolgt also eine Auflösung des Trägermediums, wie bei Lombard und Dutton beschrieben („illusion of non-mediation“). Zusätzlich kann aber nun eine Definition erfolgen, die beschreibt, wie die virtuelle Szene verstanden wird: die Auflösung des Mediums bedeutet nicht eine Fortführung der umgebenden Welt Ω , denn die dargestellte Szene lässt sich nicht konsistent nach Ω erweitern. Es erfolgt also aufgrund des Erkennens des autonomen Referenzrahmens eine phänomenale Duplikation. Die perzeptuellen Objekte aus ω werden in diesem Rahmen externalisiert, und ihnen werden bestimmte Realitätsgrade zugeordnet. Falls wir uns das Ergebnis (die „illusion of non-mediation“) bewusst machen, scheint es widersprüchlich zu sein: durch das gleichzeitige mentale Vorhandensein von Ω und ω ist die Leinwand gleichzeitig aufgelöst und noch vorhanden. Dieser scheinbare Widerspruch löst sich jedoch, wenn man die o. g. wahrnehmungspsychologischen Erkenntnisse einfließen lässt. Unser kognitives System lässt sich nicht vollständig in eine Illusion hineinziehen, sondern greift auf die doppelte Buchführung zurück. Dies ist eine Funktion unseres kognitiven Systems und Teil dessen, was das Perzept auszeichnet.⁵

⁵Die Frage ist, ob dies auch für perfekten Fotorealismus gelten kann, wenn dieser konsequent und ohne Einschränkungen für die gesamte Medieninstallation umgesetzt wird. Ein Vorschlag hierzu wurde von Borg et al. (2012) gemacht. In dieser speziellen Versuchsanordnung sollte entschieden werden, ob es sich bei einem gezeigten Objekt um ein reales Objekt oder um Computergrafik handelte. Durch die Wahl einfacher Modelle war dies für die Probanden nicht mehr nachzuvollziehen. Diese fehlende Möglichkeit der Zuordnung lässt sich wie folgt auflösen: Hält der Betrachter das Objekt für real, ist es Teil von Ω , hält er es nicht für real, wird für den dort beschriebenen Guckkasten ein autonomer Referenzrahmen ω erzeugt, der das simulierte Objekt samt seiner künstlichen Umgebung enthält, da sich diese nicht konsistent auf Ω erweitern lässt. In dem dort beschriebenen Fall wird allerdings davon ausgegangen, dass der Betrachter keine Chance hat, zu erkennen, um was es sich handelt. Nur die äußeren Umstände der Versuchsanordnung lassen ihn zweifeln, so dass ein Zustand der undefiniertheit entsteht, der aber nur durch das logische Verständnis der Situation, nicht durch die Wahrnehmung direkt hervorgerufen wird. Das Wahrnehmungssystem wird also immer weiter versuchen, Indikatoren zu finden, welche die Unbestimmtheit auflösen. Die Versuchsanordnung von Kraus et al. verhindert dies aber.

Würde man es schaffen, die Versuchsanordnung im Sinne einer VR so zu erweitern, dass der

Durch das phänomenale Duplizieren hat man aber noch kein Immersionserleben im Sinne der psychologischen Immersion. Das Eintauchen in die vermittelte Szene ω wird als das Verändern der Verortung des Rezipienten selbst empfunden. Als Rezipient ist man aber normalerweise immer in Ω verortet (s. 4.4). Es muss also für das gesamte Wahrnehmungssystem eine Motivation geben, die eigene Verortung scheinbar nach ω zu verschieben.

Das ausschließliche Bespielen der Sinne durch die Reize der VR-Umgebung lässt den Referenzrahmen ω sehr dominant wirken. Durch die bereits in den vorherigen Absätzen diskutierten Einflüsse können perzeptuelle Objekte aus ω einen sehr hohen Grad von Glaubwürdigkeit in ihrer Welt bekommen, so dass ihnen einen sehr hoher Realitätsgrad zugeordnet wird. Dieser hohe Realitätsgrad steht im Vergleich zu dem Realitätsgrad von Objekten in Ω , die aber aufgrund des Aufbaus des umgebenden Mediums nicht stark oder im Idealfall gar nicht wahrgenommen werden. Dies führt zu einer Verschiebung der zugeordneten Realitätsgrade zwischen Ω und ω : ω bekommt im Falle des psychologischen Immersionserlebens einen höheren Realitätsgrad zugeordnet als Ω . Anders ausgedrückt folgt das Immersionserleben aus $realness(\omega) > realness(\Omega)$.

Diese Zuweisung von Realitätsgraden geht mit einer wahrgenommenen Verschiebung der Verortung des Selbst einher. Auch dies ist ein Vorgang des Wahrnehmungssystems, auf den der Betrachter keinen aktiven, also willensgesteuerten Einfluss hat. Die Vermutung liegt nahe, dass die Selbstverortung sich im Verhältnis der beiden Realitätsgrade von ω und Ω verschiebt. Dies bedeutet nicht, dass die Duplikation aufgehoben wird und die eigentliche Verortung in Ω ungültig wird, sondern der mentale Zustand der Immersion fokussiert die eigene Selbstverortung in die virtuelle Szene hinein. Das ist insofern eine logische Schlussfolgerung, weil die Verortung normalerweise immer dort passiert, wo der höchste Realitätsgrad vorherrscht, nämlich in Ω . Verschiebt sich diese Zuordnung, so verschiebt sich auch die an den Referenzrahmen mit dem höchsten Realitätsgrad gehaftete Selbstverortung.

Betrachter die gesamte Szene nicht mehr von dem eigentlichen Ω unterscheiden kann, würde er (wenn er nicht weiß, dass er sich in einer VR-Umgebung befindet), diese Umgebung zu seinem Ω werden lassen. Dies zeigt beispielsweise der Film „The Matrix“ (USA, 1999), in dem der Protagonist Neo erst aus seinem Ω (der Matrix, also der real wirkenden VR-Umgebung) befreit werden muss, um die Realität als solche zu erkennen (also als Ω anzunehmen) und die Matrix als ω ab dann zuordnen zu können.

Verallgemeinert man nun die Voraussetzungen für immersives Erleben nicht nur auf technische Voraussetzungen im Sinne der perzeptuellen Immersion, sondern auch auf Imagination (z. B. beim Immersionserleben durch eine Erzählung), so ist auch das imaginative System in der Lage, genug Information für die I-epistemischen Evaluationsfunktionen bereitzustellen, um einen virtuellen Raum ω aufzuspannen. Es liegt sogar die Vermutung nahe, dass Imagination grundsätzlich einen großen Anteil bei der Wahrnehmung eines virtuellen Raumes hat. Für diese These spricht beispielsweise die Liberalisierung der Constraints, so dass man in der Lage ist, auch Szenen mit Realitätsgrad zu versehen, die nicht zwingend die Regeln von Ω abbilden. Wichtig ist hier nur eine Konsistenz der Szene in sich. Bestätigt wird dies auch von Slater & Steed (2000) mit der Aussage, „the set of stimuli of the present environment forms an overall gestalt, providing a consistent believable world in itself“ (Slater & Steed, 2000, S. 418).

Diese Theorie ist so umfassend, dass sie die Möglichkeit bietet, mit ihrer Hilfe mehrere andere Ansätze zu vereinen, die in Kapitel 4 aufgeführt wurden.

- „being there“ aus der Präsenzdefinition: Der Rezipient bleibt körperlich in Ω , aber das ist für das Wahrnehmungssystem im Falle des medial ausgelösten Präsenzerlebens nicht die entscheidende Information. Falls dem Rezipienten nach dem Erlebnis einer verschobenen Verortung dieses Erleben bewusst wird, kann das als Präsenzerleben oder als das Gefühl, in der virtuellen Welt anwesend zu sein, bezeichnet werden.
- Wirth & Hofer (2008) beschreiben in ihrem Text das Zwei-Ebenen-Modell, das noch keine Erklärung für das Buch-Problem liefert. Allerdings sprechen sie von den egozentrischen Referenzrahmen und sind in diesem Punkt intuitiv dicht am den wahrnehmungspsychologischen Theorien von Mausfeld. Sie beschreiben den Vorgang des Präsenzerlebens als Wahl des primären Referenzrahmens, der dem Referenzrahmen mit dem höchsten Realitätsgrad entsprechen könnte.
- Biocca (2003) spricht über Selbstwahrnehmung im Drei-Pol-Modell. Die Verschiebung des Bewusstseins zu jeweils einer der Spitzen des Dreiecks lässt sich genau durch das Verhältnis der Realitätsgrade beschreiben. Dieses Modell bestätigt die Vermutung, dass nicht nur die Unterscheidung, welcher Realitätsgrad größer ist, sondern auch das Verhältnis der Rea-

litätsgrade ausgewertet wird. Dies würde sogar die verschiedenen Stärken immersiven Erlebens erklären. Bioccas Modell integriert gleichzeitig das imaginative System als dritten Pol. Die Darstellung (s. Abb. 4.1) mit dem imaginativen System auf der linken Seite soll vermutlich andeuten, dass das Erzeugen der virtuellen Welt dort andere Ursachen hat als sensoriellem Input. Da das imaginative System sich aber der gleichen Konzeptformen bedient wie alle anderen Systeme der Wahrnehmung auch (s. dazu Mausfeld, 2013a, S. 16-18), bliebe zu diskutieren, ob die Darstellung auf diese Weise nicht zu stark den alltagspsychologischen Unterschied zwischen Innen- und Außenwelt heraushebt.

- Mehrere Autoren sprechen vom episodalen Charakter der Immersion. Das Verschieben des maximalen Realitätsgrades und der Verortung des Selbst ist ein fragiler Prozess, von dem man leicht abgelenkt werden kann, sei es durch verbleibenden Input aus Ω (z. B. haptisch) oder durch das Bewusstwerden der Verschiebung (dies kann überwältigend oder verschreckend wirken). Das Wahrnehmungssystem evaluiert ständig den verfügbaren Input neu, wie oben beschrieben. Da das Ergebnis auch die Realitätsgrade betrifft, spricht also vieles für ein episodales Driften der Realitätsgrade und daraus folgend auch der Verortung des Selbst. Slater & Steed (2000) beschreiben dieses Driften als Ändern der Favorisierung zwischen entweder Ω oder ω . „[...] at each moment, the individual will tend towards one rather than the other“ (Slater & Steed, 2000, S. 419). Immersion ist also insbesondere kein fester Zustand.

Die hier vorgestellte Theorie der Immersion liefert einen Oberbegriff für die in Kapitel 4 vorgestellten Begriffe und Definitionsansätze. Dabei scheint eine Mischung aus begünstigenden Faktoren die Basis für die Möglichkeit immersiven Erlebens zu bieten. Dazu gehören Illusion, Involvierung, Zustand des Rezipienten oder auch Aufmerksamkeit, die ihrerseits bestimmte Indikatoren oder Voraussetzungen für das Phänomen sein können, also eine mögliche Grundlage, mit deren Hilfe eine Erhöhung des Realitätsgrades von ω begünstigt wird. Diese grundlegenden Faktoren begünstigen nicht nur das Erzeugen von Immersion, sondern bleiben während des Erlebens von Immersion wichtig.

Gleichzeitig ermöglicht das hier gewählte Verständnis von Immersion eine Einbindung des Terminus „Präsenz“ in eine einheitliche Theorie. Präsenzerle-

ben wird dabei zu einem bestimmten Aspekt von Immersion. In diesem Sinne kann ein Computerspieler in einem Spiel Präsenz erleben, wenn das Spiel z. B. besonders räumlich wirkt (wie Half-Life, Skyrim etc.). Keine Präsenz in diesem Sinne erlebt ein Spieler bei Tetris, trotzdem kann er Immersion erleben. Im letzteren Fall ist die Immersion durch Aufmerksamkeit, Aufgabenstellung etc. begründet. Insgesamt lässt sich festhalten, dass auch während des Erlebens von Immersion eine Mischung aus verschiedensten Einflüssen das ständige Evaluieren des multimodalen Inputs durch das Wahrnehmungssystem beeinflusst. Sowohl Voraussetzungen für Immersion als auch das immersive Erleben, ausgelöst durch ein bestimmtes Medium, unterscheiden sich stark und erfordern also eine medienabhängige Betrachtung.

Zu den immersionsbegünstigenden Strategien der Medien gehört das ausschließliche Konfrontieren der Sinne mit der virtuellen Welt, aber einige Faktoren begünstigen das Eintauchen besonders. Stark räumlich wirkende audiovisuelle oder emotionale (Empathie fordernde) Eindrücke gehören sicherlich dazu, da sie Präsenzerleben motivieren. Die Vermutung liegt nahe, dass alle Formen von Input, die ein (emotionales und räumliches) Orientieren in einer Szene vereinfachen, hilfreich sind. Da in dieser Arbeit auf visuelle Voraussetzungen für Immersion eingegangen werden soll, gehört in den späteren Teilen die räumliche Wirkung von Szenen und das Begünstigen des räumlichen Vorstellens zu den zentralen Aspekten.

So hilfreich einige Szenen auch sind, so fragil ist das immersive Erleben an sich. Viele Einflüsse können Unterbrechungen auslösen:

- Technische Unzulänglichkeiten in der Darstellung spielen eine zentrale Rolle. Das Medium bleibt ständig wahrnehmbar oder wird sogar explizit bewusst.
- Die dargestellten Inhalte sind ebenfalls wichtig. Gerade in den Filmen vor 2000 sind die Special Effects (gerade die computergenerierten) noch deutlich als solche erkennbar. Das Bewusstwerden eines Effekts ist aber eine Analyse, die in Ω anzusiedeln ist, so dass Ω sofort Bedeutung gewinnt. Hierzu gehören auch alle Renderings von Menschen, die im Uncanny Valley anzusiedeln sind, da sie ständig Emotionen hervorrufen, die mit der Intention der dargestellten Szene konfliktieren.

- Die schon erwähnten Reize aus Ω sind sehr vielfältig, genauso wie ihre Möglichkeit, abzulenken. Besonders in virtuellen Umgebungen für mehrere Nutzer fällt dies auf, z. B. durch Bewegungen des Nachbarrezipienten oder sonstige zur Szene unpassende Reize⁶.

Trotz der vielfältigen Möglichkeiten für Störungen ist immersives Erleben in der Regel gut möglich. Dies hängt mit der Fähigkeit zusammen, die Aufmerksamkeit bewusst zu lenken oder Störungen bewusst zu ignorieren. Zusammengefasst wird dies am besten durch den Begriff „suspension of disbelief“. Es spricht aber vieles dafür, dass weder das aktive Fokussieren eines Referenzrahmens noch die technischen und inhaltlichen Hilfestellungen aus ω alleine für immersives Erleben verantwortlich sind, sondern dass das Zusammenspiel der Einflüsse und sogar die Tagesform des Rezipienten eine entscheidende Rolle spielen. Dabei gibt es Aspekte, die beeinflussbar (und damit auch messbar) sind, wie die technische Umsetzung oder die störenden Reize aus Ω , andere, wie der aktuelle Zustand des Rezipienten, das Lenken der Aufmerksamkeit des Rezipienten oder das Verhalten der Rezipientengruppe, sind nur schwierig zu beeinflussen.

⁶Hier sind die typischen Störfaktoren eines Kinobesuchs gemeint, wie der Popcorngeruch des Nachbarn, Streulicht oder Töne durch Mobiltelefone und andere ablenkende Reize, die sich in einer Laborversuchsanordnung gut ausschließen lassen.

Kapitel 6

Erhebung von Indikatoren für Immersion

Als Abschluss eines Verständnisses von Immersion soll in diesem Kapitel die Erfassbarkeit dieses Begriffes diskutiert werden. Das Kapitel gliedert sich dabei inhaltlich in zwei Teile. Zum einen wird die Erfassbarkeit von Immersion anhand von verschiedenen Ansätzen vorgestellt, zum anderen werden diese Ansätze dann konkret für das Fulldome-Medium auf ihre Anwendbarkeit überprüft und so eine erste Vorbereitung der nachfolgenden Studien erreicht.

Der erste Abschnitt dient dabei einer Übersicht über vorhandene Methoden, die dann in den Unterabschnitten genauer beschrieben werden. Dabei sollen generelle Metrisierungsmethoden genauso wie konkrete Vorschläge zur Erhebung von Indikatoren von Immersion vorgestellt werden.

Eine wichtige Grundlage ist dabei die Nutzung von Immersion als Oberbegriff (wie in Kapitel 5 vorgestellt), so dass in diesem Kapitel Artikel zu Immersions- und Präsenzerfassung gleichermaßen Verwendung finden. In einigen Artikeln werden die Konzepte sogar durchmischt: „we take a step towards quantifying immersion, or the sense of 'being there'“ (Pausch et al., 1997, S. 1).

Die Begriffe sind sich selbst ohne die Definition eines Oberbegriffes inhaltlich so nah, dass sich insbesondere die Methoden und Indikatoren prinzipiell gleichen. Eine genaue Auseinandersetzung mit dem unterschiedlichen Verständnis der beiden Begriffe aus verschiedenen Quellen soll hier nicht mehr Anwendung finden. Es wird bei der Vorstellung der einzelnen Methoden jeweils der Begriff verwendet, den die Autoren in ihrer Veröffentlichung genutzt haben.

In weiteren Abschnitten werden dann konkret die im folgenden Kapitel angeführten Studien vorbereitet. Es werden die vorgestellten Erhebungsmethoden

und Indikatoren auf ihre Anwendbarkeit in Fulldome-Umgebungen geprüft. Das Kapitel schließt mit einer Vorstellung des Mediendoms Kiel als Beispiel für eine konkrete Fulldome-Umgebung. Der Mediendom dient auch als Testumgebung für die Studien. Aus diesem Grund werden die medienstrategische Ausstattung dieser Kuppel und die daraus resultierenden möglichen Einflüsse auf die Voraussetzungen von Immersion aufgezeigt und geben konkrete Hinweise auf die Gestaltung und die Probleme des Erstellens der Studien.

6.1 Überblick

Das Erheben von Indikatoren für Immersion stellt sich als schwierig dar. Wenn Immersion erlebt wird, dann ist das Wahrnehmungssystem in einem sehr leicht störbaren Zustand. Nicht nur die phänomenale Duplikation ist aufrechtzuhalten, sondern auch die Verschiebung von Realitätsgraden der jeweiligen Umgebungen. Gleichzeitig findet sensorischer Input, wie das körperliche Gefühl, den Sitz zu spüren, wenig Beachtung. Die Realitätswahrnehmung und das Zuordnen der Realitätsgrade wird, wie in 5.3 besprochen, ständig neu evaluiert und reagiert empfindlich und in Form eines episodalen Driftens auf kleinste Störungen.

Es ist bei Studien also darauf zu achten, dass die eigentliche Erhebung das Immersionserleben nicht zu sehr beeinflusst. Besonderer Fokus muss also auf nicht-reaktiven Methoden¹ liegen oder auf Methoden, bei denen nachgewiesen wurde, dass die Störung sich nicht zu stark auf die Ergebnisse auswirkt.

Zum Erfassen von Immersionserleben zeigen Brent Insko (2003) und Daniel Mestre (2005) grundsätzlich drei Arten von Methoden auf, die im Folgenden vorgestellt werden.

- Subjektbasierte Methoden. Diese Methoden beruhen auf der Erhebung subjektiver Daten, nämlich der Einschätzungen der Probanden. Der Begriff soll in Anlehnung an die bei Insko und Mestre zu findenden „subjective methods“ verwendet werden. „Untersuchungsgegenstand ist als nicht die 'objektive Realität', sondern die 'subjektive Wirklichkeit'“ der Probanden (Kromrey, 2006, S. 31f.).

¹Methoden, die eine Studie nicht stören. Häufig sind damit Methoden gemeint, die nach dem eigentlich zu erfassenden Ereignis Anwendung finden (Kromrey, 2006, vergl. 532f.).

Es geht hierbei um von den Probanden selbstverfasste Berichte des Erlebens von Immersion. Diese Berichte sind natürlich stark subjektiv, dies ist für das Erfassen von subjektiven Erlebnissen aber auch zulässig. Die am häufigsten verwendete Methode ist der „post-immersion questionnaire“ (Insko, 2003, S. 110), ein Fragebogen, der nach dem Immersionserleben auszufüllen ist. Einige Fragebögen werden beispielhaft in 6.2.1 vorgestellt. Der große Vorteil von Fragebögen liegt neben der subjektiven Validität der Ergebnisse und der einfachen Handhabbarkeit in der Tatsache, dass das Erleben nicht gestört wird, da die Befragung im Nachhinein stattfindet. Dieser Vorteil ist auch gleichzeitig ein Nachteil, da nicht das eigentliche Erleben erfasst wird, sondern die Bewertung lediglich aus der Erinnerung der Probanden erfolgt. Ein weiterer wichtiger Punkt ist die Art und Weise, wie ein Fragebogen aufgebaut ist und wie die Fragen für die jeweilige Studie zielführend formuliert sind (vergl. Slater, 2004). Ebenfalls nicht ausgewertet wird eine Veränderung der Qualität des Immersionserlebens über Zeit, man erhält lediglich ein Resultat im Sinne einer Zusammenfassung des gesamten Erlebniszeitraums. Möchte man kontinuierliches Empfinden durch Befragung erheben, gibt es die Möglichkeit, die Probanden einen Regler bedienen zu lassen. Allerdings ist zu erwarten, dass diese Methode stark reaktiv ist, weil die Aufmerksamkeit auf die sekundäre Tätigkeit gelenkt wird. Man würde auf den Vorteil der nicht-reaktiven Befragung verzichten.

Um von den Daten des Fragebogens zu quantitativen Werten zu kommen, ist es üblich, als Antwortmöglichkeit für die Fragen Rating-Skalen² zu verwenden. Für den Fall, dass eine Rating-Skala zu wenig Freiheitsgrade lässt, ist auch eine kontinuierliche Skala denkbar. Diese Fragebögen sind einfach auszuwerten. Allerdings schränkt dieses Vorgehen die möglichen Antworten ein, so dass zu überlegen ist, ob zusätzlich qualitativ gefragt werden sollte. Dies ist sicherlich abhängig von der konkreten Studie.

Zu den subjektiven Methoden gehört ebenfalls das Interview, das sich aber

²Skala, mit der Probanden bestimmte Fragen oder zu bewertende Aspekte einstufen können und so quantitative Daten produzieren. Die Enden der Skala enthalten in der Regel gegensätzliche Formulierungen, die sog. Pole. Die Anzahl Stufen bestimmt die Differenziertheit des Urteils (Schwab & Carolus, 2011, S. 302f.). „Während eine ungerade Anzahl von Stufen beim Urteilenden einen neutralen Mittelpunkt suggeriert, forciert eine gerade Anzahl eine Entscheidung in Richtung des einen oder anderen Pols.“ (Schwab & Carolus, 2011, S. 303).

nur für einzelne Probanden eignet, nicht für Probandengruppen (Pürer, 2003, vergl. S. 528ff.). Für Nicht-Reaktivität muss das Interview nach der Studie stattfinden, ansonsten würde es stark ablenken und könnte Immersion verhindern.

- Verhaltensbasierte Methoden (sog. „behavioral measures“, Insko (2003)). Erfasst werden in diesem Fall die Verhaltensweisen von Probanden, die auf die Reize des Mediums reagieren, ohne diese bewusst zu verarbeiten. Die zugrundeliegende Idee geht davon aus, dass Rezipienten, die sich in einer virtuellen Umgebung präsent fühlen, ähnliche Verhaltensweisen zeigen wie in einer entsprechenden realen. Bei einigen Experimenten lassen sich sogar Korrelationen zwischen dem Verhalten der Probanden und ebenfalls ausgewerteten Fragebögen feststellen.

Mestre (2005) unterteilt diesen Punkt noch weiter in „performance“, „reflexive motor acts“ und „sensori-motor control“.

Der Begriff „Performanz“ sagt aus, dass für den Fall des Präsenzerlebens eine Steigerung der Geschwindigkeit oder Qualität von Tätigkeiten in der virtuellen Welt erfassbar sein kann (Mestre, 2005, vergl. S. 5). Dabei wird die Tätigkeit in der virtuellen Umgebung mit einer entsprechenden Tätigkeiten der realen Welt verglichen. Die Messfunktion ergibt sich aus quantitativ bestimmbareren Aspekten wie Geschwindigkeit des Abarbeitens oder der Anzahl erledigter Aufgaben pro Zeit.

Reflexartige motorische Aktionen sind im Vergleich dazu schon sehr deutliche Hinweisgeber. Objekten der VR ausweichen oder das Greifen nach Objekten gehören zu den Bewegungen, die vermuten lassen, dass der Nutzer eingetaucht ist (Mestre, 2005, vergl. S. 6). Die Auswertung ist aufwendig, da die Probanden während des gesamten Ablaufs gefilmt werden müssen. Dies kann nicht-reaktiv mit infrarotempfindlichen Kameras geschehen, wenn Dunkelheit erforderlich ist. Die Auswertung ist dabei abhängig von der Forschungsfrage und kann von einem Wahrheitswert (hat sich bewegt) bis hin zu komplexer Mimik-Analyse reichen (vergl. Schwab & Unz, 2011).

Zu den sensor-motorischen Hinweisen gehört die Augenbewegung, die viel über Aufmerksamkeit oder den generellen Zustand des Nutzers verrät.

Sehr genau messbar ist die Augenbewegung mit Eye-Tracking³ (Mestre, 2005, vergl. S. 6f.). Hier ergeben sich die Messwerte direkt aus der statistischen Auswertung der Fixationspunkte im Bezug auf Dauer und Häufigkeit (vergl. Geise & Schumacher, 2011).

Für alle drei Methoden erfolgt die Erfassung der Daten während des eigentlichen Erlebens, so dass davon ausgegangen werden kann, dass subjektive Wertungen das Ergebnis nicht verändern. Als Nachteil sei hierbei genannt, dass die erfassten Indikatoren natürlich nur dann gültige Ergebnisse liefern, wenn der Nachweis erbracht werden konnte, dass bestimmtes Verhalten durch Immersion in der virtuellen Umgebung ausgelöst wurde. Ebenso könnte der Durchführende durch Kenntnis der Abläufe bei der Auswertung dazu neigen, Verhaltensweisen falsch zu beurteilen. Auch ist nicht klar, ob sich Verhaltenserfassung für alle Bedingungen (Versuchsaufbau und Inhalte) eignet (Insko, 2003, vergl. S. 112).

- Physiologische Messmethoden. Es wird davon ausgegangen, dass der Körper auf verschiedene Weisen auf sensoriiellen Input reagiert. Dazu gehören Änderungen der Leitfähigkeit und der Temperatur der Haut, Anspannung der Muskeln, Änderung der Pupillengröße und cardiovasculäre Reaktionen wie Änderung der Herzschlagrate (Puls) oder des Blutdrucks. In jüngster Zeit kommt auch noch fMRI („functional magnetic resonance“) zur Messung der Hirnaktivität hinzu (Mestre, 2005, vergl. S. 4f.).

Laut Insko (2003, S. 113) gehören Puls und Hauteigenschaften zu den Dingen, die am wenigsten reaktiv messbar sind, wobei sich Hautleitfähigkeit und Puls schnell, Hauttemperatur aber nur langsam ändern. Der Vorteil liegt hier in der Objektivität der erfassten Ergebnisse, gerade im Vergleich zu den anderen beiden Methoden, und in der Eigenschaft der Messung, Änderungen über einen kontinuierlichen Zeitraum zu erfassen und so auch zeitliche Änderungen sichtbar zu machen. Laut Aussage von Insko vergessen die Probanden nach einigen Minuten die haptischen Reize, die durch die Sensoren auf der Haut erzeugt werden. Da physiologische Größen von Proband zu Proband sehr verschieden sein können, ist es wichtig einen Grundwert zu messen („baseline“), mit dem die gemessenen Werte verglichen werden. Auch ist an der Nutzung des Wortes „messen“

³Eye-Tracking bezeichnet das Aufzeichnen von Augenbewegungen, insbesondere Fixationen, einer Person.

zu erkennen, dass hier im Gegensatz zu den anderen Methoden quantitative Werte für die Indikatoren erhoben werden. Weiterhin ist die Frage, wie stark sich die Probanden während der Messung bewegen dürfen. Bei Hautsensoren können schon kleine Bewegungen zu Abweichungen führen. Der Nachteil dieser Messmethode liegt also in ihrer invasiven Natur und in der körperlichen Einschränkung der Probanden. Ebenfalls ist zu klären, wodurch die physiologische Reaktion tatsächlich ausgelöst wurde. Mestre (2005, S. 5) empfiehlt daher eine zeitlich genaue Messung, in der Ereignisse in der virtuellen Umgebung mit physiologischen Reaktionen korreliert werden.

Insko schließt seine Bemerkungen mit der Empfehlung ab, so viele Methoden zu kombinieren, wie sinnvoll erscheint, „The obvious answer is to use as many as is feasible“ (Insko, 2003, S. 117). Auf diese Weise steigt die Wahrscheinlichkeit, dass keine Dinge übersehen werden. Darüber hinaus hält Insko in den meisten Fällen die Verwendung von Fragebögen für sinnvoll.

6.2 Beispiele für Methoden

Verschiedene Ansätze zur Erfassbarkeit von Immersion findet man in dem Nachschlagewerk von Baren & IJsselsteijn (2004). Die dort vorgestellte Vielzahl von Herangehensweisen können nicht alle diskutiert werden, vielmehr soll hier versucht werden, einige häufig zitierte Arbeiten vorzustellen, um einen Eindruck genereller Vorgehensweisen zu erlangen.

6.2.1 Subjektbasierte Methoden

Die Befragung nach Erleben der Immersion mit einem Fragebogen, Interview oder ähnlichem gehört zu den Datenerhebungen, die durch den subjektiven Erlebnisbericht geprägt sind. Die wichtigste Entscheidung hierbei ist die Auswahl und Formulierung der Fragen. Bei der Erfassung von Immersions- oder Präsenzerleben sollte aufgrund der Komplexität der Begriffe nicht direkt danach gefragt werden (Insko, 2003, vergl. S. 3). Trotzdem gehört laut Sheridan der subjektive Bericht zu den wichtigsten Werkzeugen: „subjective report is the essential basic measurement“ (Sheridan, 1992).

Es erscheint sinnvoll, Fragebögen mit einem bestimmten Zweck zu entwerfen, der bestimmte Aspekte des Erlebens auswertbar macht. So haben Wit-

mer & Singer (1998) einen zweiteiligen Fragebogen vorgeschlagen. Der erste Teil besteht aus einem „Immersive Tendency Questionnaire“ (ITQ), dessen Fragen darauf abzielen, herauszufinden, wie stark die Person fähig ist, in virtuelle Welten einzutauchen. Dieser erste Teil soll vor der eigentlichen Durchführung ausgefüllt werden. Als zweiter Fragebogen im Anschluss ist ein „Presence Questionnaire“ (PQ) entwickelt worden. Die beiden Fragebögen stehen in Korrelation zueinander.

Das Ziel war eine genaue Auseinandersetzung mit verschiedenen Kategorien des Erlebens und der zugehörigen Voraussetzungen. Schon der erste Fragebogen (ITQ) mit 29 Fragen beschäftigt sich neben einigen generellen Aspekten mit den Tendenzen des Involviertseins in Aktivitäten, der Fokussierung auf Aktivitäten und der Neigung, Videospiele zu spielen. Der Fragebogen enthält fast nur Fragen, die durch Ankreuzen in einer Rating-Skala beantwortet werden können. Die Summe aller Antworten ergibt einen Punktestand. Verschiedene dieser Fragen sind dabei verschiedenen Tendenzen zugeordnet, so dass ein Eindruck des Probanden insgesamt und in Bezug auf einzelne Tendenzen entsteht. Die Formulierung der Fragen sei hier an einem Beispiel vorgestellt: „Do you ever become so involved in a television program or book that people have problems getting your attention?“ Dies ist eine Frage nach der Tendenz des Involviertseins in Aktivitäten. Die Frage ist allgemeinverständlich formuliert und nutzt das Wort „involved“ in seiner Alltagsbedeutung.

Der PQ-Fragebogen ist noch etwas genauer unterteilt und besteht aus 32 Fragen. Bestimmte Fragen beziehen sich z. B. auf das sensorielle Erleben und auf den Realismus der Darstellung, andere beschäftigen sich mit der Interaktion via Controller und mit möglicher Ablenkung. Als Beispiel sei hier folgende Frage herausgegriffen: „How compelling was your sense of moving around inside the virtual environment?“ Diese Frage nutzt ebenfalls Umgangssprache, um nach der Wirkung räumlicher Illusion zu fragen. Es ist laut Witmer und Singer sogar möglich, direkt nach Involviertheit zu fragen: „How much did the visual aspects of the environment involve you?“

Die beiden Fragebögen wurden in Bezug gesetzt, und es wurde deutlich, dass der ITQ Rückschlüsse auf den PQ ermöglicht, d. h. dass der ITQ eine gute Einschätzung von Probanden liefert.

Der PQ-Fragebogen ist allerdings medienabhängig, viele der Fragen haben unmittelbar mit einer interaktiv nutzbaren Umgebung zu tun oder sind sogar auf die tatsächlich genutzte Anwendung angepasst.

Ein medienunabhängiger Fragebogen wurde im Jahre 2000 von Lessiter, Freeman, Keogh und Davidoff vorgestellt. Für sie ist die zu untersuchende Präsenz ein multidimensionales Konstrukt, so dass ein Fragebogen eine Reihe von Charakteristiken abdecken sollte, die eine Verbindung zum Präsenzerleben haben. Aufbauend auf vorherigen Fragebögen (u. a. von Witmer und Singer) und durch die Auswertung einer hohen Zahl Kandidaten wurde deutlich, dass „there are indeed distinct similarities in respondents' experiences of 'being there' elicited by different display media“ (Lessiter et al., 2000, S. 5). Es wurden vier Charakteristiken von Präsenz erarbeitet: „Physical Space, Engagement, Naturalness and Negative Effects“ (Lessiter et al., 2000, S. 1). Während sich dabei „Physical Space“ mit dem Gefühl der Anwesenheit in der Szene beschäftigt, ist „Engagement“ eine Kategorie, die nach mit der Intensität des Erlebnisses fragt. „Naturalness“ bezieht sich auf die Konsistenz der gezeigten Szene, „Negative Effects“ meint fehlende Orientierung oder durch die Wahrnehmung der Szene ausgelöste Übelkeit (Lessiter et al., 2000, vergl. S. 4).

Die Fragen bezogen sich auf diese vier Charakteristiken. Einzelne oder typische Fragen können hier aber nicht dargestellt werden, da der Fragebogen selbst nicht veröffentlicht wurde.

Mit deutlich weniger Fragen als Witmer und Singer kommen Slater, Usoh und Steed (SUS) aus, nur drei Fragen beziehen sich auf Präsenz. Der Punktestand errechnet sich bei einer 7-teiligen Likert-Skala aus den Fragen, bei denen die höchsten Werte 6 oder 7 angekreuzt wurden. Die drei Fragen bzw. Aufgaben waren

- „Please rate your sense of being there in the computer generated world“
- „To what extent were there times during the experience when the computer generated world became the 'reality' for you, and you almost forgot about the 'real world' outside?“
- „When you think back about your experience, do you think of the computer generated world more as something that you saw, or more as somewhere that you visited?“ (Slater et al., 1994, vergl. S. 18)

Es werden also die drei Hauptaspekte von Präsenz abgefragt, einmal das Erleben als „being there“, dann die Frage nach dem erlebten Realitätsgrad und die Frage nach der Verschiebung der Verortung des Selbst. Hauptschwerpunkt liegt also bei dem unterschiedlichen Erleben der virtuellen in Bezug auf die reale Welt.

Genauer untersucht wurde die unterschiedliche Qualität des Erlebens von Usoh, Catena, Arman und Slater (2000), die versuchten, eine Aufgabe sowohl in einem realen Setting, als auch in einer VR-Umgebung auszuführen. Dafür wurde eine Büroumgebung real und virtuell vorbereitet und eine Aufgabe gestellt. Den Probanden wurde anschließend ein Fragebogen gegeben, entweder der Witmer-Singer-Fragebogen oder eine abgewandelte Version des SUS-Fragebogens. Die jeweilige Auswahl des Fragebogens erfolgte zufällig. Der Vergleich zeigte ähnliche Werte in beiden Fragebögen für die reale und virtuelle Welt. Es wurde geschlossen, dass Probanden das Erleben auf die jeweilige Umgebung relativieren und daher das Erleben ähnlich bewerten. Mehr Variation gibt es, wenn das Präsenz- oder Immersionserleben nur innerhalb einer Umgebung erfasst werden soll (Usoh et al., 2000, vergl. S. 10f.).

Slater (2004) weist aber in daraufhin, dass die Verwendung von Fragebögen allein für das Erheben von Präsenz nicht zielführend sein muss. Dafür wird eine Online-Befragung durchgeführt, die nach der „colorfulness of yesterday’s experiences“ gefragt wird. Diese Befragung sollte ein Beispiel dafür sein, dass die häufig verwendete Herangehensweise (Konfrontation der Probanden mit einer VR-Umgebung und anschließende Befragung mit einem Fragebogen) keine alleinige Verlässlichkeit bietet, um festzustellen, ob wirklich Präsenz erlebt wurde. Besonders stark ist die Gefahr, dass die Probanden einen starken Eindruck durch das Medium bekamen und dies nachträglich als Präsenzerleben angeben, obwohl dies nicht aufgetreten ist. Insbesondere ist gar nicht bekannt, ob es Präsenzerleben als etwas Erfassbares wirklich gibt: „We do not know that “presence” exists in any real form as something observable that happens when a person experiences a virtual reality. As far as we know it exists only because it has been conjured up by the researchers, who call it into being through their questions.“ (Slater, 2004, S. 9). Aus diesem Grund erscheint es besonders wichtig, nach Indikatoren für Präsenz bzw. Immersion zu fragen und nicht nach dem Erlebnis selbst.

