



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences

Grundseminar

Johann Bronsch

**Vergleich von Virtual-und Augmented-Reality in Bezug auf
deren Gemeinsamkeiten und Probleme**

*Fakultät Technik und Informatik
Studiendepartment Informatik*

*Faculty of Engineering and Computer Science
Department of Computer Science*

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Theorie zu Virtuellen Realität	3
2.1	Die perfekte virtuelle Realität	3
2.2	Willing suspension of disbelief	4
2.3	Immersion	5
3	Historie	6
3.1	Augmented Reality	6
3.2	Virtual Reality	7
4	Funktionsweise	8
4.1	Tiled Displays und Projektoren	8
4.1.1	CAVE	8
4.1.2	Curved-Screen-Projection	9
4.1.3	Tiled Displays	9
4.2	Head-Mounted-Displays	10
4.2.1	Direktsicht-HMDs	11
4.2.2	Video-HMDs	12
4.2.3	See-Through-HMDs	13
4.2.4	Interactive-HMDs	13
5	Herausforderungen	14
5.1	Simulator Sickness	14
5.2	Latenz Grafiken	15
5.2.1	Lösungsansätze	15
5.3	Positions- / Rotationsberechnung	18
5.3.1	Lösungsansätze	19
6	Fazit	20

Abbildungsverzeichnis

3.1	Entwicklung der Augmented Reality Technologie (Mann, 1997, vgl. Figure3)	6
3.2	Ein von Sutherland entwickeltes Head-Mounted-Display (Sutherland (2016))	7
4.1	Konzept der AIxCAVE mit 24 Projektoren (Dörner u. a., 2013, S. 298)	8
4.2	Ein Beispiel der Fraunhofer IFF einer Curved-Screen-Projektion (Dörner u. a., 2013, S. 133)	9
4.3	Tiled Wall aus Monitoren am Beispiel des Stony Brook's Reality Deck (Dörner u. a., 2013, S. 136)	10
4.4	Grundsätzliche Bestandteile eines HMDs (Dörner u. a., 2013, S. 142)	11
4.5	Architektur eines Direktsicht-HMDs (Dörner u. a., 2013, S. 147)	11
4.6	Architektur eines Video-HMDs (Dörner u. a., 2013, S. 150)	12
4.7	Architektur eines See-Through-HMDs (Dörner u. a., 2013, S. 151)	13
5.1	Viewing Frustum Culling (Nischwitz und Haberäcker, 2004, S. 298)	16
5.2	Occlusion Culling (Nischwitz und Haberäcker, 2004, S. 300)	16
5.3	Backface Culling (Nischwitz und Haberäcker, 2004, S. 303)	16
5.4	Portal Culling (vgl. Luebke (2005))	17
5.5	Level of Detail (Eckel und Jones, 2004, S. 703)	17
5.6	Sensorfusion (Dörner u. a., 2013, S. 24)	19

1 Einleitung

Die Idee von virtuellen Realitäten ist nicht neu. Die Ursprünge führen zurück auf den Philosophen Sokrates. Jener versuchte mittels eines Experimentes herauszufinden was ein Mensch als Real ansieht. Aufgrund der stetig fortschreitenden technologischen Entwicklung ergeben sich neue Möglichkeiten virtuelle Welten darzustellen oder auch die reale Welt mit der virtuellen Welt zu vermischen. Letztere wird in der Regel Augmented Reality oder auch erweiterte Realität genannt.

Dabei gewinnen beide Technologien immer mehr an Bedeutung und die Zahl der Anwendungsgebiete in der Forschung und Industrie steigt stetig. Auf diesen beiden Gebieten beschränkt sich die Forschung nicht nur auf die visuelle Darstellung, sondern auch auf die möglichen Einsatzgebiete. Solch ein Einsatzgebiet kann sich mit der Integration von Augmented Reality Systemen in die Planung von Gebäuden oder Industrieanlagen beschäftigen (vgl. (Wang u. a., 2014)). Die Herausforderung hierbei ist nicht nur die Darstellung des Modells oder die Interaktion mit diesem, sondern vielmehr die Zusammenarbeit von mehreren Ingenieuren an einem Modell.

Weitere Forschungsbereiche im Zusammenhang mit der virtuellen Realität können im Unterhaltungsbereich liegen. Somit können Welten erschaffen werden in denen der Spieler sich frei bewegen kann. Hierbei spielt zwar auch die möglichst realitätsnahe Darstellung der Welt und damit verbundenen Grad der Immersion eine große Rolle, sondern auch die Tatsache das der Platz in der Realität, im Gegensatz zur virtuellen Realität, begrenzt ist. Mit dieser Fragestellung beschäftigt sich unter anderem das Fraunhofer-Institut für Integrierte Schaltungen (IIS), sowie die Miami University (vgl. (Hodgson u. a., 2008)). Die Herausforderungen mit denen sich die Forschungsgruppe aus Ohio beschäftigt hat, waren Authentizität der Welten, die Kohärenz sowie die Immersion. Damit sollten Welten geschaffen werden in denen sich der Anwender frei bewegen kann.

Zielsetzung

Das Ziel dieser Ausarbeitung ist die Analyse der Bedeutung von virtuellen Realitäten und der Beschreibung wie solch eine geschaffen werden kann. Dazu werden einige Thesen von

Philosophen genannt und analysiert. Im Anschluss daran werden die Anfänge in diesem Forschungsbereich genannt. Des Weiteren soll dem Leser ein Überblick gegeben werden welche Technologien eingesetzt werden um virtuelle oder erweiterte Realitäten darzustellen. Aufbauend auf den genannten Technologien werden einige Herausforderungen in Verbindung mit diesen Technologien analysiert und einige Lösungsansätze erarbeitet. Im Fazit wird die Vision für zukünftige Arbeiten genannt und näher erläutert.

2 Theorie zu Virtuellen Realität

In diesem Kapitel werden einige Theorien von Philosophen diskutiert. Darüber hinaus wird das Erreichen einer perfekten virtuellen Realität erläutert. Im Anschluss wird der Begriff *willing suspension of disbelief* erläutert und seine Bedeutung für jene Realität diskutiert. In diesem Zusammenhang wird anhand von Beispielen der Begriff *Immersion* erläutert.

2.1 Die perfekte virtuelle Realität

Damit die virtuelle Realität für einen Anwender perfekt wird, muss diese die selben Reize hervorrufen wie die wirkliche Realität. Sollte also der Anwender in der virtuellen Realität vor einem Abgrund stehen, müsste er, wie in der wirklichen Realität, Schweißausbrüche und Angstzustände haben.

Um dies zu bewerkstelligen müssen alle Sinne beeinflusst werden. Zu diesen gehören:

- das Hören (die auditive Wahrnehmung),
- das Riechen (die olfaktorische Wahrnehmung),
- das Schmecken (die gustatorische Wahrnehmung),
- das Erfühlen (die haptische Wahrnehmung),
- und als Teile des Erfühlens auch das Tasten (die taktile Wahrnehmung),
- den Gleichgewichtssinn (die vestibuläre Wahrnehmung),
- die Körperempfindung (die Propriozeption),
- das Temperaturgefühl (die Thermozeption),
- sowie die Schmerzempfindung (die Nozizeption)

Auch wenn ca. 70% aller Sinneszellen des Menschen für die Verarbeitung von visuellen Reizen zuständig sind, so sollen auch andere Wahrnehmungsarten beeinflusst werden.

