

augmented  **reality**

Vertiefungsseminararbeit über Grundlagen und Anwendungen der Erweiterten Realität
und Potenziale im Zeitalter des allgegenwärtigen Rechnens

“nature , climate, urban morphology, urban sprawl, urban density, city-site, sea-site, colors, lights, construction, materials...?”

“noise, distraction, movement, flows, transpacific flight, blur, the Internet, fluxus, plastics, Photoshop, VRML, speed (data), transience, and liquidity...!”

Interview mit Hani RaRashid, Asymptote Architects,
und die Frage nach seinen kulturellen Einflüssen [34]

Vertiefungsseminararbeit:

augmented  **reality**

Grundlagen, Anwendungen der Erweiterten Realität und
Potenziale im Zeitalter des allgegenwärtigen Rechnens

Verfasser:

Cand. Arch. Martin Kranich, Arch 02

Matrikelnummer: 2941997

Betreuender Lehrstuhl:

CALA

Dozentur für Computeranwendung

in der Architektur und Landschaftsarchitektur

Univ.-Doz. Dr.-Ing. M.Sc. Arch. Thorsten Michael Lömker

Fakultät Architektur

Technische Universität Dresden

Dresden, den 30. 7. 2007

Kurzfassung:

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit der Erweiterten Realität als neue Technologie, die insbesondere als innovatives Darstellungsmedium interessant für Architekten und Designer ist. Dabei werden die begrifflichen und technologischen Grundlagen beschrieben und zusammengefasst. Weiterhin werden in dieser Arbeit Anwendungsszenarien für die so genannte Augmented Reality anhand von Beispielen aus der Forschung aufgezeigt. Vorrangig und ausführlich werden die Anwendungsmöglichkeiten für Design und Architektur beschrieben.

Schwerpunkt dieser Arbeit liegt jedoch bei den zukünftigen Potenzialen der Erweiterten Realität. Besonders im Hinblick auf das allgegenwärtige Rechnen wird dabei diese Technologie untersucht und ein mögliches Szenario entwickelt. Ein Szenario, in der Augmented Reality als alternative Schnittstelle zwischen der realen und virtuellen Welt präsentiert wird. Dynamische Informationslandschaften werden dabei unser Verständnis im Umgang mit dem Computer revolutionieren und auch von Architekten gestaltet werden.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	Seite 008
Einleitung	Seite 010
Teil 1 - Grundlagen und Anwendungen	Seite 013
1. Grundlagen	Seite 014
1.1. Virtual Reality	Seite 014
1.2. Mixed Reality	Seite 017
1.3. Augmented Reality	Seite 018
2. Technologie	Seite 020
2.1. Displaytechnologien	Seite 021
2.2. Trackingtechnologien	Seite 030
2.3 Software	Seite 037
3. Allgemeine Anwendungen	Seite 040
3.1. Anwendungen für das Militär	Seite 040
3.2. Anwendungen in der Medizin	Seite 042
3.3. Anwendungen zur Unterhaltung	Seite 043
3.4. AR für Entwicklung, Produktion und Wartung	Seite 045
4. Anwendungen für Architektur und Design	Seite 047
4.1. AR für Entwurf und Planung	Seite 048
4.2. AR für Darstellung und Präsentation	Seite 049
4.3. AR und die Umsetzung auf der Baustelle	Seite 051
4.4. AR beim Facility Management	Seite 053
4.5. AR für Urbanes Leben, Zeitreisen, Großveranstaltungen	Seite 054
4.6. Beispiele aus der aktuellen Forschung	Seite 057
4.7. Augmented Reality im Architekturbüro?	Seite 062

Teil 2 - AR im Zeitalter des Ubiquitous Computing	Seite 065
5. Der allgegenwärtige Computer	Seite 066
5.1. Das Moorsche Gesetz	Seite 067
5.2. Ubiquitous Computing	Seite 068
6. These 1 - Ubiquitous Access	Seite 074
7. These 2 - Dynamische Landschaften	Seite 081
8. These 3 - Neue Schnittstellen	Seite 091
Zusammenfassung	Seite 102
Literaturverzeichnis	Seite 106
Notizen	Seite 114
Anhang - CD	Seite 117