6.2.2 Verhaltensbasierte Methoden

Eine Fragestellung, die viele Arbeiten über Methoden zur Erfassung des Verhaltens beschäftigt, ist die Frage nach gesteigerter Performanz bei Immersion, also die Beeinflussung der Effizienz einer Tätigkeit durch Immersion. Dies ist das Thema bei Pausch et al. (1997). Es wird erforscht, ob Nutzer in einer VR-Umgebung einen Suchauftrag in einem Raum schneller erledigen können als Nutzer mit einem normalen Computerarbeitsplatz, also Bildschirm und manueller Eingabe. In diesem Rahmen wurden je Medium zwei Versuchsanordnungen erzeugt, in dem bei einigen Nutzern das zu suchende Objekt fehlte. Es stellte sich heraus, dass die Anordnung ohne Objekt in der VR-Umgebung schneller gefunden wurde. Als Grund wurde ein einfacheres räumliches Erschließen der Szene in einer VR-Umgebung befunden, so dass nicht redundant gesucht wurde (Pausch et al., 1997, vergl. S. 6). Im Falle eines vorhandenen Objektes waren die Probanden gleich schnell. Die Suche nach Performanz hat also eine mögliche Begründung gegeben, warum der technische Aufwand von VR-Umgebungen nutzbringend sein kann.

Eine andere Herangehensweise an Performanz misst die Reaktionszeit, insbesondere die Zeit, die einer sekundären Aufgabe zukommt. Es soll die Theorie bestätigt werden, dass Präsenzerleben viel Aufmerksamkeit fordert und daher für eine nebengeordnete Aufgabe wenig Ressourcen übrig bleiben (Klimmt et al., 2005). Es wird demzufolge „attention allocation as a key step within the formation of Presence experiences“ (S. 1, ebd.) vermutet. Zu diesem Zweck wurden Probanden mit einer Hypertext-, einer Film- oder einer VR-Umgebung konfrontiert. Jedes Mal, wenn eine rote Markierung am unteren Bildschirmrand erschien oder ein Ton zu hören war, mussten die Probanden eine Taste drücken. Die Reaktionszeiten wurden aufgezeichnet.

Das Ergebnis zeigt ein grundsätzliches Problem reaktiver Methoden: trotz eines zusätzlichen Fragebogens war nicht deutlich zu sehen, ob aufgrund der häufigen Unterbrechungen durch die Sekundär-Aufgabe tatsächlich Immersionserleben möglich war. „Obstrusiveness is a limitation in the context of Presence research, because Presence is a highly fragile experience that may be massively altered by disturbing visual or auditory signals“ (Klimmt et al., 2005, S. 6). Ebenso sprechen die Ergebnisse dafür, dass interaktive Umgebungen mehr Aufmerksamkeit fordern, die Reaktionszeit war also beim Film am nied-

rigsten. „Visual attention is more effectively bound by interactive media [...]. Subjective measures do not reflect this pattern, however“ (Klimmt et al., 2005, S. 5). Die subjektive Wahrnehmung des Erlebten stimmt also nicht mit dem durch Indikatoren erhobenen Grad der Aufmerksamkeit überein.

Die Wahl der richtigen Methodik ist also eine schwierige Aufgabe, die insbesondere davon abhängt, möglichst nicht-reaktiv vorzugehen. Zu diesem Zweck haben Jennett et al. (2008a) einen Versuch gemacht, der die Performanz bei Tätigkeiten vor und nach dem Immersionserleben misst. Dazu wurden Probanden zuerst eine Tangram-Puzzle-Aufgabe gestellt, danach bekamen sie einige Zeit in einer immersiven Umgebung (in diesem Fall das Computerspiel „Half-Life“), um danach noch einmal ein Tangram-Puzzle zu lösen. Die Kontrollgruppe hatte statt „Half-Life“ eine Anwendung, in der zufällig auf dem Bildschirm erscheinende Buttons geklickt werden mussten. Diese Anwendung wurde als nicht-immersiv eingestuft.

Es konnte ermittelt werden, dass die Immersion des Computerspiels die Performanz auch nach Beendigung des Spiels beeinflusst. Die vom Computerspiel unabhängige Aufgabe wurde von Probanden mit Immersionserleben langsamer fertiggestellt als von der Kontrollgruppe. Der Grad der Immersion wurde zwischen Spiel und Puzzle durch einen Fragebogen erfasst und korreliert mit den Zeitunterschieden (Jennett et al., 2008a, vergl. S. 647f.).

Zu den Methoden zum Erfassen von Verhalten gehören aber auch sensorische Verhaltensänderungen. So wurden beide Testumgebungen (Spiel und Klickaufgabe) mit Eye-Tracking, das Immersionserleben mit einem Fragebogen erfasst. Es wurde festgestellt, dass die Augenbewegungen in der nicht-immersiven Anwendung über die Zeit zunahmen, was auf Ablenkung oder Unterforderung schließen lässt. In der immersiven Umgebung des Computerspiels nahm die Augenbewegung mit der Zeit ab. Daraus schließen die Autoren eine Fokussierung auf bestimmte Aspekte des Spiels. Gleichzeitig wird aber auch vor der Überinterpretation von Eyetracking gewarnt: „one could easily imagine a situation where a person carries out a task requiring their eye movements to decrease over time, but yet they are not immersed“ (Jennett et al., 2008a, S. 653).

Auch bei diesem Versuch gab es überraschende Ergebnisse: die Kontrollaufgabe wurde zum Teil als immersiv eingestuft. „Some participants actually rated the supposedly non-immersive task as highly immersive. We suspect this re-

sult could be due to the pace of the nonimmersive task“ (Jennett et al., 2008a, S. 654). Dies entspricht der schon in Kapitel 4 erwähnten „tactical immersion“ (Adams, 2004).

Auch für den dritten Bereich, den von Mestre (2005, S. 6) benannten „reflexive motor acts“, soll hier ein Beispiel für eine Versuchsanordnung genannt werden. Die Arbeit von Bahtijarevic & Thomas (2011) behandelt Reaktionen auf einen Horrorfilm. Die Probanden wurden beim Schauen gefilmt und ihre Mimik analysiert, zusätzlich wurde je ein Fragebogen vor und nach dem Film ausgefüllt. Der Hauptaugenmerk der Arbeit liegt auf den Emotionen, so dass der Film jeweils nur für eine Person gezeigt wurde, um dessen Gesicht genau filmen und auswerten zu können.

Die Probanden zeigten allesamt Reaktionen, die auf Erschrecken hindeuteten, teilweise sogar nicht nur in der Mimik. Grundsätzlich ergeben sich aber zwei Probleme in dieser Methodik. Durch den Aufbau von Kamera und Licht im Kinosaal war grundsätzlich ein hohes Ablenkungspotential gegeben. Weiterhin steht zu erwarten, dass ein Horrorfilm mit Schreckeffekten sichtbare Emotionen erzeugt. Ob diese Reflexe ein Indikator für Immersion sind, ist nur schwierig zu beantworten.

6.2.3 Physiologische Messmethoden

Wie im vorherigen Kapitel diskutiert, wird das immersive Erleben ausgelöst durch eine Änderung von Realitätsgraden in wahrgenommenen Objekten. Dies bedeutet, dass für den Fall, dass Immersion vorliegt, physiologische Reaktionen auf die Wahrnehmung einer virtuellen Umgebung prinzipiell denen einer entsprechenden realen Situation gleichen. Dies wird von Meehan et al. (2002) als Begründung herangezogen, physiologische Reaktionen als Indikator für immersives Erleben heranzuziehen. Sie erzeugten dafür einen virtuellen Raum, dessen Boden „aufgebrochen“ war und den Blick auf einen tief darunter liegenden Raum eröffnete. Eine reale Planke über dem virtuellen Abgrund unterstützte die VR-Anwendung haptisch. Die Probanden standen auf der Planke und konnten die Kanten der Planke mit den Füßen spüren.

Die These war, dass die physiologischen Reaktionen auf das „Stehen am Abgrund“ messbar sind und somit einen Indikator für Immersion darstellen. Es wurden Veränderungen in der Herzfrequenz, Hautleitfähigkeit und Hauttempe-

ratur gemessen. Die physiologischen Messungen werden mit dem Fragebogen von Usoh et al. (2000) kombiniert.

Die Ergebnisse zeigten, dass die Messung der Herzfrequenz die zuverlässigste Reaktion bietet, sogar wenn die haptische Unterstützung fehlte (Meehan et al., 2002, vergl. S. 649). Dies war mehrfach hintereinander nachweisbar, wobei ein Gewöhnungseffekt eintrat. Ebenfalls wirkte sich die Erhöhung der Framerate der Darstellung aus, dies führte ebenfalls zu einer Erhöhung der Herzfrequenz. Diese Befunde wurden durch die subjektiven Einschätzungen der Probanden bestätigt (Meehan et al., 2002, vergl. S. 650).

Die anderen physiologischen Messungen gaben keine so klaren Ergebnisse, insbesondere die Änderung der Hauttemperatur ist offensichtlich ein Vorgang, der für solche „stressful VEs“ (S. 650, ebd.) zu langsam abläuft.

Es stellt sich die Frage, ob solche Messungen generell verwertbares Datenmaterial liefern können. Die besondere stresserzeugende Situation, an einem Abgrund zu stehen, lieferte erwartungsgemäß deutliche Ergebnisse. Allerdings ist nicht jede virtuelle Umgebung auf solche starken Effekte ausgelegt.

Ein anderer Ansatz versucht über die Messung von physiologischen Reaktionen zu ermitteln, wie stark Ablenkungen sein dürfen, um die Aufmerksamkeit bei einer Filmvorführung zu unterbrechen und auf den externen Reiz zu lenken. Die Autoren nennen dies „adjustable distraction“ und „media persistency in user’s attention“ (Nordahl & Korsgaard, 2009, S. 2).

Während einer Filmvorführung eines Clips mit unterschiedlich stark wirkenden Szenen wurden an zufälligen Zeitpunkten Vibrationen erzeugt. Wurden die Vibrationen bemerkt, sollte ein Knopf gedrückt werden. Gleichzeitig wurde die Herzfrequenz gemessen, nach dem Film war ein kurzer Fragebogen zur Intensität der Wirkung der einzelnen Szenen auszufüllen.

Die gemessene Herzfrequenz stimmte mit den subjektiven Empfindungen überein, die zur Ablenkung erforderliche Vibrationsstärke war allerdings bei allen Szenen genau gleich (im Mittelwert), wobei alle Probanden sehr unterschiedlich empfindlich waren. Gesteuerte Ablenkung im Bereich der Haptik zeigte sich als kein sinnvolles Mittel zum Erfassen von Immersion.

6.3 Langzeitwirkung von Immersion

Wie von Meehan et al. (2002) gezeigt, nimmt die physiologische Reaktion auf Immersion bei wiederholter Konfrontation mit einer VR-Umgebung ab. Bei Meehans Versuch liegt dies an der wiederholten zeitlich kurz aufeinanderfolgenden Konfrontation mit der gleichen Szene. Der Versuch enthält keine Aussage über mögliche Änderungen der Reaktionen auf unterschiedlichen Szenen oder gar langfristige Gewöhnung an umgebende Medien.

Es ist zu vermuten, dass eine Gewöhnung eintritt, wenn Medien über einen langjährigen Zeitraum häufiger genutzt werden. Forschung zu dieser Frage ist aufgrund der langen Zeiträume schwierig zu realisieren. Weiterhin müsste beantwortet werden, welche Aspekte durch Gewöhnung überhaupt beeinflusst werden. Vermutlich spielen Erwartungen und damit auch die Bereitschaft, sich auf das Erlebnis einzulassen, eine Rolle.

Eine Untersuchung und grundsätzliche Diskussion der Fragestellung nach Langzeitauswirkung von Präsenzerleben wurde geführt von Blake et al. (2007). Die Autoren stellen zwei Thesen gegenüber. Zum einen könnte davon ausgegangen werden, dass „cognition works to remove disbelief and to create presence“ (Blake et al., 2007, S. 291). In dieser These geht man von einem sich entwickelnden Präsenzerleben aus, also einer Steigerung von Präsenz über Zeit. Zum anderen könnte es sein, dass Präsenz der Normalzustand ist. „No effort is required to become present; it is the default position“ (Blake et al., 2007, S. 292). In dem Fall würde die Präsenz langsam abnehmen, wenn Indikatoren für Virtualität bemerkt werden. Es muss weiterhin davon ausgegangen werden, dass Präsenzerleben im Gedächtnis gespeichert und wieder abgerufen werden kann, so dass rein auf der Basis von Imagination und Erinnerung Präsenzerleben möglich wird. Dies lässt erwarten, dass Erinnerung an Präsenzerleben, wenn nicht das direkte Erleben, so doch das subjektive Einschätzen von Präsenz (z. B. durch einen Fragebogen) beeinflussen kann.

In der Untersuchung ließ man Probanden eine aufwendige Such- und Sammelaktion in einer virtuellen Szene durchführen. Die interessante Frage richtet sich auf die Langzeit-Wirkung von Immersion und auf die verwendeten Zeiträume: es wurden vier Versuche pro Proband durchgeführt, drei an jeweils aufeinanderfolgenden Tagen und ein weiterer nach 72 Stunden Pause. Es wurde zum Ermitteln des Präsenzerlebens der Fragebogen von Lessiter et al. (2000)

verwendet. Beim vierten Versuch war der Fragebogen in Bezug auf den zurückliegenden dritten Versuch auszufüllen, um die Langzeiterinnerung an Präsenz zu untersuchen.

Das interessanteste Ergebnis des Versuches war nicht wie erwartet eine Änderung der Stärke der Präsenz im Lauf der Zeit, dafür könnte das Experiment mit nur vier Terminen zu kurz angelegt worden sein. Eine Änderung der Präsenz wurde nicht gemessen, auch nicht nach der längeren Pause. Es gibt aber ein anderes Resultat, das eine weitere Validierung von Fragebögen liefert:

„The most interesting result was the very high correlation between presence scores before and after the delay in measurement; this shows that the experience of presence is a long-lasting belief which is encoded in memory and decays slowly. It also shows that self-report measures are capable of measuring accurately after a delay“ (Blake et al., 2007, S. 294).

Die Bestätigung, dass Präsenzerleben lange in der Erinnerung bleibt, unterstreicht die Bedeutung der Optimierung des Zuschauererlebnisses, insbesondere für virtuelle Umgebungen, die kommerziell betrieben werden.

6.4 Diskussion der Methoden

Fasst man die Erkenntnisse aus den o. g. Beispielen zusammen, stellt sich heraus, dass die eigentliche Schwierigkeit beim Erheben von Immersion das Ermitteln der richtigen Indikatoren für die jeweilige Fragestellung, der geeigneten Methode und die richtige Interpretation der Daten ist.

Viele der Beispiele setzen einen hohen technischen Aufwand voraus, um perzeptuelle Immersion zu erreichen (s. 4.1.2), z. B. eine VR-Brille oder eigens für den jeweiligen Versuch angefertigte virtuelle Räumlichkeiten. Die technischen Daten der verwendeten Geräte werden dabei in der Regel genannt und liefern einen Eindruck davon, wie stark ein Nutzer durch die Hardware grundsätzlich mit einer virtuellen Szene konfrontiert werden kann. Auch wenn diese Daten einen durch technische Größen beschreibbaren Rahmen für explorative Studien bieten, sagen sie noch nichts über die Nutzungsweise oder über die präsentierten Inhalte aus.

Es wird wenig über die Qualität der Umsetzung der virtuellen Szenen gesprochen, die oft für die jeweilige Studie individuell entwickelt werden. Für Performance-Messungen geht es um die Vergleichbarkeit zwischen realer äußerer Welt und einer virtuellen Szene. Wird die Szene stark reduziert dargestellt, sollte begründet werden, warum eine Änderung in der Performance durch Immersion erfolgt und nicht durch die reduzierte Darstellung, die beispielsweise eine Suchaufgabe stark vereinfachen dürfte.

Ein weiterer wichtiger Aspekt ist der Inhalt (Content) selbst. Im Falle des Versuches von Meehan et al. (2002) ist der Inhalt klar vorgegeben und muss in Übereinstimmung mit den physischen Reizen (Planke) produziert werden. Im Falle von Blake et al. (2007) wird ein Szenario beschrieben, aber nicht begründet, warum gerade diese virtuelle Szene für den Versuch besonders geeignet ist.

Grundsätzlich kann im Design der jeweiligen Studie eine Abhängigkeit vom Medium festgestellt werden. Es wird deutlich, dass Immersionsmessung hochgradig auf das jeweilige Medium bezogen ist. So setzen die Versuche zur Performance ein interaktives Medium voraus, sind also nicht für Film anwendbar. Beim Messen von sensor-motorischem Verhalten durch Eye-Tracking sorgt das Eye-Tracking-Equipment häufig für eine starke Reaktivität durch das Gewicht des Helmes oder das Einschränken der möglichen Kopfbewegungen. Für Computerspiele und Filme ist dieses Verfahren geeignet. Für umgebende Medien dürfte es schwierig sein, denn dort ist es zur Orientierung erforderlich, dass Probanden sich umdrehen, also Kopf- und Körperbewegungen ausführen. Außerdem schränkt das Eyetracking-Equipment das Sichtfeld ein.

Auch bei der Erhebung von physiologischen Reaktionen kann nur auf reaktive Methoden zurückgegriffen werden. Die Sensoren sind auf der Haut aufgeklebt und mit Kabeln verbunden. Eventuell können diese Kabel die Bewegungsfreiheit einschränken. „Our subjects reported this encumbrance as the greatest cause of breaks in presence“ (S. 652 Meehan et al., 2002). Es muss die Frage gestellt werden, ob es sich lohnt, so stark reaktiv zu messen. Dies hängt sicherlich von der Studie ab. Bei Meehan et al. (2002) ist das Experiment so gestaltet, dass sich das aus der Immersion ergebende Gefühl des Stehens an einem Abgrund physiologisch nachweisen lässt. Dieses Experiment zeichnete sich aber dadurch aus, dass es eine starke Reaktion (Stress) auslösen konnte. Es bleibt fraglich, ob auch andere nicht so stark wirkende Inhalte Ergebnis-

se bringen können, also welche anderen Inhalte von VR-Umgebungen sich mit physiologischen Reaktionen tatsächlich beurteilen lassen.

Als nicht-reaktiv einzustufen sind die Methoden zur Messung von reflexartigen motorischen Aktionen. Dabei liefern emotional stark fordernde Testszenerien die besten Ergebnisse, wie z. B. ein Horrorfilm mit Schreckeffekten. Bei weniger stark fordernden Inhalten liegt das Problem bei der Interpretation von Reaktionen, die unterschiedliche Gründe haben können.

Die Verwendung von Fragebögen ist wohl die am häufigsten benutzte Methode, insbesondere in der Kombination von Methoden. Da die Befragung im Nachhinein erfolgt, sind Fragebögen prinzipiell nicht-reaktiv. Beim Messen von Immersion scheint es üblich zu sein, zusätzlich eine Befragung vor der Studie durchzuführen (Tendency-Fragebogen). Dies ist insofern sinnvoll, als dass der Zustand der Testperson zur Zeit der Messung wichtig ist, um die post-immersive Befragung besser beurteilen zu können.

6.5 Geeignete Messmethoden für Immersion in Fulldome-Umgebungen

Durch die Zusammenführung unterschiedlicher medialer Stränge (s. Kapitel 3) haben Fulldome-Umgebungen individuelle Eigenschaften, die nur eingeschränkt mit denen anderer Medien vergleichbar sind. Aus diesem Grund gestaltet sich die Auswahl von Methoden schwierig, da viele der Ansätze sich nicht direkt auf Fulldome übertragen lassen. Die Diskussion möglicher Methoden muss also auch den spezifischen Aufbau und die „normale“ Rezeptionssituation berücksichtigen, die für ein zahlendes Publikum gilt, das sich eine Fulldome-Show anschaut.

Am ähnlichsten ist eine Fulldome-Umgebung wohl anderen VR-Umgebungen, wenn man den Aufbau der Szene als umgebend und damit vollständig definiert betrachtet. Hinzu kommt die Notwendigkeit, sich aktiv umzuschauen, um die gesamte Szene zu erfassen.

Obwohl diese Strategie ähnlich ist, wird ihre Umsetzung anders realisiert. Einer der Hauptunterschiede resultiert aus dem gerätetechnischen Aufbau. VR-Umgebungen werden meistens über eine VR-Brille oder ein anderes sog. head-mounted Display dargestellt. Dies führt zwar zu der Möglichkeit, Lautsprecher und Bildschirme in einem einzigen VR-Helm unterzubringen, aller-

dings hat so ein Gerät immer ein gewisses Gewicht und hinterlässt u. a. auch wegen der Kabel einen intensiven haptischen Eindruck (s. 6.4). Durch die Brillenform wird weiterhin nur ein geringer Teil der Gesamtwelt gleichzeitig sichtbar, während in Fulldome-Umgebungen das gesamte Gesichtsfeld ausgefüllt wird⁴.

Eine Messmethode, die das Sichtfeld aus ähnlichen Gründen einschränkt, ist Eye-Tracking. Bei Anwendungen auf einem einzelnen Bildschirm oder einer Leinwand stellt dies kein Problem dar. Bei einem umgebenden Medium schränkt ein Eye-Tracking-Helm das sichtbare Gebiet ein und hat ein ähnliches Gewicht wie ein VR-Helm. Es ist davon auszugehen, dass so eine Eye-Tracking-Apparatur die Messung verändert, und damit muss die Methode als hochreaktiv eingestuft werden. Auch ganz aktuelle Entwicklungen wie die „SMI Eye Tracking Glasses“⁵ helfen nur bedingt. Die Brille würde mit der integrierten Kamera zwar Kopf- und Körperbewegungen auffangen können, aber durch den breiten Rahmen immer noch das periphere Sehen einschränken. Weiterhin ist davon auszugehen, dass Personen, die normalerweise keine Brille benötigen, die haptischen Eindrücke eines schweren Brillengestells im Gesicht als störend empfinden könnten, so dass auch hier nicht geklärt ist, inwiefern die Brille selbst eine Messung verändern würde.

Eine Alternative zu einer Eye-Tracking-Apparatur auf dem Kopf wäre die Nutzung eines stationären Eye-Trackers, der für die Montage unterhalb eines Monitors gedacht ist. Dieser Eye-Tracker hätte aber beim aktiven Wahrnehmen der gesamte Szene (also dem Sich-Umschauen) Probleme, die Augenbewegungen zu erfassen, so dass er ebenfalls nicht in Frage kommt.

Eine weitere wichtige Frage ist, ob die Veränderung der Rezeptionssituation durch das Eye-Tracking-Equipment in Bezug auf etwaige Ergebnisse lohnend ist. Eye-Tracking wurde als Indikator für Immersion genannt (vergl. Jennett et al., 2008a). Die dort beschriebene Abnahme der Augenbewegung bei Immersion ist in Fulldome-Umgebungen nicht zu erwarten. Die aktive Wahrnehmung der gesamten Szene erfordert ständige Neuorientierung und bietet im Gegen-

⁴Eine Tendenz, den Fensterblick einer VR-Brille zu weiten, ist technisch erst seit kurzer Zeit möglich und wurde mit der Oculus Rift realisiert (<http://www.oculusvr.com/>, abgerufen am 9.9.2013). Bei dieser in Entwicklung befindlichen Brille ist das Sichtfeld deutlich größer als bei Vorgängermodellen, aber bei weitem immer noch nicht komplett ausgefüllt.

⁵<http://www.eyetracking-glasses.com/>, abgerufen am 9.9.2013

satz zu einem Computerspiel auch keine konstanten Bildelemente, z. B. für die Anzeige von Spielinformationen.

Es bleibt also die Frage, was Eye-Tracking in einer Fulldome-Umgebung aufzeigen würde. Insbesondere wäre zu erwarten, dass aufmerksamkeitsrelevante Dinge sichtbar werden, z. B. die Wichtigkeit von oder die Aufmerksamkeitslenkung durch bestimmte sich bewegende Objekte. Ob diese Fokussierung ein Indikator für Immersion ist, bleibt fraglich.

Hinzu kommt, dass das aktive Umschauen Körperbewegungen zur Folge hat, die vom Eye-Tracking nicht erfasst werden, sondern durch eine weitere Kamera aufgenommen werden müssen.

Die Aufnahme von Bewegungen ist das Mittel zur Erfassung der reflexartigen motorischen Aktionen, die bei stark wirkenden oder sich schnell bewegenden Objekten zu erwarten ist. Diese Methode ist für Fulldome-Umgebungen geeignet, sofern die Aufnahme nicht-reaktiv durchgeführt wird. Dies heißt insbesondere, der z. T. völligen Dunkelheit gerecht zu werden, also beispielsweise eine Infrarot-Kamera zu nutzen.

Zu den Methoden zur Verhaltenserfassung gehören auch noch die Performance-Messungen. Da Fulldome-Shows interaktive Elemente beinhalten können, müsste diese Methode grundsätzlich Berücksichtigung finden. Anwendungen mit Interaktion für mehrere Teilnehmer sind allerdings sehr selten und dann insbesondere nicht auf den Vergleich mit einer entsprechenden Aufgabe in der realen Welt ausgelegt. Hier ergibt sich ein weiteres Forschungsfeld, das noch nicht bearbeitet wurde, aber den Rahmen dieser Arbeit sprengen würde.

Eine weitere Methode ist die Messung von physiologischen Reaktion auf Wahrnehmung. Bei Fulldome-Umgebungen gibt es eine Diskrepanz zwischen den wahrgenommenen Eindrücken einer räumlichen Bewegung in der virtuellen Szene und dem zurückgelehnten Sitzen (ohne Bewegung). Dies führt bei empfindlicheren Zuschauern zu Schwindel oder Unwohlsein, das sich am besten durch den Begriff „simulator sickness“ zusammenfassen lässt, der auch von Insko (2003) und Meehan et al. (2002) erwähnt wird. Bei allen anderen Nutzern der Fulldome-Umgebung steht zu vermuten, dass beispielsweise eine Änderung der Herzfrequenz eintritt, die dem entspricht, was von Meehan et al. (2002) gemessen wurde. Allerdings gilt auch hier, dass dieser Messwert nur ein Indiz für Immersion sein kann. Es ist zu erwarten, dass der Effekt insbesondere bei stark räumlich wirkenden Visualisierungen deutlich messbar wird.

Die aus der Messapparatur resultierende haptische Ablenkung ist bei stillem Sitzen vermutlich bei längerem Nutzung zu vernachlässigen, da die Probanden sich daran gewöhnen würden und die Kabel beim stillen Sitzen nicht stören (s. dazu S. 5 Mestre, 2005). Ist eine Messung deutlich kürzer, ist dies aber zu berücksichtigen, da der Proband sich eventuell noch nicht an die Hautmessgeräte gewöhnt hat.

Die wichtigste Methode, die für das Fulldome-Medium Anwendung finden kann, ist der Fragebogen. Neben den in 6.2.1 diskutierten Möglichkeiten und Schwierigkeiten verändert der Fragebogen die normale Wahrnehmungssituation in einer Fulldome-Umgebung nicht. Außerdem ist es durch das Fehlen von ähnlichen Studien für dieses spezielle Medium

ist eine individuelle Anpassung an das Fulldome-Medium sinnvoll. Auch dürfte eine Anpassung der Methode an die Forschungsfrage hilfreich sein. Dieses Vorgehen wird im kommenden Kapitel bei der Herleitung der Forschungsansätze diskutiert.

Nützlich ist sicherlich auch die in verschiedenen Quellen bereits genannte Voruntersuchung durch einen Tendency-Fragebogen zur besseren Einschätzung der jeweiligen Probanden.

6.6 Immersionserfassung und Fulldome-Inhalte

Bislang wurde nur diskutiert, welche Methoden sich für das Fulldome-Medium eignen, jedoch stellt sich die bereits in 6.4 aufgeworfene Frage nach den verwendeten Inhalten für Messungen auch in Fulldome-Umgebungen. Dass Immersion prinzipiell ein durch multimodale Reize hervorgerufenen Erlebnis ist, wird in Fulldome-Umgebungen besonders deutlich. Die verschiedenen Einflüsse durch die Konstruktion der Kuppel und des Zuschauerraumes wurden oben bereits diskutiert. Wenn auch noch unterschiedlicher Inhalt Verwendung findet, wird die Entscheidung schwierig, welche Elemente einer Fulldome-Show genau für Immersion verantwortlich gemacht werden können.

Das Ändern der Inhalte stellt die einzige Möglichkeit dar, Einfluss auf die Voraussetzungen für Immersion für alle Zuschauer zu nehmen.⁶ Alle weiteren

⁶Natürlich gibt es weitere Einflüsse. Als Beispiele seien die Position des Sitzplatzes in der Kuppel, die Anzahl weiterer Zuschauer oder die psychologischen Voraussetzungen, die der jeweilige Zuschauer mitbringt. All diese Dinge kann man zwar während einer Studie beeinflussen

Möglichkeiten würden einen Umbau der Fulldome-Kuppel erfordern und sind damit in der Regel nicht praktikabel.

Zu den Elementen einer Show gehören Standbilder, kuppelfüllendes Video, Echtzeit-Visualisierung, interaktive Anwendungen und Ton. Ein vollständiger Test unter Berücksichtigung all dieser Elemente ist vom Prinzip her nicht sinnvoll, da sich die Inhalte von kuppelfüllendem Video und Echtzeit-Visualisierung nicht zwingend unterscheiden müssen. Es ist durchaus möglich, visuell gleiche Ergebnisse mit unterschiedlichen Möglichkeiten des Bildgenerators zu erzeugen. Für die Auswahl des Content müssen also andere Aspekte berücksichtigt werden.

Es wäre eine Einschränkung auf bestimmte Genres denkbar, die für Fulldome-Shows typisch sind und die bereits in Kapitel 3 kurz vorgestellt wurden. Allersdings ist eine solche Untersuchung stets vom zu untersuchenden Produkt abhängig. Wird eine fertige Show untersucht, ist das Ergebnis der Untersuchung insbesondere interessant für den Produzenten. Auf Details hat man aber bei einer solchen Show keinen Einfluss, es sind die Inhalte zu verwenden, die der Produzent vorsieht. Eine für Immersionserfassung interessante Herangehensweise, in der Szenen teilweise geändert werden, um deren Einfluss auf die Wirkung zu bestimmen, sind durch knappe Produktionsbudgets nicht realisierbar oder vom Produzenten nicht gewünscht. Erschwerend kommt hinzu, dass fertige Shows als kuppelfüllendes Video ausgeliefert werden (s. Kapitel 2), so dass eine eigene nachträgliche Bearbeitung nicht möglich ist.

Um Flexibilität zu ermöglichen, empfiehlt es sich, zu untersuchende Szenen selbst zu erstellen. Dies bedeutet zwar einen nicht unerheblichen Produktionsaufwand, erlaubt aber das gezielte Untersuchen bestimmter Aspekte von Shows. Um eine Konzentration auf das Wesentliche zu ermöglichen, soll in dieser Arbeit eine Einschränkung auf visuelle Aspekte erfolgen, die für die Probanden nicht interaktiv sind. Auf diese Weise erhält man die Möglichkeit, kuppelfüllendes Video und Echtzeit-Visualisierung je nach Bedarf zu nutzen, um die Produktion im Aufwand zu begrenzen.

Die Einschränkung auf nicht-interaktive visuelle Aspekte von Fulldome ermöglicht weiter, die Untersuchung stark medienspezifisch zu führen und auf diese Weise konkrete Aspekte von Kuppelvisualisierung zu untersuchen. Dabei bzw. abfragen, es gibt aber kaum Möglichkeiten, diese Faktoren während eines Besuchs einer Fulldome-Umgebung, z. B. im Rahmen des öffentlichen Programms, zu verändern.

sind die Dinge interessant, die in professionell produzierten Shows besonders gut oder besonders schlecht wirken oder selten Verwendung finden. Mit dieser Motivation kann eine spezifische Szene für Fulldome konstruiert werden, in der die vermutlich verantwortlichen Aspekte isoliert betrachtet werden können. Die eigene Produktion einer solchen Szene erlaubt auch, eine Versuchsreihe durch Änderung bestimmter Aspekte der Szene zu erzeugen. So kann untersucht werden, warum oder wie bestimmte Visualisierungen gute oder schlechte Voraussetzungen für Immersion bieten. Das Resultat könnte eine Anleitung sein, die Produzenten von Fulldome-Shows Vorgehensweisen für das Optimieren von visuellen Eindrücken liefert. Die Optimierung kann sich dabei auf verschiedene Aspekte beziehen, beispielsweise auf räumliche Wirkung. Allerdings bedeutet dies auch eine starke Reduktion auf bestimmte Aspekte, so dass die Wirkung eventuell nicht so stark ist wie bei den ohne Einschränkungen produzierten Shows, die natürlich ganz anders wirken können.

6.7 Die Kuppel des Mediendoms Kiel

Da alle explorativen Studien im Rahmen dieser Arbeit in der Kuppel des Mediendoms Kiel stattfinden sollen, folgt nun eine kurze Beschreibung dieser Testumgebung. Der Fokus liegt dabei auf dem medienstrategischen Aufbau und den daraus resultierenden Effekten, die Immersion in dieser Kuppel unterstützen oder stören können.

Der Mediendom ist zusätzlich ein Beispiel für Fulldome-Umgebungen, so dass bei der Beschreibung häufig auf Kapitel 2 zurückgegriffen wird.

Der Mediendom ist die erste Fulldome-Umgebung Deutschlands und wurde 2003 im September eingeweiht. Hervorgegangen ist die Kuppel aus dem Kieler Planetarium, das bis 2002 bestand. Im Rahmen des Umzugs auf einen neuen Campus wurde das Planetarium als Teil der Fachhochschule Kiel neu gebaut und wird seitdem sowohl für öffentliche Vorstellungen als auch für Forschung und Lehre innerhalb der Fachhochschule genutzt.

Der Mediendom hat neun Meter Kuppeldurchmesser und 64 Sitzplätze, die konzentrisch angeordnet sind (s. dazu das Kapitel über Sitzanordnungen, insbesondere 2.2.1). Demzufolge ist die Kuppel ungeneigt. Es gibt keinen zentralen Sternenprojektor, sondern nur eine digitale Projektionsanlage mit sechs Projektoren (Projection Design F32) und einer resultierenden Auflösung von etwa

3000x3000 Pixeln. Fünf der Projektoren erzeugen das Bild am Horizont der Kuppel, Projektor 6 füllt den Zenit (den Bereich der Kuppelmitte ganz oben). Der Mediendom gehört also in die Klasse der Kuppeln mit Mehrkanalprojektionssystem, die generell in Kapitel 2.3.3 vorgestellt wurden. Das System Digistar 4 ist als Bildgenerator installiert. Der Mediendom nutzt damit die weltweit am häufigsten eingesetzte Bildgeneratorsoftware (Petersen, 2012, k. S.).

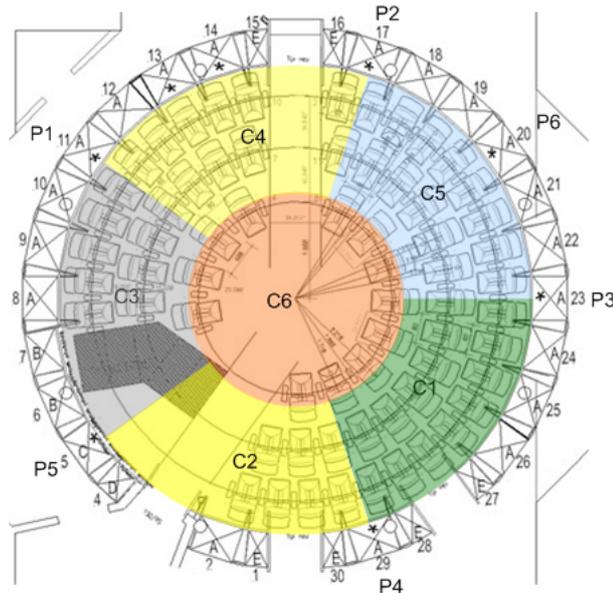


Abbildung 6.1: Projektorfelder (C1-C6) in der Kuppel des Mediendoms in der Draufsicht. Ebenfalls eingezeichnet sind die Positionen der Sitzplätze, des Schaltpultes (dunkelgrau) und die Position der Projektoren (P1-P6) in den Nischen am Kuppelrand.

Der große Vorteil des Mediendoms für Forschungszwecke ist das Fehlen eines zentralen Sternenprojektors und die daraus resultierende Begehbarkeit der Mitte des Kuppelraumes. Probanden können aus der Kuppelmitte die projizierten Inhalte unverzerrt betrachten.

6.7.1 Ausstattung im Detail

Im Folgenden soll am Beispiel der Ausstattung des Mediendoms erklärt werden, mit welchen medienstrategischen Mitteln Voraussetzungen für Immersion geschaffen werden.

- Der Mediendom verfügt über eine Leinwand aus perforiertem Aluminium, die einen Reflektionsgrad von 53% aufweist. In Kapitel 2.1 und Abbildung 2.2 wurde die Leinwand bereits vorgestellt. Die konzentrische

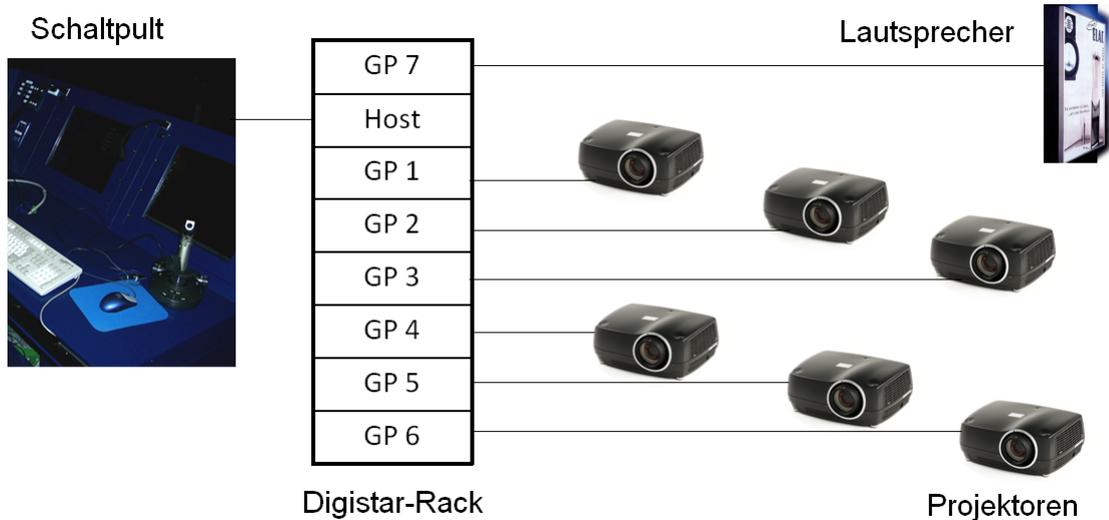


Abbildung 6.2: Bildgenerator des Digistar 4 im Mediendom. Die Graphics Processors (GPs) 1-6 erzeugen zusammen ein kuppelfüllendes Bild, der GP 7 ist für Tonausgabe zuständig. Die Steuerung des Host-Rechners erfolgt am Schaltpult (in der Kuppel).