Jedoch bleibt zu klären was der Mensch als Realität wahrnimmt. So wurde zum einen eine philosophische Frage von Platon gestellt. Jene ist als Höhlengleichnis bekannt. Platon fragte sich vor über 2400 Jahren ob ein Mensch, der seit seiner Kindheit in einer Höhle gefangen gehalten wurde und dessen Kopf so fixiert wurde, das er nur auf eine Wand starrt. Sodass er die in seinem Rücken befindlichen Gegenstände nie direkt sehen konnte, sondern nur die Schatten jener. Wird dieser Mensch die Schatten der Gegenstände als reale Gegenstände ansehen?

René Descartes, ein französischer Philosoph, fragte sich ob die Realität die der Mensch wahrnimmt real ist oder eine komplette Täuschung. In seiner Theorie führte er die Figur des *Genius maligus* ein, ein böser Geist, jener flüstert dem Mensch eine Realität ins Ohr und beeinflusst ihn somit.

Mit dem Gedankenexperiment aus der philosophischen Richtung des Skeptizismus, *Brain in a Vat* (Gehirn im Bottich) wird bezweifelt ob es etwas wie die Realität überhaupt gibt. In jenem Experiment wird angenommen dass das Gehirn dem Menschen entnommen wurde und in ein Bottich gepackt wurde. Jegliche Reize werden dem Gehirn über Impulse, die von einem Computer erzeugt wurden, zugeführt. Somit wird dem Gehirn eine Realität vorgegaukelt. Jene Idee wurde von den Wachowski-Brüder aufgegriffen und in dem Film *Die Matrix* verwirklicht.

2.2 Willing suspension of disbelief

Die Technologie aus dem Film *Die Matrix* oder auch das Holodeck aus *Star Trek* sind zum jetzigen Stand der Technik nicht umsetzbar. Jedoch haben Menschen die Eigenschaft sich in bestimmten Situationen, entweder in eine fiktive oder virtuelle Welt, hinein zu versetzen und es auch zu wollen. Diese Eigenschaft des Menschen wird *willentliches Ausblenden des Unglaubens* (engl. *willing suspension of disbelief* (Coleridge, 2004, S. 215)) genannt.

So sind die Menschen dazu bereit sich in virtuelle Welten hinein zu versetzen, auch wenn diese wissentlich nicht real sein können. Wie z.B. in Science-Fiction Filmen. Auch wenn die meisten von uns gerne ein Jedi oder ein Sith sein würden und ein Lichtschwert schwingen wollen, ist dies nicht umsetzbar. Dennoch lassen sich die meisten Menschen für den Zeitraum des Films von einer Geschichte fesseln.

Dies erleichtert es den Entwicklern die Erzeugung von virtuellen Welten und macht das Löcher in den Kopf bohren unnötig. So wie es in dem Film *Die Matrix* dargestellt worden ist.

2.3 Immersion

In Verbindung von Virtual Reality, auch VR genannt, fällt sehr oft der Begriff der Immersion. Dieser beschreibt den Grad des eintauchens in eine virtuelle Welt. Je höher der Grad der Immersion ist, desto stärker ist das Gefühl des Anwenders sich in der virtuellen Welt zu befinden. Somit erwartet der Anwender bei einer Kopfbewegung in der realen Welt das sich sein Kopf auch in der virtuellen Welt bewegt und sich damit auch sein Blickwinkel ändert. Diese Eigenschaft hat Steve Bryson benannt.

"If I turn my head and nothing happens, it ain't VR!" Bryson (1998)

Jedoch gibt es in der Literatur verschiedene Arten von Immersion. Verschiedene Forschungsarbeiten haben sich damit auseinandergesetzt.

- technische Immersion (vgl. Slater und Wilbur (1997))
- mentale Immersion (vgl. Witmer und Singer (1997))
- physikalische Immersion (vgl. Sherman und Craig (2003))
- psychologische Immersion (vgl. Sadowski und Stanney (2002))

In dieser Arbeit wird die Immersion aus der technischen Sicht näher erläutert. Dabei baut die technische Immersion auf vier Eigenschaften von Ausgabegeräten auf (vgl. Slater und Wilbur (1997)).

1. Alle Sinneseindrücke eines Menschen sollen ausschließlich durch den Computer generiert werden.
2. Dabei sollen möglichst viele der zuvor genannten Sinne angesprochen werden.
3. Der Nutzer sollte vollständig von Ausgabegeräten umgeben sein, statt eines begrenzten Sichtfelds.
4. Die Darstellung der virtuellen Welt sollte eine hohe Qualität aufweisen.

Somit bieten Head-Mounted-Displays, auch HMD genannt, ein hohen Grad an Immersion. Jene bietet dem Anwender ein großes Sichtfeld. Darüber hinaus existieren auch Nicht-Immersive VR-Systeme. Zu diesen gehören Displays die eine stereoskopische Darstellung ermöglichen und das Head-Tracking umsetzen.

3 Historie

In diesem Kapitel werden die Anfänge der beiden Technologien, Augmented Reality und Virtual Reality, erläutert. Zusätzlich werden die Vorreiter in jener Entwicklung benannt. Abschließend werden die jeweiligen aktuellen Forschungsarbeiten, die für diese Technologien wichtig sind, genannt.

3.1 Augmented Reality

Einer der Vorreiter in der Entwicklung von Augmented Reality, auch AR genannt, ist Steve Mann (vgl. [Mann \(1997\)](#)), jener ist auch auf der [Abbildung 3.1](#) zu sehen. Steve Mann hat seine wissenschaftliche Karriere mit der Entwicklung von *wearable computer* an dem Massachusetts Institute of Technology (MIT) begonnen. Wie auf dem Bild zu sehen ist war die frühe Version eines AR-Systems noch ziemlich klobig und auch unangenehm zu tragen. Im Gegensatz dazu sind heutige Modelle um vieles fortschrittlicher, angenehmer in der Benutzung und auch beim tragen. Zum Beispiel die HoloLens von Microsoft (vgl. [Microsoft \(2016\)](#)). Diese verfügt neben zahlreichen Sensoren auch ein integrierten Computer der eine Verbindung zu einem externen Gerät überflüssig macht.