Abbildungsverzeichnis

Abb. 01 - Reality-Virtuality Continuum	Seite 017
Abb. 02 - Augmented Reality, Konzeptskizze	Seite 019
Abb. 03 - Augmented Reality, ein generisches System	Seite 021
Abb. 04 - Konzeptdiagramm, VST	Seite 023
Abb. 05 - Anwendung VST bei einem Mobiltelefon	Seite 024
Abb. 06 - Konzeptdiagramm, OST	Seite 025
Abb. 07 - Beispiel Spatial Augmented Reality	Seite 026
Abb. 08 - OST Head Mounted Display	Seite 027
Abb. 09 - Virtual Retinal Display, Microvision NOMAD	Seite 029
Abb. 10 - Motion Tracking bei einem Schauspieler	Seite 035
Abb. 11 - Optischer Marker	Seite 036
Abb. 12 - Anwendungsszenario ARToolkit	Seite 039
Abb. 13 - MEDARPA Testaufbau	Seite 043
Abb. 14 - Lifeplus-Projekt	Seite 044
Abb. 15 - Arvika-Projekt	Seite 046
Abb. 16 - Visualisierung von Großprojekten	Seite 050

Abb. 17 - Visualisierung einer Bauanleitung	Seite 052
Abb. 18 - AR im Facility Management	Seite 054
Abb. 19 - Archeo-Guide	Seite 056
Abb. 20 - ARTHUR-Projekt	Seite 059
Abb. 21 - The Invisible Train	Seite 061
Abb. 22 - Mainframe Computer	Seite 069
Abb. 23 - Diagramm, Entwicklung der Rechentechnik	Seite 072
Abb. 24 - Opte-Projekt	Seite 074
Abb. 25 - Generation Web 2.0	Seite 079
Abb. 26 - Apple Computer „Lisa“	Seite 084
Abb. 27 - UNStudio, neue Darstellungsformen	Seite 087
Abb. 28 - Infoticles	Seite 089
Abb. 29 - AR-Vision aus der Science Fiction	Seite 091
Abb. 30 - Apple iPhone	Seite 093
Abb. 31 - Konzeptskizze 01, Computer im 21sten Jhr.	Seite 099
Abb. 32 - Konzeptskizze 02, Computer im 21sten Jhr.	Seite 101
Abb. 33 - Ein Architektentraum	Seite 103
Abb. 34 - Virtual Desktop	Seite 104

Einleitung

Diese Studienarbeit beschäftigt sich mit einer neuen Technologie, die seit Mitte der Neunziger Jahre des letzten Jahrhunderts immer mehr an Aktualität gewinnt. Bei dieser Technologie handelt es sich um die so genannte Augmented Reality. Diese Technologie, die man in der Deutschen Übersetzung mit Erweiterte Realität übersetzt, beschreibt die Überlagerung unserer realen Umgebung mit virtuell erzeugten Objekten. Anders als bei der Virtual Reality wird bei der Erweiterten Realität dabei nicht eine komplett durch den Computer erzeugte Umgebung geschaffen. Augmented Reality erzeugt lediglich einzelne virtuelle Objekte, die dann durch spezielle Displays, z.B. halbtransparente Datenbrillen vor die Augen des Benutzers projiziert werden. Der Nutzer nimmt dabei die für ihn reale Umgebung weiterhin wie gewohnt wahr mit dem Unterschied der Erweiterung durch einzelne virtuelle Objekte oder Informationen.

Gegenwärtig erleben wir täglich die Verschmelzung von virtuellen Objekten mit der analogen Welt. Gerade in den Innenstädten sind wir von unzähligen flackernden Werbetafeln und einer Vielzahl von Monitoren umgeben und auf den Straßen steigt die Anzahl der Menschen, die Vernetzt mit mp3-Playern und Mobiltelefonen ihre Umgebung als akustisch digital Erweiterte Realität wahrnehmen.