Sitzanordnung ermöglicht multiple Blickrichtung der Zuschauer, es gibt also ähnlich wie in einer VR-Umgebung keine Frontrichtung, prinzipiell können Objekte in jeder Richtung dargestellt werden.

- Um Streulicht zu vermeiden, ist wie in einem Kinosaal die Ausstattung des Zuschauerraums dunkel und matt gehalten. Die Sitze sind dunkelblau, die Wände unterhalb der Projektionsfläche mit rauhem dunkelblauen Teppich bezogen. Die Projektornischen direkt unterhalb der Kuppel sind innen mattschwarz und außen verglast. Das Glas ist stark entspiegelt und getönt, um helle Reflektionen der projizierten Objekte zu vermeiden. Die Verglasung ist notwendig, um zu verhindern, dass die Lüftung der Projektoren im Zuschauerraum hörbar wird.
- Die Projektoren selbst erzeugen Streulicht, das durch helle Statusanzeigen oder lichtdurchlässige Lüftungsschlitze an den Geräten selbst entsteht. Um zu vermeiden, dass dieses Licht auf die Kuppel fällt und dass die Zuschauer direkt die hellen Projektoröffnungen sehen können, sind die sechs Nischen mit Projektoren noch zusätzlich mit schwarzem Dämmmaterial verkleidet. Dieses Material hat nur eine kleine Öffnung für den Lichtweg der Projektion (s. Abb. 6.3 und Abb. 6.4).



Abbildung 6.3: Sitze und Projektornischen im Mediendom Kiel. Deutlich ist eine fast vollständig verkleidete Nische zu erkennen, die einen der sechs Projektoren beinhaltet. Der obere helle Bildrand ist die Projektionsfläche.

- Alles, was sich hinter der lichtdurchlässigen Projektionsfläche befindet, ist mattschwarz lackiert, s. Abb. 2.1. Dazu gehören die Lautsprecher, die Wände des Gebäudes und die Tragekonstruktion, an der die Kuppel aufgehängt ist. Die Lackierung verhindert, dass das Licht der Projektion, das durch die Kuppel fällt, ein weiteres hinter der eigentlichen Projektionsfläche liegendes Bild erzeugt.
- Zur Vermeidung von Streulicht gehört auch noch ein sicherheitsrelevanter Punkt. Die beleuchtbaren Notausgangsschilder, die sich über Publikums- und Referierendeneingang befinden, wurden ausgeschaltet und leuchten nur noch im Störungs- oder Notfall.
- Zur Ausrichtung des Blickes sind die Sitze des Mediendoms neigbar. Die Zuschauer nehmen dadurch eine stark zurückgelehnte Position ein und können so einen Großteil der Kuppel betrachten. Die Sitze sind zusätzlich weich und bequem. Dies soll helfen, die haptischen Eindrücke möglichst gut zu ignorieren.
- Auch der Ton ist ein wichtiger Teil der Ausstattung einer Fulldome-Umgebung. Der Mediendom verfügt über eine individuell gefertigte Audioanlage mit 28 Lautsprechern und 7 Subwoofern, die hinter der (schall-

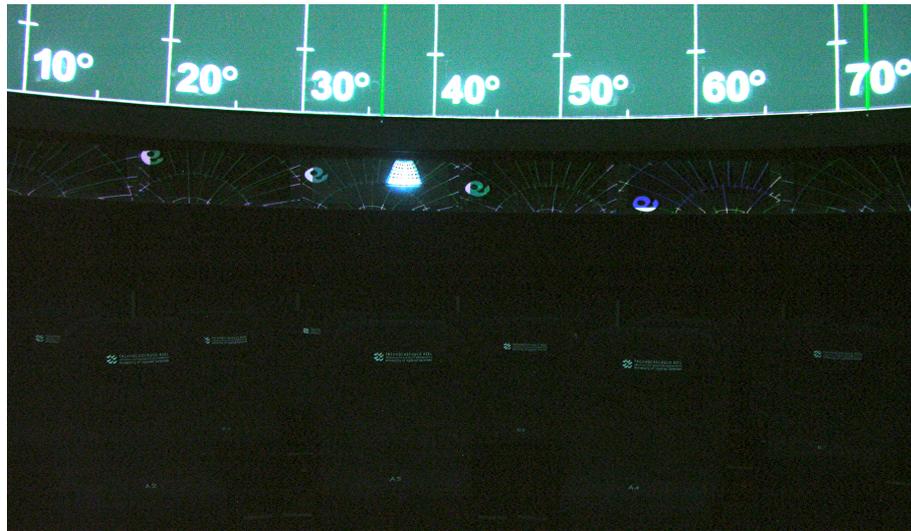


Abbildung 6.4: Sitze und Projektornischen im Mediendom Kiel, Projektion eines Justiergitters mit Gradzahlen. Diese Aufnahme ist länger belichtet, um Streulicht durch die Projektion sichtbar zu machen. Während die Wände und Sitze das Licht so gut wie nicht reflektieren, fällt eine leichte Spiegelung auf dem Glas der Nischen auf. Auffällig hell ist aber nur das Projektorlicht auf der Glasscheibe, die eigentliche Projektoröffnung ist nicht zu sehen.

durchlässigen) Kuppel angebracht sind. Mit dieser Anlage lässt sich umgebender Klang, also Surround-Sound in allen gängigen Formaten, wiedergeben.

- Zum Ton gehört aber auch das Ausschließen von Störgeräuschen. Die Gebäudewand hinter der Kuppel ist größtenteils mit einer (ebenfalls schwarzen) Schallisolierung verkleidet, um fremde Geräusche von außen zu dämpfen. Aus der Kuppel wurden zusätzlich alle lauten Geräuschquellen entfernt. Dazu gehören insbesondere die Zuspieldreher des Digistars, die wegen der lauten Lüfter in einem anderen Teil des Gebäudes in Serverräumen untergebracht sind. Ein weiteres Störgeräusch wird durch die Raumlüftung erzeugt, dieses ist aber so leise, dass es während einer Vorstellung nicht auffällt.

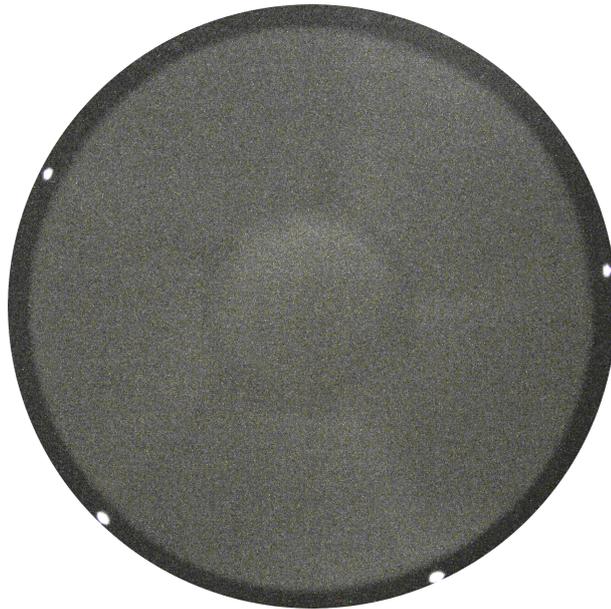


Abbildung 6.5: Mediendom Kiel, Projektion einer leeren Szene, 180°-Fisheye-Fotografie. Obwohl die Kuppel schwarz sein sollte, sind die Grenzen der Projektorfelder und die Übergänge sichtbar, insbesondere der Zenitprojektor fällt auf. Zur Verdeutlichung des Effektes wurde sehr lange belichtet und die Aufnahme nachträglich stark aufgehellt. Am Rand ist das Licht einiger Projektoröffnungen auf der Glasscheibe der Nischen zu sehen.

6.7.2 Störfaktoren

Obwohl die Konstruktion des Mediendoms die Zuschauer beim Wahrnehmen unterstützt und medienstrategisch durchdacht ist, gibt es einige Störfaktoren. Diese sind häufig prinzipieller Natur und deshalb nur schwierig vermeidbar.

- Im Mediendom ist das Schaltpult eine deutlich sichtbare Lichtquelle. Auf dem Schaltpult befinden sich vier Bildschirme, über die sich der Digistar und die Haustechnik steuern lassen. Da diese LCD-Bildschirme über Hintergrundbeleuchtung verfügen, ist eine Grundhelligkeit nicht vermeidbar. Die Bildschirme können aber gedimmt werden, so dass das Licht nur bei dunklen Szenen auffällt.
- Zu den Störquellen gehören auch verschiedene Zustände der Projektion. Ist die virtuelle Szene im Digistar leer, sollte die Kuppel schwarz erscheinen. Da die Projektoren mit DLP-Technik arbeiten, verfügen sie über Hintergrundlicht. Dieses wird bei völliger Dunkelheit als graue Fläche sicht-

bar. Um Überschneidungen der Projektorfelder und damit einen Zuwachs an Helligkeit in den Überlappungsbereichen zu vermeiden, wurden die Projektoren gründlich abmaskiert. Da die Maskierung manuell erfolgt, ist nur ein bestimmter Grad an Genauigkeit möglich, so dass die Übergänge sichtbar werden (s. dazu Abb. 6.5). Beim Zenitprojektor kommt erschwerend hinzu, dass die eine Seite seines Bildes dichter am Projektor ist als die andere. Auf diese Weise entsteht ein Helligkeitsverlauf, der sich in Bezug auf dargestellte Inhalte per Software herausrechnen lässt, bei dunklem Bild aber auffällt⁷.

Die komplett unbespielte Kuppel ist aber kein Normalfall während einer Show. In der Regel tritt dieser Zustand nur auf, wenn die Kuppel durch andere Lichtquellen beleuchtet ist, z. B. beim Einlass des Publikums.

- Ein weiterer Störfaktor kann die Projektorjustierung sein. Wenn die einzelnen Projektoren an ihren Grenzen nicht genau übereinander projizieren, kann dies bei bestimmten Anwendungen auffällig werden. Dazu gehören die Darstellung von geometrischen Figuren mit geraden Linien oder die nur wenige Pixel großen Sterne. In beiden Fällen wird im Übergangsbereich eine um wenige Pixel verschobene Doppelung sichtbar.
- Als weiterer Störfaktor der Projektion sei das Streulicht genannt. Durch die kuppelförmige Projektionsfläche wird das projizierte Licht diffus reflektiert und hellt andere Bereiche auf. Dies führt zu einem starken Kontrastverlust (s. Abb. 6.6). Insbesondere bei Tageslichtszenen mit hellen Wolken kann die Darstellung der Landschaft sehr leiden. Claude Ganter (2012) zeigt, dass im Fall von Landschaftsaufnahmen der resultierende Kontrast bis auf 19:1 heruntergehen kann (Ganter, 2012, vergl. S. 10). Trotz des niedrigen Kontrastes nimmt die Helligkeit insgesamt zu, da das Licht immer wieder gestreut wird.
- Eine zu helle Darstellung macht die Strukturen der Kuppelkonstruktion sichtbar, die bereits in Abb. 2.2 gezeigt wurde. Die kleinen Absätze oder

⁷Erschwerend kommt hinzu, dass die Projektorglühlampen mit zunehmender Laufzeit dunkler werden. Dies ändert nicht nur die Farbbalance, sondern führt unter anderem dazu, dass beim Ausfall einer Glühlampe alle Glühlampen in allen Projektoren (insg. 12 Stück) getauscht werden müssen, um eine konsistente Helligkeit aller Projektoren zu erreichen. Im Normalfall müssen die Glühlampen ca. alle 2000 Betriebsstunden getauscht werden. Mit etwa 500 Euro pro Glühlampe ist dies ein nicht zu unterschätzender Kostenfaktor.

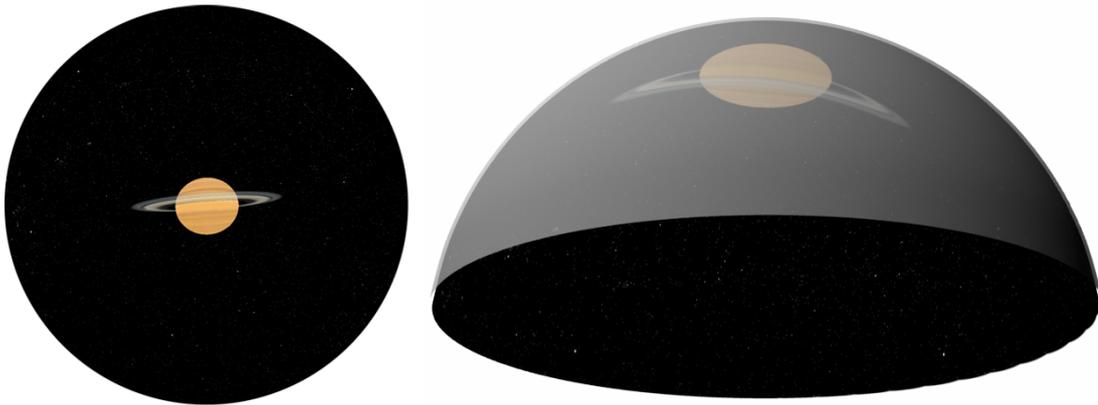


Abbildung 6.6: Streulicht und Kontrastverlust durch Projektion heller Objekte. Durch das helle Objekt im Zenit kommt es zu einem starken Kontrastverlust in der restlichen Darstellung, so dass in diesem Beispiel nur noch die hellsten Sterne erkennbar wären.

Nähte der Segmente erzeugen winzige Schatten, die häufig kleiner als ein Pixel der Projektion sind. Dies hat zwei Auswirkungen: zum einen wirkt die Projektion leicht unscharf, da die linienförmigen Schatten vermeintlich eine deutlich höhere Auflösung haben. Zum anderen sind die Schatten nur wenige Meter von den Zuschauern entfernt und damit noch in einer Entfernung, in der die visuelle Wahrnehmung Tiefenhinweise aus der Information beider Augen extrahieren kann⁸. Die resultierenden Tiefeninformationen sind nicht Teil dargestellten Szene und stören die räumliche Illusion.

- Zu den weiteren Störfaktoren gehören insbesondere Geräusche, die sich nicht durch Schallisolierung dämpfen lassen. Dazu gehören laute Außengeräusche wie zuschlagende Türen oder Geräusche durch das Publikum, sowohl in der Kuppel als auch weitere Besucher vor der Eingangstür.
- Die Kuppelform wirkt sich auch auf den Ton aus, so dass die Richtungsbestimmung von Tonquellen der Surround-Anlage bei bestimmten Fre-

⁸Die Entfernungen, in denen Stereo-Sehen der Orientierung im Raum hilft, also Disparitäten vom Wahrnehmungssystem interpretiert werden, sind in jeder Quelle anders angegeben (Tauer (2010), vergl. S. 28 und S. 39 bzw. Mendiburu (2009), S. 21). Die Entfernung des Zuschauers zur Projektionsfläche im Mediendom ist so gering, dass davon ausgegangen werden muss, dass tatsächlich visuelle Stereo-Information ausgewertet wird. Anders ist dies in großen Kuppeln wie dem Planetarium Hamburg, das mit ca. 21 Metern Durchmesser am äußeren Grenzbereich von Stereowahrnehmung liegt.

quenzen schwierig ist. Zusätzlich erzeugen die Bassfrequenzen stehende Wellen, so dass auf einigen Sitzplätzen viel, auf anderen wenig Bass zu hören ist.

- Die letzte Kategorie der Störquellen können die Sitze sein. Obwohl sie bequem konstruiert sind, wird dies nicht von allen Besuchern so wahrgenommen. Insbesondere ist den Rückmeldungen von Besuchergruppen zu entnehmen, dass unterschiedlich große Menschen die Sitze unterschiedlich bequem finden.
- Der Hauptkritikpunkt an der Sitzen ist aber die Ausrichtung. Die Sitze ermöglichen das zurückgelehnte Betrachten der Kuppel, motivieren aber nicht, sich herumzudrehen. Wie oben erwähnt, bedeutet eine konzentrische Sitzanordnung, dass Objekte überall in der Kuppel projiziert werden könnten. Die Zuschauer wären im Sinne einer Blickführung zu motivieren, Objekten zu folgen so und die gesamte Szene wahrzunehmen. Dazu müssten sie sich herumdrehen, allerdings unterstützen die Stühle diese aktive Form des Rezipierens nicht. Die Lösung des Problems wäre drehbare Bestuhlung. Allerdings benötigt ein drehbarer zurückgelehnter Sitz viel Platz, da er möglichst nicht mit anderen Stühlen zusammenstoßen sollte⁹. Die mögliche Anzahl Sitzplätze müsste drastisch reduziert werden.

⁹Im Planetarium Münster ist eine Bestuhlung aus drehbaren und neigbaren Sitzen installiert. Sind die Sitze zurückgelehnt, können Sie bei Drehung aber mit den Nachbarsitzen verkanten und sind dann nicht mehr drehbar. Dies erzeugt eine starke haptische Störung, das Planetarium Münster ist also zu eng bestuhlt.

Kapitel 7

Produktion und Durchführung der Studien

Das folgende Kapitel befasst sich mit dem praktischen Teil der Arbeit. Nach einigen grundsätzlichen Überlegungen werden die Motivationen für die Erhebungen, die Produktion der Versuchsreihen, die Durchführung der explorativen Studien samt der verwendeten Methoden und die Ergebnisse vorgestellt. Die erhobenen Daten sind auf dem beiliegenden Datenträger zu finden.

7.1 Vorüberlegungen

Bei der Auswahl der möglichen Fragestellungen kann nur auf die schon genannte Literatur zurückgegriffen werden, denn für das Fulldome-Medium ist noch keine unabhängige Medienrezeptionsforschung durchgeführt worden.

Daher ist es wichtig, die Erkenntnisse aus den vorherigen Kapiteln mit praktischer Erfahrung in einer Fulldome-Umgebung zu kombinieren.

Wie in 6.6 ausgeführt, bildet die Kenntnis vieler professionell produzierter Fulldome-Shows eine gute Grundlage, um einen Eindruck davon zu bekommen, welche Visualisierungen Verwendung finden und ob sie Immersionserleben unterstützen. Die in diesem Kapitel beschriebenen explorativen Studien erhielten ihre Motivation aus solchen Beispielen. Da die Ausschnitte aus Shows häufig zu kurz sind oder den Effekt nur in Kombination mit anderen Eindrücken liefern, ist es wichtig, den zu untersuchenden Effekt zu isolieren. Das kann nur funktionieren, wenn eine ähnliche Szene eigens produziert wird, die nur diesen Effekt zeigt. Die eigene Produktion erlaubt zusätzlich das Modifizieren bestimmter Parameter im Sinne der Forschungsfrage. Allerdings steht zu

erwarten, dass die starke Reduktion von Eindrücken wenig Reaktionen für physiologische und verhaltensbasierte Methoden erzeugt, da die Ansprache nicht mehr multimodal erfolgt wie in einer vollständigen Show. Da aber noch keine Studien zu Immersion in Fulldome-Umgebungen durchgeführt wurden, scheint zunächst ein konservativer Ansatz sinnvoll.

Ein besonderer Schwerpunkt scheint dabei auf räumlicher Illusion zu liegen. Besonders stark wirkende Szenen enthalten achterbahnartige Bewegungen durch den Raum. Grundsätzlich scheinen aber alle Bewegungen der Kamera geeignet zu sein, die Bewegungsparallaxe gut sichtbar zu machen. Es wird von verschiedenen Quellen aus dem Bereich der Wahrnehmungspsychologie bestätigt, die unterstreichen, dass (neben dem für Fulldome-Umgebungen irrelevanten Stereo-Sehen) Bewegungsparallaxe ein starker Indikator für räumliche Wahrnehmung ist (vergl. Schönhammer (2009), S. 169f., Tauer (2010), S. 51f. oder Palmer (1999), S. 225ff.). Andere Hinweise auf die Tiefe des Raumes können aber genauso notwendig oder hilfreich sein. Dazu gehören insbesondere die Verdeckung (Ware, 2012, S. 271), aber auch die Entfernung von Objekten vom Horizont (der Szene, nicht der Kuppel), linearperspektivische Bildinformation, die Verfärbung von Objekten ins bläuliche durch die Filterung der Atmosphäre und der Texturgradient, also die mit zunehmender Entfernung kleiner werdende Staffelung von Oberflächenstrukturen (vergl. wieder Schönhammer (2009), ebd. oder Tauer (2010), S. 45ff.). Diese Indikatoren werden unter dem Begriff „monokulare Tiefenhinweise“ zusammengefasst.

Die Vorgehensweisen zur räumlichen Ausgestaltung von Szenen scheint also durch diese Möglichkeiten klar spezifiziert. Im Hinblick auf die Anwendung in einer Fulldome-Umgebung müssen diese aber um kuppelspezifische Eigenschaften von Visualisierungen ergänzt werden.

Die räumliche Wirkung ist dann am stärksten, wenn sich die virtuelle Szene nicht an der Kuppelform der Leinwand orientiert, sondern ein beliebiger Raum dargestellt wird. Hier werden alle Tiefenhinweise gebraucht, die eine Szene bieten kann, um die Halbkugelform der Projektion vom Inhalt deutlich zu trennen. Im Idealfall wirkt die Illusion so stark, dass sich die Kuppelform scheinbar auflöst und sich der virtuelle Raum über dem Betrachter öffnet.

Einer der wichtigen Störfaktoren aus 6.7.2 ist das Streulicht, das der räumlichen Wirkung von Fulldome-Projektion entgegenwirkt. Zum einen geschieht dies durch den Verlust von Kontrast, der gerade bei dunklen Hintergründen für

eine Aufhellung sorgt, zum anderen wird die Kuppelform selbst sichtbar, die ihrerseits Tiefenhinweise liefert. Bei dieser Überlegung wird besonders deutlich, dass die Kombination aus Reflektionsgrad der Kuppel, Helligkeit der Projektoren und der verwendeten Inhalte darüber entscheiden, wie stark sich die Illusion entfalten kann (vergl. Ganter, 2012). Natürlich hat man i. d. R. keinen Einfluss auf eine einzelne Kuppelumgebung, sondern nur auf die Inhalte.

Szenen wirken also besonders stark, wenn die Kuppel möglichst wenig aufgehellt wird. Dieser Anforderung werden alle Szenen mit dunklem Hintergrund und hartem Kontrast gerecht. Insbesondere die Darstellung des Sternenhimmels (also helle Punkte auf schwarzem Grund) erfüllt diese Kriterien. Wird der Sternenhimmel mit einer Kamerafahrt durch den interstellaren Raum kombiniert, erzeugen die unterschiedlichen Entfernungen der Sterne eine starke Bewegungsparallaxe, die sofort ein räumliches Verständnis erzeugt und die Kuppelform scheinbar verschwinden lässt, so dass die räumliche Illusion sehr stark wirken kann.

7.2 Studie 1: Wirkung von Projektion auf kuppelförmige Leinwand

Eine der typischen Eigenschaften von Fulldome-Umgebungen ist die halbkugelförmige Projektionsfläche. Aus dieser Form ergeben sich einige besondere Eigenschaften, die sich auf die Wahrnehmung der projizierten Inhalte auswirken könnten.

Dabei soll im Folgenden davon ausgegangen werden, dass es sich bei den Visualisierungen um diejenigen handelt, welche monokulare Tiefenhinweise stark ausnutzen, um einen virtuellen Raum aufzuspannen, der unabhängig von der Kuppelform ist.

Für Objekte in solch einem Raum gilt eine besondere Projektionseigenschaft. Hat das Objekt eine bestimmte Größe, wird für alle Personen außerhalb des Kuppelmittelpunktes deutlich, dass die Projektion auf eine gekrümmte Fläche erfolgt. Zur Verdeutlichung kann Abbildung 7.1 herangezogen werden. Das Objekt erscheint nur aus der idealen Beobachterposition unverzerrt, die in der Kuppelmitte liegt, ca. 2,30 Meter über dem Boden, auf Höhe des Horizontes. Dort befindet sich auch die virtuelle Kamera in der Szene, deren Sicht

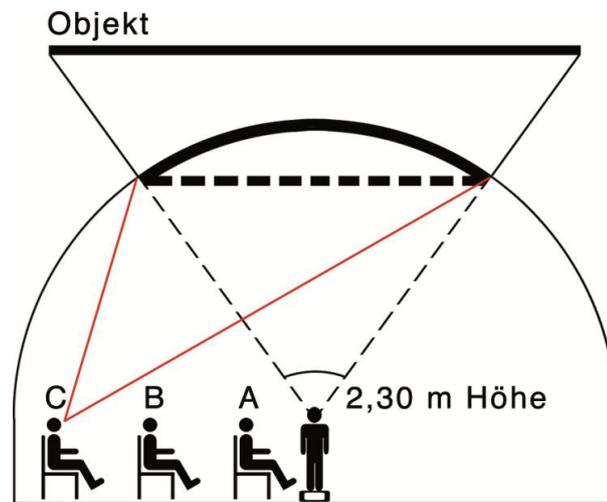


Abbildung 7.1: Sicht aus unterschiedlichen Positionen in einer Fulldome-Umgebung. Das Objekt wird auf die Kuppel projiziert (durchgezogene schwarze Linie). Der ideale Betrachtungspunkt ist in der Kuppelmitte auf Horizonthöhe (2,30 Meter). Dort erscheint das Objekt wie durch die gestrichelte schwarze Linie angegeben. Personen in den Sitzreihen schauen jedoch schräg auf die gekrümmte Projektion.

auf die virtuelle Szene in der Kuppel dargestellt wird, als wäre sie mit einer 180°-Fisheye-Linse ausgerüstet.

Aus jeder anderen Position muss der Blick verzerrt erscheinen, denn man sieht nicht die eigentliche Position des Objektes, sondern die aus Sicht der Kamera auf die Kuppel projizierte Form. Aufgrund der Krümmung der Leinwand kann dadurch auch die Form des Objektes gekrümmt erscheinen. Es steht zu erwarten, dass der Krümmungsgrad zunimmt, je weiter in Richtung Kuppelrand man sich befindet.

Da dies ein prinzipielles Problem von Fulldome-Umgebungen ist, stellt sich die Frage, ob es von den Zuschauern wahrgenommen bzw. sogar als störend empfunden wird.

7.2.1 Motivation

Zur Verdeutlichung der Problematik sollen zwei Beispiele aus Fulldome-Shows genannt werden. Das erste stammt aus der Show „Augen im All“ (ESA, D 2009), in der zwei Satellitenmissionen der europäischen Weltraumagentur ESA vorgestellt werden. Ein Raketenstart wird gezeigt, und die Rakete zieht über den

Himmel. Als längliche zylindrische Form wirkt sie auf den Betrachter stark gekrümmt (s. Abb. 7.2).

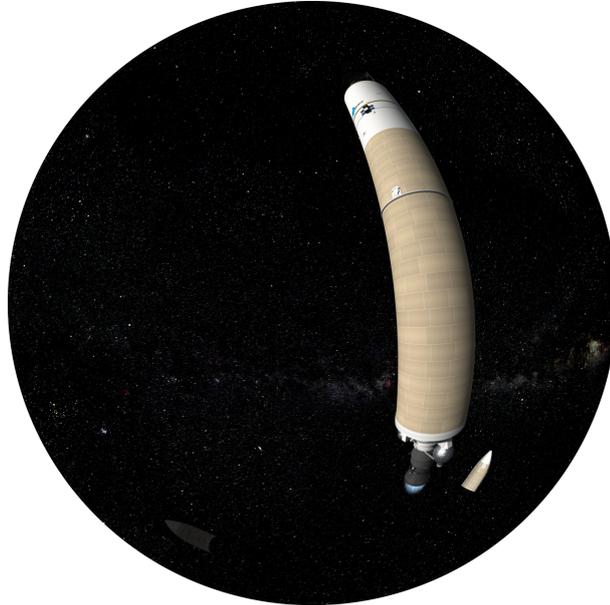


Abbildung 7.2: Ariane-Rakete aus der Show „Augen im All“.

Hier stellt sich die Frage, ob der Effekt durch eine Größenänderung oder die Wahl einer anderen Flugbahn hätte vermieden werden können.

Erstaunlicherweise muss die Größe eines Objektes nicht zwingend etwas mit starker Krümmung zu tun haben. Dies zeigt die Show „Einstein und die schwarzen Löcher“ (Planetarium Bochum, Mediendom Kiel, SoftUp GbR, D 2005), in der eine Drahtgitterebene als zweidimensional reduziertes Modell des Universums gezeigt wird. Mit Hilfe dieser Ebene sollen Einsteins Theorien der Raumkrümmung durch Gravitationsfelder erläutert werden (s. Abb. 7.3).

Obwohl sich die Ebene fast über die gesamte Kuppel erstreckt und die Kamera unterschiedliche Blickwinkel annimmt, tritt nur selten das Gefühl eines gekrümmten Objektes auf. Es liegt die Vermutung nahe, dass dies mit der Form oder mit der Textur des Objektes verbunden sein könnte. Durch die Drahtgittertextur könnte der Effekt des Texturgradienten eine Rolle spielen, zusätzlich könnten die Winkel zwischen den Linien eine Art Hilfskonstruktion erlauben, da sie als rechtwinklig verstanden werden können, selbst wenn sie aufgrund der Sitzposition als nicht rechtwinklig wahrgenommen werden.

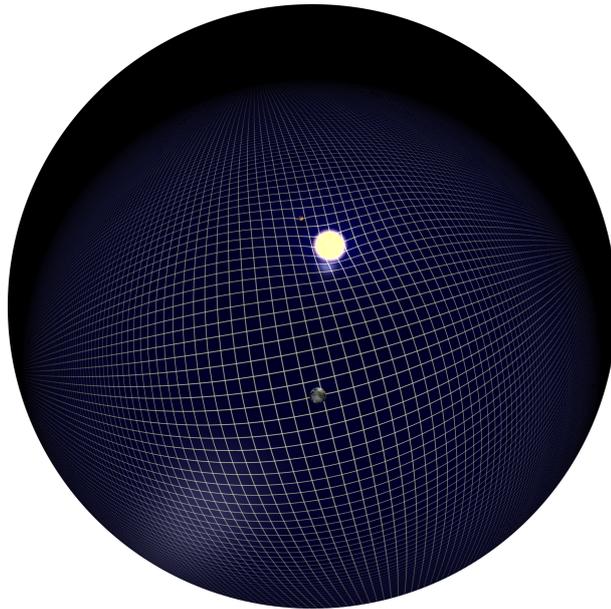


Abbildung 7.3: Zweidimensionaler Raum aus der Show „Einstein und die schwarzen Löcher“ (D 2009).

7.2.2 Vorüberlegungen

Die Beispiele motivieren das Testen von Größe, Aussehen und Bewegung verschiedener Objekte, darunter sicherlich eine texturierte Ebene und ein Zylinder. Denkbar wäre aber, dass auch andere Objekte geeignet sind, so dass Tests im Vorfeld mit verschiedenen Formen und Bewegungen durchgeführt wurden, deren Ergebnisse zur Auswahl der Objekte und dem Aufbau des finalen Versuchs geführt haben.

Durch diese Tests im Vorfeld wurde schnell klar, dass nicht alle Objekte in Bezug auf den wahrgenommenen Grad der Krümmung gleich wirken. Sowohl die Größe bzw. die Nähe eines Objektes zur Kamera als auch die Beschaffenheit der Oberfläche erzeugen unterschiedliche Wirkungen. Der Grad der wahrgenommenen Krümmung hängt also von deutlich mehr Faktoren ab als von der Position des Betrachters in der Kuppel.

Ein wichtiger Punkt ist die projizierte Länge eines Objektes auf der Kuppel. Damit ist nicht die Länge selbst gemeint, sondern die Darstellung des Objektes aufgrund seiner Position und Ausrichtung. So kann ein langer Zylinder kurz wirken, wenn er sich auf die Kamera zubewegt oder sich entfernt, weil man

dann auf das Ende des Zylinders schaut. Bewegt sich der Zylinder an der Kamera vorbei, werden die langen Linien deutlich.

Um zu testen, ob linienartige Strukturen auf der Oberfläche eines Objektes die Wahrnehmung beeinflussen, scheint es sinnvoll zu sein, verschiedene Oberflächeneigenschaften zu testen. Um möglichst alle Fälle abzudecken, können sowohl texturierte Oberflächen als auch Drahtgitter- und Punktdarstellungen getestet werden.

Da sich die Objekte in den beiden Show-Beispielen bewegen, ist zu empfehlen, dass sich auch die im Versuch verwendeten Objekte bewegen. Da aber nicht klar ist, wie stark die Bewegung das Wahrnehmen von Krümmung beeinflusst, sollen auf jeden Fall auch stillstehende Objekte getestet werden.

Außerdem stellt sich die Frage, in wieweit sich die Geschwindigkeit von Objekten auswirkt. Es ist nicht klar, wie stark die Geschwindigkeit die Wahrnehmung einer Krümmung verringert. Im Vergleich dazu werden bei einem stillstehenden Objekt sicherlich ungünstige Effekte irgendwann deutlich, da es lange betrachtet werden kann. Aus der Fragestellung nach Bewegung der Objekte folgt weiterhin, dass verschiedene Geschwindigkeiten getestet werden müssten. Um die Anzahl der Testreihen möglichst gering zu halten, sollen aber nur stille und mit einer festen Geschwindigkeit bewegte Objekte getestet werden.

Neben Bewegung und Oberflächeneigenschaften ist weiterhin zu überlegen, welche Objekte oder Objektformen getestet werden sollen. Es wurden verschiedene Objekte in Vorversuchen ausprobiert, 2D-Flächen, Quader, Zylinder und sogar ein 3D-Modell eines menschlichen Körpers. Dabei wurde deutlich, dass flache Quader und Ebenen von unten betrachtet ein sehr ähnliches Aussehen haben und daher nur eine der beiden Möglichkeiten getestet werden muss. Andere Effekte ergaben sich bei einem Vortest mit dem 3D-Menschen. Die Vermutung, dass bei einem komplexen Modell Verzerrungen durch die Projektion weniger auffallen, konnte nicht bestätigt werden. Zusätzlich erschien die Veränderung der Oberflächeneigenschaften eines Menschen sehr unnatürlich, so dass sich dieses Objekt als eher ungeeignet für Tests herausstellte.

Für eine natürliche Wirkung soll eine virtuelle Lichtquelle zum Einsatz kommen, die etwas seitlich der Kamera positioniert werden soll. Dadurch kann die Kamera sowohl den beleuchteten Teil als auch einen unbeleuchteten Bereich des Objektes abbilden, und die Räumlichkeit des Objektes mit lichtzu- und abgewandten Seiten wird verstärkt.

Anders ist dies bei flachen Objekten. Durch den flachen Winkel, mit dem das Licht auf weiter entfernt liegende Bereiche des Objektes trifft, sind diese sehr dunkel und eventuell in der Kuppel nicht mehr sichtbar. Dadurch können Bereiche des Objektes, die möglicherweise als gekrümmt wahrgenommen werden, im Dunkel verschwinden. Um dies zu verhindern, soll die Szene beim Test von 2D-Flächen überall gleich stark beleuchtet werden, also 100% ambientes Licht¹ bekommen.

Zuletzt soll die Farbigkeit der Objekte und der Aufbau der Szene betrachtet werden. Um wenig Streulicht zu erzeugen, sollen die Objekte möglichst dunkel gehalten werden. Aus diesem Grund ist für die Drahtgitter- und Punktdarstellung eine rötliche Färbung empfehlenswert. Der Hintergrund kann dann einfach schwarz sein. Es ist zu erwarten, dass diese Farbgestaltung den besten Effekt hat, da die Kuppelform selbst kaum sichtbar wird und dadurch keine störende Tiefeninformationen auftreten. Für die texturierte Oberfläche der Objekte können dunkle Grautöne mit einer Struktur Verwendung finden, die eine Annäherung an eine Raketenoberfläche erlaubt. Eine Oberflächenstruktur ist empfehlenswert, denn ein einfarbiges Objekt macht Größen- und Bewegungsinformation nur schwierig zugänglich, da es keinen Texturgradienten geben kann.

7.2.3 Produktion

Für jede Objektform (2D-Fläche und Zylinder) sollen vier Oberflächeneigenschaften getestet werden: solide Oberfläche mit dunkelgrauer Textur, Drahtgitterdarstellung, unterbrochenes Drahtgitter und Punktdarstellung. Das unterbrochene Drahtgitter wurde hinzugefügt, um den großen Schritt von vollständigem Drahtgitter zu den Punkten der Objektdefinition mit einer mittleren Position zu versehen (s. Abb. 7.4).

Mit den zuvor getätigten Überlegungen ergeben sich die folgenden Testaufgaben, deren Ablauf und Produktion im Folgenden beschrieben werden soll.

- Änderung von Größen: eine 2D-Fläche wird im Zenit positioniert und waagrecht ausgerichtet. Die Aufgabe startet mit einer relativ kleinen Skalierung, skaliert dann in zwei Schritten größer und danach in weiteren

¹Das Licht kommt also nicht aus einer Lichtquelle, sondern ist überall gleich und kommt aus allen Richtungen. Technisch realisiert wird dies durch Addition des ambient-Wertes auf den Shaderwert. Damit wirft dieses Licht auch keinen Schatten (vergl. Bungartz et al., 1996).

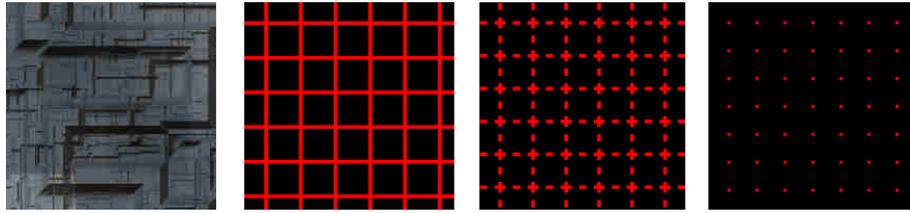


Abbildung 7.4: Die vier Oberflächeneigenschaften in kleinen Ausschnitten.

zwei Schritten wieder auf die Ausgangsgröße zurück. Um den Probanden Zeit zu geben, die Beobachtungen aufzuschreiben, soll nach jeder Größenänderung eine Pause eingefügt werden, so dass interaktiv bestimmt werden kann, wann die nächste Größenänderung auftritt. Dieser Aufgabenblock wird mit allen vier Oberflächeneigenschaften durchgeführt.