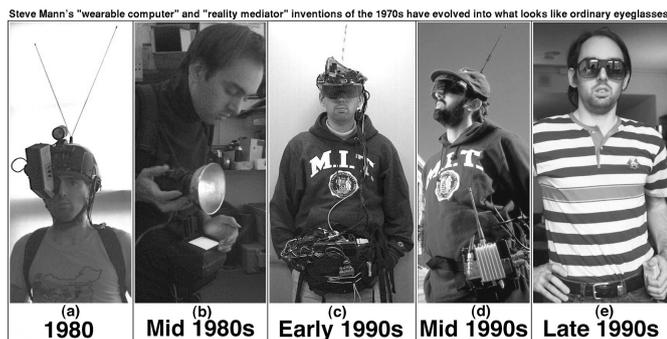


Abbildung 3.1: Entwicklung der Augmented Reality Technologie ([Mann, 1997](#), vgl. Figure3)

Heutige Forschungsarbeiten beschäftigen sich nicht nur mit der technischen Sicht auf diese Technologie, sondern auch mit den Einsatzmöglichkeiten. Auch ethische Fragen werden nicht

außer Acht gelassen. Eine interessante Einsatzmöglichkeit dieser Technologie wird in [Yoshida u. a. \(2008\)](#) beschrieben. Hierbei wird diese dazu eingesetzt den toten Winkel beim Autofahren einzublenden und damit Unfälle zu vermeiden. Auch an der Weiterentwicklung der Technologie wird weiter geforscht, zum Beispiel an der AR-Kontaktlinse (vgl. [Stauth und Parviz \(2006\)](#)).

3.2 Virtual Reality

Lange bevor es überhaupt den Personal Computer gab, schrieb Sutherland in seiner Forschungsarbeit *The Ultimate Display* (vgl. [Sutherland \(1965\)](#)) über eine Konstruktion mit der es möglich war virtuelle Welten zu erleben. Jene Konstruktion sollte so wie auf der [Abbildung 3.2](#) aussehen. Aus heutiger Sicht wahrscheinlich etwas unhandlich, doch zur damaligen Zeit war das eine Revolution. Dieser hat den Begriff Head-Mounted-Display, auch HMD genannt, geprägt.

Heutige Modelle sind mittlerweile um vieles leistungsfähiger. Zu jenen Modellen gehört die Oculus Rift, die sich zum Zeitpunkt der Ausarbeitung in der zweiten Entwicklerversion befindet.

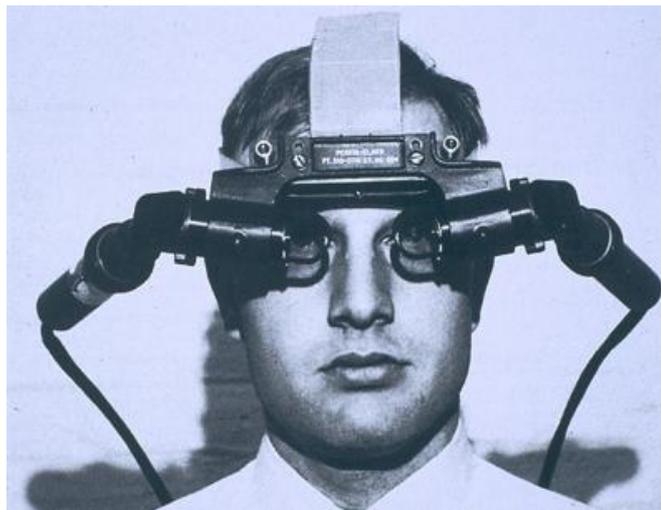


Abbildung 3.2: Ein von Sutherland entwickeltes Head-Mounted-Display ([Sutherland \(2016\)](#))

So wie bei den AR-Systemen beschäftigen sich die aktuellen Forschungsarbeiten eher mit den Anwendungsgebieten dieser Technologie. So wird zum Beispiel versucht mit der VR Technologie bei Erkrankungen durch posttraumatische Belastung, wie sie nach einem Kampfeinsatz der Fall sein kann, den Betroffenen zu behandeln (vgl. [Rizzo u. a. \(2014\)](#)).

4 Funktionsweise

In den vorigen Kapiteln wurde zum einen die Theorie zur Darstellung von virtuellen Welten erläutert und zum anderen die Anfänge dieses Forschungsbereiches. In folgendem Kapitel wird die Funktionsweise einiger Technologien zur Darstellung von virtuellen und erweiterten Realitäten erläutert.

4.1 Tiled Displays und Projektoren

4.1.1 CAVE

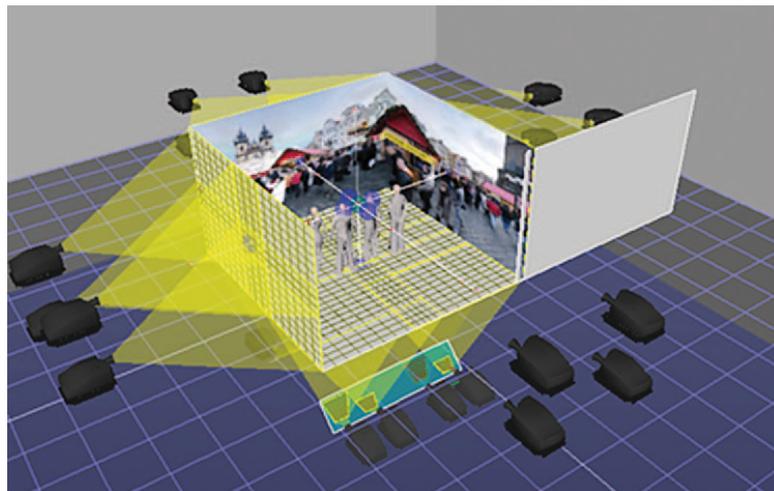


Abbildung 4.1: Konzept der AIxCAVE mit 24 Projektoren (Dörner u. a., 2013, S. 298)

Die CAVE ist zur Darstellung von virtuellen Welten gedacht. Dabei werden drei bis sechs Wände, mittels Projektoren, bestrahlt, die zur Darstellung der virtuellen Welt dienen. In [Abbildung 4.1](#) dargestellten CAVE-Konzept wird alles bis auf die Decke bestrahlt. Darauf hat das Aachener Forschungsteam verzichtet. Der Grund hierfür waren die komplexen Tracking-Systeme und das angebrachte Akustik-System. Die dargestellte virtuelle Welt ist dank der 24 HD Projektoren, die jeweils eine Auflösung von 1920 x 1200 Pixeln haben, qualitativ Hochwertig. Die Grundfläche

von mehr als 25m² (5.25m x 5.25m) ermöglicht eine natürliche Navigation, welche zu einem hohen Grad an Immersion führt. Bei kleineren CAVEs, jene die keine natürliche Navigation ermöglicht, wird alternativ ein Controller oder das so genannte *walking in place* (vgl. [Usoh u. a. \(1999\)](#)) verwendet. Bei dieser Technik bewegt sich der Anwender auf der Stelle und wird von geeigneten Tracking-Systemen verfolgt.

4.1.2 Curved-Screen-Projection

Ein ähnlichen Ansatz wie die CAVE bietet die Idee von Curved-Screen-Projection. Hierbei wird der Nutzer nicht von mehreren Wänden umgeben, sondern nur von einer gebogenen. Die [Abbildung 4.2](#) zeigt einen möglichen Aufbau einer Curved-Screen-Projection, welche am Fraunhofer IFF entwickelt wurde. Dabei wird eine gebogene Leinwand mittels Rückprojektionsverfahren bestrahlt und stellt dadurch die virtuelle Welt dar.