Weiterhin ist es heutzutage nahezu unmöglich, sich ohne die Zuhilfenahme einer Vielzahl von digitalen Medien, insbesondere dem Internet in unserer kurzlebigen Gesellschaft zurecht zu finden. Die digitale Revolution ist somit in alle Bereiche des täglichen Lebens eingedrungen und verändert natürlich auch die Art und Weise wie wir Gebäude und öffentliche Räume wahrnehmen. Die Möglichkeit der neuen Technologie einer Erweiterten Realität hat das Potenzial zukünftig diese Verschmelzung von digitalen und real-analogen Räumen noch intensiver und immanenter zu gestalten. Eine Auseinandersetzung mit neuen

Technologien und deren möglichen Einfluss auf unsere Art zu entwerfen und zu bauen ist daher für Architekten und Stadtplaner absolut notwendig.

Diese Arbeit ist somit eine theoretische Untersuchung der Augmented Reality und richtet sich insbesondere an Architekten und Architekturstudenten, die sich mit dem Thema Augmented Reality beschäftigen.

Für ein besseres Verständnis wird diese Arbeit in zwei Teile gegliedert.

Der erste Teil definiert die wichtigsten begrifflichen Grundlagen für das Verständnis dieser Technologie und fasst die technologischen Voraussetzungen verständlich zusammen.

Darüber hinaus werden mögliche Anwendungen aufgezeigt und durch Projekte aus der aktuellen Forschung veranschaulicht. Natürlich liegt bei dieser Zusammenstellung ein besonderer Fokus auf die möglichen Anwendungen für Design und Architektur. In diesem Abschnitt werden daher auch zwei Forschungsprojekte, die besonders interessant für Architekten und Stadtplaner sind erläutert.

Auf Basis dieser ausführlichen Analyse der gegenwärtigen Möglichkeiten dieser Technologie wird im zweiten Teil ein Szenario entwickelt, welches die zukünftigen Potenziale der Augmented Reality illustriert. Ein Szenario in dem besonders die von vielen Wissenschaftlern und Zukunftsforschern postulierte Allgegenwart der Informationstechnologie die Grundlage der Betrachtungen bildet.

Der Gegenstand des zweiten Teils ist somit eine umfassende Erläuterung des theoretischen Unterbaus des allgegenwärtigen Rechnens, des Ubiquitous Computing. Daraufhin wird eine Untersuchung der zukünftigen Möglichkeiten dieser Technologie durch drei Thesen aufgezeigt.

Abschließend wird diese Arbeit und die in ihr erhaltenen Ergebnisse in einer kritischen Zusammenfassung diskutiert.

TEIL I Augmented Reality - Grundlagen und Anwendungen

In dem ersten Teil dieser Arbeit werden die wichtigsten Grundlagen, die im Umgang mit der Augmented Reality nötig sind, erläutert. Dabei wird neben der Definition der erforderlichen Begriffe ausführlich auf die Technologischen Voraussetzungen und Komponenten eingegangen.

Weiterhin werden mögliche Anwendungen für Augmented Reality genannt und anhand abgeschlossener und aktueller Projekte illustriert.

Inhalt Teil I:

- 1. Grundlagen
- 2. Technologie
- 3. Allgemeine Anwendungen
- 4. Anwendungen für Design und Architektur

1. Grundlagen

Virtuelle Welten, computergenerierte Räume, rechnergestützte Projektionen und erweiterte Realitäten...als Nutzer der Möglichkeiten, welche die moderne Informationsverarbeitung mit sich gebracht hat, leben wir heute in den unterschiedlichsten Realitäten.

Obwohl diese Paralleluniversen auch ein Teil unserer als real wahrgenommen Umgebung sind, unterscheiden sich diese virtuellen und digital erweiterten Welten erheblich von unserer „normalen“ Umwelt. Die Grenzen der uns bekannten Physik werden gesprengt und wir stoßen auf das Versprechen, Dinge zu tun, die sonst nur in unseren Träumen existierten.