- Bewegung von 2D-Flächen: das Objekt wird wie beim ersten Aufgabenblock waagrecht über der Kuppel positioniert, bewegt sich aber gleichmäßig über der Kamera in eine Richtung. Auch dieser Aufgabenblock wird mit allen vier Oberflächeneigenschaften durchgeführt.
- Bewegung von 3D-Objekten: als Testobjekt wird ein Zylinder verwendet. Um Größenänderungen zu testen, fliegt der Zylinder in drei verschiedenen Abständen waagrecht über die Kamera. Um den Einfluss von Bewegungskomplexität zugänglich zu machen, bewegt sich der Zylinder im ersten Fall nur in seine Flugrichtung. Im zweiten Fall liegt der Zylinder nicht direkt auf der Flugbahn, sondern dreht sich um einen Ankerpunkt, der auf der Flugbahn und damit nicht innerhalb des Zylinders liegt. Das Resultat ist eine um die Flugbahn kreisende Bewegung. Auch dieser Aufgabenblock wird mit allen vier Oberflächeneigenschaften getestet.

Die Produktion des Zylinders erfolgt mit dem Programm 3ds Max². Für die Drahtgitter- und Punktdarstellungen des Zylinders wurde jeweils ein eigenes Modell gefertigt, um die Innenseite des Objektes sichtbar zu machen. Die Modelle wurden im .FBX-Format exportiert, um sie für Digistar 4 kompatibel zu machen. Die Texturierung erfolgte im Digistar 4 selbst.

²Autodesk 3ds Max, siehe <http://www.autodesk.com/products/autodesk-3ds-max/overview> (abgerufen am 21.9.2013).

Die Produktion der Texturen erfolgte in Photoshop³. Um möglichst viele Details zugänglich zu machen, erfolgte die Produktion in 4k, also mit einer Auflösung von 4096×4096 Pixeln.

Im Detail soll nun die Einbindung in Digistar 4 beschrieben werden. Aufgrund der verteilten Berechnung des Kuppelbildes auf mehreren Computern (GPs) ist es empfehlenswert, die Inhalte vorher auf die Festplatten der einzelnen GPs zu kopieren, um die Zugriffszeiten zu optimieren. Die Inhalte sollen dann alle in der gleichen Ordnerstruktur am gleichen Platz zu finden sein. Der Digistar 4 nutzt zur Kennzeichnung dieses Ortes eine Umgebungsvariable `$Content`. In den Unterverzeichnissen von `$Content` befinden sich dann die Objekte und Texturen und können von dort eingeladen werden.

Sowohl das Einladen als auch das Positionieren und Bewegen von Objekten geschieht in einer zeitgesteuerten Skriptsprache, „Digistar 4 Script“, deren Grundbefehle im folgenden kurz erläutert werden sollen.

Digistar-Script ist zeitabhängig. Dies äußert sich in Zeitangaben am Anfang der Zeile. Steht dort einfach eine Zahl, ist diese Zeitangabe in Sekunden zu verstehen und bedeutet eine absolute Zeitangabe seit Anfang des Skriptes. Steht ein + vor der Zeitangabe, ist diese relativ. Steht beispielsweise +5 vor einer Zeile, wird dieser Befehl fünf Sekunden später als der vorherige ausgeführt. Steht keine Zeitangabe vor einer Zeile, wird der Befehl zeitgleich mit dem der darüberliegenden Zeile ausgeführt.

Ein Befehl in Digistar-Script besteht grundsätzlich aus folgenden drei Teilen: Objektname, Befehl oder Attribut, Parameter. Der `is`-Befehl definiert dabei neue Objekte entweder als Instanz einer Klasse oder lädt bei Angabe einer Datei gleich die 3D-Struktur in den Speicher. Wird beispielsweise eine `.FBX`-Datei angegeben, wird ein Objekt vom Typ `solidModelClass` erzeugt.

Ist das Objekt geladen, kann eine Positionierung mit dem `position`-Befehl erfolgen, dessen drei Parameter die Werte von `x`, `y` und `z` im kartesischen Koordinatensystem in Metern bezeichnen und der im Programm mit `pos` abgekürzt werden kann. Das Zentrum des Koordinatensystems ist bei Systemstart in der Mitte der Kuppel und ändert sich nur dann, wenn die Kamera (`eye`) bewegt wird.

³Adobe Photoshop, siehe <http://www.adobe.com/products/photoshop.html> (abgerufen am 21.9.2013).

Das Objekt kann ebenfalls gedreht (ausgerichtet) werden, dafür wird der Befehl `attitude` (kurz: `att`) verwendet. Seine drei Parameter bezeichnen das Drehen in `heading` (z-Achse), `pitch` (x-Achse) und `roll` (y-Achse) und auch in dieser Reihenfolge ausgewertet. Die Einheit ist Grad.

Als dritte der drei Grundtransformationen von Objekten steht auch im Digistar die Skalierung zur Verfügung, dafür wird der Befehl `scale` (kurz: `sca`) verwendet. Seine drei Parameter bezeichnen das Skalieren auf den drei kartesischen Achsen.

Die Deckkraft eines Objektes ändert sich mit `intensity`, deren Wert in Prozent angegeben wird. Ein Objekt mit 0% Intensität ist also unsichtbar.

Die Attribute wie Position, Ausrichtung und Intensität können über die Zeit verändert werden. Dazu wird eine Dauer definiert, indem nach dem Befehl ein Zusatz `duration` (kurz: `dur`) eingefügt wird, dem eine Zeitangabe folgt.

Ist das Objekt fertig vorbereitet, kann es Teil der Echtzeit-Szene des Digistar werden. Dazu muss es explizit hinzugefügt werden, dies geschieht mit `scene add` und dem Objektnamen.

`#` bezeichnet einen Kommentar des Programmierers, der zur besseren Lesbarkeit des Skripts aufgenommen wurde. Er gilt jeweils bis zum Zeilenende.

So ergibt sich für das Einladen und Bewegen eines Zylinders folgendes Digistar 4-Skript, hier am Beispiel einer einfachen Bewegung des Drahtgitter-Zylinders.

```

1 +0.1    system reset    # Szene leeren (schwarzer Hintergrund, keine Objekte)
2
3 # Licht
4 +0.1    licht is lightClass
5         licht pos 0 50 0
6         scene add licht
7         scene ambient 30 30 30
8
9 # Objekt einladen
10        objekt is \Content\User\jrienow\Zylinder\ZylinderDrahtgitter.fbx
11        objekt color red
12        objekt att 0 0 90
13        objekt scale 0.1 0.1 0.1
14        scene add objekt
15        objekt intensity 0
16
17 +0.1    objekt pos -100 0 50
18
19 +1      objekt intensity 100 dur 1

```

```

20      objekt pos 100 0 50 dur 15
21 +14   objekt intensity 0 dur 1
22
23 +1    script end

```

Listing 7.1: Erstes Einladen und Bewegen eines Zylinders.

Soll der Zylinder sich in drei verschiedenen Entfernungen über die Kuppel bewegen, muss er im Zustand der Unsichtbarkeit auf eine neue Position gesetzt werden, um dann das Sichtbarwerden und die Bewegung erneut auszuführen. Dieses wird in Digistar-Script einfach zeitversetzt hintereinander geschrieben.

Die Drehung des Zylinders während der Bewegung um einen Ankerpunkt (Pivotpunkt), der sich außerhalb des Zylinders befindet, wird im Skript mit einer Hierarchie gelöst. Dazu wird ein leeres Objekt erzeugt, das wie ein Hilfsobjekt funktioniert und nicht gerendert wird. Dieses Objekt wird dann direkt zur Szene hinzugefügt. Der Zylinder wird das Kindobjekt dieses leeren Objektes, indem er ihm hinzugefügt wird. Zusätzlich wird er etwas zur Seite verschoben, was einer Verschiebung des Pivot-Punktes aus dem Objekt heraus entspricht. Wird das leere Objekt nun gedreht, dreht sich das lokale Koordinatensystem des Kindobjektes mit, und so wandert der Zylinder um das zentral liegende leere Objekt herum. Für eine dauerhafte Drehung kann dem attitude-Befehl noch der Modifikator `rate` hinzugefügt werden, womit die drei Parameter als Drehgeschwindigkeit in Grad pro Sekunde interpretiert werden. Das leere Elternobjekt wird dann wie vorher der Zylinder positioniert und bewegt.

Damit ergibt sich das vollständige Skript aller drei Vorbeiflüge, hier wieder beispielhaft für die Bewegung des Drahtgitter-Zylinders.

```

1  #Testreihe Zylinder
2  +0.1   system reset
3
4  # Licht
5  +0.1   licht is lightClass
6         licht pos 0 50 0
7         scene add licht
8         scene ambient 30 30 30
9
10 # Nullobjekt erstellen
11     zylinderParent is emptyClass
12     scene add zylinderParent
13
14 # Objekt einladen
15     objekt is $Content\User\jrienow\Zylinder\ZylinderDrahtgitter.fbx

```

```

16      objekt color red
17      objekt att 0 0 90
18      objekt scale 0.1 0.1 0.1
19      zylinderParent add objekt
20      objekt intensity 0
21
22 # Objekt pivot offset
23      objekt pos 0 0 5
24
25 # Test 1
26 +0.1   zylinderParent pos -100 0 50
27      zylinderParent att rate 0 80 0
28 +1     objekt intensity 100 dur 1
29      zylinderParent pos 100 0 50 dur 15
30 +14   objekt intensity 0 dur 1
31
32 # Test 2
33 +1     zylinderParent pos -100 0 10
34 +1     objekt intensity 100 dur 1
35      zylinderParent pos 100 0 10 dur 15
36 +14   objekt intensity 0 dur 1
37
38 # Test 3
39 +1     zylinderParent pos -100 0 7
40 +1     objekt intensity 100 dur 1
41      zylinderParent pos 100 0 7 dur 15
42 +14   objekt intensity 0 dur 1
43
44 +1     script end

```

Listing 7.2: Vollständiges Skript für den Zylinder mit komplexem Bewegungsablauf.

Das Vorgehen zur Erstellung der Testreihe mit der 2D-Fläche ist ähnlich. Wieder wird ein Objekt eingeladen, diesmal ist das Objekt aber Teil der Grundausstattung des Digistar 4 und kann daher aus dem Ordner `library` bezogen werden. Flache Objekte dienen zur Darstellung von Einzelbildern, können aber wie 3D-Objekte im Raum bewegt werden. Als Textur kann ein beliebiges Bild genutzt werden, das über die Eigenschaft `modelTexture` der `solidModelClass` auf das Objekt gemappt werden kann. Die Textur selbst ist ein Objekt vom Typ `imageClass`, dessen Attribut `path` auf die Bilddatei verweist.

Das Script zum Einladen und Darstellen des Objektes nutzt diesmal keine Lichtquellen, sondern setzt die Intensität des Umgebungslichtes `scene ambient` auf maximale Helligkeit.

```

1 +0.1   system reset
2

```

```
3 # Licht
4     scene ambient 100 100 100
5
6 # Fläche laden
7     textur is imageClass
8     textur maxResolution 4096
9     textur path $Content\User\jrienow\flaeche\flaeche_drahtgitter.png
10
11     flaeche is $Content\Library\Models\Misc\image.x
12     flaeche modeltexture 0 textur
13
14     flaeche pos 0 0 10
15     flaeche att 0 90 0
16     scene add flaeche
17
18 +1     script end
```

Listing 7.3: Einladen und Darstellen eines 2D-Objektes mit Textur.

Bei dieser Darstellung ist die Größe des Objektes in Bezug auf die Auflösung der Textur problematisch. Ist die Fläche groß genug, so dass ein großer Teil der Kuppel genutzt wird, reicht die Auflösung der Textur im Zentralbereich, also in der Nähe der Kamera, trotz der 4k-Auflösung nicht mehr aus. Wird das Objekt verkleinert, kann nicht mehr garantiert werden, dass alle für Wahrnehmung von Krümmung interessanten Bereiche der Kuppel Bildinhalte zeigen. Aus diesem Grund wird das ursprüngliche Objekt in einer 3x3-Anordnung dupliziert, so dass bei geeigneter Größe durch Wiederholung ein Großteil der Kuppel gefüllt werden kann. Aufgrund dieser Duplizierung wird eine Umarbeitung der Textur erforderlich, die eine lückenlose Fortsetzung der Darstellung ermöglicht. Dabei ist besonders zu beachten, dass die Grenzen der einzelnen Objekte nicht als solche erkennbar werden.

Die Duplikation der Objekte erfolgt mit Hilfe eines Mechanismus in Digistar-Script. Nachdem die eigentliche Fläche definiert und texturiert ist (flaeche), wird sie in diesem Fall aber nicht zur Szene hinzugefügt. Dafür enthält die Szene neun Objekte vom Typ emptyClass (flaeche1, ...), die so positioniert und gedreht werden, dass sie direkt aneinander liegen. Diese neun Objekte bekommen die Fläche als Kindobjekt zugewiesen, was in diesem Fall bedeutet, dass für jedes der leeren Objekte eine Instanz der Fläche dargestellt wird (z. B. flaeche1 add flaeche). Der Vorteil dieser Methode liegt in der Speichereffizienz, da das Objekt samt Textur nur einmal geladen, aber neunmal verwendet werden kann.

Um alle gemeinsam skalieren zu können, wird ein weiteres `emptyClass`-Objekt erstellt, das Elternobjekt für alle Instanzen wird (`flaecheParent`). Zur Skalierung aller Objekte wird dann nur das Elternobjekt skaliert.

Am Ende des Skripts erfolgt dann die Skalierung, deren Einzelschritte durch `show pause` unterbrochen sind. Mit diesem Befehl wird die Ausführung einer Show angehalten und kann (mit der Play-Taste auf der Benutzeroberfläche des Digistar) manuell fortgesetzt werden.

```
1 #Testreihe Fläche
2
3 +0.1    system reset
4
5 # Licht
6         scene ambient 100 100 100
7
8 # flaeche laden
9         textur is imageClass
10        textur maxResolution 4096
11        textur path $Content\User\jrienow\flaeche\flaeche_drahtgitter.png
12
13        flaeche is $Content\Library\Models\Misc\image.x
14        flaeche modeltexture 0 textur
15
16        flaecheParent is emptyClass
17        flaecheParent pos 0 0 10
18
19        flaeche1 is emptyClass
20        flaeche1 pos 0 0 0
21        flaeche1 att 0 90 0
22        flaecheParent add flaeche1
23        flaeche1 add flaeche
24
25        flaeche2 is emptyClass
26        flaeche2 pos 10 0 0
27        flaeche2 att 0 90 0
28        flaecheParent add flaeche2
29        flaeche2 add flaeche
30
31        flaeche3 is emptyClass
32        flaeche3 pos -10 0 0
33        flaeche3 att 0 90 0
34        flaecheParent add flaeche3
35        flaeche3 add flaeche
36
37        flaeche4 is emptyClass
38        flaeche4 pos 0 10 0
39        flaeche4 att 0 90 0
```

KAPITEL 7. PRODUKTION UND DURCHFÜHRUNG DER STUDIEN

```
40     flaecheParent add flaeche4
41     flaeche4 add flaeche
42
43     flaeche5 is emptyClass
44     flaeche5 pos 0 -10 0
45     flaeche5 att 0 90 0
46     flaecheParent add flaeche5
47     flaeche5 add flaeche
48
49     flaeche6 is emptyClass
50     flaeche6 pos 10 10 0
51     flaeche6 att 0 90 0
52     flaecheParent add flaeche6
53     flaeche6 add flaeche
54
55     flaeche7 is emptyClass
56     flaeche7 pos -10 -10 0
57     flaeche7 att 0 90 0
58     flaecheParent add flaeche7
59     flaeche7 add flaeche
60
61     flaeche8 is emptyClass
62     flaeche8 pos 10 -10 0
63     flaeche8 att 0 90 0
64     flaecheParent add flaeche8
65     flaeche8 add flaeche
66
67     flaeche9 is emptyClass
68     flaeche9 pos -10 10 0
69     flaeche9 att 0 90 0
70     flaecheParent add flaeche9
71     flaeche9 add flaeche
72
73 +0.1 flaecheParent scale 1 1 1
74     flaecheParent intensity 0
75 +4   scene add flaecheParent
76
77 +1   flaecheParent intensity 100 dur 1
78
79 +1   show pause
80 +0.1 flaecheParent scale 3 3 3 dur 4
81
82 +4   show pause
83 +0.1 flaecheParent scale 5 5 5 dur 4
84
85 +4   show pause
86 +0.1 flaecheParent scale 3 3 3 dur 4
87
88 +4   show pause
89 +0.1 flaecheParent scale 1 1 1 dur 4
```

```
90
91 +4      show pause
92 +0.1    flaecheParent intensity 0 dur 1
93
94 +1      script end
```

Listing 7.4: Vollständiges Skript für das Flächenobjekt mit Skalierung.

Der weitere Aufgabenblock mit der Bewegung der Fläche funktioniert prinzipiell ähnlich. Auch hierfür wird eine 3x3-Anordnung verwendet, die durch Positionsänderung des Elternobjekts `flaecheParent` an der Kamera vorbeibewegt wird. Das Ein- und Ausblenden der Objekte geschieht dabei wie bei den bewegten Zylindern.

7.2.4 Durchführung

Der wichtigste Punkt neben der Entwicklung eines geeigneten Fragebogens ist die Auswahl der Probandengruppe. Sie soll die Zusammensetzung typischer Besucher einer Fulldome-Umgebung widerspiegeln, wobei der Fokus auf erwachsenem Publikum liegt. Es ist also darauf zu achten, nicht nur ein ausgewogenes Verhältnis männlicher und weiblicher Testpersonen zu bekommen, sondern auch die Altersspanne möglichst groß anzulegen. Es liegt weiterhin die Vermutung nahe, dass Personen mit Erfahrung in der Nutzung von Fulldome-Umgebungen die gezeigten Objekte anders wahrnehmen als Personen, die wenig oder gar keine Erfahrung haben.

Da nicht so viele Probanden gewonnen werden konnten, um jeden Platz in der Kuppel zu besetzen, wurde darauf geachtet, alle drei Sitzreihen gleichmäßig zu belegen und eine möglichst hohe Verteilung der Probanden in der gesamten Kuppel zu erreichen.

Um diese Voraussetzungen abzufragen, sollten auf dem Fragebogen auf der ersten Seite Angaben zu Alter, Geschlecht, Sitzplatznummer und Fulldome-Erfahrung gemacht werden. Die Angaben zur Erfahrung mit dem Fulldome-Medium wurden wie folgt in Werte differenziert, welche die Erfahrung ausdrücken: „Ich war noch nie im Mediendom“, „Ich bin selten zu Gast“, „Ich bin häufig zu Gast“, „Ich fahre selber Shows“ und „Ich produziere für das Medium“. Die Probanden, die einen der beiden ersten Punkte angaben, wurden als unerfahren eingestuft; die anderen als erfahren.

Zusätzlich wird nach visuellen Einschränkungen gefragt, um bei Bedarf eine andere Interpretation der Antworten zu ermöglichen. Das Tragen einer Brille

oder eine rot/grün-Farbschwäche wurden dabei jedoch ignoriert, da alle Visualisierungen einfarbig waren oder aus Graustufen aufgebaut waren und davon ausgegangen werden kann, dass eine Brille vorhandene Fehlsichtigkeiten korrigiert.

Der Fragebogen, der vollständig im Anhang B einsehbar ist, enthält vor den eigentlichen Aufgaben den Tendency-Fragebogen „Immersive Tendency Questionnaire“ (ITQ, siehe Witmer & Singer, 1998, und Kapitel 6.2.1), der vorher ins Deutsche übersetzt wurde. Bei der Übersetzung entfiel eine Frage, weil ihr Sinn in Bezug auf Fulldome-Umgebungen nicht erschlossen werden konnte: „How frequently do you watch TV soap operas or docu-dramas?“ (Witmer & Singer, 1998, S. 235). Der finale Fragebogen enthält also nur 28 Fragen, von denen jede 1-5 Punkte gibt, bei Enthaltung keinen. Die Summe bildet dann den Punktestand, maximal können 135 Punkte erreicht werden.

Nach dem ITQ folgen die Aufgaben, deren Beantwortungsvordruck aus einem schwach gedruckten Sitzplan des Mediendoms in der Draufsicht und darunter einigen Linien für Bemerkungen besteht. Der Aufgabentext fordert die Probanden auf, Bereiche einzuzeichnen, die krumm oder sogar störend erscheinen, wenn solche vorhanden sind. Weiterhin werden sie aufgefordert, weitere Anmerkungen, beispielsweise zur Wirkung der Szene, stichwortartig festzuhalten. Die Probanden können beim Beantworten den Fragebogen so drehen, dass sich ihr jeweiliger Sitzplatz unten auf dem Plan befindet und das Einzeichnen der Position auf der Kuppel relativ zu ihrem Sitzplatz möglich wird.

Die Beantwortung eines solchen Fragebogens ist sicherlich ungewohnt und erfordert ein hohes räumliches Vorstellungsvermögen. Deshalb schien es sinnvoll, das Beantworten der Fragen vorher zu üben, so dass drei Übungsaufgaben nach dem ITQ eingefügt wurden. In diesen Aufgaben sollte ein Gefühl für das Einzeichnen von Bereichen und Positionen von projizierten Objekten entstehen.

- In der ersten Übungsaufgabe werden zwei Kugeln an der Kuppel gezeigt, deren Position relativ zum Sitzplan eingezeichnet werden soll.
- Die zweite Aufgabe übt das Einzeichnen von Bereichen. Dafür bewegt sich eine rote Kugel über die Kuppel, die im Bereich der Kuppelmitte die Farbe ändert. Sie wird kurz gelb und dann wieder rot. Es wurde von den Probanden verlangt, den Bereich einzuzeichnen, in dem die Kugel gelb erschien.

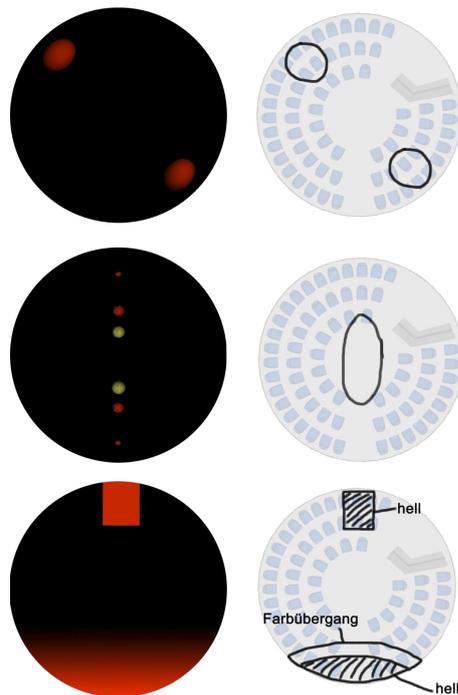


Abbildung 7.5: Die drei Übungsaufgaben: links ein Screenshot der Kuppel (im Domemaster-Format), rechts die präferierte Lösung der Aufgabe. Der Screenshot von Aufgabe 2 stellt eine zeitliche Abfolge dar.

- Die dritte Aufgabe zeigt zwei Bereiche an der Kuppel, einen eckigen und einen Farbverlauf. Die Bereiche sollen eingezeichnet werden. Dabei wird ein großer Wert auf das Verständnis gelegt, wie Farbverläufe einzuzeichnen sind, um später unterschiedlicher Bereiche einzeichnen zu können, je nachdem, ob die Krümmung zu sehen war oder sogar störte.

Durch die Übungsaufgaben konnten viele der möglicherweise zu erwartenden Probleme in Bezug auf räumliche Vorstellung seitens der Probanden im Vorfeld beseitigt werden. Es ist also zu erwarten, dass die Aufgaben räumlich richtig ausgefüllt wurden. Abbildung 7.5 zeigt Screenshots (Domemaster) der drei Übungsaufgaben und mögliche Lösungen.

Die Hauptbefragung bestand aus 32 Aufgaben. Die ersten 20 zeigten das flache Objekt mit den vier unterschiedlichen Texturen in jeweils fünf Skalierungsgrößen (s. Listing 7.4) und die Transitionen zwischen den Zuständen als kurze Animation.

Durch das Zeichnen der Bereiche in den Vordrucken dauerte das Beantworten der Fragen relativ lange, so dass für die 20 Aufgaben inklusive der

Übungsaufgaben und des Tendency-Fragebogens ca. 50 Minuten benötigt wurden. Um einer Ermüdung der Probanden vorzubeugen, wurde die Befragung unterbrochen und für ca. 10 Minuten pausiert.

Die Aufgaben 21-24 zeigten das flache Objekt in Bewegung mit den vier möglichen Texturen, die Aufgaben 25-32 den Zylinder, der jeweils in drei unterschiedlichen Entfernungen an der Kamera vorbeiflog, einmal gerade und einmal in komplexer Drehung um einen verschobenen Ankerpunkt. Auch hier wurden alle vier möglichen Oberflächeneigenschaften gezeigt, so dass daraus die acht Aufgaben entstanden.

Jeweils vor einem neuen Aufgabenblock wurden die Probanden erinnert, den Fragebogen passend zu ihrem Sitzplatz auszurichten. Weiterhin wurde der Text der Aufgabenstellung verlesen.

Während der Studie wurde mit einer infrarotempfindlichen Kamera aufgezeichnet. Durch die konzentrische Bestuhlung des Mediendoms und durch den 60° großen Öffnungswinkel des Kameraobjektivs war es nur möglich, einen Teil der Probanden im Bild festzuhalten. Die Kamera wurde daher so positioniert, dass jeweils die Person in der Mitte der Kuppel und einige Personen aus der innersten Sitzreihe gut abgebildet wurden. Zusätzlich musste aufgrund der Größe des Raumes mit einem Infrarotscheinwerfer gearbeitet werden, der als dunkelrote schwache Lichtquelle für diese Probanden sichtbar war. Um den Effekt zu minimieren und die Aufmerksamkeit möglichst wenig abzulenken, wurde die Kamera am Rand der Kuppel positioniert.

Insgesamt fanden diese Tests an zwei unterschiedlichen Terminen statt. Es wurde darauf geachtet, dass kein Proband doppelt an der Befragung teilnahm. Motivation für eine doppelte Befragung war die Reihenfolge der Präsentation der Aufgaben. Durch die Reihenfolge der Präsentation der Oberflächeneigenschaften von einer Punktmenge zum soliden Objekt konnte möglicherweise die Wirkung der späteren Objektflächen beeinflusst worden sein. Deshalb wurde in einem zweiten Versuch die Reihenfolge der Oberflächeneigenschaften umgekehrt.

Beim ersten Termin nahmen 15 Probanden teil, 9 weibliche, 6 männliche, mit einem mittleren Alter von 33,7 Jahren (Standardabweichung 17,4). Beim zweiten Termin nahmen 16 Probanden teil, 7 weibliche, 9 männliche, mit einem mittleren Alter von 31,9 Jahren (Standardabweichung 8,5). In beiden Gruppen lag die Erfahrung mit dem Fulldome-Medium im Verhältnis 8:7 bzw. 9:7. Beide

Gruppen sind in ihrer Zusammensetzung stark vergleichbar und sehr ausgewogen.

Die Punkteverteilung der Tendency-Fragebögen ähnelt sich ebenfalls. Die beiden Gruppen erreichten einen Punktestand von 87,9 (Standardabweichung 8,7) bzw. 86,2 (Standardabweichung 10,2). Auffällig waren in der ersten Gruppe die Person in der Kuppelmitte mit 108 Punkten bzw. die beiden älteren Personen mit 71 Punkten (jeweils in der innersten Sitzreihe). In der zweiten Gruppe erreichten zwei Probanden 101 und 104 Punkte (von ihnen saß je einer in der vorderen und in der hinteren Sitzreihe), eine Person erreichte dagegen nur 62 Punkte (in der mittleren Sitzreihe).

7.2.5 Auswertung der Ergebnisse

Bevor die Ergebnisse diskutiert werden, soll das Verfahren der Auswertung vorgestellt werden. Eine wichtige Voraussetzung für die Interpretation der Zeichnung und der schriftlichen Anmerkungen der Probanden ist die technische Situation in der Kuppel des Mediendoms zum Zeitpunkt der Befragungen, insbesondere in Bezug auf den Zenitprojektor. Dieser Projektor muss für ein Übergangsloses Bild geometrisch genau an die fünf anderen Projektoren angepasst werden. Wenn diese Anpassung nur ungenau erfolgt, können Liniendoppelungen im Übergangsbereich der Projektoren auftreten oder der Überblendbereich in einem Ring um die Kuppelmitte unscharf erscheinen. Erschwerend kommt hinzu, dass aufgrund der unterschiedlichen Lichtlaufwegen in verschiedenen Bereichen des Bildes das Projektorbild in einigen Bereichen sehr hell erscheint (s. Abb. 6.5).

Diese Einstellungen waren zu den zwei Terminen nicht optimal, so dass diese von den Probanden bemerkt und interpretiert wurden. Insbesondere der etwas hellere Zenitprojektionsbereich wurde bei den Flächenobjekten als eine „Beule“ oder „Durchhängen“ bezeichnet, so dass davon ausgegangen werden muss, dass die Projektorkonfiguration die Ergebnisse zumindest in diesem Punkt beeinflusst hat.

Ebenfalls war die Geometrie im Bildfeld des Projektors leicht verstellt, so dass Linien nicht ganz gerade projiziert wurden. Dies erzeugte bei einigen Objekten eine wellenartige Bewegung, auch diese wurde von den Probanden notiert.

Bei den Drahtgitterdarstellungen der Flächenobjekte trat noch ein weiterer Effekt auf, der allerdings nicht kuppelspezifisch ist, sondern mit der Gesamtauflösung der Kuppelprojektion zusammenhängt. Durch die schräge Sicht auf das Gitter am Rand der Kuppel konnte die feine Struktur der Objektoberfläche nicht mehr vollständig in Pixel aufgelöst werden, so dass Unschärfe oder Moiré-Figuren sichtbar wurden. Dieses wurde von den Probanden als Unschärfe bemerkt und auch eingezeichnet.

Bei der Interpretation der Zeichnungen und Bemerkungen wurden diese ganzen Fehlerquellen ignoriert, da sie mit der eigentlichen Forschungsfrage nicht zusammenhängen und wie im Falle einer ungünstigen Projektoreinstellung hochgradig spezifisch für die Testkuppel waren.

Die Diskussion der Ergebnisse beginnt mit der Zweiteilung der Gruppen, die deswegen vorgenommen wurde, um herauszufinden, ob die Reihenfolge der Präsentation von Objektoberflächen Einfluss auf die Bewertung hat. Dazu wurden in einem ersten Schritt alle Fragebögen in der Hinsicht betrachtet, die Fälle herauszufinden, in denen die Probanden Krümmungen wahrgenommen und notiert haben, und zwar sowohl in den Bemerkungen, als auch in den Zeichnungen. Ebenfalls gezählt wurde das Vorhandensein von sehr starker bzw. störender Krümmung (s. Abb. 7.6)

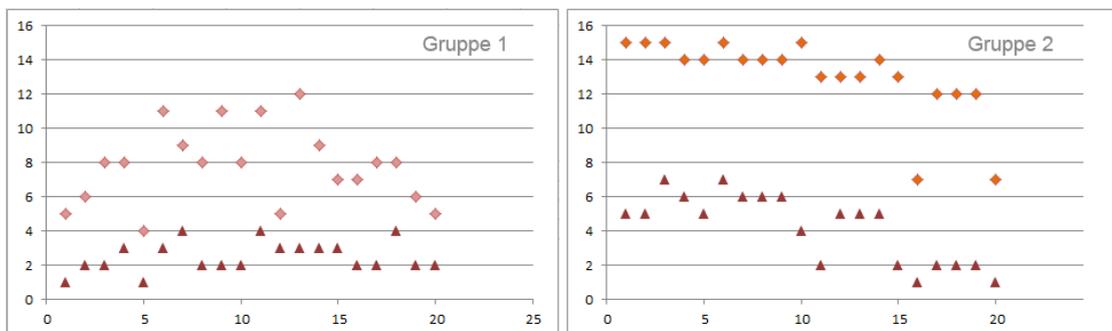


Abbildung 7.6: Auszählung von wahrgenommener Krümmung (orange) und störender Krümmung (rot) in den Aufgaben 1-20 und beiden Gruppen.

Es war deutlich zu merken, dass die Toleranzschwelle unterschiedlicher Personen zwischen wahrgenommener Krümmung und als störend empfundener Krümmung stark differiert. Die Reihenfolge der Präsentation hatte jedoch auf das spätere Ergebnis nur bedingten Einfluss. Die erste Gruppe begann mit der Punktdarstellung des Flächenobjektes, während die zweite Gruppe mit dem soliden (texturierten) Objekt begann. Bei beiden Gruppen war zu bemerken, dass

die unzusammenhängende Oberfläche des Objektes in Punktdarstellung weniger Krümmungsempfinden hervorruft als das Objekt mit Textur oder Drahtgitterdarstellung. Erschwerend kam bei der ersten Gruppe hinzu, dass die Punktdarstellung in der ersten Skalierungsgröße sehr dunkel erscheint und nur in der Kuppelmitte erkennbar ist. Diese Probanden konnten zum Zeitpunkt der ersten Aufgaben noch keine flächige Form des Objektes ausmachen. Die Probanden aus Gruppe 2 kannten aber bereits das Vorgehen und konnten extrapolieren, dass es sich wieder um eine Fläche handelt. Zur kleinsten Stufe (Aufgaben 16 und 20) ist aber auch ein deutlicher Einbruch in der Menge von wahrgenommenen Krümmungen zu bemerken.

Während Gruppe 2 durch die Präsentation von Textur- zu Punktdarstellung eine klar abfallende Menge an Krümmungswahrnehmungen für jede Aufgabengruppe zeigt, tritt in Gruppe 1 ein weiteres spannendes Phänomen auf. Während in den ersten drei Aufgabengruppen die wahrgenommene Krümmung aufgrund der dichter werdenden Oberflächenstruktur zunimmt, ist bei der letzten Aufgabe ein deutlicher Rückgang zu verzeichnen. Aus den Aufzeichnungen der Probanden lassen sich auf diese Einschätzungen keine Rückschlüsse ziehen. Die Vermutung liegt aber nahe, dass die Darstellung des roten Drahtgitters von vielen Personen als sehr anstrengend empfunden wurde (in den Worten der Probanden: „Fühlt sich unschön an, wenn man länger drauf schaut“, „sehr unangenehm“. „erzeugt leichte Kopfschmerzen“). Die folgende Darstellung eines dunkelgrauen texturierten Objektes hatte wohl eine entspannende Wirkung: „insgesamt sehr angenehm“, „keine Zerrungen, klare Konturen“. Dies hatte sich wohl auf die Menge der notierten Krümmungswahrnehmungen ausgewirkt. Weiterhin besteht die Möglichkeit, dass das Prinzip bereits so bekannt war, dass nicht mehr so viel aufgeschrieben wurde, was die Auswertung schwieriger macht.

Ein weiteres interessantes Phänomen war die Menge an sonstigen Eindrücken, die notiert wurden. Dazu gehörten Beklemmungsgefühl, in den Worten der Probanden „Die Decke kommt herunter“, „zu nah“ und beim Verkleinern „befreiendes Gefühl“. Diese Bemerkungen zeigen, dass bei einigen Probanden ein sehr starkes Raumerleben oder sogar Immersion vorherrschte. Diese Äußerungen korrelierten nicht mit den Probanden mit hohen ITQ-Punkteständen. Die Bemerkungen zeigen weiter, dass die Probanden das Gefühl hatten, dass sich die Ebene auf sie zu bewegte. Hier liegt offensichtlich das vor, was umgangssprach-

lich als „optische Täuschung“ bezeichnet wird, denn die Ebenen bewegten sich nicht nach unten, sondern wurden nur größer skaliert.

Das hier beobachtete Phänomen der Beklemmung war stark zeitabhängig, innerhalb der ersten 20 Aufgaben nahmen diese Erlebnisse ab. Ob dies mit einer Gewöhnung zu tun hat oder schlicht daran liegt, dass die Probanden nicht immer das gleiche aufschreiben wollten, kann nachträglich nicht mehr festgestellt werden. Der Verlauf der Häufigkeiten dieser Erlebnisse in beiden Gruppen ist Abbildung 7.7 zu entnehmen.

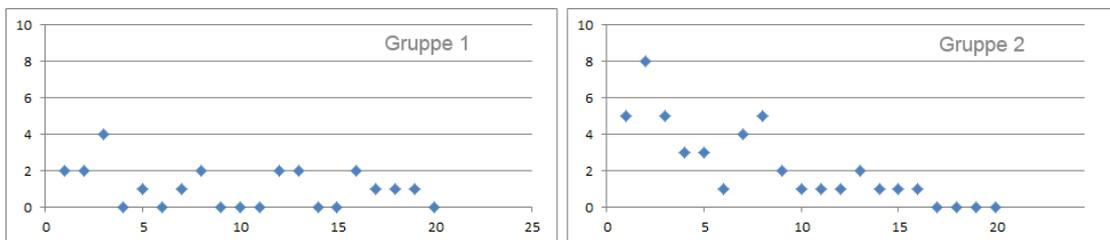


Abbildung 7.7: Auszählung von Raum- bzw. Immersionserlebnissen in den Gruppen 1 und 2, Aufgaben 1-20.

Der zweite Teil der Befragung befasste sich mit bewegten Objekten, erst mit den vier verschiedenen Flächenobjekten, danach mit in unterschiedlichen Abständen vorbeiziehenden Zylindern. Bei den bewegten Objekten war das Empfinden von Krümmung bzw. störender Krümmung ähnlich wie bei den ersten 20 Aufgaben. Aufgaben 21-24 bildeten das Empfinden der ersten 20 Aufgaben für die beiden Gruppen noch einmal gut ab. Bei den Zylindern war das Ergebnis nicht mehr so klar zu interpretieren. Erschwerend kommt hier hinzu, dass viele Probanden angaben, wenn überhaupt, nur eine leichte Krümmung wahrzunehmen. Dieses wurde bei der Auswertung als Krümmung gezählt, so dass die hohen Werte der Krümmung hier einen zu mächtigen Eindruck vermitteln (s. Abb. 7.8).

Im zweiten Teil wurden auch kaum noch sonstige Eindrücke wie Raumerleben geschildert. Daher sind die Ergebnisse hier unschlüssig. Bei Gruppe 2 ist eine schnelle Gewöhnung an den Zylinder zu vermuten (s. Abb. 7.9).