Abbildung 4.2: Ein Beispiel der Fraunhofer IFF einer Curved-Screen-Projection ([Dörner u. a., 2013](#), S. 133)

4.1.3 Tiled Displays

Einen hohen Grad an Immersion erreicht man unter anderem durch eine größtmögliche Abdeckung des Sichtbereichs. Hierdurch ergeben sich jedoch einige Schwierigkeiten. Durch eine Vergrößerung der Leinwand vergrößert sich zwar der Sichtbereich, es verschlechtert sich jedoch im gleichem Zug die Qualität der Darstellung. Auch wenn sich die Auflösung von Displays oder Projektoren in den vergangenen Jahren verbessert hat, sieht man dennoch bei näherem betrachten oft ein verpixeltes Bild.

Um dies zu verhindern kann das *Kachelverfahren* eingesetzt werden. Hierbei werden mehrere Displays so dicht wie möglich aneinander gesetzt, sodass sie wie ein einziges großes Display aussehen. In [Abbildung 4.3](#) wird eine sogenannte *Tiled Wall* dargestellt. Ähnlich wie bei dem vorgestellten AIXCAVE Konzept, welches 24 hochauflösende Projektoren zur Darstellung verwendet.



Abbildung 4.3: Tiled Wall aus Monitoren am Beispiel des Stony Brook's Reality Deck ([Dörner u. a., 2013, S. 136](#))

4.2 Head-Mounted-Displays

Im Gegensatz zu den zuvor beschriebenen Darstellungsvarianten ist bei den Head-Mounted-Display, kurz HMD genannt, das Display und einige Sensoren in der Brille oder einem Helm verbaut. Dabei wird der Blickwinkel bei jeder Kopfbewegung neu berechnet und angezeigt. Für die Übertragung der Bilddaten wird auch eine Schnittstelle benötigt, welche sich auch in dem HMD befindet. Somit können die grundsätzlichen Bestandteile eines HMD auf die folgenden Elemente beschränkt werden (vgl. [Abbildung 4.4](#)).

Da es jedoch verschieden Varianten von HMDs gibt, welche in den nächsten Abschnitten näher erläutert werden, können die Bestandteile variieren. Aufgrund der Anforderungen von AR-Systemen ist es daher Notwendig das ein Rechner in dem HMD verbaut ist und nicht über eine Schnittstelle mit diesem verbunden ist. Dadurch wird zwar eine höhere Mobilität ermöglicht, jedoch zu lasten der Darstellungsqualität der virtuellen Realität.

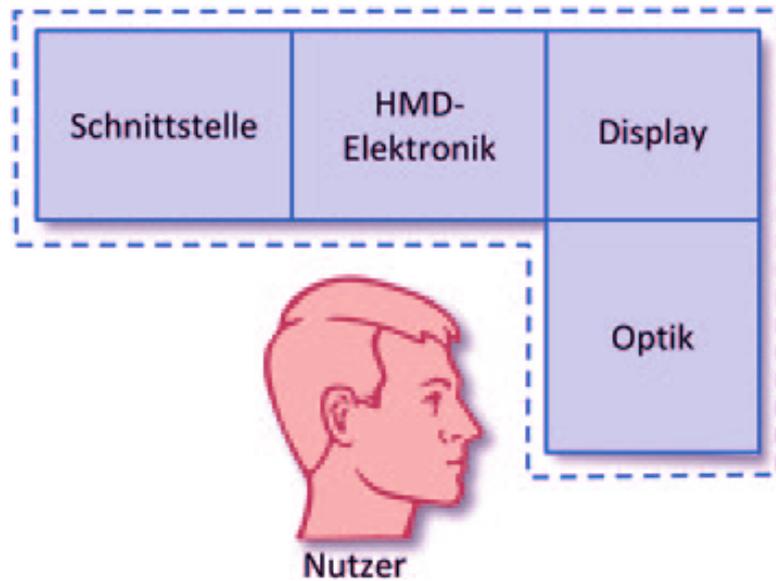


Abbildung 4.4: Grundsätzliche Bestandteile eines HMDs (Dörner u. a., 2013, S. 142)

4.2.1 Direktsicht-HMDs

Direktsicht-HMDs ermöglichen die komplette, visuelle Abschattung von der realen Welt. Jenes erhöht die Immersion enorm. Der prinzipielle Aufbau einer Direktsicht-HMD ist in [Abbildung 4.5](#) dargestellt.

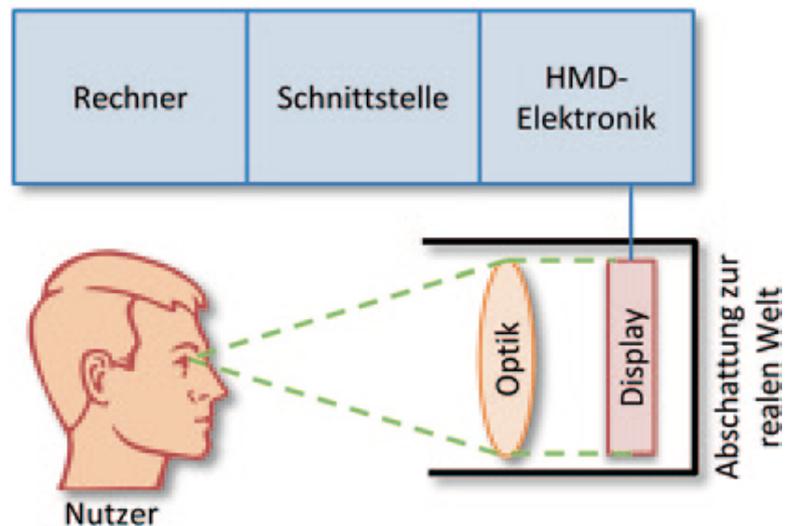


Abbildung 4.5: Architektur eines Direktsicht-HMDs (Dörner u. a., 2013, S. 147)

Jedoch kann aufgrund des stetigen technologischen Fortschritts, die zu darstellende virtuelle Realität von einem Rechner aufbereitet und an die HMD kabellos gesendet werden. Jenes erhöht die Darstellungsqualität und auch die Mobilität. Geräte wie die Oculus Rift, in [Abschnitt 3.2](#) beschrieben, erreichen eine Auflösung von 2160×1200 Pixel. Dies ermöglicht es den Entwicklern eine qualitativ hochwertige Darstellung von virtuellen Welten.

4.2.2 Video-HMDs

Das hier vorgestellte Video-HMD (vgl. [Abbildung 4.6](#)) Konzept zeigt eine Variante eines AR-Systems. Hierbei wird der Anwender zwar von der realen Welt abgeschottet, jedoch wird diese von einer oder zwei Frontkameras aufgezeichnet und mit der dargestellten virtuellen Realität verschmolzen. Im Gegensatz zu der anschließend vorgestellten *See-Through-HMD* ist hier die Darstellung auch bei hellem Licht gut sichtbar. Was zur Erhöhung der Immersion beiträgt. Auch hier ist es möglich den Rechner von der HMD zu trennen und die Videosignale kabellos zu übertragen. Jedoch ist die Reichweite solcher Übertragungsarten begrenzt und der dargestellte Ansatz aufgrund der Mobilität sinnvoller.