Die Übergänge vom Reellen bis hin zum absoluten Scheinbarkeit sind dabei fließend und die einzelnen Ebenen nicht klar voneinander zu trennen. So werden in diesem Kapitel die wichtigsten begrifflichen Grundlagen im Umgang mit diesen neuen Welten definiert.

1.1. Virtuelle Welten - Virtual Reality

“Cyberspace, a consensual hallucination, experienced party by billions of legitimate operators, in every nation, by children beeing taught mathematical concepts. A graphic representation of data abstracted from the banks of every computer in the human system. Unthinkable complexity. Lines of light ranged in the nonspace of the mind, clusters and constellations of data.”

William Gibson, Neuromancer, 1984, [1]

So stellte sich der US-amerikanische Sience Fiction Autor William Gibsom in seinem 1984 erschienenem Buch Neuromancer den Cyberspace vor. Die Idee des Cyberspace war ein wichtiger Beitrag zu dem Hype um völlig von

Computern erzeugten und somit künstlichen Welten. Viele Bücher und Filme wie zum Beispiel Stephen Kings „Der Rasenmäher Mann“ oder die unglaublich erfolgreiche Trilogie „Matrix“ wurden von diesem Werk beeinflusst und schufen die Vision einer virtuellen Realität.

Doch schon bevor die wissenschaftlichen und technologischen Grundlagen für diese Vorstellungen gelegt wurden, entdeckte in den fünfziger Jahren der Filmemacher Morton Helig, dass durch eine gezielte Beeinflussung der menschlichen Sinne der Zuschauer direkt am filmischen Geschehen beteiligt werden kann. 1962 reichte er auf der Basis seiner Ideen das Patent für sein so genanntes „Sensorama“ ein. Das Sensorama war im Grunde genommen ein einfacher Projektor, der neben der stereoskopischen Darstellung einen ganzheitlichen Eindruck von Filmen auch durch Gerüche, Vibrationen des Sitzes und sogar durch Wind im Haar des Zuschauers vortäuschte [2].

Wurden bei dieser Erfindung die Sinne noch durch mechanische Vorgänge gereizt, sollte daraufhin die Rechenleistung der Computer diese Aufgabe übernehmen. Als einer der Pioniere auf diesem Gebiet gilt Ivan Sutherland. Er baute ein Computerdisplay, welches direkt auf dem Kopf getragen wurde. Dieses Display nutze er, um sich direkt vor die Augen einen einfachen aber durch einen Computer neu erzeugten Raum zu generieren. Zudem schuf er die theoretischen Grundlagen der virtuellen Realität und postulierte 1965 folgendes:

„The ultimative Display would, of course, be a room within which the computer can control the existence of matter. A chair dirplayed in such a room would be confining, and a bullet displayed in such a room would be fatal. With appropriate programming, such a display could literally be the Wonderland into which Alice walked.”

Ivan Sutherland, 1965,[3]

Gegenwärtig verstehen wir unter virtueller Realität, die auch oft mit dem englischen Begriff „Virtual Reality“ beschrieben wird, die Darstellung einer einzig und allein im Computer erzeugten Wirklichkeit. Der Benutzer dieser virtuellen Welt hat dabei das Gefühl der vollständigen Immersion, das heißt Verschmelzung mit dieser künstlichen Realität.

Die Technologien, die dafür benötigt werden, beeinflussen gezielt unsere Wahrnehmung durch all unsere Sinne. Natürliche Umwelteinflüsse werden dabei in Echtzeit und völlig überzeugend durch die unglaubliche Rechenleistung des Computers simuliert.

Dies geschieht mit Hilfe von Datenhelmen, den so genannten HMD's (Head Mounted Displays), welche die reale Umgebung abschirmen und vor den Augen eine künstliche Computerwelt erzeugen. Weiterhin können spezielle Anzüge beim „full body sensing“ sogar die Temperatur und haptische Impressionen vortäuschen.