Im Folgenden wurde der Grad der Krümmung in Abhängigkeit des Sitzplatzes untersucht. Da die ersten 24 Aufgaben eine zur Kuppelmitte symmetrische Visualisierung des flächigen Objektes boten, ist davon auszugehen, dass die Wahrnehmung einzelner Probanden auf gleichen Sitzreihen sehr ähnlich war. Aus diesem Grund wurden die Fragebögen eingescannt und die runden

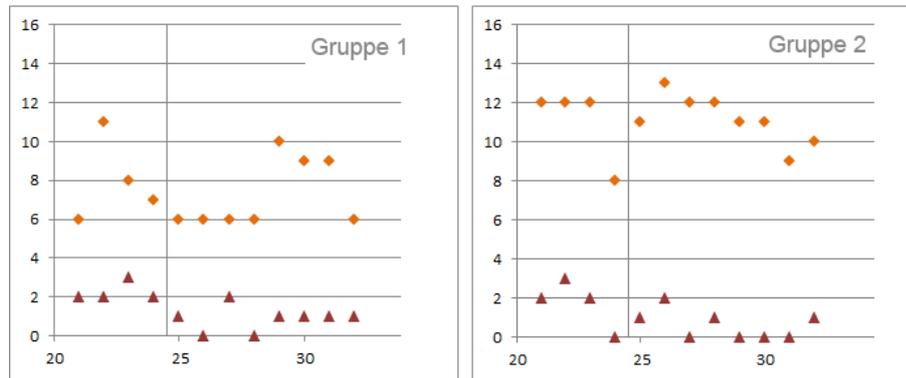


Abbildung 7.8: Auszählung von wahrgenommener Krümmung (orange) und störender Krümmung (rot) in den Aufgaben 21-32 und beiden Gruppen.

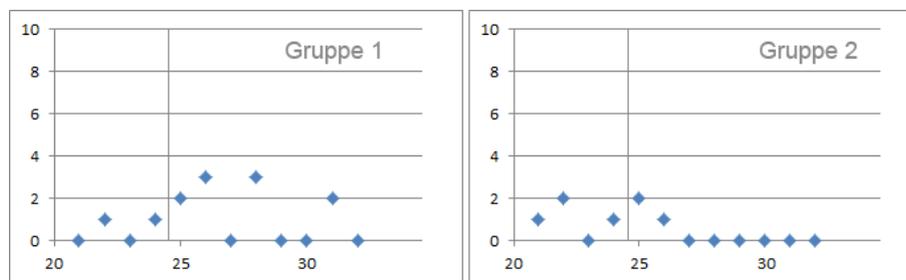


Abbildung 7.9: Auszählung von Raum- bzw. Immersionserlebnissen in den Gruppen 1 und 2, Aufgaben 21-32.

Zeichnungsvorlagen in Photoshop so gedreht, dass der Sitzplatz der jeweiligen Testperson unten in dem Domemaster zu liegen kam. Durch die Nutzung von halbtransparenten Ebenen konnten so jeweils die zu einer Aufgabe und Sitzreihe gehörenden Bilder überlagert werden. Die als krumm markierten Bereiche sollten sich so überlagern und am Ende ein Ergebnis produzieren. Dieses Verfahren funktionierte prinzipiell, aber einige Probanden hatten die Bereiche nur mit einem Kreis markiert, während andere ganze Bereiche des Bildes ausgemalt und eng schraffiert hatten. Die Daten mussten also in einem vorbereitenden Schritt so angepasst werden, dass sie in Photoshop nutzbar wurden. Um am Ende des Prozesses ein klares Ergebnisbild zu erhalten, wurden die Bereiche des Ergebnis-Bildes nochmals per Hand nachgezeichnet.

Die Auswertung dieser Bilder ergab, dass wie zu erwarten in den äußeren Sitzreihen deutlich mehr Krümmung bemerkt wurde. Dies stimmte mit Abbildung 7.1 überein, in der deutlich wurde, dass Personen auf weiter außen liegenden Sitzreihen deutlich schräger auf die Kuppel blicken. Besonders deutlich

oder sogar als störend wurde der Bereich hinter dem eigenen Sitz markiert, insbesondere von Personen in der hinteren Reihe. Auch dies deckte sich mit der Erwartung, von den hinteren Plätzen sehr schräg auf den Bereich der Kuppel schauen zu müssen, der sich direkt über einem befindet. Das Zusammenfassen der Ergebnisse in den Überlagerungsbildern stellt sich dann zum Beispiel so dar wie in Abbildung 7.10.

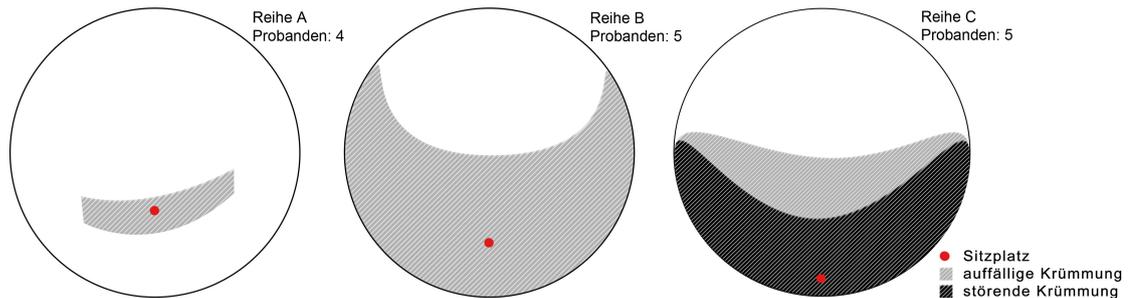


Abbildung 7.10: Überlagerungsbilder der verschiedenen Sitzreihen, Gruppe 1, Aufgabe 12.

Auch in diesen Darstellungen wird deutlich, dass eine reduziertere Oberflächenstruktur die wahrnehmbare Krümmung reduziert (s. Abb. 7.11).

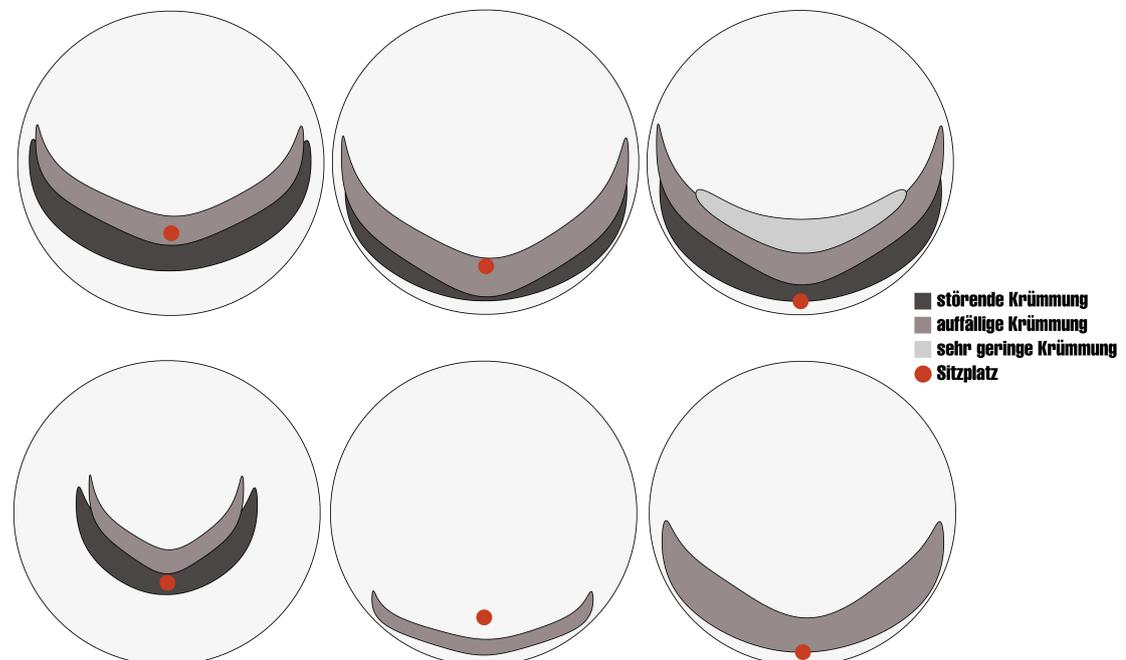


Abbildung 7.11: Überlagerungsbilder der verschiedenen Sitzreihen (jeweils A, B und C) für Gruppe 2, Aufgabe 21 (oben) und Aufgabe 24 (unten) im Vergleich.

Am Ende wurden die Versuche mit den Zylindern ausgewertet. Überlagerungsbilder wurden hier nicht mehr erstellt, da die Krümmung wenn dann in der Kuppelmitte auftrat und meistens stark überlagert wurde von den Projektionsfehlern. Die wahrgenommene Krümmung der Zylinder war aber klar von der Länge abhängig, und in diesem Sinne konnte ein Zylinder besonders dann krumm wirken, wenn er besonders nah an der Kamera entlangflog und somit einen großen Teil der Kuppel ausfüllte. Flog er besonders schnell oder dramatisch dicht an der Kamera vorbei, so wurde die Krümmung entweder besonders bemerkt („extrem krumm“) oder gar nicht.

Auffällig ist, dass viele Probanden die Flugbahn des Zylinders gekrümmt eingezeichnet haben, obwohl alle Zylinder eine exakt geradlinige Flugbahn hatten. Dieses Phänomen trat sowohl bei dem geraden Flug als auch bei dem Zylinder auf, der sich beim Flug um einen verschobenen Ankerpunkt drehte. Dies kann von der welligen Geometrie und dem nicht passenden Übergang des Zenitprojektors zu den anderen Projektoren verursacht worden sein. Eine andere Erklärung lässt sich aus den vorhandenen Daten nicht gewinnen.

Bei beiden Terminen befanden sich Personen in der Kuppelmitte. Während des ersten Termins wurde die Person auf eine Isomatte gelegt, so dass ihr Kopf sich genau unter der virtuellen Kamera, als dem Zentrum der Kuppel befand. Die Ergebnisse waren erstaunlich: es wurde erwartet, so gut wie keine Krümmungsmeldungen zu bekommen. Das Gegenteil war aber der Fall. Durch die Lage ihres Augpunktes mehr als zwei Meter unterhalb des Projektionszentrums wirkten insbesondere die Ebenen wie große hängende Tücher. Die Krümmung erfolgt also andersherum, als ursprünglich erwartet wurde. Eine Person in die Kuppelmitte zu legen, ist demnach kein sinnvoller Ansatz, auch wenn dadurch eine ideale Blickrichtung erreicht werden kann. Aus diesem Ergebnis heraus wurde beschlossen, beim zweiten Termin aus einer erhöhten Warte heraus zu beobachten.

Da man die Person in der Kuppelmitte nicht beliebig hoch setzen kann, da sie sonst anderen Probanden die Sicht nimmt, wurde beim zweiten Termin entschieden, die Person in der Kuppelmitte auf einen hohen Bürostuhl zu setzen, der auch drehbar war. In diesem Sinne sollte gleich getestet werden, ob der Proband die Drehbarkeit zum Umschauen ausnutzt. Auf jeden Fall war der Proband in der sitzenden Position mit seinem Augpunkt ca. einen Meter un-

terhalb des Kuppelzentrums, und hat kaum Krümmungen eingezeichnet oder bemerkt.

Als nächstes soll die Frage betrachtet werden, ob das Immersionserleben vom Grad der Krümmung beeinflusst wird. Da aus den bisherigen Auswertungen folgt, dass die Probanden in den hinteren Sitzreihen eine stärkere Krümmung wahrnehmen, wurde das Krümmungsempfinden für jede Sitzreihe einzeln ausgezählt. Ebenfalls berücksichtigt wurden die Bemerkungen auf den Fragebögen, die auf immersives Erleben hindeuten. Dazu werden Bemerkungen wie „krieg keine Luft mehr, zu eng, zu nah“ oder „wirkt erdrückend“ gezählt. Bemerkungen wie „kleine tanzende Karos“ oder „erinnert an ein Netz“, die eher deskriptiv sind, wurden hingegen nicht als immersives Erleben gewertet. Da die Probanden zum Teil den Kommentarteil zu einigen Aufgaben aber nicht ausgefüllt haben, kann nicht mit Sicherheit gesagt werden, ob die Probanden lediglich keinen Kommentar notiert oder tatsächlich keine besondere Wirkung erlebt haben.

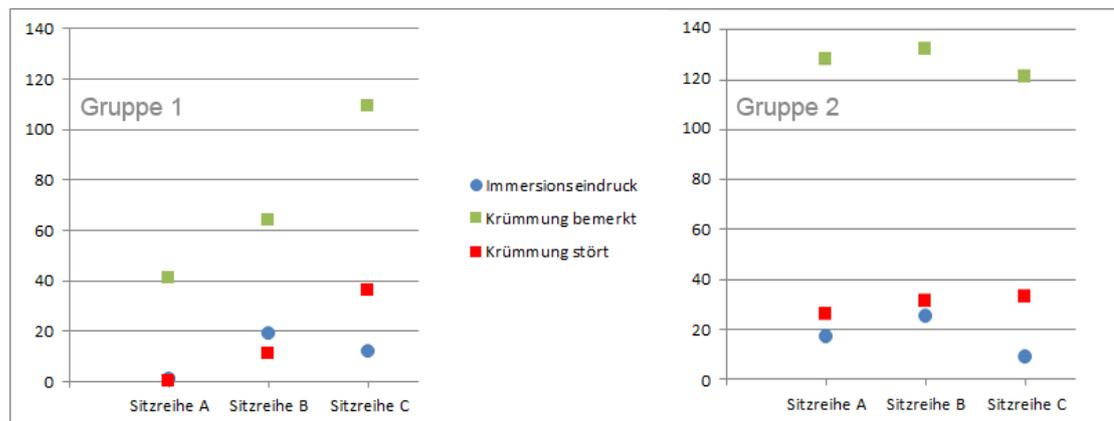


Abbildung 7.12: Auszählung des Empfindens der Probanden für die drei Sitzreihen des Mediendoms.

Die sitzreihenweise Auszählung ist in Abb. 7.12 zu finden. Die beiden Diagramme zeigen bemerkte Krümmung pro Sitzreihe, als störend empfundene Krümmung und die Anzahl als Immersion deutbare Bemerkungen, jeweils als Summe über alle Aufgaben und über alle Probanden der jeweiligen Sitzreihe.

Bei Gruppe 1 ist eine deutliche Zunahme des Krümmungsempfinden und des damit zusammenhängenden Störempfindens zu sehen, je weiter die Sitzreihe außen liegt. Überraschenderweise ist dies für Gruppe 2 nicht in diesem Maße erkennbar. Eine Überprüfung, ob diese Zahlen mit Fulldome-Erfahrung

zusammenhängen, brachte kein Ergebnis, da in jeder Sitzreihe in etwa gleich viele erfahrene wie unerfahrene Probanden platziert waren und die Verteilung in Gruppe 1 ähnlich gleichmäßig war. Die Vermutung liegt nun nahe, dass dies auf die geänderte Reihenfolge der Aufgaben zurückzuführen ist. Da in der zweiten Gruppe mit dem texturierten Objekt begonnen wurde, ist es wahrscheinlich, dass die Probanden sich an die deutlich sichtbare Struktur dieses ersten Objektes auch bei den späteren Aufgaben erinnern konnten und die gekrümmten Strukturen leichter wiederfinden konnten. Die Diagramme berücksichtigen außerdem die verschiedenen Größen der von den Teilnehmern als krumm markierten Bereiche nicht.

Eigentlich geht es aber bei der aktuellen Frage um die Anzahl der als Immersion deutbare Bemerkungen. Diese entsprechen nicht den Erwartungen, wonach aufgrund des geringsten Krümmungswahrnehmens in der inneren Sitzreihe A die Bemerkungen am häufigsten sein sollten. In beiden Gruppen stellt sich die mittlere Sitzreihe B als die mit den häufigsten Bemerkungen zu immersivem Erleben heraus. Es kann vermutet werden, dass die mittlere Sitzreihe einen guten Kompromiss zwischen Krümmungswahrnehmung und Übersicht über die Szene bietet⁴. Allerdings gibt es hierfür keinerlei Indizien, so dass die Korrektheit dieser Vermutung nicht festgestellt werden kann. Als weiteres Indiz kann noch das Empfinden des jeweiligen Probanden in der Mitte der Kuppel herangezogen werden. Der Proband in Gruppe 1 notierte aber nur einen Eindruck als besonders, der Proband in Gruppe 2 hingegen keinen. Dies ist auch widersprüchlich zu den Ergebnissen des ITQ-Fragebogens, in denen beide Probanden hohe Punktzahlen erreicht hatten, so dass davon ausgegangen werden muss, dass beide Probanden ihr Erleben nicht vollständig notiert haben oder durch eine gewisse Erfahrung im Bereich von Computerspielen⁵ sich nicht so intensiv auf die Wirkung der im Vergleich sehr schlichten Grafik einlassen konnten. Aufgrund dieser Datenlage muss vorerst geschlossen werden, dass es keine Abhängigkeit von der Sitzreihe bzw. des wahrgenommenen Krümmungsgrades zu der Qualität des Erlebens gibt.

Als letzte Methode wurde bei beiden Versuchen mit einer infrarotempfindlichen Kamera aufgezeichnet. Gut war dort bei den Aufgaben 25-32 die Aufmerk-

⁴In diesem Zusammenhang wäre es interessant, in einer weiteren Studie die Präferenzen von erfahrenen Mediendombesuchern in Bezug auf die Sitzreihe und die Gründe dafür zu erfragen und die Ergebnisse hier einfließen zu lassen.

⁵ITQ-Gaming-Bewertung bei beiden Probanden 9 von 10 möglichen Punkten.

samkeitslenkung (Kopfdrehungen) durch den fliegenden Zylinder zu erkennen. Dies war aber das einzige deutlich sichtbare Verhaltensmuster. Durch die reduzierten Visualisierungen konnten keine Schreckeffekte oder anderes Verhalten gefunden werden, das auf besondere körperliche Reaktionen der Probanden auf die gezeigten Effekte schließen lässt. Auch das Gefühl von Beklemmung oder Enge, das gerade während der ersten 20 Aufgaben häufig vermerkt wurde, war nicht in Form von Körperbewegungen oder Körpersprache sichtbar. Die Probanden saßen recht regungslos auf den Sitzen des Mediendoms, was auf eine gute Adaption bezüglich der haptischen Information der Sitze schließen lässt. Seltsamerweise traf das auch auf den Probanden in der Kuppelmitte beim zweiten Termin zu. Obwohl ein Drehstuhl zur Verfügung stand, bewegte er lieber den Kopf, als sich mit dem Stuhl zu drehen.

Lediglich das Mikrofon der Kamera konnte immer bei neuen Eindrücken deutlich Lautäußerungen einfangen, die auf Beeindruckung oder gutes räumliches Funktionieren der jeweiligen Visualisierung schließen ließen. Die Gewöhnung stellte sich aber sehr schnell ein, so dass auch eine überraschende Abänderung des allerletzten Zylinderfluges sehr dicht an der Kamera vorbei keine Reaktion hervorbrachte.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass trotz der technischen Beeinträchtigungen und daraus resultierenden nicht idealen Bedingungen die Versuche klare Ergebnisse gebracht haben. Je weiter innen die Zuschauer sich befinden, desto weniger Krümmung befindet sich in ihrem direkten Blickfeld. Lediglich das Umschauen hinter sich offenbart aufgrund des schrägen Betrachtungswinkels der Kuppelfläche eine deutliche Krümmung.

Je weniger ununterbrochene gerade Linien, desto besser gelingt die ungekrümmte räumliche Illusion. Je stärker die Bewegung, desto weniger fällt die Krümmung in bestimmten Teilen der Bewegung auf. Aber auch bei starker Krümmung kann die Illusion sehr stark sein und Unwohlsein oder Beklemmung hervorrufen. Es steht zu vermuten, dass bei weniger reduzierter Visualisierung häufig über Projektionsunzulänglichkeiten oder Krümmungen hinweggesehen wird.

7.3 Studie 2: Dialoge

Ein sehr selten genutztes Stilmittel in Fulldome-Kuppeln sind Dialoge. Damit stehen Fulldome-Shows im starken Gegensatz zu Spielfilmen, in denen Dialoge sehr häufig Verwendung finden. In Kuppelumgebungen nutzen Shows eher einen Sprecher aus dem Off. Die seltene Nutzung von Dialogen könnte darauf zurückzuführen sein, dass viele Fulldome-Shows dokumentarfilmähnliche Inhalte und Strukturen haben (vergl. Hertling & Rienow, 2009) und gerade bei Shows mit astronomischem Inhalt (z. B. Flüge durch den Raum) Dialoge nicht notwendig sind.

Durch diese Dokumentarformate ist man aber eingeschränkt. Die inhaltliche Breite, die in Spielfilmen möglich ist und Drama oder Komödien erlaubt, fehlt im Fulldome-Bereich noch. Dabei ist der Einsatz von Protagonisten ein wichtiger Baustein für Imagination oder Empathie, denn sie erlauben dem Zuschauer, emotional mitzufühlen und schaffen Identifikation. Durch zwischenmenschliche Interaktion wird eine Voraussetzung für Immersion auf sozialer Ebene geschaffen. Dass der soziale Aspekt bei Filmen funktioniert, kann man jederzeit durch einen Kinobesuch bestätigen. Fulldome-Umgebungen nutzen aber bislang diesen Effekt nur ausgesprochen selten aus und wenn, dann nicht immer glücklich. Es gilt also im Folgenden zu überprüfen, ob sich Dialoge für das Fulldome-Medium eignen und wenn ja, wie sie am besten umzusetzen sind.

7.3.1 Motivation

Reale Personen wurden schon häufiger in Fulldome-Shows eingesetzt, waren allerdings meist alleine im Bild oder ohne Interaktion mit anderen Personen. Ein prominentes Beispiel ist dafür die Show „Natural Selection“ (NL 2010, deutscher Titel: „Rätsel des Lebens“) von Mirage3D, in der der junge Charles Darwin auf seiner Reise mit der Beagle begleitet wird und der alte Charles Darwin in seiner Residenz in England persönlich zu Wort kommt. Beide sind durch Schauspieler dargestellt worden, die vor Greenscreen gefilmt und mit großem Aufwand in virtuelle Szenen integriert wurden (vergl. Buczek & Rienow, 2011). Weitere Beispiele stammen aus dem Jahr 2009, in dem das vierhundertjährige Jubiläum der ersten astronomischen Fernrohrbeobachtung durch Galileo Galilei gefeiert wurde. Dies führte zu einer Reihe von Shows, die den bekannten Astronomen am Fernrohr zeigten, dargestellt durch einen Schauspieler.



Abbildung 7.13: Dialog aus der Show „Augen im All“. Die Personen stehen mittig vor einer geneigten Kamera.

Einen anderen Weg geht die Veranstaltung „Augen im All“ (D 2009) der ESA. In dieser Show werden bewusst Dialoge verwendet. Zur Aufnahme fand ein Greenscreen-Raum Verwendung, in dem die Schauspieler sich aufgrund der Größe der grünen Wand frei bewegen konnten. Sie wurden mit einer hochauflösenden Kamera mit Fisheye-Linse gefilmt. Die Kamera war einige Grad nach vorne geneigt. Im Postproduktionsprozess musste die Szene dann passend dazu geneigt werden, um die Schauspieler integrieren zu können, so dass die Show prinzipiell für geneigte Kuppeln mit gerichteter Bestuhlung geeignet ist.

Dies wird insbesondere in Abb. 7.13 deutlich, in der durch die geneigte Kamera automatisch eine gerichtete Szene erzeugt wurde. In dieser Szene ist die eine Seite der Kuppel interessant, die andere jedoch nicht: die den Schauspielern gegenüberliegende Seite zeigt nur die Decke des Raumes.

Bei geneigter Kamera wird noch ein weiterer Effekt deutlich. Stehen die Personen frontal vor der Kamera, so lässt sich die jeweilige Szene in einer ungeneigten Kuppel gut betrachten (s. Abb. 7.13). Gehen die Schauspieler allerdings an den Rand des Bildes, so stehen sie aufgrund der Neigung der Kamera nicht mehr senkrecht zum Horizont. In einer geneigten Kuppel wird diese Schiefelage der Schauspieler durch die Schiefelage der Kuppel ausgeglichen. In einer

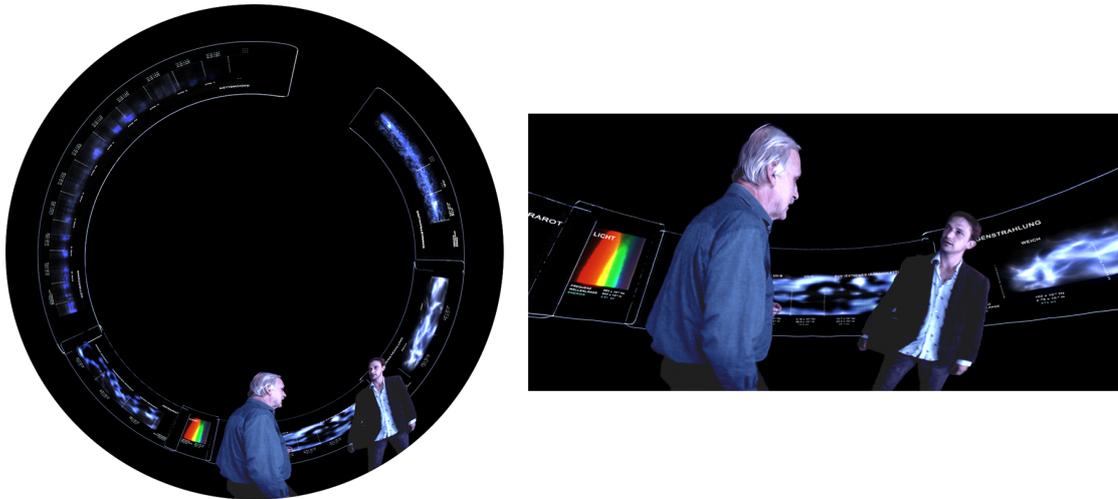


Abbildung 7.14: Dialog aus der Show „Augen im All“. Die Personen stehen seitlich im Kamerabild und werden dadurch schräg in die virtuelle Szene integriert. Da die virtuelle Szene selbst ungeneigt ist, scheinen die geometrischen Verhältnisse in der Horizontsicht (rechts) nicht zu stimmen, die Schauspieler stehen schräg zum Horizont.

ungeneigten Kuppel stehen die Schauspieler unnatürlich schräg zum Horizont (s. Abb. 7.14). Hinzu kommt, dass in dieser Szene der Hintergrund ungerichtet als Ring um die Kuppel erzeugt wurde. Die Schauspieler stehen also geometrisch unpassend zum Hintergrund.

Grundsätzlich fällt auf, dass bekannte Montagetechniken wie Schuss-Gegenschuss in der Kuppel nicht funktionieren. Die Personen stehen meistens direkt voreinander, selten nutzen sie einen größeren Winkelabstand. Für geneigte Kuppeln mag dies nur bedingt ein Problem darstellen, da die Bildsprache dem Kinofilm bzw. dem Kuppelkino noch ähnelt.

Um Dialoge auch für ungeneigte, konzentrisch bestuhlte Kuppeln zu ermöglichen, wurde versucht, eine Bildsprache für die Darstellung von Dialogen in filmischen Szenen zu finden, die vermeidet, dass die Personen räumlich ungünstig oder zu stark gerichtet in der Kuppel positioniert werden. Dabei soll das für konzentrisch bestuhlte Kuppeln wichtige Prinzip der „fairen Visualisierung“ zum Tragen kommen. „Eine faire Visualisierung erlaubt es jedem Zuschauer die meiste Zeit, die wichtigen Elemente der Visualisierung gut sehen zu können.“ (Rienow, 2009, S. 110) Dabei liegt der Gedanke zu Grunde, dass nicht jeder Zuschauer immer alle Teile der Visualisierung gut sehen können muss,

aber es muss gewährleistet sein, dass kein Zuschauer das Gefühl bekommt, wichtige Dinge zu verpassen.

Um dieses Prinzip für Dialoge zugänglich zu machen, wurde im Rahmen einer Lehrveranstaltung an der Fachhochschule Kiel der Edgar-Wallace-Krimi „Der unheimliche Mönch“ für den Mediendom im Sinne einer spielfilmartigen Produktion umgesetzt, die viele Dialoge enthielt (Kjär & Rienow, 2009, S. 63). Um eine faire Visualisierung zu erreichen, wurden hierbei die Personen einzeln vor Greenscreen gefilmt und in der Kuppel 180° voneinander entfernt abgebildet, also an gegenüberliegenden Seiten (s. Abb. 7.15).



Abbildung 7.15: Dialog aus „Der unheimliche Mönch“. Die Personen stehen 180° auseinander.

Es wurde schnell deutlich, dass, unabhängig vom Sitzplatz der Zuschauer, die Akteure zu weit auseinander standen. Die Zuschauer konnten dem Dialog nicht mehr folgen, da zu starke Kopfbewegungen notwendig waren, um den sprechenden Dialogpartner im Blick zu halten. Da nur jeweils einer der Schauspieler im Blick gehalten werden konnte, gestaltete sich die Wahrnehmung von Emotionen ebenfalls als sehr schwierig. Es war nicht richtig möglich, die emotionale Bindung beider Personen wahrzunehmen, da nicht mit einem Blick erfasst werden konnte, ob sich beide Personen überhaupt anschauen.

7.3.2 Vorüberlegungen

Sowohl das Filmen einer gesamten Szene mit Fisheye-Linse als auch der maximal mögliche Winkelabstand sind für Dialoge ungeeignet. Es gilt also, herauszufinden, welcher Winkelabstand bei welcher Aufnahmetechnik geeignet ist, um ein möglichst natürliches aber dennoch faires Erlebnis eines Dialoges in einer Fulldome-Umgebung zu realisieren. In diesem Fall steht also das möglichst dichte Beieinanderstehen der Protagonisten, das eine emotionale Verbindung zwischen ihnen deutlich sichtbar macht, im Gegensatz zu dem Wunsch, für das faire Erlebnis die Protagonisten weiter voneinander zu entfernen (im Sinne des Winkelgradabstandes auf der Kuppel).

Eine weitere Überlegung bezieht sich auf die Größe der dargestellten Personen. Diese besteht aus zwei Komponenten: zum einen die Größe des Gesichtes. Ist das Gesicht zu klein, reicht die Auflösung der Projektion nicht mehr aus, um die Mimik und damit Emotionen erkennen zu lassen. Aus dieser Überlegung ist zu schließen, dass dargestellte Gesichter eine bestimmte Mindestgröße haben müssen.

Der andere Aspekt der Personengröße bezieht sich auf die Gesamtgröße: ist die Person zu groß dargestellt, kann sie unnatürlich über die Kuppel gebeugt erscheinen oder wirkt aufgrund der Kameraperspektive von unten riesig und dadurch unnatürlich oder sogar furchteinflößend.

Ist die Kamera relativ zum Schauspieler tief positioniert, wirkt der Schauspieler groß. In einer Fulldome-Umgebung schauen die Zuschauer aber ohnehin aus einer niedrigen Position auf die Leinwand, die sich über ihnen befindet. Je größer die Kuppel ist, desto unwichtiger wird die Wandhöhe. Im Mediendom liegt allerdings der Horizont der Kuppel auf 2,30 Meter Höhe, so dass alle Zuschauer von schräg unten auf die Kuppel schauen müssen.

Im Umkehrschluss bedeutet dies, dass die dargestellten Personen überhöht gezeigt oder höher positioniert werden müssen, damit sie über dem Kuppelrand sichtbar werden. Um diesen Effekt zu umgehen, muss mit einer Fisheye-Linse gefilmt und die Kamera geneigt werden. Die Problematik dieser Technik wurde oben bereits diskutiert.

Wird eine andere Aufnahmetechnik verwendet, so kann der Kamerawinkel sehr frei bestimmt werden, unter dem die Personen aufgenommen werden. Es kann darauf geachtet werden, dass das Resultat möglichst natürlich wirkt. Au-

ßerdem bietet die Einstellungsgröße die Möglichkeit zu bestimmen, wie viel von der Person auf der Kuppel erscheint.

Als letzter und wichtigster Punkt muss gewährleistet sein, dass die beiden Personen sich (räumlich) anschauen, um die emotionale Bindung zwischen ihnen glaubhaft sichtbar zu machen. Dies wird insbesondere schwierig, wenn Dialoge auf die Kuppel projiziert werden, da die Kuppeloberfläche gekrümmt ist und jeder Zuschauer aus einem anderen Winkel auf die Kuppel schaut.

Insofern sind alle angesprochenen Probleme von Personendarstellung auf Kuppeln letztendlich räumlicher Natur. Es lässt sich also festhalten, dass die für die gerade Kinoleinwand vergleichbar einfache Aufgabe, einen Dialog zu zeigen, für Fulldome mehr Überlegung erfordert, dann aber auf räumliche Aspekte zurückzuführen ist.

7.3.3 Produktion

Nach diesen Vorüberlegungen bleiben nun noch einige Entscheidungen offen, wie die Dialoge im Detail umgesetzt werden sollen.

Die Wahl des Dialoges fiel auf eine Szene aus Fellinis „La Strada“ (IT 1956), in der die beiden Hauptfiguren ein emotional geladenes, aber dennoch kurzes Wortgefecht führen. Aufgrund dieser beiden Eigenschaften schien die Szene für eine Testreihe geeignet. Der Dialog ist in Anhang D abgedruckt.

Finden Dialoge Verwendung in Shows, so muss die Entscheidung getroffen werden, ob reale Personen gefilmt und in die Szene integriert werden oder ob lediglich Sprache aufgenommen wird, auf die dann die (Computer-)animation virtueller Figuren angepasst wird.

Diese Entscheidung hat auch etwas mit dem großen Aufwand des Filmens von Schauspielern zu tun, die dann eventuell sogar noch in ein Domemaster mit Hilfe von Compositing-Techniken hineingesetzt werden müssen. Da die meisten Inhalte von aktuellen Fulldome-Shows sowieso computergeneriert sind, wäre es denkbar, auch die Protagonisten im Computer zu animieren oder gleich Fantasiewesen zu verwenden⁶.

⁶Zu der Reihe der Fulldome-Shows, die sich komplett auf computergenerierte Wesen verlassen, gehören vor allem Shows für Kinder. Einige Beispiele sind „Molecularium - Riding Snowflakes“ (USA 2005), „Zula Patrol - Under The Weater“ (USA 2007) oder auch „La Course a la Terre“ (F 2006).

Menschliche Emotionen zu animieren ist deutlich anspruchsvoller und komplexer als die üblicherweise verwendeten eher dokumentarischen Sachverhalte und birgt stets die Gefahr, sich im Uncanny Valley wiederzufinden (s. Abb. 5.4). Es ist also zu empfehlen, echte Menschen zu zeigen, um ungewollte emotionale Reaktionen zu verhindern.

Im Folgenden soll also untersucht werden, wie reale Personen an der Kuppel dargestellt werden können.

Es bleibt die Frage nach dem Bildaufbau. Um wie bei der ersten Studie möglichst wenig Streulicht zu erzeugen, sollen die Testszenarien nur die zwei Protagonisten zeigen, der Rest der Kuppel kann schwarz bleiben. Auf diese Weise werden gleichzeitig mögliche räumliche Zusatzinformationen ausgeschlossen, die eventuell eine andere Einschätzung der räumlichen Situation der beiden Personen hervorrufen würden.

Um mehr Kontrolle über das Resultat zu bekommen, ist die Aufnahme der gesamten Szene in einem Schritt, aber mit zwei Kameras, sicherlich der günstigste Weg. Außerdem erlaubt die Aufnahme des einzelnen Akteurs leichter das Erstellen von Testreihen in Bezug auf den Winkel der Personen zu einander an der Kuppel, da sich die Winkel direkt zwischen den Kameras einstellen lassen.

Die Schauspieler werden dabei in der Amerikanischen Einstellung gezeigt (s. Wulff, 2012), sind also bis kurz unter die Hüfte zu sehen. Die Untergrenze des Bildes liegt auf dem Horizont der Kuppel.

Die Aufnahme erfolgte mit zwei FullHD-Videokameras, die auf dem Stativ senkrecht montiert wurden, um bei der Aufnahme der Personen möglichst die gesamte zur Verfügung stehende Auflösung der Kamera ausnutzen zu können. Auf diese Weise konnten in der Nachbearbeitung kleinere Ausschnitte gewählt werden, um zu testen, welche Einstellung sich am besten für die Kuppel eignet. Die Amerikanische Einstellung stellte sich dabei als guter Kompromiss zwischen der Totalen und der Nahen Einstellung heraus. Die Totale hätte die Personen zwar ganz abgebildet, die Köpfe wären aber so klein dargestellt worden, dass die Mimik und insbesondere die Blickrichtung nicht mehr gut erkennbar waren. Die Naheinstellung hingegen bewirkte nicht nur eine unnatürlich wirkende Größe der Köpfe, sondern hätte die Protagonisten auch unnatürlich über den Kuppelrand schauen lassen, so als würden sie sich hinter einer hohen Mauer befinden.

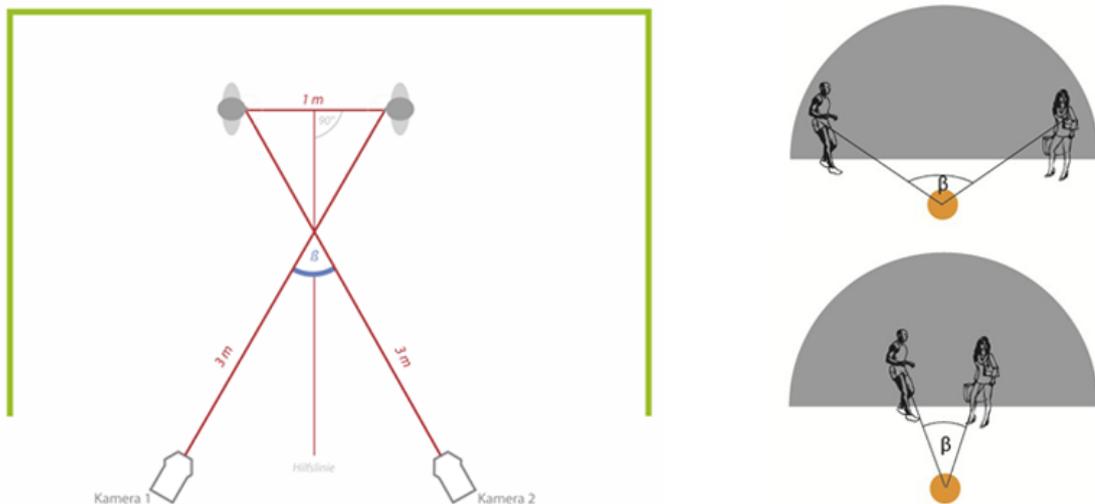


Abbildung 7.16: Positionierung der Schauspieler und der Kameras mit Hilfe von Markierungen und roten Fäden (links). Der Winkel β wurde für jede Aufnahme neu eingestellt und im Rahmen der Postproduktion auf die Positionierung der Personen an der Kuppel übertragen (rechts).