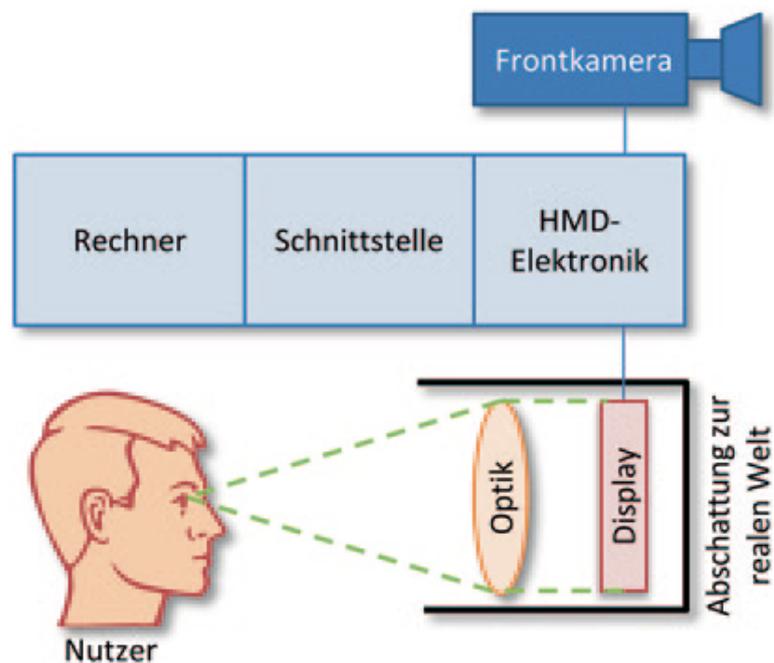


Abbildung 4.6: Architektur eines Video-HMDs (Dörner u. a., 2013, S. 150)

4.2.3 See-Through-HMDs

Die See-Through-HMD ist dank der Google Glass und der Microsoft Hololens die bekannteste Variante eines AR-Systems. Dabei wird über einen Strahlteiler die reale Welt und die virtuelle Welt miteinander verschmolzen (vgl. [Abbildung 4.7](#)). Jedoch haben See-Trough-HMDs das Problem das bei hellen Umgebungen die dargestellten virtuellen Elemente blass wirken.

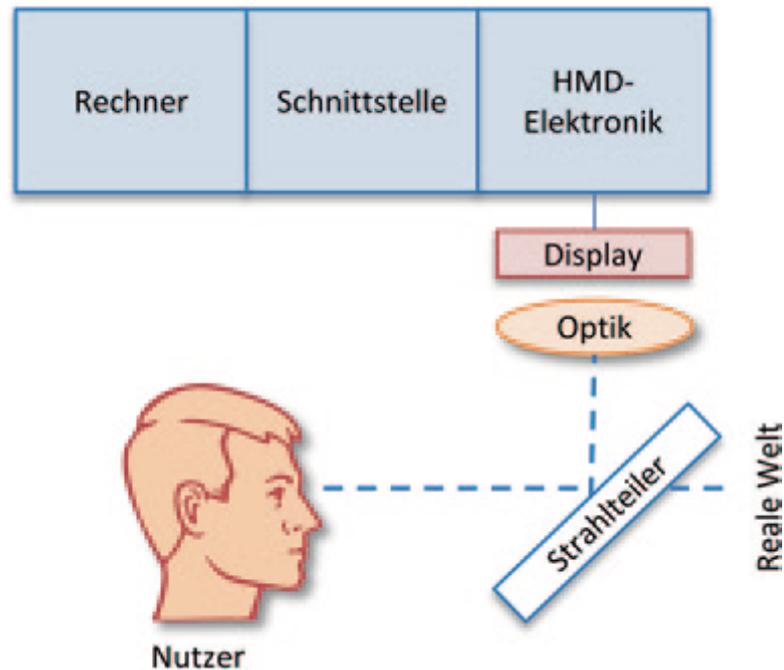


Abbildung 4.7: Architektur eines See-Through-HMDs ([Dörner u. a., 2013](#), S. 151)

4.2.4 Interactive-HMDs

Die Idee hinter den interaktiven HMDs ist die Interaktion mit den angezeigten virtuellen Informationen. Dies kann zum einen mit Eingabegeräten zum Beispiel einem Controller erfolgen und zum anderen durch Gesten.

Solche Controller können auch in die virtuelle Welt eingebaut werden und auch ein haptisches oder ein akustisches Feedback liefern. Solch eine Interaktion steigert den Grad der Immersion und könnte den Einstieg für Personen ohne Fachwissen auf diesem Gebiet erleichtern.

Diese Idee wurde in *The Void* (vgl. [Void \(2016\)](#)) umgesetzt. Hierbei handelt es sich um ein VR-Entertainment-System in dem Elemente aus der realen Welt vollkommen in die virtuelle Welt integriert wurden.

5 Herausforderungen

Eine wesentliche Eigenschaft von VR- und AR-Systemen ist die Interaktivität mit der virtuellen Welt. Der Anwender erwartet eine Konsequenz auf seine Interaktion mit der virtuellen Welt. Diese erhöht den Grad an Immersion, welcher in [Abschnitt 2.3](#) erläutert wurde. Solche Reaktionen der virtuellen Welt stellen die Entwickler vor einige Herausforderungen, z.B. Latenzen. Diese beziehen sich nicht nur auf die Latenz von Controllern, die zum interagieren mit der virtuellen Welt verwendet werden, sondern auch auf die Latenz Grafiken.

Die Darstellung von virtuellen Welten erfordert unter Umständen sehr viel Rechenleistung. So werden für eine Echtzeitdarstellung der virtuellen Welt 60 Bilder pro Sekunde benötigt. Bei einer Auflösung von 2160×1200 Pixeln, welche von der Oculus Rift dargestellt werden kann, werden ca. 155 Million Pixel pro Sekunde gerendert. Bei weniger als 60 Bilder pro Sekunden kann es zum ruckeln oder nachziehen kommen. Dies kann zu der so genannten Simulator Sickness oder Cybersickness führen, welche im nächsten Abschnitt erläutert wird.

5.1 Simulator Sickness

Die Simulator Sickness tritt auf, wenn dem Anwender visuell eine Bewegung vorgetäuscht wird, diese aber nicht der eigentlichen Körperbewegung entspricht. Um sich solch ein Phänomen vorstellen zu können, kann man sich eine Achterbahnfahrt vorstellen. Auf der HMD wird diese Fahrt dargestellt, aber der Anwender sitzt zu Hause auf seinem Stuhl. Solch eine Diskrepanz zwischen dem gesehenen und dem gefühlten kann in manchen Fällen zu Übelkeit und in manchen Fällen auch zum Erbrechen führen.