Die Aufnahme der Dialogpartner erfolgte im Greenscreenstudio der Fachhochschule Kiel. Die Schauspieler nahmen dabei eine feste Position ein. Die Kameras wurden mit Hilfe von Markierungen auf dem Boden genau positioniert, um nicht nur den Winkel der Aufnahme genau einstellen zu können, sondern dabei auch den Abstand zu den Schauspielern nicht zu variieren, um ein immer gleich großes Bild zu erhalten. Zwischen der Schauspielerposition und der Kamera wurden Fäden gespannt, an deren Kreuzungspunkt sich der Winkelabstand messen lässt. Mit Hilfe dieser Methode (s. Abb. 7.16) wurde ebenfalls sichergestellt, dass die Aufnahme aus dem richtigen Winkel erfolgte. Auf diese Weise sollte sich die geometrische Situation und der Blickkontakt zwischen den Schauspielern in der Kuppel rekonstruieren lassen.

Es wurden Aufnahmen im Winkelabstand von 50° , 70° , 90° , 110° und 130° vorgenommen und die Darsteller in einem ersten Nachbereitungsschritt vom grünen Hintergrund freigestellt (sog. keying). Mit dem Bildmaterial konnte dann eine weitere Reihe von vorbereitenden Tests durchgeführt werden. Für die Nachbereitung war es wichtig zu wissen, wie groß die Personen an der Kuppel erscheinen sollten. Zu diesem Zweck wurden die Personen in 30° , 35° , 40° und 45° Winkelhöhe an der Kuppel abgebildet (s. Abb. 7.17). Es wurde deutlich, dass mit 30° und 45° die äußeren Grenzen einer sinnvollen Darstellung er-



Abbildung 7.17: Fotografie der Kuppelprojektion im Mediendom während der Tests zur Winkelhöhe der Darsteller. Die farbigen Markierungen im Hintergrund dienen zur Einschätzung der anderen Winkelhöhen.

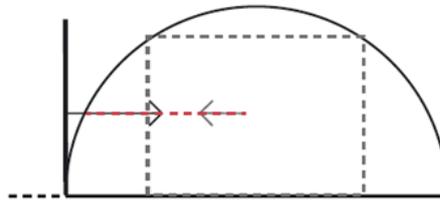


Abbildung 7.18: Senkrechte Videoflächen, die mit 90° Winkelabstand positioniert wurden. Die Pfeile deuten die Blickrichtung der Dialogpartner an.

reicht waren. Bei 30° war die Mimik nicht mehr gut erkennbar, bei 45° wirkten die Personen gekrümmt oder bedrohlich. Die Wahl fiel auf 40° Gesamthöhe der Darstellung mit einer resultierenden Augenhöhe von etwa 35° über dem Horizont.

Ein weiterer Schritt der Produktion ist das Anordnen der gefilmten Personen auf der Kuppel. Hier wurden zwei Möglichkeiten getestet, bei denen die Videos als Texturen auf Polygonflächen gemappt wurden, die dann ihrerseits im 3D-Raum angeordnet wurden. Hierfür wurde wieder das Programm 3ds Max genutzt.

Bei der ersten Herangehensweise wurden die Videoflächen senkrecht ausgerichtet, so dass die zwei Personen gerade neben der Kuppel standen (s. Abb. 7.18). Es war zu erwarten, dass bei dieser Positionierung die räumliche Anordnung korrekt wiedergegeben wird. Die Personen standen auf jeden Fall senkrecht zum Horizont (also nicht schräg wie bei der Fisheye-Aufnahme). Weiterhin war zu erwarten, dass sie sich anschauen, also auch die Blickrichtung räumlich korrekt wiedergegeben wird.

Auch wenn die geometrisch korrekte Wiedergabe in Bezug auf die Blickrichtung gut funktioniert hat, gab es allerdings mit dieser Anordnung ein Problem:

die Anordnung wirkte, als würde die Kamera sehr tief zwischen den beiden Protagonisten stehen. Diese Wirkung ließ die Protagonisten nicht nur sehr groß erscheinen, sondern hatte auch einen Effekt auf ihre Proportionen. Durch die Nähe der Kamera zur Hüftregion und den großen Abstand zum Kopf erschienen die Personen mit breiter Hüfte und kleinem Kopf unnatürlich verzerrt.

Aus diesem Grund wurde versucht, durch Anwinkeln der Kamera bei der Aufnahme dem Effekt entgegenzuwirken. Es wurde die gleiche Szene erneut aufgenommen, und die Kamera wurde dabei jeweils um 10° nach unten und nach oben schauend geneigt (s. Abb. 7.19).

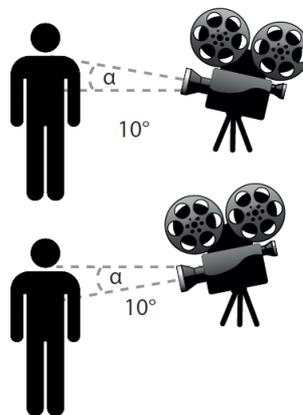


Abbildung 7.19: Veränderte Kamerawinkel bei der Aufnahme.

Angewandt auf die Darstellung in der Kuppel brachten diese Veränderungen allerdings keine Vorteile. Die von unten schauende Kamera verstärkte den Effekt der unnatürlich großen Personen, die von oben schauende Kamera lieferte ein in sich räumlich unschlüssiges Bild, so dass von einer weiteren Neigung der Kamera abgesehen wurde.

Um den ungünstigen Proportionen entgegenzuwirken, wurden in einem weiteren Schritt die Videoflächen angewinkelt, so dass sie mit ihrem Mittelpunkt tangential auf der Kuppeloberfläche auflagen. Bei 40° Gesamthöhe bedeutete dies ein Kippen um 20° (s. Abb. 7.20). Anders interpretiert könnte man sagen, dass die Flächen auf den Kuppelmittelpunkt, also die virtuelle Kamera, ausgerichtet wurden. Diese Ausrichtung konnte mit Hilfe eines speziellen Plugins für das Postproduktionstool „After Effects“⁷ erzeugt werden, das zum Liefer-

⁷Adobe After Effects, <http://www.adobe.com/de/products/aftereffects.html>, abgerufen am 27.8.2013.

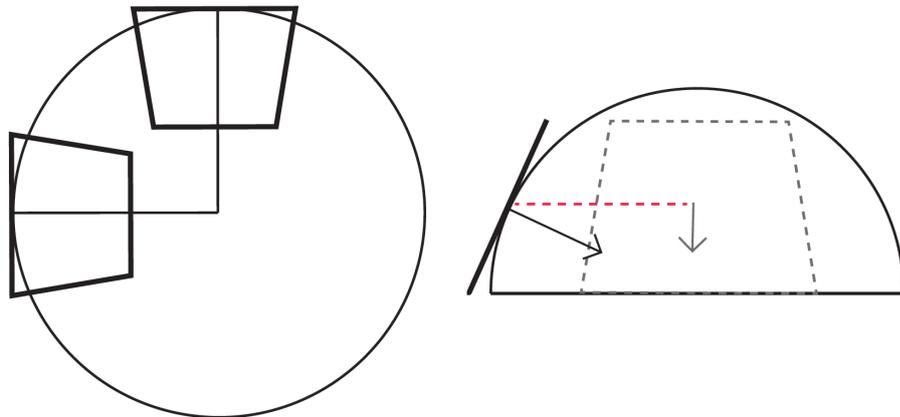


Abbildung 7.20: Geneigte Videoflächen, links in der Draufsicht, rechts von der Seite. Auch hier zeigen die Pfeile wieder die Blickrichtung der Dialogpartner.

umfang des Bildgenerators Digistar gehört und „Virtual Projector“ heißt. Dort ließen sich die Parameter für Winkelhöhe und Winkelabstände direkt eingeben.

Durch das mittige Ausrichten der Flächen wurden die Proportionen der Personen viel natürlicher wiedergegeben als bei der senkrechten Ausrichtung. Gleichzeitig bot diese Methode den großen Vorteil, durch die individuelle Neigung der Videoflächen keine Schrägstellung zum Kuppelhorizont zu erzeugen. Durch das Ausrichten wurde allerdings die Geometrie der Blickrichtung verändert, die Protagonisten schauen nun schräg an ihrem Partner vorbei.

Zu einem Dialog gehört auch die Sprache. Nach der Aufnahme wurden die Sätze der beiden Sprecher isoliert und einzeln in einem 5.1-Surround-System positioniert. Auf diese Weise konnte erreicht werden, dass die Sprache der Dialogpartner jeweils in der passenden Richtung wiedergegeben wird. Die spezielle Tonanlage des Mediendoms emuliert 5.1-Ton, so dass die korrekte Wiedergabe gewährleistet ist.

Das produzierte Bild eines jeden Dialoges liegt nach der Bearbeitung in After Effects als Bildfolge von Domemaster-Bildern vor. Um diese in der Kuppel als Film abspielen zu können, müssen die Bilder gesliced werden (s. Kapitel 2.5.2). Dies geschieht mit dem ebenfalls zum Lieferumfang des Digistar gehörenden Tool „ESVideo“. In einer speziellen Beschreibungs- oder Auszeichnungssprache wird dem Programm beschrieben, wie die Domemaster zu behandeln sind. Dabei ist das nachträgliche Ein- und Ausblenden möglich. Das Programm bekommt als weiteren Parameter die Anordnung der Projektoren in der Zielkuppel als .ini-Datei übermittelt, so dass es das Slicing der Videos

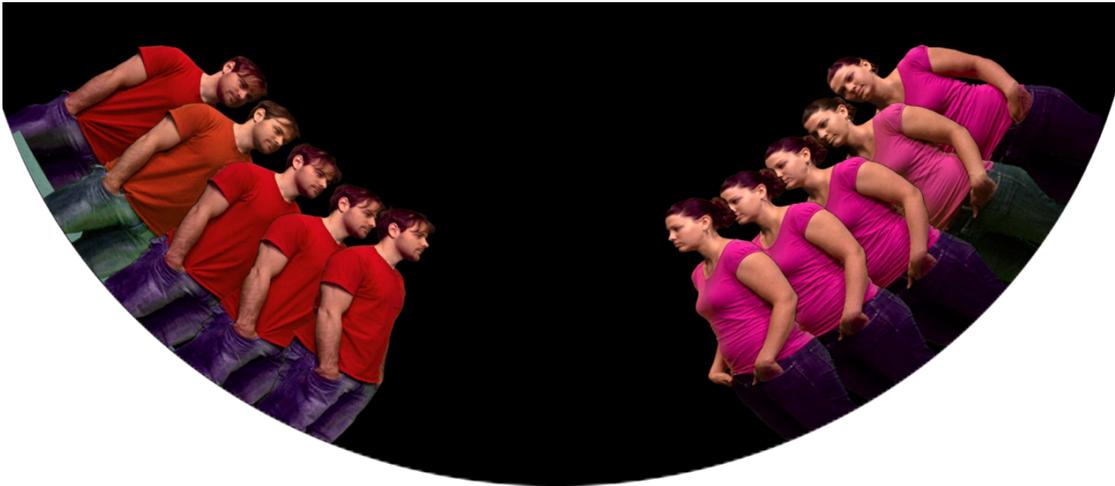


Abbildung 7.21: Ausschnitt eines Domemasters, in dem die Winkelabstände der Dialogpartner gleichzeitig zu sehen sind. Deutlich wird der geänderte Aufnahmewinkel bei der unterschiedlichen Positionierung. Die hier abgebildeten Winkel sind 50° , 70° , 90° , 110° und 130° .

angepasst an die jeweilige Kuppel übernehmen kann. Die geometrisch korrekt verzerrten Teilstücke der Videos werden als MPEG2-Stream kodiert.

Mit folgender Beschreibung kann das Slicing für einen der Dialoge ausgeführt werden:

```

1  [Setup]
2  Channel= 0 1 2 3 4 5 6
3  Parallel Channels = 7
4  Output = dialoge_afx_50grad
5  Frame Rate= 30.0
6  Params= D:\Renderstuff\D3AEKielConfig.ini
7  Scenes= 1
8  [Scene 1]
9  Dome = d:\Doktorarbeit_Studien\Dialoge\Domemaster\50grad\*.png
10 Fade In = 30
11 Fade Out = 30

```

Listing 7.5: Skript für das Slicing einer Domemaster-Bildfolge.

Durch die Aufforderung, die Kanäle 0 (Vorschau der gesamten Kuppel) und 1-6 (für die einzelnen GPs) zu erzeugen, bekommt man sieben MPEG2-Dateien, die auf das System kopiert werden müssen. Das Abspielen der einzelnen Slices erfolgt von der lokalen Festplatte des jeweiligen GPs. Die Tondatei wird auf den Audioprozessor kopiert.

Damit ergibt sich folgendes Digistar 4-Skript zum Abspielen des Dialoges:

```
1 +0.1    system reset
2
3 +0.1    dome add domeVideo
4         dome add domeAudio
5
6         domeVideo path $Content\User\jrienow\dialoge\dialoge_afx_50grad.mpg
7         domeAudio path $Content\User\jrienow\dialoge\dialoge_50grad.wav
8
9         domeAudio volume 60
10
11 +5     domeAudio play
12       domeVideo play
13
14 +30    script end
```

Listing 7.6: Skript für das Abspielen eines kuppelfüllenden Videos (sog. Fulldome-Video).

Um die Funktionalität zu gewährleisten, werden die beiden Zeichenebenen für Video und Ton zur Gesamtkomposition des Bildes an der Kuppel zusammengeführt. Dies geschieht mit `dome add`. Mit dem Parameter `path` wird der Pfad zum Video und Ton bestimmt. Die Lautstärke des Tons wird dann auf ein angenehmes Niveau gesetzt (60%), und (nach etwas Wartezeit zum Laden) werden beide gleichzeitig abgespielt. Auf das Ende des Skriptes wird gewartet, bis die Videos abgelaufen sind, die Dialoge sind nicht länger als 30 Sekunden.

7.3.4 Durchführung

Im Folgenden soll untersucht werden, wie stark sich die räumliche Inkonsistenz der schräg vorbeischauenden Protagonisten auf die Natürlichkeit des Dialoges auswirkt. Dazu steht als Gegengewicht die natürliche Wiedergabe der Proportionen.

Ebenfalls soll untersucht werden, ob es beim Winkelabstand Toleranzen gibt. Da die Personen einzeln aufgenommen wurden, kann nachträglich der Winkelabstand unabhängig vom Aufnahmewinkel verändert werden und die Wirkung untersucht werden.

Der Fragebogen enthält elf Aufgaben mit jeweils fünf Fragen, die sich mit der Wirkung und Räumlichkeit des gezeigten Dialoges beschäftigen. Die fünf Fragen sind:

- Haben sich die Personen angeschaut?
- Wird die Konzentration der Personen aufeinander deutlich?

- Konnten Sie den Dialog mit Ihrem Blick verfolgen?
- Hatten die Personen einen Abstand zueinander, der für einen intensiven Dialog sinnvoll scheint?
- Wirkte der Dialog insgesamt natürlich?

Vor allem die letzte Frage nach der Natürlichkeit ist diejenige, die besonders interessant ist.

Für die Einstufung der jeweiligen Fragen wurde eine siebenstufige Rating-Skala von „sehr schlecht“ (0 Punkte) bis „sehr gut“ (6 Punkte) verwendet.

An der Studie nahmen 14 Personen teil, 11 Männer und 4 Frauen mit einem durchschnittlichen Alter von 29,6 Jahren (Standardabweichung 8,3). Die Befragung begann wieder mit dem Tendency-Fragebogen ITQ (s.o.), bei dem ein Durchschnittswert von 88 Punkten erreicht wurde, Standardabweichung 9,7. Auffällig waren diesmal nur zwei Personen, die eine hat mit 69 Punkten einen niedrigen Punktestand, die andere mit 110 Punkten einen besonders hohen.

Die Probanden wurden in der Kuppel so positioniert, dass es neben dem Platz in der Kuppelmitte, der wieder mit einem Stuhl ausgestattet wurde, drei Sitzkategorien gab, die sich durch die Winkelabstände zur Mitte der Dialogpartner auszeichneten. Drei Personen saßen in den drei Reihen der Mitte der Dialogpartner genau gegenüber (Plätze A08, B14 und C20), jeweils drei links und rechts davon (Plätze A06 und A10, B11 und B17, C16 und C24) und dann noch vier mit größerem Winkelabstand (Plätze A05 und A11, B09, C13). Eine genaue Zuordnung der Sitzplatznummern ergibt sich aus dem Plan des Mediensystems im Anhang A.

Die ersten fünf Aufgaben zeigten die fünf aufgenommenen Winkelabstände direkt. Danach wurde der Test unterbrochen und die Fragebögen ausgewertet. Die Auswertung umfasste sowohl die Frage nach der Natürlichkeit des Dialoges und die Gesamteinschätzung, also den Mittelwert aus allen Fragen zusammen. Es stellte sich heraus, dass bei 70° Winkelabstand sowohl die Natürlichkeit als auch die Gesamtwertung im Mittel noch über dem arithmetischen Mittel lagen (beide ca. 3,3), bei 90° Winkelabstand aber schon darunter (Natürlichkeit 2,6, Gesamtwertung 2,9). Alle Werte wiesen aber eine hohe Standardabweichung > 1 auf, so dass bei der folgenden Untersuchung der Toleranzen der Winkelabstände alle Werte zwischen 70 und 90 Grad untersucht werden sollten. Auch wurde beschlossen, den mit 90° aufgenommenen Dialog mit noch

größeren Winkeln wiederzugeben, da der Gesamtwert für 90° sehr dicht am arithmetischen Mittel lag.

Es wurden also die folgenden Winkelabstände in den Aufgaben 6-11 gezeigt:

Aufgabe 6: 70° Aufnahme, 80° Wiedergabe

Aufgabe 7: 70° Aufnahme, 90° Wiedergabe

Aufgabe 8: 90° Aufnahme, 70° Wiedergabe

Aufgabe 9: 90° Aufnahme, 80° Wiedergabe

Aufgabe 10: 90° Aufnahme, 100° Wiedergabe

Aufgabe 11: 90° Aufnahme, 110° Wiedergabe

Zusätzlich zu jeder Aufgabe hatten die Teilnehmer die Möglichkeit, Bemerkungen in Form von freiem Text aufzuschreiben.

Die Versuche wurden mit einer infrarotempfindlichen Kamera aufgezeichnet, um verhaltensbasiert Reaktionen erfassen zu können. Da die Kamera nur einen Öffnungswinkel von etwa 60° ausgestattet war, wurde sie so positioniert, dass sie die Person in der Mitte der Kuppel und den inneren Stuhlkreis gut abbilden konnte.

7.3.5 Ergebnisse und Diskussion

Eines der Hauptprobleme beim Vorführen der Dialoge war die Lippenasynchronität zwischen der Audiospur und dem Video. Dies kann bei der Synchronisation zwischen mehrteiligem Video und Audio manchmal auftreten und ist meistens nicht besonders stark, bei gesprochenen Dialogen zeigt sich aber eine besondere Sensibilität der Zuschauer und eine - auch nur minimale - Abweichungen wird als unnatürlich wahrgenommen. Dies wurde von mehreren Probanden notiert.

Trotz dieser Unzulänglichkeit sind die ersten Aufgaben mit dem jeweils um 20° anwachsenden Winkelabstand sowohl in Bezug auf Natürlichkeit als auch in der Gesamtwertung absteigend (s. Abb. 7.22). Folgende Kommentare notierten die Probanden: „Blick wanderte weg vom Sprecher, schwerer die Szene zu erfassen“ (90°) oder auch „die größere Distanz verringert auch die Natürlichkeit“ (110°). Mit größerem Abstand können die Probanden dem Dialog schwieriger folgenden, wie erwartet worden war.

Je nach Sitzplatz der Probanden bzw. ihrem Winkelabstand zur Mitte differierten die Ergebnisse. Während generell die Tendenz der Abnahme der Bewertung der Gesamtqualität auch für verschiedene Sitzpositionen festzustel-

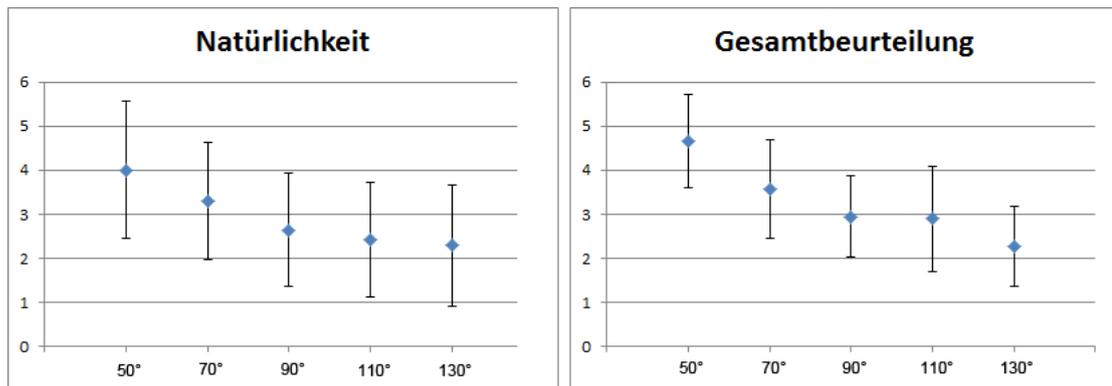


Abbildung 7.22: Bewertungen der Dialoge mit unterschiedlichen Winkelabständen in Natürlichkeit und Gesamtheit mit Standardabweichung.

len war, gab es aber auch überraschende Einschätzungen. Die mittig sitzenden Probanden bewerteten die 110°-Einstellung im Mittel besser als die 90°-Einstellung (es sollte aber darauf hingewiesen werden, dass dies ja nur drei Probanden waren, so dass eine statistisch relevante Aussage schwierig ist). Auf den Sitzplätzen mit mittlerem Abstand nahmen die Bewertungen streng monoton ab, dabei wurde die 50°-Einstellung insgesamt besonders hoch und besonders natürlich bewertet. Auf den entfernt liegenden Sitzplätzen ist eine kontinuierliche Abnahme der Einschätzung zu beobachten.

Im Gegensatz dazu steht die Einschätzung der Natürlichkeit. Diese nimmt über alle Plätze mit steigendem Winkel der Akteure kontinuierlich ab, wie auch die Gesamteinschätzung. Betrachtet man die einzelnen Sitzplatzkategorien aber für sich, ist kein nachvollziehbares Muster auszumachen. Die Vermutung liegt nahe, dass insbesondere bei hohen Winkeln ein Dialogpartner sehr gut (fast gegenüber) auf der Kuppel sichtbar ist, während der andere aus einem schrägen Blickwinkel betrachtet wird. Weiterhin ist zu erwarten, dass die manchmal fehlende Lippensynchronität den Eindruck der Natürlichkeit verändert hat.

Für diese These spricht, dass dies von außen sitzenden Probanden (P02, P14) im Bemerkungstext durch folgenden Äußerungen artikuliert wurde. „Er schaute weg“ oder auch „Frieder [der männliche Schauspieler] guckt sie an“. Gerade letzte Äußerung spricht für eine günstige Wahrnehmung des Schauspielers, denn bei den größeren Winkeln 90°-130° wurde dies bemerkt, und dort war der Schauspieler genau auf der gegenüberliegenden Seite des Sitzplatzes zu sehen.

Eine ganz andere Einschätzung wurde vom Probanden in der Mitte der Kuppel vorgenommen. Während die Dialoge in 50° und 70° (trotz abnehmender Tendenz) noch als natürlich eingestuft wurden, wurde schon ab 70° festgestellt, dass sich die Personen nicht mehr gut anschauen, die Natürlichkeit wurde ab 90° als schlecht bewertet. Diese Bewertungen sind sehr wahrscheinlich darauf zurückzuführen, dass der Proband in seiner Position in der Mitte der Kuppel einen unverzerrten Blick auf die Kuppel hatte und damit die sich aus dem Ausrichten der Videoflächen ergebenden geometrischen Inkonsistenzen stark wahrgenommen hat. Ebenfalls steht zu vermuten, dass aufgrund der Nähe zur Projektion der Überblick über den gesamten Dialog ab 90° Winkelabstand nicht mehr aufrecht erhalten werden konnte.

Nach der Auswertung der ersten fünf Aufgaben in der Pause des Tests wurden dann die Einstellungen erneut gezeigt, deren Beurteilung sich an der Grenze zum Erwartungswert befanden. Nun wurden allerdings die Winkelabstände leicht im Vergleich zum Aufnahmewinkel verändert. Diese Toleranzen in der Wiedergabe haben ein gemischtes Bild gezeigt (s. Abb. 7.23).

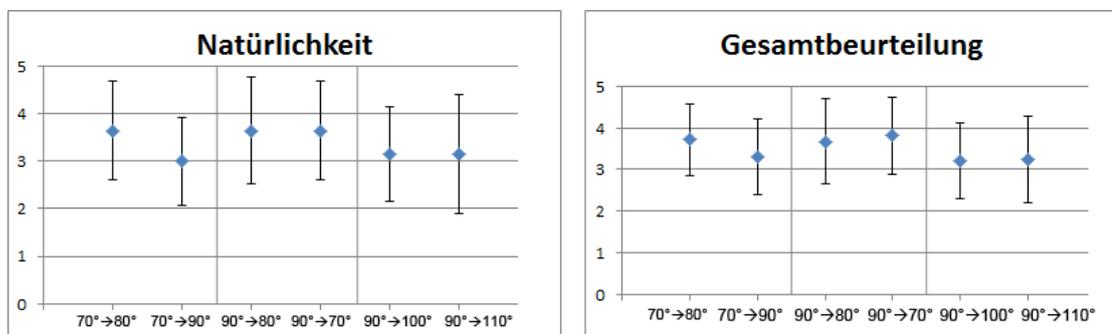


Abbildung 7.23: Bewertungen der Dialoge mit Toleranzen in den Winkelabständen der Wiedergabe. Bewertung in Natürlichkeit und Gesamtheit mit Standardabweichung.

Sowohl die Einschätzung der Natürlichkeit als auch die Gesamteinschätzung zeigen ein gemischtes Bild. Einfach zu sehen ist, dass die Erweiterung des Abspiehwinkels von 70° auf 90° kein so gutes Ergebnis erzeugt hat wie das Erweitern von 70° auf 80° . Vergleichbar, wenn auch nicht ganz so eindeutig, ist dagegen die Einschätzung beim Erweitern des Winkels über 90° hinaus. Durch die höhere Standardabweichung bei 110° ist anzunehmen, dass die entstehenden geometrischen Fehler zusammen mit einem großen Winkel zu einer Verunsicherung in der Beurteilung geführt haben.

Die Verringerung des Abspielswinkels von 90° in Richtung 80° und 70° brachte jedoch eine leichte Verbesserung der Beurteilungen mit sich. Dies könnte darauf zurückzuführen sein, dass durch die Nähe der beiden Dialogpartner zueinander wieder ein natürlicheres Empfinden der Situation bei den Probanden entstehen kann. Weiterhin ist davon auszugehen, dass sich die geometrischen Fehler bei einem Zusammenrücken der Videoflächen in Bezug auf das Ausrichten (also das 20° Kippen) wieder leicht ausgleichen.

Daraus lässt sich ableiten, dass im Bereich bis 90° der Winkelabstand liegt, bei dem Dialoge noch gut wahrgenommen werden können und die Darstellung möglichst fair ist. Dies gilt insbesondere bei der hier gewählten Darstellung mit 40° Höhe. Es kann also zusammengefasst werden, dass Dialoge etwa ein Viertel der Kuppelfläche ausfüllen können, die verbleibenden Dreiviertel müssten im Zuge einer fairen Visualisierung anders genutzt werden.

Das Bestimmen des idealen Abstandes der beiden Probanden gestaltet sich aber als äußerst schwierig, da die Unterschiede zwischen den einzelnen Dialogen schon bei 10°-Schritten so geringfügig sind, dass die Beurteilung für die Probanden sehr schwierig wird.

Bei Realisierung von Kuppelfilmen mit echten Schauspielern hat man noch einen weiten Weg vor sich, insbesondere wenn größtenteils auf Greenscreen verzichtet werden soll. Bis dahin gehen Produzenten entweder bereits bekannte Wege wie das Filmen mit Fisheye, z. B. Mirage3D mit „Dinosaurs at Dusk“ (NL 2013)⁸. Oder sie wählen völlig neue Ansätze, z. B. Roddenberry Entertainment mit „White Room“ (USA 2012)⁹, bei dem sechs Protagonisten im gleichen Winkelabstand um die Kuppel positioniert sind und dadurch eine ausgesprochen faire Visualisierung erlauben.

7.4 Vorschläge für weitere Studien

Das Verständnis von Räumlichkeit in Fulldome-Umgebungen ist bei weitem noch nicht erschlossen. Ein Unterpunkt der Wahrnehmung von Räumlichkeit ist die Wahrnehmung von Geschwindigkeit.

In Fulldome-Umgebungen gibt es ein Genre, das immer wieder gerne Verwendung findet: die Achterbahn. Der Rausch der räumlichen Visualisierung

⁸Trailer: <http://www.mirage3d.nl/pages/dad.html> (abgerufen am 22.9.2013)

⁹Trailer: <http://vimeo.com/47751579> (abgerufen am 22.9.2013).

kombiniert mit Geschwindigkeitserleben fesselt viele Zuschauer. Allerdings ist nicht klar, warum einige Achterbahnvisualisierungen gut funktionieren oder das Gefühl einer schnellen Fahrt vermitteln, während andere dieses Gefühl nicht erzeugen können.

Zuerst einmal hängt das Erleben von Geschwindigkeit mit den o. g. monokularen Tiefenhinweisen zusammen, bei Bewegung ist das insbesondere die Bewegungsparallaxe. Man sollte davon ausgehen, dass eine sehr gründlich modellierte Landschaft und Achterbahnanlage aufgrund multipler Tiefenhinweise sehr schnell wirken kann. Häufig ist es aber so, dass Geschwindigkeitserleben eher bei visuell stark reduzierten Szenen auftritt. Es wäre zu untersuchen, welche Faktoren sich besonders gut auf die wahrgenommene Geschwindigkeit auswirken und welche eher hinderlich wirken, z. B. aufgrund ihrer visuellen Komplexität.

Ein weiteres Forschungsgebiet könnte die (visuelle) Überforderung sein. Einige Besucher des Mediendoms berichten über Schwindel oder Anstrengung. Dies kann insbesondere dann auftreten, wenn die visuellen Eindrücke noch mit Informationen über einen Sprecher aus dem Off, Musik und Geräuschen verbunden sind. Über diese Empfindungen berichten nicht nur ältere Zuschauer. Es wäre demzufolge interessant herauszufinden, warum welcher Zuschauer bestimmte Dinge als überfordernd wahrnimmt. Auf der anderen Seite kann man argumentieren, dass ein kleines bisschen Überforderung eventuell die Aufmerksamkeit besser an das Medium binden könnte, so dass ein intensiver Eindruck entsteht und dadurch vielleicht Immersion entstehen kann. Hier könnte eine Untersuchung zum Ermitteln von Grenzwerten denkbar sein.

Ein Bereich, der in dieser Arbeit noch so gut wie gar nicht behandelt wurde, ist die Möglichkeit, interaktive Anwendungen für die Nutzer einer Fulldome-Umgebung zugänglich zu machen. Der Reiz liegt dabei in dem einen großen Ausgabeschirm, den alle Nutzer gleichzeitig zur Verfügung haben. Damit gehört dieses Forschungsfeld zur Spieleentwicklung oder dem computerbasierten Lernen.

Ebenfalls zu den interaktiven Anwendungen gehört das Zusammenschalten von Fulldome-Umgebungen über Netzwerk, das sog. Domecasting. Zur Zeit wird dies nur von der Firma Sciss angeboten¹⁰, deren System Steuerungsinforma-

¹⁰<http://sciss.se/uniview.php> (abgerufen am 28.9.2013)

tionen an andere Kuppeln schicken kann. Hier ist das Ende der Möglichkeiten noch lange nicht erreicht.

Aufgrund von technischen Grenzen war es bislang nicht möglich, Dome-master in 4k-Auflösung mit mindestens 30 Bildern pro Sekunde aufzunehmen. Diese technische Schallgrenze ist seit kurzem überschritten, es gibt weltweit bisher einen Hersteller eines preisgünstigen Systems¹¹. Damit eröffnet sich das Fulldome-Medium den Filmschaffenden auf neue Weise. Daraus resultieren viele Forschungsansätze im Bereich Bildsprache und Bildaufbau und der Darstellung von Menschen, die in der Kuppel miteinander kommunizieren und interagieren.

Diese vielen interessanten Gebiete, deren Aufzählung sicherlich noch nicht vollständig ist, stehen im Interessenskonflikt mit den Herstellern der Fulldome-Bildgeneratoren, die in der Hauptsache das Planetarium als Kunden sehen und Fulldome-Umgebungen als Ort der Wissensvermittlung verstehen. Auch wenn diese Sichtweise ihre Daseinsberechtigung hat, stellt sich die Frage, ob durch die Fixierung auf einen Kundenstamm der Blick auf die Möglichkeiten dieses neuen Mediums nicht zu eingeschränkt ist. Insbesondere angesichts der (laufenden und Anschaffungs-)Kosten für die technische Ausstattung und der technischen Möglichkeiten, die sich jetzt und zukünftig bieten, kann man über die Gewinnung weiterer zusätzlicher Zielgruppen nachdenken und neues Zielpublikum finden, bedienen und binden. Kuppeln haben hochinteressante Alleinstellungsmerkmale im Bereich Unterhaltung und als Lernort, die genutzt werden sollten. Wenn dadurch die Möglichkeiten für „fliegende Klassenzimmer“ unterstützt werden, ergibt sich eine Win-win-Situation.

¹¹<http://www.dome3d.com/content/fulldome-video-cameras> (abgerufen am 28.9.2013)

Kapitel 8

Zusammenfassung und Ausblick

In dieser Arbeit wird das Phänomen der Immersion am Beispiel eines bestimmten Mediums, der Fulldome-Umgebung, erläutert. Da wissenschaftliche Literatur über Fulldome-Umgebungen (bisher) nur in eingeschränktem Umfang vorhanden ist und vor allem keine allgemeine Beschreibung einer solchen Institution vorliegt, wird in einem ersten Kapitel eine Klassifizierung geschaffen. Diese bezieht sich auf Größe der Kuppel, Art und Ausrichtung der Bestuhlung, Neigung, Projektorkonfiguration und Bildgenerator. Auch wird in einer kurzen Übersicht das Erstellen von Content für dieses spezielle Medium dargestellt. In einem weiteren Schritt nähert sich die Arbeit medienwissenschaftlich dem Begriff „Fulldome-Umgebung“. Im Ergebnis entsteht aus der Zusammenführung unterschiedlicher medialer Ansätze ein neues Bild des jungen Mediums Fulldome.

Nach dieser Einstimmung nähert sich die Arbeit dem Terminus Immersion aus verschiedenen Sichtweisen. Der medienwissenschaftliche Ansatz bietet, nicht zuletzt aufgrund des Umfangs der hier vorhandenen Literatur, die besten Möglichkeiten und macht einige weitere Begriffe zugänglich, unter anderem „Präsenz“. Die Medienwissenschaft beschreibt das Phänomen der Immersion am besten durch eine doppelte mentale Buchführung, die den Rezipienten gleichzeitig vor dem Medium agieren und im Medium verortet sein lässt.

Der weitere Ansatz wird durch die Wahrnehmungspsychologie bzw. die Phänomenologie möglich, die das Wahrnehmen von Realität beschreibt. Mit Hilfe dieser Theorien wird es möglich, den medienwissenschaftlichen Ansatz zu unterfüttern und zu bestätigen. Es entsteht ein zusammenhängendes interdisziplinäres Bild der Rezeptionssituation. Dabei erzeugt das Wahrnehmungs-

system sog. „autonome Referenzrahmen“, die in sich logisch gekapselt, aber trotzdem parallel verwaltbar sind. Auf diese Weise hebt sich der Widerspruch zwischen der wahrgenommenen/geistigen Verortung im Medium und des körperlichen Verbleibens davor.

Diese Grundlage erlaubt es, explorative Studien zu dem Phänomens unabhängig von der Begriffswelt durchzuführen und zeigt, dass z. B. die Phänomene „Präsenz“ und „Immersion“ so ähnlich sind, dass sich die Methoden auf beide Begriffe gleichermaßen anwenden lassen.

Die Arbeit untersucht anschließend einige gängige Vorgehensweisen der Datenerhebung, wobei das Gewicht auf nicht-reaktiven Methoden liegt. Dies ist insbesondere wichtig, da im Fulldome-Medium noch keine Studien zur Immersion durchgeführt worden ist und für erste Studien eine konservative Herangehensweise durchaus möglich und angezeigt ist.

In einem letzten Kapitel werden die durchgeführten explorativen Studien vorgestellt, wobei der Schwerpunkt nicht nur auf der Erhebung der Daten und ihrer Interpretation liegt, sondern aufgrund der Besonderheit des Mediums gesonderte Inhalte zu produzieren waren. Der Weg von den Vorüberlegungen bis zur Produktion ist ebenfalls ein wichtiger Teil von Studien für Fulldome-Umgebungen. Die Arbeit schließt mit einem kleinen Ausblick auf weitere mögliche Forschungsfelder, die bei einem so jungen Medium naturgemäß außerordentlich vielfältig sind.

Fulldome-Umgebungen befinden sich als ein neues Medium in einem ständigen und geradezu rasanten Entwicklungsprozess. Immer wieder werden technische Neuerungen vorgestellt: höhere Auflösungen (z. B. 8k-Projektion) und schnellere Zuspieldhardware. Die neuen technischen Möglichkeiten unserer Zeit, die dem allgemeinen technischen Fortschritt geschuldet sind und an dessen Spitze der Möglichkeiten sich aktuelle Fulldome-Umgebungen mit ihrer Ausstattung bewegen, bringen die Gefahr mit sich, dass wichtige andere Fragestellungen jenseits der Technik vergessen werden.

Die meisten Fulldome-Umgebungen werden heute mit geneigtem Zuschauerraum und damit gerichteter Bestuhlung gebaut. Auf diese Weise können in einem Bereich der Kuppel Dinge unter dem Horizont sichtbar gemacht werden. Auch sieht dieser Ansatz auf den ersten Blick wie eine Lösung eines Problems aus, das bei der Studie zur Krümmungswahrnehmung auftrat: der Bereich hinter den Probanden wurde als besonders gekrümmt eingestuft. Eine geneigte

Kuppel würde dies lösen. Aber hier wird „das Kind mit dem Bade ausgeschüttet“ und zu vorschnell überlegt. Der für den einen Zuschauer nicht gut sichtbare oder verzerrt wirkende Bereich ist der Bereich, der für einen anderen Zuschauer gut sichtbar ist. Man würde also den großen Vorteil einer runden Leinwand, die Multidirektionalität, zugunsten eines Kuppelkinos aufgeben.

Die Lösung für dieses Dilemma liefern die angestellten Überlegungen zur Gestaltung von Dialogen in der Kuppel. Es wurde gezeigt, dass viele der Probleme dadurch entstehen, dass die Zuschauer wie aus einem tiefen Rund nach oben auf eine Welt hinaus schauen. Es wäre daher zu überlegen, ob Fulldome-Umgebungen so gebaut werden sollten, dass sie den Bereich bis zum Boden mit Bildinhalt füllen können, also den Bereich unter dem Horizont. Dies hätte also eine Absenkung der Horizontlinie zur Folge. Diese Absenkung würde das Problem einer geneigten, gerichteten Kuppel lösen, denn eine Kuppel, die mehr als 180° zeigt, funktioniert so, als wäre sie in alle Richtungen gleichzeitig geneigt.

Bei so einer baulichen Maßnahme stellen sich verschiedene Fragen:

- Wo können die Projektoren untergebracht werden, die sich sonst in den Nischen unterhalb des Horizontes befinden?
- Wenn das Bild bis zum Horizont geht, würden die Stühle die Sicht verdecken? Welche Art Bestuhlung eignet sich für eine solche Kuppel?
- Wie viele Personen können gleichzeitig eine solche Kuppel nutzen?
- Hat das resultierende Erlebnis einen Mehrwert?

Gerade letztere Frage kann positiv beantwortet werden, denn der Mehrwert entsteht dadurch, dass man nicht mehr Compression oder geneigte Videoflächen bräuchte, um Personen oder auch Gebäude (eben alles, was auf dem Boden steht) naturgetreu abzubilden.

Aber der Aufbau einer Fulldome-Umgebung entscheidet nicht allein über die Akzeptanz und damit den Erhalt des Mediums. Auch die Inhalte sind ein wichtiger Aspekt. So brauchen Fulldome-Umgebungen gute Shows mit ansprechender Bildgestaltung zu verschiedensten Thematiken und in verschiedensten Umsetzungen (auch interaktiv). Die aus der Gestaltung von Fulldome-Inhalten gewonnenen Erkenntnisse lassen sich auch auf alle anderen umgebenden Medien erweitern, von der zunehmenden medialen Ausgestaltung unserer Wohn-

bereiche bis hin zur medialen Ausgestaltung von Bühnen und multimedialen Großinstallation im Außeneinsatz.

Da sich die Prinzipien ähneln, wird eine lohnende Ausgestaltung der Inhalte nur funktionieren, wenn das Rezeptionsverhalten von Nutzern umgebender Medien und die Prinzipien der Bildgestaltung für diese besonderen Medien bekannt sind und bei der Entwicklung von Inhalten beachtet werden. Am Beispiel der Fulldome-Umgebungen soll diese Arbeit einen kleinen Teil dazu beitragen.



Abbildung 8.1: In der Kuppel des AHHA Science Centers in Tartu, Estland. Diese Kuppel zeigt mehr als 180°. Die Besucher befinden sich auf einer Glasplattform mitten im Raum, die Projektionstechnik ist unter ihnen. Die Kuppel ist hybridfähig, im Bild ist der Sternenprojektor zu sehen.

Anhang A

Sitzplatznummern im Mediendom

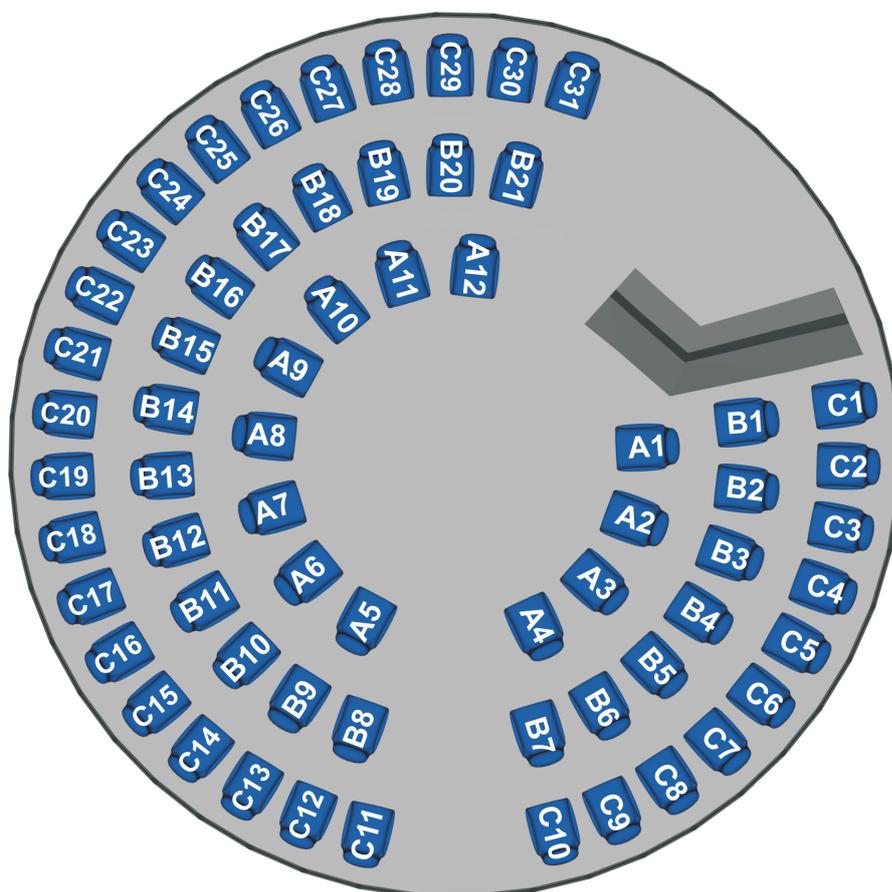


Abbildung A.1

Anhang B

Fragebogen zur Studie „Wirkung von Projektion auf gekrümmte Leinwand“

**ANHANG B. FRAGEBOGEN ZUR STUDIE „WIRKUNG VON PROJEKTION AUF
GEKRÜMMTE LEINWAND“**

Fragen zur Person

Sitzplatz (bitte rechts ankreuzen):

Gruppe (16 Uhr/19 Uhr):

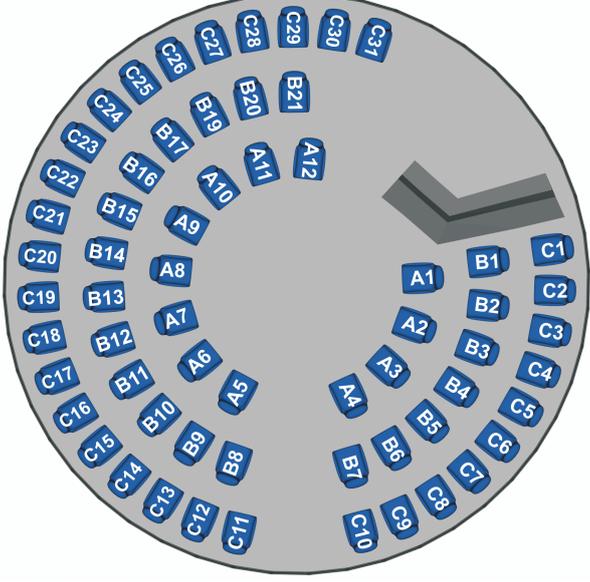
Geschlecht (m/w):

Alter:

Mediendomerfahrung
(oder vergleichbare Institution,
z.B. Planetarium Hamburg):

Ich war noch nie im Mediendom.
 Ich bin selten zu Gast.
 Ich bin häufig zu Gast.
 Ich fahre selber Shows.
 Ich produziere für das Medium oder habe dafür
produziert, das letzte Mal vor _____ Jahren.

Visuelle Einschränkungen:



- 1 Waren Sie schon einmal in einem Projekt (z.B. Arbeit, Uni) so sehr eingebunden, dass andere Aufgaben deshalb zu kurz kamen?
 noch nie selten manchmal regelmäßig sehr oft
- 2 Wie leicht können Sie Ihre Aufmerksamkeit von einer aktuellen Tätigkeit auf eine andere lenken?
 sehr schwer schwer bedingt leicht sehr leicht
- 3 Wie oft fühlen Sie sich von den Nachrichten emotional (ängstlich, traurig oder glücklich) betroffen?
 noch nie selten manchmal regelmäßig sehr oft
- 4 Wie gut fühlen Sie sich heute?
 sehr schlecht schlecht mittelmäßig gut sehr gut
- 5 Ist es für Sie leicht in Kino- oder Fernsehfilme einzutauchen?
 sehr schwer schwer bedingt leicht sehr leicht
- 6 Haben Sie sich jemals so sehr in ein Fernsehprogramm oder Buch hineingezogen gefühlt, dass andere Personen Probleme hatten ihre Aufmerksamkeit zu gewinnen?
 noch nie selten manchmal regelmäßig sehr oft
- 7 Wie stark fühlen Sie sich im Moment geistig aufgeweckt?
 sehr schlecht schlecht mittelmäßig gut sehr gut
- 8 Fühlten Sie sich schon einmal so stark von einem Film gebannt, dass Sie Dinge um sich herum nicht mehr wahrnahmen?
 noch nie selten manchmal regelmäßig sehr oft
- 9 Wie häufig stellen Sie fest, dass Sie sich sehr stark mit den Personen einer Geschichte identifiziert haben?
 noch nie selten manchmal regelmäßig sehr oft

Fragebogen 1

**ANHANG B. FRAGEBOGEN ZUR STUDIE „WIRKUNG VON PROJEKTION AUF
GEKRÜMMTE LEINWAND“**

10 Fühlten Sie sich jemals so stark in ein Computerspiel eingebunden, dass Sie das Gefühl hatten, im Spiel präsent zu sein und nicht nur den Joystick zu bedienen oder einen Bildschirm zu betrachten
 noch nie selten manchmal regelmäßig sehr oft Ich spiele keine Computerspiele.

11 Wie häufig lesen Sie Bücher zur Unterhaltung (manchmal = 1 pro Monat, regelmäßig = zu festgelegten Tageszeiten)?
 noch nie selten manchmal regelmäßig sehr oft

12 Welche Art von Büchern lesen Sie am häufigsten? (Bitte markieren Sie nur eine Antwort!)
 Krimi Fantasy Science Fiction Abenteuer Liebesroman Historischer Roman
 Western Mystery/Horror anderes Fiktives Biografien Autobiografien anderes Nicht-Fiktives

13 Wie körperlich fit fühlen Sie sich heute?
 sehr schlecht schlecht mittelmäßig gut sehr gut

14 Wie gut sind Sie darin, äußere Einflüsse auszublenden, wenn Sie einer Tätigkeit nachgehen?
 sehr schlecht schlecht mittelmäßig gut sehr gut

15 Wenn Sie Sport schauen, fühlen Sie manchmal mit den Sportlern oder reagieren stark auf das Spielgeschehen?
 noch nie selten manchmal regelmäßig sehr oft Ich gucke keinen Sport.

16 Werden Sie manchmal so sehr von einem Tagtraum gefesselt, dass Sie Dinge, die um Sie herum geschehen, nicht mehr wahrnehmen?
 noch nie selten manchmal regelmäßig sehr oft

17 Haben Sie manchmal Träume, die so real wirken, dass Sie sich danach orientierungslos fühlen?
 noch nie selten manchmal regelmäßig sehr oft

18 Vergessen Sie manchmal die Zeit, wenn Sie einem Hobby nachgehen?
 noch nie selten manchmal regelmäßig sehr oft

Fragebogen 2

19 Wie stark lassen Sie sich ablenken, wenn Sie einer Aufgabe nachgehen?
 sehr stark stark mittelmäßig wenig sehr wenig

20 Wie leicht fällt es Ihnen, sich auf angenehme Tätigkeiten zu konzentrieren?
 sehr schwer schwer bedingt leicht sehr leicht

21 Wie oft spielen Sie Computer- oder Videospiele (manchmal = einige Male im Monat, regelmäßig = einige Male in der Woche)?
 nie selten manchmal regelmäßig sehr oft

22 Wie gut können Sie sich auf unbequeme Tätigkeiten konzentrieren?
 sehr schlecht schlecht mittelmäßig gut sehr gut

23 Fiebern Sie bei Verfolgungs- oder Kampfszenen im Fernsehen oder im Kinofilm mit?
 nie selten manchmal regelmäßig sehr oft

24 Wie stark haben Sie persönliche Probleme in den letzten 48 Stunden beschäftigt?
 sehr stark stark mittelmäßig wenig sehr wenig

25 Können Ihnen Film- oder Unterhaltungsfernsehen (z.B. Horrorfilme) Angst machen?
 nie selten manchmal regelmäßig sehr oft

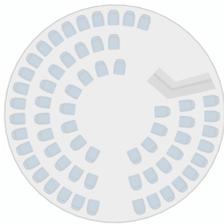
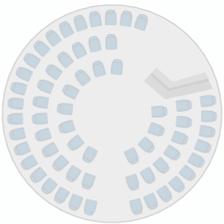
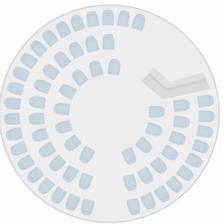
26 Haben Sie nach Betrachten eines Grusel-/Horrorfilms schon einmal Angst oder Anspannung für längere Zeit erlebt?
 nie selten manchmal regelmäßig sehr oft

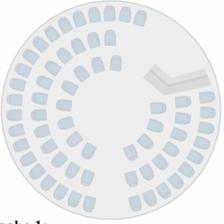
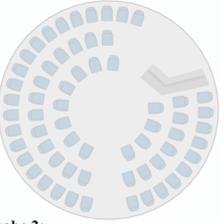
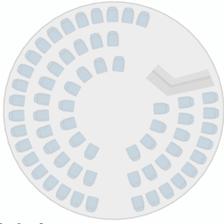
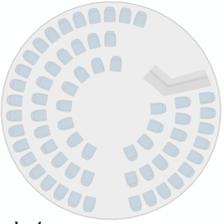
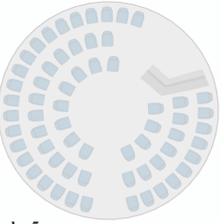
27 Vermeiden Sie Geisterbahnen (z.B. auf Jahrmärkten), weil Sie Ihnen unheimlich sind?
 nie selten manchmal regelmäßig sehr oft

28 Waren Sie schon mal so in eine Tätigkeit versunken, dass Sie die Zeit um sich herum vergessen haben?
 nie selten manchmal regelmäßig sehr oft

Fragebogen 3

**ANHANG B. FRAGEBOGEN ZUR STUDIE „WIRKUNG VON PROJEKTION AUF
GEKRÜMMTE LEINWAND“**

<p align="center">Übungsfrage 1</p> <p>Richten Sie den Fragebogen passend zu Ihrem Sitzplatz aus.</p> <p>Zeichnen Sie unten ein, wo die zwei Objekte sind.</p> <p>Anmerkungen (z.B. Wirkung der Szene auf Sie) bitte stichwortartig aufschreiben.</p>  <hr/> <hr/> <hr/>	<p align="center">Übungsfrage 2</p> <p>Richten Sie den Fragebogen passend zu Ihrem Sitzplatz aus.</p> <p>Zeichnen Sie unten den Bereich ein, in dem sich das Objekt bewegt, während es gelb ist.</p> <p>Anmerkungen (z.B. Wirkung der Szene auf Sie) bitte stichwortartig aufschreiben.</p>  <hr/> <hr/> <hr/>	<p align="center">Übungsfrage 3</p> <p>Richten Sie den Fragebogen passend zu Ihrem Sitzplatz aus.</p> <p>Markieren Sie unten die hellen Bereiche flächig im Bild.</p> <p>Anmerkungen (z.B. Wirkung der Szene auf Sie) bitte stichwortartig aufschreiben.</p>  <hr/> <hr/> <hr/>
---	---	--

<p align="center">Aufgabe 1 - 5</p> <p>Richten Sie den Fragebogen passend zu Ihrem Sitzplatz aus.</p> <p>Zeichnen Sie Bereiche ein, in denen Ihnen das Gezeigte krumm erscheint (wenn vorhanden). Machen Sie zusätzlich kenntlich, wo dies Ihren Gesamteindruck stört (wenn vorhanden).</p> <p>Weitere Anmerkungen (z.B. Wirkung der Szene auf Sie) bitte stichwortartig aufschreiben.</p>	 <p>Aufgabe 1:</p> <hr/> <hr/> <hr/>	 <p>Aufgabe 2:</p> <hr/> <hr/> <hr/>
 <p>Aufgabe 3:</p> <hr/> <hr/> <hr/>	 <p>Aufgabe 4:</p> <hr/> <hr/> <hr/>	 <p>Aufgabe 5:</p> <hr/> <hr/> <hr/>

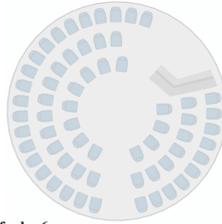
**ANHANG B. FRAGEBOGEN ZUR STUDIE „WIRKUNG VON PROJEKTION AUF
GEKRÜMMTE LEINWAND“**

Aufgabe 6 - 10

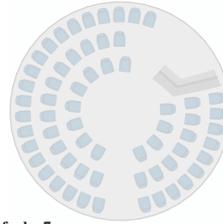
Richten Sie den Fragebogen passend zu Ihrem Sitzplatz aus.

Zeichnen Sie Bereiche ein, in denen Ihnen das Gezeigte krumm erscheint (wenn vorhanden).
Machen Sie zusätzlich kenntlich, wo dies Ihren Gesamteindruck stört (wenn vorhanden).

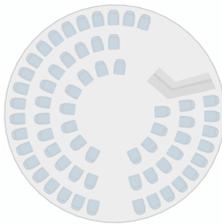
Weitere Anmerkungen (z.B. Wirkung der Szene auf Sie) bitte stichwortartig aufschreiben.



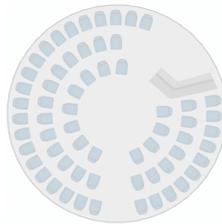
Aufgabe 6:



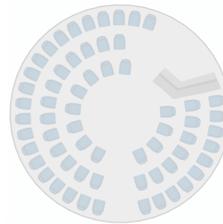
Aufgabe 7:



Aufgabe 8:



Aufgabe 9:



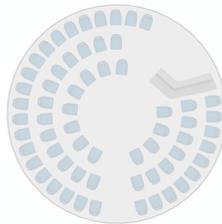
Aufgabe 10:

Aufgabe 11 - 15

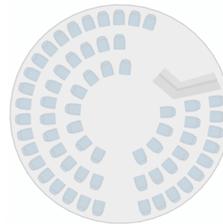
Richten Sie den Fragebogen passend zu Ihrem Sitzplatz aus.

Zeichnen Sie Bereiche ein, in denen Ihnen das Gezeigte krumm erscheint (wenn vorhanden).
Machen Sie zusätzlich kenntlich, wo dies Ihren Gesamteindruck stört (wenn vorhanden).

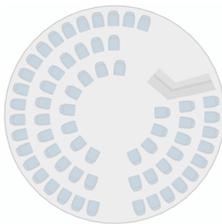
Weitere Anmerkungen (z.B. Wirkung der Szene auf Sie) bitte stichwortartig aufschreiben.



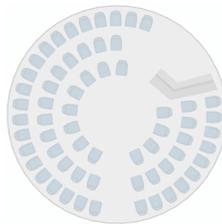
Aufgabe 11:



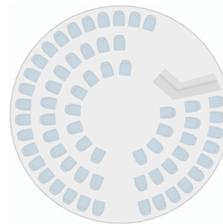
Aufgabe 12:



Aufgabe 13:



Aufgabe 14:



Aufgabe 15:

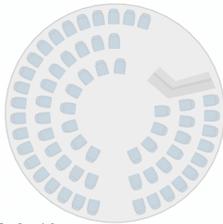
**ANHANG B. FRAGEBOGEN ZUR STUDIE „WIRKUNG VON PROJEKTION AUF
GEKRÜMMTE LEINWAND“**

Aufgabe 16 - 20

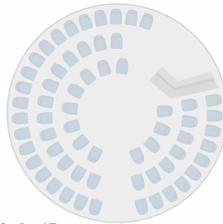
Richten Sie den Fragebogen passend zu Ihrem Sitzplatz aus.

Zeichnen Sie Bereiche ein, in denen Ihnen das Gezeigte krumm erscheint (wenn vorhanden).
Machen Sie zusätzlich kenntlich, wo dies Ihren Gesamteindruck stört (wenn vorhanden).

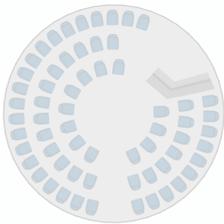
Weitere Anmerkungen (z.B. Wirkung der Szene auf Sie) bitte stichwortartig aufschreiben.



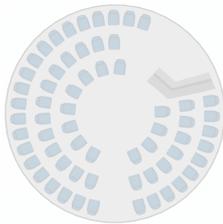
Aufgabe 16:



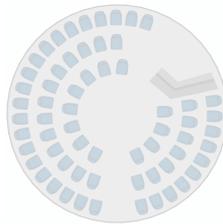
Aufgabe 17:



Aufgabe 18:



Aufgabe 19:



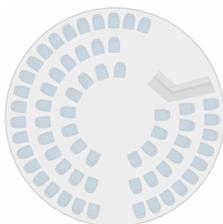
Aufgabe 20:

Aufgabe 21 - 24

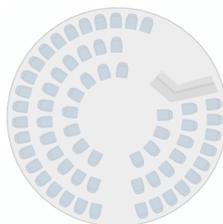
Richten Sie den Fragebogen passend zu Ihrem Sitzplatz aus.

Zeichnen Sie Bereiche ein, in denen Ihnen das Gezeigte krumm erscheint (wenn vorhanden).
Machen Sie zusätzlich kenntlich, wo dies Ihren Gesamteindruck stört (wenn vorhanden).

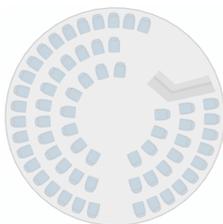
Weitere Anmerkungen (z.B. Wirkung der Szene auf Sie) bitte stichwortartig aufschreiben.



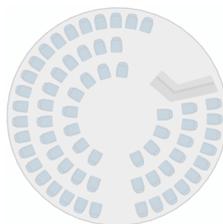
Aufgabe 21:



Aufgabe 22:



Aufgabe 23:



Aufgabe 24:

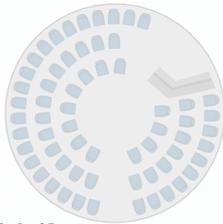
**ANHANG B. FRAGEBOGEN ZUR STUDIE „WIRKUNG VON PROJEKTION AUF
GEKRÜMMTE LEINWAND“**

Aufgabe 25 - 28

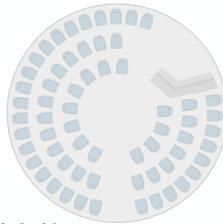
Richten Sie den Fragebogen passend zu Ihrem Sitzplatz aus.

Zeichnen Sie Bereiche ein, in denen Ihnen das Gezeigte krumm erscheint (wenn vorhanden).
Machen Sie zusätzlich kenntlich, wo dies Ihren Gesamteindruck stört (wenn vorhanden).

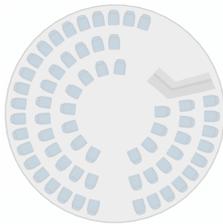
Weitere Anmerkungen (z.B. Wirkung der Szene auf Sie) bitte stichwortartig aufschreiben.



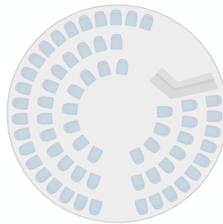
Aufgabe 25:



Aufgabe 26:



Aufgabe 27:



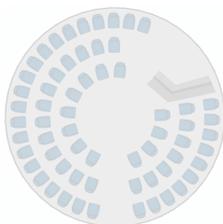
Aufgabe 28:

Aufgabe 29 - 32

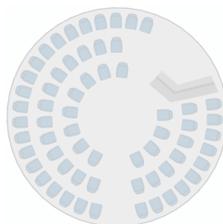
Richten Sie den Fragebogen passend zu Ihrem Sitzplatz aus.

Zeichnen Sie Bereiche ein, in denen Ihnen das Gezeigte krumm erscheint (wenn vorhanden).
Machen Sie zusätzlich kenntlich, wo dies Ihren Gesamteindruck stört (wenn vorhanden).

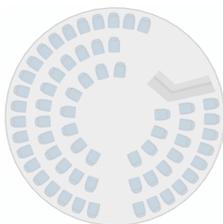
Weitere Anmerkungen (z.B. Wirkung der Szene auf Sie) bitte stichwortartig aufschreiben.



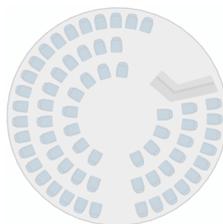
Aufgabe 29:



Aufgabe 30:



Aufgabe 31:



Aufgabe 32:

205

Anhang C

Fragebogen zur Studie „Dialoge“

Fragen zur Person

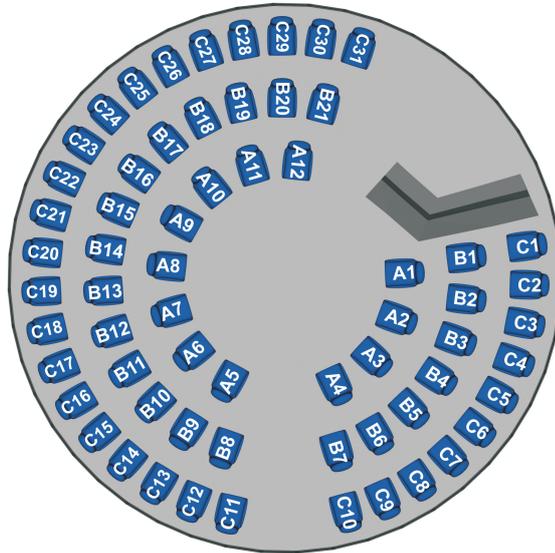
Sitzplatz (bitte rechts ankreuzen):

Geschlecht: m w

Alter: _____

Mediendomerfahrung (oder vergleichbare Institution, z. B. Planetarium Hamburg):

- Ich war noch nie im Mediendom.
- Ich bin selten zu Gast.
- Ich bin häufig zu Gast.
- Ich fahre selber Shows.
- Ich produziere für das Medium oder habe dafür produziert, das letzte Mal vor ____ Jahren.



Visuelle Einschränkungen:

1	Waren Sie schon einmal in einem Projekt (z.B. Arbeit, Uni) so sehr eingebunden, dass andere Aufgaben deshalb zu kurz kamen?	<input type="checkbox"/> noch nie	<input type="checkbox"/> selten	<input type="checkbox"/> manchmal	<input type="checkbox"/> regelmäßig	<input type="checkbox"/> sehr oft
2	Wie leicht können Sie Ihre Aufmerksamkeit von einer aktuellen Tätigkeit auf eine andere lenken?	<input type="checkbox"/> sehr schwer	<input type="checkbox"/> schwer	<input type="checkbox"/> bedingt	<input type="checkbox"/> leicht	<input type="checkbox"/> sehr leicht
3	Wie oft fühlen Sie sich von den Nachrichten emotional (ängstlich, traurig oder glücklich) betroffen?	<input type="checkbox"/> noch nie	<input type="checkbox"/> selten	<input type="checkbox"/> manchmal	<input type="checkbox"/> regelmäßig	<input type="checkbox"/> sehr oft
4	Wie gut fühlen Sie sich heute?	<input type="checkbox"/> sehr schlecht	<input type="checkbox"/> schlecht	<input type="checkbox"/> mittelmäßig	<input type="checkbox"/> gut	<input type="checkbox"/> sehr gut
5	Ist es für Sie leicht in Kino- oder Fernsehfilme einzutauchen?	<input type="checkbox"/> sehr schwer	<input type="checkbox"/> schwer	<input type="checkbox"/> bedingt	<input type="checkbox"/> leicht	<input type="checkbox"/> sehr leicht
6	Haben Sie sich jemals so sehr in ein Fernsehprogramm oder Buch hineingezogen gefühlt, dass andere Personen Probleme hatten ihre Aufmerksamkeit zu gewinnen?	<input type="checkbox"/> noch nie	<input type="checkbox"/> selten	<input type="checkbox"/> manchmal	<input type="checkbox"/> regelmäßig	<input type="checkbox"/> sehr oft
7	Wie stark fühlen Sie sich im Moment geistig aufgeweckt?	<input type="checkbox"/> sehr schlecht	<input type="checkbox"/> schlecht	<input type="checkbox"/> mittelmäßig	<input type="checkbox"/> gut	<input type="checkbox"/> sehr gut
8	Fühlten Sie sich schon einmal so stark von einem Film gebannt, dass Sie Dinge um sich herum nicht mehr wahrnahmen?	<input type="checkbox"/> noch nie	<input type="checkbox"/> selten	<input type="checkbox"/> manchmal	<input type="checkbox"/> regelmäßig	<input type="checkbox"/> sehr oft
9	Wie häufig stellen Sie fest, dass Sie sich sehr stark mit den Personen einer Geschichte identifiziert haben?	<input type="checkbox"/> noch nie	<input type="checkbox"/> selten	<input type="checkbox"/> manchmal	<input type="checkbox"/> regelmäßig	<input type="checkbox"/> sehr oft

ANHANG C. FRAGEBOGEN ZUR STUDIE „DIALOGE“

10 Fühlten Sie sich jemals so stark in ein Computerspiel eingebunden, dass Sie das Gefühl hatten, im Spiel präsent zu sein und nicht nur den Joystick zu bedienen oder einen Bildschirm zu betrachten?
 noch nie selten manchmal regelmäßig sehr oft Ich spiele keine Computerspiele.

11 Wie häufig lesen Sie Bücher zur Unterhaltung (manchmal = 1 pro Monat, regelmäßig = zu festgelegten Tageszeiten)?
 noch nie selten manchmal regelmäßig sehr oft

12 Welche Art von Büchern lesen Sie am häufigsten? Bitte nur eine Antwort markieren.
 Krimi Fantasy Science Fiction Abenteuer Liebesroman Historischer Roman
 Western Mystery/Horror anderes Fiktives Biografien Autobiografien anderes Nicht-Fiktives

13 Wie körperlich fit fühlen Sie sich heute?
 sehr schlecht schlecht mittelmäßig gut sehr gut

14 Wie gut sind Sie darin, äußere Einflüsse auszublenden, wenn Sie einer Tätigkeit nachgehen?
 sehr schlecht schlecht mittelmäßig gut sehr gut

15 Wenn Sie Sport schauen, fühlen Sie manchmal mit den Sportlern oder reagieren stark auf das Spielgeschehen?
 noch nie selten manchmal regelmäßig sehr oft Ich gucke keinen Sport.

16 Werden Sie manchmal so sehr von einem Tagtraum gefesselt, dass Sie Dinge, die um Sie herum geschehen, nicht mehr wahrnehmen?
 noch nie selten manchmal regelmäßig sehr oft

17 Haben Sie manchmal Träume, die so real wirken, dass Sie sich danach orientierungslos fühlen?
 noch nie selten manchmal regelmäßig sehr oft

18 Vergessen Sie manchmal die Zeit, wenn Sie einem Hobby nachgehen?
 noch nie selten manchmal regelmäßig sehr oft

19 Wie stark lassen Sie sich ablenken, wenn Sie einer Aufgabe nachgehen?
 sehr stark stark mittelmäßig wenig sehr wenig

20 Wie leicht fällt es Ihnen, sich auf angenehme Tätigkeiten zu konzentrieren?
 sehr schwer schwer bedingt leicht sehr leicht

21 Wie oft spielen Sie Computer- oder Videospiele (manchmal = einige Male im Monat, regelmäßig = einige Male in der Woche)?
 nie selten manchmal regelmäßig sehr oft

22 Wie gut können Sie sich auf unbequeme Tätigkeiten konzentrieren?
 sehr schlecht schlecht mittelmäßig gut sehr gut

23 Fiebern Sie bei Verfolgungs- oder Kampfszenen im Fernsehen oder im Kinofilm mit?
 nie selten manchmal regelmäßig sehr oft

24 Wie stark haben Sie persönliche Probleme in den letzten 48 Stunden beschäftigt?
 sehr stark stark mittelmäßig wenig sehr wenig

25 Können Ihnen Film- oder Unterhaltungsfernsehen (z.B. Horrorfilme) Angst machen?
 nie selten manchmal regelmäßig sehr oft

26 Haben Sie nach Betrachten eines Grusel-/Horrorfilms schon einmal Angst oder Anspannung für längere Zeit erlebt?
 noch nie selten manchmal regelmäßig sehr oft

27 Vermeiden Sie Geisterbahnen (z.B. auf Jahrmärkten), weil Sie Ihnen unheimlich sind?
 nie selten manchmal regelmäßig sehr oft

28 Waren Sie schon mal so in eine Tätigkeit versunken, dass Sie die Zeit um sich herum vergessen haben?
 noch nie selten manchmal regelmäßig sehr oft

ANHANG C. FRAGEBOGEN ZUR STUDIE „DIALOGE“

Aufgabe 1

	sehr schlecht	schlecht	eher schlecht	teil- weise	eher gut	gut	sehr gut
Haben sich die Personen angeschaut?	<input type="checkbox"/>						
Wird die Konzentration der Personen aufeinander deutlich?	<input type="checkbox"/>						
Konnten Sie den Dialog mit Ihrem Blick verfolgen?	<input type="checkbox"/>						
Hatten die Personen einen Abstand zueinander, der für einen intensiven Dialog sinnvoll scheint?	<input type="checkbox"/>						
Wirkte der Dialog insgesamt natürlich?	<input type="checkbox"/>						

Bemerkungen:

Aufgabe 2

	sehr schlecht	schlecht	eher schlecht	teil- weise	eher gut	gut	sehr gut
Haben sich die Personen angeschaut?	<input type="checkbox"/>						
Wird die Konzentration der Personen aufeinander deutlich?	<input type="checkbox"/>						
Konnten Sie den Dialog mit Ihrem Blick verfolgen?	<input type="checkbox"/>						
Hatten die Personen einen Abstand zueinander, der für einen intensiven Dialog sinnvoll scheint?	<input type="checkbox"/>						
Wirkte der Dialog insgesamt natürlich?	<input type="checkbox"/>						

Bemerkungen:

Aufgabe 3

	sehr schlecht	schlecht	eher schlecht	teil- weise	eher gut	gut	sehr gut
Haben sich die Personen angeschaut?	<input type="checkbox"/>						
Wird die Konzentration der Personen aufeinander deutlich?	<input type="checkbox"/>						
Konnten Sie den Dialog mit Ihrem Blick verfolgen?	<input type="checkbox"/>						
Hatten die Personen einen Abstand zueinander, der für einen intensiven Dialog sinnvoll scheint?	<input type="checkbox"/>						
Wirkte der Dialog insgesamt natürlich?	<input type="checkbox"/>						

Bemerkungen:

Aufgabe 4

	sehr schlecht	schlecht	eher schlecht	teil- weise	eher gut	gut	sehr gut
Haben sich die Personen angeschaut?	<input type="checkbox"/>						
Wird die Konzentration der Personen aufeinander deutlich?	<input type="checkbox"/>						
Konnten Sie den Dialog mit Ihrem Blick verfolgen?	<input type="checkbox"/>						
Hatten die Personen einen Abstand zueinander, der für einen intensiven Dialog sinnvoll scheint?	<input type="checkbox"/>						
Wirkte der Dialog insgesamt natürlich?	<input type="checkbox"/>						

Bemerkungen:

ANHANG C. FRAGEBOGEN ZUR STUDIE „DIALOGE“

Aufgabe 5

	sehr schlecht	schlecht	eher schlecht	teil- weise	eher gut	gut	sehr gut
Haben sich die Personen angeschaut?	<input type="checkbox"/>						
Wird die Konzentration der Personen aufeinander deutlich?	<input type="checkbox"/>						
Konnten Sie den Dialog mit Ihrem Blick verfolgen?	<input type="checkbox"/>						
Hatten die Personen einen Abstand zueinander, der für einen intensiven Dialog sinnvoll scheint?	<input type="checkbox"/>						
Wirkte der Dialog insgesamt natürlich?	<input type="checkbox"/>						

Bemerkungen:

- PAUSE -

Aufgabe 6

	sehr schlecht	schlecht	eher schlecht	teil- weise	eher gut	gut	sehr gut
Haben sich die Personen angeschaut?	<input type="checkbox"/>						
Wird die Konzentration der Personen aufeinander deutlich?	<input type="checkbox"/>						
Konnten Sie den Dialog mit Ihrem Blick verfolgen?	<input type="checkbox"/>						
Hatten die Personen einen Abstand zueinander, der für einen intensiven Dialog sinnvoll scheint?	<input type="checkbox"/>						
Wirkte der Dialog insgesamt natürlich?	<input type="checkbox"/>						

Bemerkungen:

Aufgabe 7

	sehr schlecht	schlecht	eher schlecht	teil- weise	eher gut	gut	sehr gut
Haben sich die Personen angeschaut?	<input type="checkbox"/>						
Wird die Konzentration der Personen aufeinander deutlich?	<input type="checkbox"/>						
Konnten Sie den Dialog mit Ihrem Blick verfolgen?	<input type="checkbox"/>						
Hatten die Personen einen Abstand zueinander, der für einen intensiven Dialog sinnvoll scheint?	<input type="checkbox"/>						
Wirkte der Dialog insgesamt natürlich?	<input type="checkbox"/>						

Bemerkungen:

ANHANG C. FRAGEBOGEN ZUR STUDIE „DIALOGE“

Aufgabe 8

	sehr schlecht	schlecht	eher schlecht	teil- weise	eher gut	gut	sehr gut
Haben sich die Personen angeschaut?	<input type="checkbox"/>						
Wird die Konzentration der Personen aufeinander deutlich?	<input type="checkbox"/>						
Konnten Sie den Dialog mit Ihrem Blick verfolgen?	<input type="checkbox"/>						
Hatten die Personen einen Abstand zueinander, der für einen intensiven Dialog sinnvoll scheint?	<input type="checkbox"/>						
Wirkte der Dialog insgesamt natürlich?	<input type="checkbox"/>						

Bemerkungen:

Aufgabe 9

	sehr schlecht	schlecht	eher schlecht	teil- weise	eher gut	gut	sehr gut
Haben sich die Personen angeschaut?	<input type="checkbox"/>						
Wird die Konzentration der Personen aufeinander deutlich?	<input type="checkbox"/>						
Konnten Sie den Dialog mit Ihrem Blick verfolgen?	<input type="checkbox"/>						
Hatten die Personen einen Abstand zueinander, der für einen intensiven Dialog sinnvoll scheint?	<input type="checkbox"/>						
Wirkte der Dialog insgesamt natürlich?	<input type="checkbox"/>						

Bemerkungen:

Aufgabe 10

	sehr schlecht	schlecht	eher schlecht	teil- weise	eher gut	gut	sehr gut
Haben sich die Personen angeschaut?	<input type="checkbox"/>						
Wird die Konzentration der Personen aufeinander deutlich?	<input type="checkbox"/>						
Konnten Sie den Dialog mit Ihrem Blick verfolgen?	<input type="checkbox"/>						
Hatten die Personen einen Abstand zueinander, der für einen intensiven Dialog sinnvoll scheint?	<input type="checkbox"/>						
Wirkte der Dialog insgesamt natürlich?	<input type="checkbox"/>						

Bemerkungen:

Aufgabe 11

	sehr schlecht	schlecht	eher schlecht	teil- weise	eher gut	gut	sehr gut
Haben sich die Personen angeschaut?	<input type="checkbox"/>						
Wird die Konzentration der Personen aufeinander deutlich?	<input type="checkbox"/>						
Konnten Sie den Dialog mit Ihrem Blick verfolgen?	<input type="checkbox"/>						
Hatten die Personen einen Abstand zueinander, der für einen intensiven Dialog sinnvoll scheint?	<input type="checkbox"/>						
Wirkte der Dialog insgesamt natürlich?	<input type="checkbox"/>						

Bemerkungen:

Anhang D

Dialogtext

Der Text, der für die beiden Dialogpartner aus Kapitel 7.3 verwendet wurde, stammt aus dem Film „La Strada“ (IT 1956) des Regisseurs Federico Fellini und ist ein Streitgespräch zwischen den beiden Hauptfiguren Zampanò und Gelsomina (Fellini, 1977, S. 64).