Doch auch wenn die Bewegung in der realen Welt in die virtuelle mit einfließt, kann es zur Simulator Sickness kommen. Jenes ist in der Regel der Fall, wenn die Position des Anwenders und seine Blickrichtung fehlerhaft oder mit einer hohen Latenz beziehungsweise mit ungenauen Positionsdaten an den Rechner übertragen wird. Aber auch unscharfe oder ruckelnde Darstellung kann zu Cybersickness führen und Übelkeit beim Anwender erzeugen.

In den nächsten beiden Abschnitten werden diese beiden Probleme nochmal benannt und mögliche Lösungswege erläutert.

5.2 Latenz Grafiken

Bei Latenz Grafiken handelt es sich um Grafiken die durch Beschleunigungsverfahren optimiert wurden. Die Idee dahinter ist die Darstellung von qualitativ hochwertigen virtuellen Welten, bei möglichst geringer Auslastung eines Rechners. Um dies zu bewerkstelligen gibt es eine Reihe von algorithmischen Verfahren. Die Nennung all jener Verfahren würde jedoch den Rahmen dieser Ausarbeitung sprengen, deshalb werden hier nur zwei algorithmische Verfahren erläutert. Zusätzlich dazu wird noch beschrieben wie die Nutzung von Wahrnehmungsaspekten zur Einsparung von Rechenleistung genutzt werden kann.

5.2.1 Lösungsansätze

Culling Verfahren

Der Begriff *Culling* leitet sich von englischen Begriff *to cull* ab, was sinngemäß übersetzt "trennen von der Herde" oder "auslesen aus einer größeren Menge" bedeutet. Dies ist auch die Idee hinter dem Culling Verfahren. Dabei sollen nur die Objekte einer Szene in die Rendering Pipeline geschickt werden, die auch vom Anwender gesehen werden.

Jenes kann durch ein Beispiel verdeutlicht werden, welches auch in [Nischwitz und Haberäcker \(2004\)](#) beschrieben wird. Dabei wird ein Bahn-Simulator beschrieben indem die Sichtweite 2 km beträgt, jedoch die visuelle Datenbasis eine Länge von 1000 km aufweist. Ohne das Culling Verfahren müsste die gesamte Strecke für jedes Einzelbild (Frame) von der GPU (*graphics processing unit*) berechnet werden und das möglichst 60 mal in der Sekunde. Bei der Anwendung des Culling Algorithmus müssen nur ca. 0,2% davon berechnet werden, was die Bildgenerierung um den Faktor 500 beschleunigen könnte. Jedoch wird die Berechnung von der GPU auf die CPU verlagert, denn die Berechnung des Culling Algorithmus muss von der CPU durchgeführt werden. Dennoch lohnt sich der Aufwand denn durch immer stärkere CPUs ist dies ohne große Leistungseinbusen möglich.

Um das Culling Verfahren effektiv einsetzen zu können ist es sinnvoll die verschiedenen Arten von jenem zu kennen.

- **Viewing Frustum Culling:** Es werden nur die Objekte angezeigt, die sich im Blickwinkel des Anwenders befinden (vgl. [Abbildung 5.1](#)).

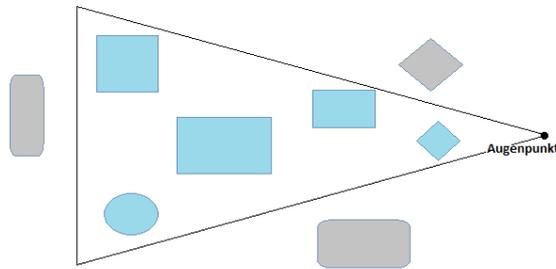


Abbildung 5.1: Viewing Frustum Culling (Nischwitz und Haberäcker, 2004, S. 298)

- **Occlusion Culling:** Dieser Culling Algorithmus ähnelt dem Vorgänger. Zusätzlich dazu werden auch die Elemente ausgeschlossen die sich zwar in dem Blickwinkel befinden, jedoch durch andere Objekte verdeckt sind (vgl. [Abbildung 5.2](#)).

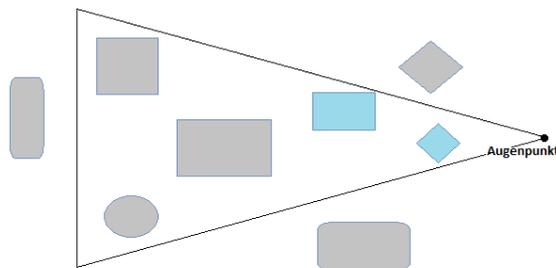


Abbildung 5.2: Occlusion Culling (Nischwitz und Haberäcker, 2004, S. 300)

- **Backface Culling:** Bei diesem Algorithmus werden die nicht sichtbaren Seiten von Objekten ausgeschlossen und somit nicht an die Rendering Pipeline gesendet (vgl. [Abbildung 5.3](#)).

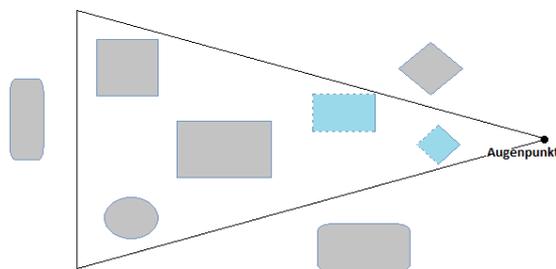


Abbildung 5.3: Backface Culling (Nischwitz und Haberäcker, 2004, S. 303)

- **Portal Culling:** In **Abbildung 5.4** ist eine Wohnung dargestellt. Um die Rechenleistung zu reduzieren werden hier nur die Objekte dargestellt, die auch wirklich zu sehen sind. Dazu werden Fenster, Türen oder Spiegel als Portale angesehen, da durch diese hindurch gesehen werden kann.

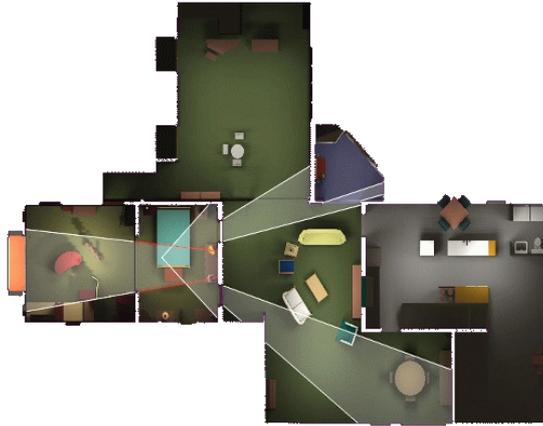


Abbildung 5.4: Portal Culling (vgl. **Luebke (2005)**)

- **Detail Culling:** Bei diesem Algorithmus werden Objekte die sehr klein sind, aber sich dennoch im Blickwinkel des Anwenders befinden, aus der Rendering Pipeline ausgeschlossen.

Level of Detail

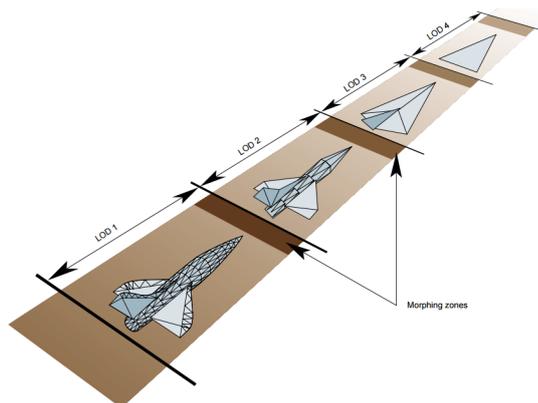


Abbildung 5.5: Level of Detail (**Eckel und Jones, 2004, S. 703**)

Durch das Culling Verfahren wurden schon alle Objekte ausgeschlossen die nicht im Blickwinkel des Anwenders liegen. Es gibt dennoch eine weitere Möglichkeit die Darstellung zu beschleunigen. Die Idee hinter Level of Detail, kurz LOD genannt, ist das verändern der Detailstufe von Objekten, abhängig von ihrer Entfernung zum Betrachter (vgl. [Abbildung 5.5](#)).

Hierbei existieren verschiedene Ansätze zur Umsetzung dieser Technik.

- **Switch LOD:** hierbei wird die Auswahl der Detailstufe der Objekte, bei Erreichen einer definierten Entfernung, abrupt umgeschaltet.
- **Fade LOD:** im Gegensatz zum Switch LOD wird hier eine "Gleitzone" verwendet und somit das Objekt mit dem nachfolgenden oder vorhergehenden überblendet. Befindet sich also das Objekt in der *Fade-Zone*, so existiert es für den Augenblick doppelt. Jenes benötigt zwar mehr Rechenleistung, verringert jedoch den PopUp-Effekt.
- **Morph LOD:** anstatt, wie beim Fade LOD, das alte Objekt mit dem neuen zu überblenden, wird bei dieser Technik zwischen den beiden LOD-Stufen interpoliert und so ein Zwischenobjekt berechnet. Diese Technik wird überwiegend zur Berechnung von Terrains angewendet, da es bei komplexen Formen zu viel Rechenleistung für die Berechnung der Zwischenform benötigt wird.

Salienz

In [Abschnitt 2.1](#) wurde schon festgestellt das der Mensch ein sehendes Tier ist. Das heißt dass der Mensch seine Umgebung überwiegend mit dem Auge wahrnimmt. Jedoch fehlt es dem menschlichen Gehirn an Kapazität um alle visuellen Reize zu verarbeiten. Diese Wahrnehmungseigenschaft kann zur Beschleunigung der Darstellung genutzt werden. Um dies zu bewerkstelligen kann mittels Eye-Tracking-Verfahren festgestellt werden welches Objekt der Anwender sich gerade anschaut. Ist dies bekannt, so kann mittels LOD, die Detailstufe der Objekte, die der Anwender nicht direkt ansieht, reduziert werden. Durch visuelles Hervorheben von Objekten kann die Aufmerksamkeit des Anwenders auch gesteuert werden und somit aktiv beeinflusst werden.

5.3 Positions- / Rotationsberechnung

Auch wenn die Latenz der Positions- und Rotationsberechnung bei der Vermeidung von Cybersickness eine große Rolle spielt, wird sie in dieser Arbeit vernachlässigt. Hier soll die

Genauigkeit und das Erreichen dieser hervorgehoben werden. Dabei gibt es mehrere Möglichkeiten die Position eines Anwenders zu bestimmen. Jede der folgenden Technologien hat seine Vor- und Nachteile. Diese können zum einen die Latenz oder auch die Genauigkeit sein.

- Beschleunigungssensoren
- Optisches Tracking
- Tiefenkamera
- Mikrofon
- Drucksensoren
- Mechanisches Tracking

5.3.1 Lösungsansätze

Sensorfusion

Wie im vorherigen Abschnitt beschrieben, haben die verschiedenen Tracking-Verfahren ihre Vor- und Nachteile. Es können jedoch die Nachteile der verschiedenen Tracking-Verfahren reduziert werden indem jene durch Sensorfusion kombiniert werden. In [Abbildung 5.6](#), auf der linken Seite, wird die Sensorfusion exemplarisch dargestellt. Hierbei werden alle Sensoren in einem Modul zusammengeführt und als Event oder Stream an das System gesendet.

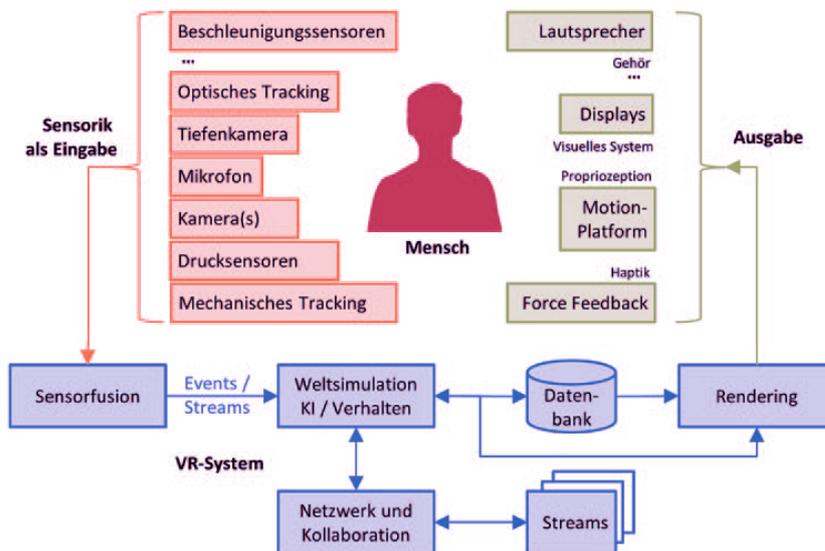


Abbildung 5.6: Sensorfusion (Dörner u. a., 2013, S. 24)

6 Fazit

Der theoretische Vergleich der verschiedenen AR- und VR-Systeme in dieser Ausarbeitung hat gezeigt, dass beide Technologien sich technisch ähneln. Besonders in Hinblick auf die in [Abschnitt 4.2](#) erwähnten Head-Mounted-Displays deren Technik sich besonders stark ähnelte. Aufgrund der starken Verwandtschaft der Technologien haben diese auch ähnliche Probleme, welche mit übereinstimmenden Lösungsansätzen angegangen werden können.

Jedoch kann die aufgestellte These erst eindeutig bewiesen werden, wenn jene auch in der Praxis überprüft wurde. Dies wird zum Teil auch das Thema des folgenden Grundprojektes sein.

Ausblick

Wie im vorherigen Abschnitt erwähnt sind die ersten Schritte im Grundprojekt der Vergleich der HMD AR- und VR-Systeme. Dabei soll festgestellt werden, welches der jeweiligen Systeme sich am besten für die Realisierung eines Holodecks eignen. Des Weiteren sollen dabei die verschiedenen Tracking-Systeme nicht außer acht gelassen werden und zusätzlich verglichen werden.