Gelsomina: Warum legt sich der denn mit Ihnen an?

Zampanò: Was weiß ich?

Gelsomina: Was haben Sie ihm denn getan?

Zampanò: Nichts. Ich habe ihm nichts getan... Er ist es, der mich dauernd zum Narren hält... Aber der Tag wird kommen, wo er mir das alles bezahlt...

Gelsomina: Wer ist er denn?

Zampanò: Ein Bastard. Sohn einer Zigeunerin. Das ist er.

Gelsomina: Kennen Sie ihn denn schon lange?

Zampanò: Zu lange.

Gelsomina: *(Sie hält die Waschschüssel in der Hand)* Er kannte wohl auch die Rosa? Wie?

Zampanò: Hör mal, er weiß überhaupt nichts. Weder von dir noch von Rosa. Gar nichts...und jetzt will ich nichts mehr davon hören... Komm jetzt zu Bett!

Abbildungsverzeichnis

2.1 Kuppelkonstruktion des Mediendoms Kiel, Rückseite der Projektionsfläche. Eigene Abbildung	13
2.2 Close-up der Projektionsflächenstruktur des Mediendoms Kiel. Eigene Abbildung	14
2.3 Konzentrische Sitzanordnung. Eigene Abbildung	15
2.4 Gerichtete Sitzanordnung. Eigene Abbildung	17
2.5 Sitze im Planetarium Hamburg, mit freundlicher Genehmigung vom Planetarium Hamburg, www.planetarium-hamburg.de	18
2.6 Gerichtete Sitzanordnung in einer geneigten Kuppel. Eigene Abbildung	18
2.7 Verschiedene Konfigurationen von Projektoren; Mit freundlicher Genehmigung von Volkmar Schorcht, Carl Zeiss AG, Jena	20
2.8 Projektion mit einem Projektor. Eigene Abbildung	21
2.9 Projektion mit 2 Projektoren im Vergleich. Eigene Abbildung	22
2.10 Projektion in Mehrkanalkonfiguration. Eigene Abbildung	23
2.11 Strömungssimulation Fukushima. Mit freundlicher Genehmigung von Tim Florian Horn, California Academy of Sciences	27
2.12 Ishtargate Domemaster. Eigene Abbildung	29
2.13 Slices für ein Fulldome-System mit sechs Projektionskanälen. Eigene Abbildung	30
2.14 Mittabstandstreue Azimutalprojektion: Prinzip der Projektion. Autor: Lars H. Rohwedder (Wikimedia-Benutzer RokerHRO)	32
2.15 Mittabstandstreue Azimutalprojektion: Beispiele mit großem Öffnungswinkel. Eigene Abbildung	33
2.16 Allsky vom Times Square: mit freundlicher Genehmigung von all-sky.de	34

3.1	Zeiss Projektor Modell I. Entnommen aus Krausse (2006), S. 59.	42
3.2	Panorama-Pavillons im Vergleich, links das Salzburger Panorama (Quelle: www.salzburgmuseum.at), rechts das temporäre Pergamon-Panorama (eigene Abbildung)	45
3.3	Cinerama-Projektionsprinzip mit 3 Projektoren, ursprünglich aus der Encyclopedia Britannica; digital auf http://www.widescreenmuseum.com/widescreen/wingcr1.htm , und ein resultierendes Bild mit Übergängen	47
3.4	Marilyn Monroe auf einer Couch. Aus „How to Marry a Millionaire“. USA, 1953.	48
3.5	IMAX Dome Prinzip. http://entertainment.howstuffworks.com/imax1.htm	49
3.6	CAVE, von http://www.ev1.uic.edu/pape/CAVE/ (links). Flugsimulator in der Naval Air Base Oceana, VA, USA, (aus den Wikimedia Commons, rechts)	50
3.7	Pantheon in Rom, Lichteinfall. Bild von Wikimedia User perlblau	52
3.8	Scheinkuppel von Andrea Pozzo, historische Bestände der Heidelberger Universitätsbibliothek, online auf http://digi.ub.uni-heidelberg.de/diglit/pozzo1709bd1/0192 . .	53
3.9	Deckengestaltung der Wallfahrtskirche Birnau, Foto: Andreas Praefcke	54
3.10	Kuppeldecke in der Bibliothek des Kloster Schussenried, Foto: Andreas Praefcke	54
4.1	Dreipoliges Modell nach Biocca (2003). Entnommen ebd.	84
5.1	Fehlkonzeption: Wahrnehmung als Rekonstruktion der Außenwelt aus dem sensorischen Input, nach Mausfeld (2011b), entnommen ebd.	97
5.2	Das Fundamentalproblem der Wahrnehmungspsychologie, nach Mausfeld (2011b), entnommen ebd.	97
5.3	Alfred le Petit, „Autoportrait“ (1893). Entnommen den Wikimedia Commons.	103
5.4	Polar Express. USA, 2004.	107

6.1	Projektorfelder an der Kuppel in Draufsicht; Grundriss des Gebäudes, modifiziert von Markus Schack	136
6.2	Bildgenerator des Digistar 4 im Mediendom. Eigene Abbildung. .	137
6.3	Mediendom Kiel: Sitze und Projektornischen. Eigene Abbildung. .	138
6.4	Mediendom Kiel: Projektion des Justiergitters, Langzeitbelichtung. Eigene Abbildung.	139
6.5	Mediendom Kiel: Projektion einer leeren Szene, Langzeitbelichtung, sichtbare Projektorgrenzen. Eigene Abbildung.	140
6.6	Streulicht und Kontrastverlust durch Projektion heller Objekte. Eigene Abbildung.	142
7.1	Mediendom Kiel: Sicht aus unterschiedlichen Positionen in einer Fulldome-Umgebung. Abbildung von Ann-Christin Schmidt, Jessica Ullrich, Christoph Zickler und Daniel Zimmermann.	147
7.2	Ariane-Rakete aus der Show „Augen im All“, Frame 21854. Copyright © ESA, 2009. Mit freundlicher Genehmigung.	148
7.3	Zweidimensionaler Raum aus der Show „Einstein und die schwarzen Löcher“ (D 2009), Gravitationsfeld der Sonne, Frame 2199. Mit freundlicher Genehmigung von SoftUp GbR.	149
7.4	Vier verschiedene Texturausschnitte. Eigene Abbildung.	152
7.5	Übungsaufgaben für die Kuppel. Mit freundlicher Unterstützung von Ann-Christin Schmidt, Jessica Ullrich, Christoph Zickler und Daniel Zimmermann.	162
7.6	Auszählung von Krümmung und störender Krümmung in beiden Versuchsgruppen, Aufgaben 1-20. Eigene Abbildung.	165
7.7	Auszählung von Raum- bzw. Immersionserlebnissen in den Gruppen 1 und 2, Aufgaben 1-20. Eigene Abbildung.	167
7.8	Auszählung von Krümmung und störender Krümmung in beiden Versuchsgruppen, Aufgaben 21-32. Eigene Abbildung.	168
7.9	Auszählung von Raum- bzw. Immersionserlebnissen in den Gruppen 1 und 2, Aufgaben 21-32. Eigene Abbildung.	168
7.10	Überlagerungsbilder der verschiedenen Sitzreihen, Gruppe 1, Aufgabe 12. Mit freundlicher Unterstützung von Ann-Christin Schmidt, Jessica Ullrich, Christoph Zickler und Daniel Zimmermann.	169

7.11 Überlagerungsbilder der verschiedenen Sitzreihen, Gruppe 2, Aufgabe 21 und 24 im Vergleich. Mit freundlicher Unterstützung von Benno Jonitz.	169
7.12 Auszählung des Empfindens für die drei Sitzreihen des Mediendoms. Eigene Abbildung.	171
7.13 Dialog aus der Show „Augen im All“, Frame 76599. Copyright © ESA, 2009. Mit freundlicher Genehmigung.	175
7.14 Dialog aus der Show „Augen im All“, Frame 33691. Copyright © ESA, 2009. Mit freundlicher Genehmigung.	176
7.15 Dialog aus „Der unheimliche Mönch“, Fachhochschule Kiel, Fachbereich Medien.	177
7.16 Dialoge: Kamerapositionierung, Arrangement der Dialoge an der Kuppel. Abbildung von Frieder Klotz, Shakira-Jil Simon und Lea Woldag.	181
7.17 Dialoge: Tests zur Winkelhöhe der Darsteller. Fotos von Frieder Klotz, Shakira-Jil Simon und Lea Woldag.	182
7.18 Dialoge: Senkrechte Videoflächen. Abbildung von Magdalena Broda und Jens Klimmeck.	182
7.19 Dialoge: Veränderte Kamerawinkel. Abbildung von Magdalena Broda und Jens Klimmeck.	183
7.20 Dialoge: geneigte Videoflächen. Abbildung von Magdalena Broda und Jens Klimmeck.	184
7.21 Dialoge: alle Winkel. Eigene Abbildung.	185
7.22 Dialoge: Bewertungen der ersten fünf Aufgaben. Eigene Abbildung.	189
7.23 Dialoge: Bewertungen der weiteren sechs Aufgaben. Eigene Abbildung.	190
8.1 In der Kuppel des AHHA Science Centers in Tartu, Estland. Mit freundlicher Genehmigung von Johan Öhlund, Sciss.	197
A.1 Plan des Mediendoms mit Sitzplatznummern. Eigene Abbildung.	198

Quellcodeverzeichnis

7.1	Erstes Einladen und Bewegen eines Zylinders.	154
7.2	Vollständiges Skript für den Zylinder mit komplexem Bewegungs- ablauf.	155
7.3	Einladen und Darstellen eines 2D-Objektes mit Textur.	156
7.4	Vollständiges Skript für das Flächenobjekt mit Skalierung.	158
7.5	Skript für das Slicing einer Domemaster-Bildfolge.	185
7.6	Skript für das Abspielen eines kuppelfüllenden Videos (sog. Fulldome-Video).	186

Quellenverzeichnis

- ADAMS, ERNEST (2004): *Postmodernism and the Three Types of Immersion*. Gamasutra Blog Eintrag, aufgerufen am 16.2.2013, URL http://www.gamasutra.com/view/feature/2118/the_designers_notebook_.php.
- AGARWAL, RITU; KARAHANNA, ELENA (2001): *Time flies when you're having fun: Cognitive Absorption and beliefs about information technology usage*. *MIS Quarterly*, 24(4): 665–694.
- AKENINE-MÖLLER, TOMAS; HAINES, ERIC; HOFFMAN, NATY (2008): *Real-time Rendering*. Wellesley: Peters, 1. Aufl.
- ANDERSON, JOSEPH D. (1996): *The Reality of Illusion - An Ecological Approach to Cognitive Film Theory*. Carbondale and Edwardsville: Southern Illinois University Press.
- ARSENAULT, DOMINIC (2006): *Dark Waters: Spotlight On Immersion*. Aufgerufen am 16.2.2013, URL http://www.academia.edu/224757/Dark_Waters_Spotlight_on_Immersion.
- ASISI, YADEGAR; KÄSTNER, VOLKER; OETTERMANN, STEPHAN; RADT, WOLFGANG; SCHOLL, ANDREAS; SCHWAB, GUSTAV (2011): *Pergamon - Yadegar Asisis Panorama der antiken Metropole*. Berlin: asisi GmbH. Katalog zur Sonderausstellung.
- BAHTIJAREVIC, MAJA; THOMAS, JULIANE (2011): *Immersion ist sichtbar - Experimentelle Untersuchung zur Etablierung von Fragebogen und Videoanalyse als Messinstrument*. Forschungsprojekt, Institut für immersive Medien, Fachhochschule Kiel.
- BALÁZS, BELA (1938): *Zur Kunstphilosophie des Films*. Texte zur Theorie des Films, S. 201–223, Stuttgart: Reclams Universal-Bibliothek.

- BAREN, JOY VAN; IJSSELSTEIJN, WIJNAND (2004): *OmniPres - Measuring Presence: A Guide To Current Measurement Approaches*. Abgerufen am 24.8.2013, URL <http://www.immersive-medien.de/de/content/measuring-presence-guide-current-measurement-approaches>.
- BARRE, ANDRÉ; FLOCON, ALBERT (1983): *Die Kurvenlineare Perspektive - vom gesehenen Raum zum konstruierten Bild*. Berlin, Wien: Medusa-Verlag.
- BAUER, HERRMANN (1965): *Der Himmel im Rokoko; Das Fresko im deutschen Kirchenraum des 18. Jahrhunderts*. Regensburg: Verlag Friedrich Pustet.
- BIOCCA, FRANK (1997): *The Cyborg's Dilemma: Embodiment in Virtual Environments*. Abgerufen am 16.2.2013, URL http://web.cs.wpi.edu/~gogo/hive/papers/Biocca_1997.pdf.
- BIOCCA, FRANK (2003): *Can we resolve the book, the physical reality, and the dream state problems? From the two-pole to a three-pole model of shifts in presence*. Abgerufen am 16.2.2013, URL <http://www.mindlab.org/images/d/DOC705.pdf>.
- BLAKE, EDWIN; NUNEZ, DAVID; LABUSCHAGNE, BERTUS (2007): *Longitudanal effects on presence: Suspension of disbelief or distrust of naive belief?* In: MORENO, LAURA, Hg., *Proceedings PRESENCE 2007. The 10th Annual Workshop on Presence. Barcelona Spain*. S. 291–295. Abgerufen am 12. April 2010, URL [http://pubs.cs.uct.ac.za/archive/00000436/01/Longitudinal_Effects_on_Presence_Suspension_of_Disbelief_or_Distrust_of_Naive_Belief\(2007\).pdf](http://pubs.cs.uct.ac.za/archive/00000436/01/Longitudinal_Effects_on_Presence_Suspension_of_Disbelief_or_Distrust_of_Naive_Belief(2007).pdf).
- BORG, MATHIAS; JOHANSEN, STINE SCHMIEG; KRAUS, MARTIN; THOMSEN, DENNIS LUNDGAARD (2012): *Practical Implementation of a Graphics Turing Test*. Lecture Notes in Computer Science, 7432: S. 305–313.
- BROWN, EMILY; CAIRNS, PAUL (2004): *A Grounded Investigation of Game Immersion*. Techn. Ber., University College London, Interaction Centre. URL [http://complexworld.pbworks.com/f/Brown+and+Cairns+\(2004\).pdf](http://complexworld.pbworks.com/f/Brown+and+Cairns+(2004).pdf).
- BUCZEK, ISABELLA; RIENOW, JÜRGEN (2011): *Die wunderbare Vielfalt des Lebens als visuelles Erlebnis in der 360°-Fulldomeshow „Rätsel des Lebens“ von Mirage3D*. Jahrbuch immersiver Medien, 2011: S. 111–115, Coburg: Schüren-Verlag.

- BUNGARTZ, HANS-JOACHIM; GRIEBEL, MICHAEL; ZENGER, CHRISTOPH (1996): *Einführung in die Computergraphik*. Braunschweig/Wiesbaden: Friedr. Vieweg & Sohn Verlagsgesellschaft mbH, 1. Aufl.
- CAIRNS, PAUL; COX, ANNA; BERTHOUBE, NADIA; DHOPAREE, SAMIRA; JENNETT, CHARLENE (2006): *Quantifying the experience of immersion in games*. URL http://www.cs.ucl.ac.uk/staff/C.Jennett/Cairns_Immersion06.pdf.
- CALLEJA, GORDON (2011): *In-Game - From Immersion To Incorporation*. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press, 1. Aufl.
- CRUZ-NEIRA, C.; SANDIN, D.J.; DEFANTI, T.A. (1993): *Surround-Screen Projection-Based Virtual Reality: The Design and Implementation of the CAVE*. In: *In Proceedings of SIGGRAPH '93 Computer Graphics Conference, ACM SIGGRAPH*. S. 135–142. URL <http://www.evl.uic.edu/pape/CAVE/publications.html>.
- CUMMINGS, JAMES J.; BAIENSON, JEREMY N.; FIDLER, MAILYN J. (2012): *How Immersive is Enough? A Foundation for a Meta-analysis of the Effect of Immersive Technology on Measured Presence*. URL <http://vhil.stanford.edu/pubs/2012/cummings-ispr-how-immersive.pdf>.
- ERMI, LAURA; MÄYRÄ, FRANS (2005): *Fundamental Components of the Gameplay Experience: Analysing Immersion*. Aufgerufen am 16.2.2013, URL <http://www.digra.org/dl/db/06276.41516.pdf>.
- FAIDIT, JEAN-MICHEL; BOLT, MARVIN (2013): *The Magic of the Atwood Sphere*. Planetarium, 42, No. 2: S. 10–16, Hilo: International Planetarium Society.
- FELLINI, FEDERICO (1977): *La Strada*. Zürich: Diogenes-Verlag, 1. Aufl. Drehbuch, in deutscher Sprache.
- FIELDING, RAYMOND (2008): *Die Hales Tours: Ultrarealismus im Film vor 1910*. montage AV, 17/2/2008: S. 17–40, Marburg: Schüren-Verlag.
- FRANZ, NADJA (2007): *Kann der Mediendom (und verwandte Objekte) als „Digitales Theater“ bezeichnet werden?* Jahrbuch immersiver Medien, 2007: S. 19–24, Fachhochschule Kiel im Eigenverlag.
- GAMMA, ERICH; HELM, RICHARD; JOHNSON, RALPH; VLISSIDES, JOHN (1994): *Design Patterns*. Amsterdam: Addison-Wesley, 1. Aufl.

- GANTER, CLAUDE (2012): *Projectors and Dome Effective Contrast*. Abgerufen am 7.9.2013, URL http://media.definititheaters.com/files/whitepapers/Projectors_and_Dome_Effective_Contrast_white_paper.pdf.
- GEISE, STEPHANIE; SCHUMACHER, PETER (2011): *Eyetracking*. Die Entschlüsselung der Bilder - Methoden zur Erforschung visueller Kommunikation, 2011: S. 294–311, Köln: Herbert von Halem Verlag.
- GIBSON, JAMES JEROME (1986): *The Ecological Approach to Visual Perception*. New York: Psychology Press, Taylor & Francis Group, LLC.
- GRAU, OLIVER (2002): *Virtuelle Kunst in Geschichte und Gegenwart: Visuelle Strategien*. Berlin: Reimer, 2. Aufl.
- GRAU, OLIVER (2004): *Virtual Art: From Illusion to Immersion*. Cambridge MA: MIT Press.
- GRODAL, TORBEN (2009): *Embodied Visions - Evolution, Emotion, Culture, And Film*. Oxford, New York: Oxford University Press.
- GUNNING, TOM (1986): *The Cinema of Attraction: Early Film, its Spectator and the Avant-Garde*. Wide Angle, 8.3-4: S. 63–70.
- HEINLE, ERWIN; SCHLAICH, JÖRG (1996): *Kuppeln aller Zeiten - aller Kulturen*. Stuttgart: Deutsche Verlags-Anstalt GmbH.
- HELMHOLTZ, HERRMANN VON (1867): *Handbuch der physiologischen Optik*. Leipzig: Leopold Voss. Reproduktion des Originals 2011, gedruckt in den USA.
- HERTLING, PETER K.; RIENOW, JÜRGEN (2009): *Dokumentarformate für Fulldome-Kuppeln*. Jahrbuch immersiver Medien, 2008/2009: S. 47–55, Kiel: Fachhochschule Kiel im Eigenverlag.
- HUHTAMO, ERKKI (2008): *Unterwegs in der Kapsel - Simulatoren und das Bedürfnis nach totaler Immersion*. montage AV, 17/2/2008: S. 41–68, Marburg: Schüren-Verlag.
- INSKO, BRENT E. (2003): *Measuring Presence: Subjective, Behavioral and Physiological Methods*. Being There: Concepts, effects and measurement of user presence in synthetic environments, 2003: S. 110–119, Amsterdam: Ios Press.

- JENNETT, CHARLENE; COX, ANNA L.; CAIRNS, PAUL; DHOPAREEC, SAMIRA; EPPS, ANDREW; TIJS, TIM; WALTON, ALISON (2008a): *Measuring and defining the experience of immersion in games*. International Journal of Human-Computer Studies, 66: S. 641–661, Departement of Psychology, Goldsmiths College, University of London.
- JENNETT, CHARLENE I.; COX, ANNA L.; CAIRNS, PAUL (2008b): *Being „In The Game“*. Aufgerufen am 16.2.2013, URL http://www.immersive-medien.de/sites/default/files/biblio/BEING_IN_THE_GAME.pdf.
- KÜBLER, HANS-DIETER (2001): *Medienanalyse*. Handbuch der Mediengeschichte, S. 41–71, Alfred Kröner Verlag, Stuttgart.
- KJÄR, HEIDI; RIENOW, JÜRGEN (2009): *Fulldomevisualisierung und Immersion in der Lehre*. Jahrbuch immersiver Medien, 2008/2009: S. 60–67, Kiel: Fachhochschule Kiel im Eigenverlag.
- KLIMMT, CHRISTOPH; HARTMANN, TILO; GYSBERS, ANDRE; VORDERER, PETER (2005): *The Value of Reaction-Time Measures in Presence Research: Empirical Findings and Future Perspectives*. Presence, S. 293–298. URL http://www.temple.edu/ispr/prev_conferences/proceedings/2005/Klimmt,%20Hartmann,%20Gysbers,%20Vorderer.pdf.
- KRAUSSE, JOACHIM (2006): *Architektur aus dem Geist der Projektion. Das Zeiss-Planetarium*. Festschrift zum 80-jährigen Jubiläum des Zeiss-Planetariums Jena, „Wissen in Bewegung“, 3. URL http://www.zeitbildraum.tu-berlin.de/fileadmin/f30/Materialseite/Texte/Krausse_DasZeissPlanetariumWissenInBewegung.pdf.
- KROMREY, HELMUT (2006): *Empirische Sozialforschung*. Stuttgart: Lucius & Lucius Verlagsgesellschaft mbH.
- KRUSE, PATRICK. *Immersion - Ein Begriff und seine Definition*. Kiel, October, 2010. Videomitschnitt. URL <http://www.immersive-medien.de/sites/default/files/videos/Kruse.mp4>.
- LESSITER, JANE; FREEMAN, JONATHAN; KEOGH, ED; DAVIDOFF, JULES (2000): *Development of a New Cross-Media Presence Questionnaire: The ITC-Sense of Presence Inventory*. Departement of Psychology, Goldsmiths College, University of London.

- LÜHNING, FELIX (1997): *Der Gottorfer Globus und das Globushaus im „Newen Werck“*. Schleswig: Schleswig-Holsteinisches Landesmuseum und Autor.
- LOMBARD, MATTHEW; DITTON, THERESA (1997): *At the Heart of It All: The Concept of Presence*. Aufgerufen am 16.2.2013, URL <http://jcmc.indiana.edu/vol13/issue2/lombard.html>.
- LOMBARD, MATTHEW; DITTON, THERESA; GRABE, MARIA ELIZABETH; REICH, ROBERT D. (1997): *The Role of Screen Size in Viewer Responses to Television Fare*. *Communication Reports*, 10, No. 1. Aufgerufen am 16.2.2013, URL <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/08934219709367663>.
- MAUSFELD, RAINER (2005): *Wahrnehmungspsychologie: Geschichte und Ansätze*. Handwörterbuch Allgemeine Psychologie: Kognition, S. 97–107, Göttingen: Hogrefe.
- MAUSFELD, RAINER (2010): *The perception of material qualities and the internal semantics of the perceptual system*. *Perception beyond Inference - The Information Content of Visual Processes*, S. 159–200, Cambridge, MA: MIT Press.
- MAUSFELD, RAINER (2011a): *Intrinsic Multiperspectivity - Conceptual Forms and the Functional Architecture of the Perceptual System*. *Interdisciplinary Anthropology: Continuing Evolution of Man*, Berlin / Heidelberg: Springer.
- MAUSFELD, RAINER (2011b): *Wahrnehmungspsychologie*. *Psychologie - Eine Einführung in ihre Grundlagen und Anwendungsfelder*, Stuttgart: Kohlhammer.
- MAUSFELD, RAINER (2012): *Der Schein des Realen - Die empiristische Fehlkonzeption der Wahrnehmung und das Wahrnehmungsattribut ‚phänomenal real‘*. *Näher dran? Zur Phänomenologie des Wahrnehmens*, S. 192–219, Freiburg: Alber Verlag.
- MAUSFELD, RAINER (2013a): *The attribute of realness and the internal organization of perceptual reality*. *Handbook of Experimental Phenomenology; Visual Perception of Shape, Space and Appearance*, S. 91–118, Chichester: Wiley.
- MAUSFELD, RAINER (2013b): *Zur Phänomenologie und internen Semantik der Wahrnehmungsattribute ‚phänomenal real‘ und ‚phänomenal unreal‘*. Wahr-

- nehmen, Fühlen, Handeln - Phänomenologie im Wettstreit der Methoden, Münster: Mentis Verlag.
- MCLEAN, ALICK (2009): *Architektur der Frührenaissance in Florenz und Mittelitalien*. Die Kunst der italienischen Renaissance, S. 98–129, Potsdam: Tandem Verlag GmbH.
- MCMAHAN, ALISON (2003): *Immersion, Engagement, and Presence - A Method for Analyzing 3-D Video Games*, New York: Routledge Chapman & Hall Verlag, Bd. 1. URL <http://www.alisonmcmahan.com/articles/academic-papers-listing?page=1>.
- MEEHAN, MICHAEL; INSKO, BRENT; WHITTON, MARY; BROOKS, FREDERICK P. JR. (2002): *Physiological Measures of Presence in Stressful Virtual Environments*. Aufgerufen am 15.8.2013, URL <http://www0.cs.ucl.ac.uk/teaching/VE/Papers/meehan.pdf>.
- MENDIBURU, BERNARD (2009): *Stereoscopic Digital Cinema from Script to Screen*. Oxford: Focal Press, 1. Aufl.
- MESTRE, DANIEL R. (2005): *Immersion and Presence*. Aufgerufen am 16.2.2013, URL www.laps.univ-mrs.fr/~mestre/mestre.htm.
- MICHOTTE, ALBERT (1960): *The real and the unreal in the image*. Michotte's Experimental Phenomenology of Perception, Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- MINSKY, MARVIN (1980): *Telepresence*. Omni Magazine.
- MORI, MASAHIRO (1970): *The Uncanny Valley*. Energy, S. 33–35. Webseite, aufgerufen am 16.11.2011, URL <http://www.androidscience.com/theuncannyvalley/proceedings2005/uncannyvalley.html>.
- MURRAY, JANET (1997): *Hamlet On The Holodeck - The Future of Narrative in Cyberspace*. Cambridge, MA: MIT Press.
- NECHVATAL, JOSEPH (1999): *Immersive Ideals / Critical Distances*. Dissertation.
- NORDAHL, ROLF; KORSGAARD, DANNIE (2009): *On the use of adjustable distraction as a measure to determine sustained attention during movie clips*.
- PALMER, STEPHEN E. (1999): *Vision Science - Photons to Phenomenology*. Cambridge, MA: MIT Press.

- PAUSCH, RANDY; PROFFITT, DENNIS; WILLIAMS, GEORGE (1997): *Quantifying Immersion in Virtual Reality*. University of Virginia.
- PETERSEN, MARK C. (2011): *The 2011 State of the Dome Address*. Techn. Ber., Loch Ness Productions. Online-Dokument, aufgerufen am 27.8.2012, URL <http://www.lochnessproductions.com/reference/2011state/2011stateofthedome.html>.
- PETERSEN, MARK C. (2012): *The 2012 State of the Dome Address*. Techn. Ber., Loch Ness Productions. Online-Dokument, aufgerufen am 21.2.2013, URL <http://www.lochnessproductions.com/reference/2012state/2012stateofthedome.html>.
- PFÄNDNER, BETTINA; SINGER, HARALD (2007): *Producing R+J*. Jahrbuch immersiver Medien, 2007: S. 46–53, Kiel: Fachhochschule Kiel im Eigenverlag.
- PICCOLIN, LUKAS; WULFF, HANS J. (2007): *Rundumkinos: Vom Panorama zu 360° Filmsystemen; 360° Filmsysteme: Chronologischer Überblick*. Online publication. Aufgerufen am 12.4.2010, URL www1.uni-hamburg.de/Medien/berichte/arbeiten/0078_07.html.
- POPP, PETER (2007): *Kaluoka'Hina / Adamas - The Journey Of Light*. Jahrbuch immersiver Medien, 2007: S. 69–72, Kiel: Fachhochschule Kiel im Eigenverlag.
- POSNER, ROLAND (1985): *Terminologiediskussion*. Zeitschrift für Semiotik, Band 7, Heft 3: S. 235–272, Tübingen: Stauffenburg Verlag.
- PÜRER, HEINZ (2003): *Publizistik- und Kommunikationswissenschaft: Ein Handbuch*. Stuttgart: UTB.
- PROSS, HARRY (1972): *Medienforschung*. Darmstadt: Habel.
- RIENOW, JÜRGEN (2009): *Faire Fulldome-Visualisierung*. Jahrbuch immersiver Medien, 2008/2009: S. 109–123, Kiel: Fachhochschule Kiel im Eigenverlag.
- RIENOW, JÜRGEN (2011): *Echtzeitvisualisierung mit digitaler Kuppelprojektion*. Jahrbuch immersiver Medien, 2011: S. 77–88, Coburg: Schüren-Verlag.
- RUPERT-KRUSE, PATRICK (2012): *Notizen zur Strukturierung medialer Erlebnisräume zwischen Phantasma und Apparatus*. Jahrbuch immersiver Medien, 2012: S. 11–19, Schüren-Verlag.

- RUPPRECHT, BERNHARD (1987): *Das Bild an der Decke*. Nürnberg: Erlanger Universitätsreden.
- RYAN, MARIE LAURE (2001): *Narration as Virtual Reality*. Baltimore: The John Hopkins University Press.
- SCHANZE, HELMUT (2001): *Handbuch der Mediengeschichte*. Alfred Kröner Verlag, Stuttgart.
- SCHÖNHAMMER, RAINER (2009): *Einführung in die Wahrnehmungspsychologie: Sinne, Körper, Bewegung*. Wien: Facultas Universitätsverlag.
- SCHORCHT, VOLKMAR (2008): *Kleines Fulldome 1x1*. Online-Dokument, aufgerufen am 27.8.2012, URL [http://www.zeiss.de/C12567B000352701/EmbedTitelIntern/12_Fulldome/\\$File/12-Fulldome.pdf](http://www.zeiss.de/C12567B000352701/EmbedTitelIntern/12_Fulldome/$File/12-Fulldome.pdf).
- SCHUBERT, THOMAS; CRUSIUS, JAN (2003): *Five Theses on the Book Problem: Presence in Books, Film and VR*. Abgerufen am 16.2.2013, URL <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.83.2293&rep=rep1&type=pdf>.
- SCHWAB, FRANK; CAROLUS, ASTRID (2011): *Laborstudien: Fragebogen und visuelle Stimuli*. Die Entschlüsselung der Bilder - Methoden zur Erforschung visueller Kommunikation, 2011: S. 294–311, Köln: Herbert von Halem Verlag.
- SCHWAB, FRANK; UNZ, DAGMAR (2011): *Untersuchung der mimischen Kommunikation: Das Facial Action Coding System als Forschungsmethode*. Die Entschlüsselung der Bilder - Methoden zur Erforschung visueller Kommunikation, 2011: S. 223–245, Köln: Herbert von Halem Verlag.
- SCOTT, KEVIN (2004a): *Theater Configuration*. Techn. Ber., Internation Planetarium Society (IPS). URL <http://www.ips-planetarium.org/resource/resmgr/pdf-pubs/pdg04TheaterConfiguration.pdf>.
- SCOTT, KEVIN (2004b): *Video and Data Projection Systems*. Techn. Ber., Internation Planetarium Society (IPS). URL http://www.ips-planetarium.org/resource/resmgr/pdf-pubs/pdg10VideoData_Projection.pdf.
- SESTI, GUISEPPE MARIA (1997): *Die Geheimnisse des Himmels*. Ostfildern: Dumont Reiseverlag.

- SHERIDAN, THOMAS B. (1992): *Musings on Telepresence and Virtual Presence*. Presence: Teleoperators and Virtual Environments, 1.1: S. 120–125, Cambridge, MA: MIT Press.
- SLATER, MEL (2004): *How Colorful Was Your Day? Why Questionnaires Cannot Assess Presence in Virtual Environments*. Presence: Teleoperators and Virtual Environments, 13, No. 4: S. 484–493, MIT Press.
- SLATER, MEL; STEED, ANTHONY (2000): *A Virtual Presence Counter*. Presence: Teleoperators and Virtual Environments, 9, No. 5: S. 413–434, MIT Press.
- SLATER, MEL; USOH, MARTIN; STEED, ANTHONY (1994): *Depth of presence in virtual environments*. Presence: Teleoperators and Virtual Environments, 3: S. 130–144.
- STEUER, JONATHAN (1993): *Defining Virtual Reality: Dimensions Determining Telepresence*. Abgerufen am 16.2.2013, URL <http://ww.cybertherapy.info/pages/telepresence.pdf>.
- SUTHERLAND, EVANS & (2012): *Webseite: E&S - Company History*. Aufgerufen am 31.10.2012, URL <http://www.es.com/About/History.html>.
- SUTHERLAND, IVAN E. (1965): *The Ultimate Display*. In: *Proceedings of the IFIP Congress*. S. 506–508.
- TAUER, HOLGER (2010): *Stereo 3D; Grundlagen, Technik und Bildgestaltung*. Berlin: Schiele & Schön, 1. Aufl.
- USOH, MARTIN; CATENA, ERNEST; ARMAN, SIMA; SLATER, MEL (2000): *Using Presence Questionnaires in Reality*.
- VARNEY, ALLEN (2006): *In Too Deep - Immersion Unexplained*. Abgerufen am 10.3.2013, URL http://www.escapistmagazine.com/articles/view/issues/issue_57/341-Immersion-Unexplained.
- VON HERRMANN, HANS-CHRISTIAN. *Das Projektionsplanetarium als Figuration planetarischen Denkens*. Köln, November, 2011. URL http://www.zeitbildraum.tu-berlin.de/fileadmin/f30/Materialseite/Texte/Vortrag_Koeln.pdf.
- VON HOLTEN, CLAUDIA (2008): *Immersion und Mehrsprachigkeit*. Abgerufen am 21.2.2013, URL <http://suite101.de/article/immersion-und-mehrsprachigkeit-a49762#axzz2LZHiXbeS>.

- WARE, COLIN (2012): *Information Visualization - Perception for Design*. Burlington, MA: Morgan Kaufmann, 3. Aufl.
- WIKIPEDIA (2011): *Article: Immersion baptism*. Aufgerufen am 28.4.2011, URL http://en.wikipedia.org/wiki/Baptism_by_immersion.
- WIRTH, WERNER; HOFER, MATTHIAS (2008): *Präsenzerleben*. montage AV, 17/2/2008: S. 159–175, Marburg: Schüren-Verlag.
- WITMER, BOB G.; SINGER, MICHAEL J. (1998): *Measuring Presence In Virtual Environments: A Presence Questionnaire*. Presence, 7 No. 3: S. 225–240, Cambridge, MA: Massachusetts Institute of Technology.
- WULFF, HANS-JÜRGEN (2012): *Amerikanische Einstellung / Amerikanische*. Lexikon der Filmbegriffe, Kiel: Christian-Albrechts-Universität, online. Abgerufen am 26.9.2013, URL <http://filmlexikon.uni-kiel.de/index.php?action=lexikon&tag=det&id=395>.
- WUSS, PETER (1999): *Filmanalyse und Psychologie*. Berlin: edition sigma Rainer Bohn Verlag, 2. Aufl.
- ZEISS (2009): *Webseite der Carl Zeiss AG, Abteilung Planetarien*. Aufgerufen am 25.10.2009; Inhalte erreichbar durch Klick auf „Für Projektanten“, „konzentrische Bestuhlung“, URL <http://www.zeiss.de/planetarien>.