Ein weiteres spannendes Thema ist Mixed Reality. Hierbei werden Elemente aus der realen Welt in die virtuelle Welt integriert und können so genutzt werden. So kann der Grad der Immersion für den Anwender steigen, da dieser ein haptisches Feedback bekommt. Diese Elemente können auch als Controller eingesetzt werden, welche die virtuelle Welt manipulieren können.

Im zweiten Schritt soll die Theorie des *Redirected Walking* (vgl. [\(Hodgson u. a., 2008\)](#)) in der vorhandenen Forschungsumgebung umgesetzt und getestet werden. Dabei soll das *Redirected Walking* kombiniert eingesetzt werden. Zum einen wird das Bild manipuliert und zum anderen der Ton. Hierbei ist die Erwartung das sich die benötigte Raumgröße verkleinert.

Literaturverzeichnis

- [Bryson 1998] BRYSON, Steve: *Virtual Reality*. 1998. – URL <http://arxiv.org/pdf/1312.4322.pdf>
- [Coleridge 2004] COLERIDGE, Samuel T.: *Biographia Literaria*. Projekt Gutenberg, July 2004
- [Dörner u. a. 2013] DÖRNER, Ralf ; BROLL, Wolfgang ; GRIMM, Paul ; JUNG, Bernhard: *Virtual und Augmented Reality (VR / AR)*. 1. Springer Vieweg, 2013. – ISBN 978-3-642-28902-6
- [Eckel und Jones 2004] ECKEL, George ; JONES, Ken: *OpenGL Performer™ Programmer's Guide*. 2004. – URL <http://techpubs.sgi.com/library/manuals/1000/007-1680-100/pdf/007-1680-100.pdf>. – Zugriffsdatum: 04.03.2016
- [Hodgson u. a. 2008] HODGSON, Eric ; BACHMANN, Eric ; WALLER, David: Redirected Walking to Explore Virtual Environments: Assessing the Potential for Spatial Interference. In: *ACM Trans. Appl. Percept.* 8 (2008), Dezember, Nr. 4, S. 22:1–22:22. – URL <http://doi.acm.org/10.1145/2043603.2043604>. – ISSN 1544-3558
- [Luebke 2005] LUEBKE: *Portal Culling*. 2005. – URL <http://www.cs.virginia.edu/~luebke/publications/images/portals.plate2.gif>. – Zugriffsdatum: 04.03.2016
- [Mann 1997] MANN, Steve: Smart Clothing: The Wearable Computer and WearCam. In: *Personal Technologies* (1997), March. – Volume 1, Issue 1
- [Microsoft 2016] MICROSOFT: *Microsoft HoloLens*. 2016. – URL <http://www.microsoft.com/microsoft-hololens/en-us/hardware>. – Zugriffsdatum: 10.02.2016
- [Nischwitz und Haberäcker 2004] NISCHWITZ, Alfred ; HABERÄCKER, Peter: *Masterkurs Computergrafik und Bildverarbeitung*. 1. Springer Vieweg, August 2004. – ISBN 3-528-05874-9

- [Rizzo u. a. 2014] RIZZO, A ; HARTHOLT, A ; GRIMANI, M ; LEEDS, A ; LIEWER, M: Virtual Reality Exposure Therapy for Combat-Related Posttraumatic Stress Disorder Computer (Veranst.), IEEE, 2014, S. 31–37. – ISSN 0018-9162
- [Sadowski und Stanney 2002] SADOWSKI, Wallace ; STANNEY, Kay: Presence in virtual environments. (2002)
- [Sherman und Craig 2003] SHERMAN, William ; CRAIG, Alan: Understanding Virtual Reality. (2003)
- [Slater und Wilbur 1997] SLATER, Mel ; WILBUR, Sylvia: A Framework for Immersive Virtual Environments Five: Speculations on the Role of Presence in Virtual Environments. In: *Presence: Teleoper. Virtual Environ.* 6 (1997), Dezember, Nr. 6, S. 603–616. – URL <http://dx.doi.org/10.1162/pres.1997.6.6.603>. – ISSN 1054-7460
- [Stauth und Parviz 2006] STAUTH, Sean ; PARVIZ, Babak: Self-assembled single-crystal silicon circuits on plastic. 103 (2006), September, Nr. 38, S. 13922–13927. – URL <http://www.pnas.org/content/103/38/13922.full.pdf>. – Zugriffsdatum: 10.02.2016
- [Sutherland 1965] SUTHERLAND, Ivan: The Ulimatte Display, IFIP Congress, 1965, S. 506–508. – URL <http://worrydream.com/refs/Sutherland%20-%20The%20Ultimate%20Display.pdf>. – Zugriffsdatum: 10.02.2016
- [Sutherland 2016] SUTHERLAND, Ivan: *Sutherland HMD*. 2016. – URL http://resumbrae.com/ub/dms423_f08/06/sutherland-hmd.jpg. – Zugriffsdatum: 10.02.2016
- [Usoh u. a. 1999] USOH, Martin ; ARTHUR, Kevin ; WHITTON, Mary C. ; BASTOS, Rui ; STEED, Anthony ; SLATER, Mel ; BROOKS, Frederick P.: Walking > Walking-in-place > Flying, in Virtual Environments. In: *Proceedings of the 26th Annual Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques*. New York, NY, USA : ACM Press/Addison-Wesley Publishing Co., 1999 (SIGGRAPH '99), S. 359–364. – URL <http://dx.doi.org/10.1145/311535.311589>. – ISBN 0-201-48560-5
- [Void 2016] VOID, The: *The Void*. 2016. – URL <http://thevoid.com/>. – Zugriffsdatum: 23.02.2016
- [Wang u. a. 2014] WANG, Xiangyu ; TRUIJENS, Martijn ; HOU, Lei ; WANG, Ying ; ZHOU, Ying: Integrating Augmented Reality with Building Information Modeling: Onsite construction process controlling for liquefied natural gas industry. In: *Automation in Construction* 40 (2014),

S. 96 – 105. – URL <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S092658051300215X>. – ISSN 0926-5805

[Witmer und Singer 1997] WITMER, Bob ; SINGER, Michael: Measuring Presence in Virtual Environments: A Presence Questionnaire. In: *Presence: Teleoper. Virtual Environ.* 7 (1997), Nr. 3, S. 225–240. – URL <http://www.mitpressjournals.org/doi/10.1162/105474698565686#.VrpKVvnhDmE>

[Yoshida u. a. 2008] YOSHIDA, Takumi ; JO, Kensei ; MINAMIZAWA, Kouta ; NII, Hideaki ; KAWAKAMI, Naoki ; TACHI, Susumu: Transparent Cockpit The University of Tokyo (Veranst.), IEEE Virtual Reality, march 2008. – URL http://files.tachilab.org/publications/intconf2000/yoshida200803IEEE_VR.pdf. – Zugriffsdatum: 10.02.2016