Obwohl die Technologie schon in den neunziger Jahren einige Erfolge in der Umsetzung zeigte, hat sich die virtuelle Realität noch nicht im Alltag durchgesetzt. Vorwiegend werden virtuelle Welten, die versuchen den Benutzer mit all seinen Sinnen an diesen teilzuhaben, heute im Bereich von Simulationen, z.B. für die Ausbildung von Piloten, eingesetzt. Es gibt aber einige sehr erfolgreiche Umsetzungen, welche künstliche Welten erzeugen. In diesen Welten treffen sich Menschen vor dem heimischen Computer über die globale Vernetzung mit anderen Menschen und spielen zusammen. In Onlinewelten wie World of Warcraft oder Second Life¹ kann der Nutzer virtuelle Charaktere durch die virtuelle Realität steuern und diverse Abenteuer erleben.

¹ Website Second Life:
www.secondlife.com

1.2. Gemischte Realitäten - Mixed Reality

Durch die vielfach verwendeten Technologien, um in die virtuellen Welten einzutauchen, ist es oft schwierig eine klare Unterscheidung zwischen virtueller und realer Realität zu ziehen. Im Alltag werden wir nur allzu oft mit dem Cyberspace konfrontiert. So findet zum Beispiel ein Großteil unserer Finanztransaktionen auf einer virtuellen Ebene statt. Wir können Geld auf diverse Konten überweisen oder unsere Rechnungen bezahlen, ohne jemals eine einzige Banknote in der Hand zu halten. Somit sind die Computerwelten de facto ein Teil unserer täglich wahrgenommenen Wirklichkeit doch niemand würde auf die Idee kommen, dass wir in einer virtuellen Realität leben.

Auf Grundlage dieser Überlegungen entwickelte der us-amerikanische Computerwissenschaftler Paul Milgram 1994 die Idee der gemischten Realität. Diese Vorstellung einer „Mixed Reality“ beschreibt ein Kontinuum mit fließenden Grenzen zwischen der realen Umgebung und den vollständig virtuellen Welten. In seinem Reality-Virtuality-Continuum geht er davon aus, dass die virtuellen Welten niemals vollständig die reale Umgebung ersetzen können. Die reale Umgebung kann jedoch durch künstliche Welten mit höchst unterschiedlicher Intensität erweitert werden [4].

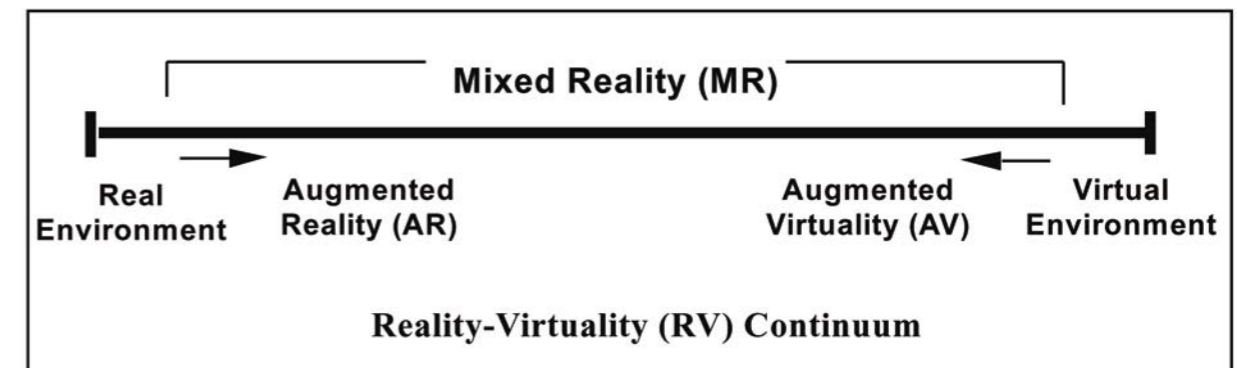


Abbildung 1 : Realität - Virtualität - Kontinuum nach Paul Milgram [4]

1.3 Erweiterte Realitäten - Augmented Reality

Die erweiterte Realität, oder auch Augmented Reality (AR) ist also ein Teil des von Milgram definierten Kontinuums zwischen realer und völlig virtueller Realität. Als Weiterentwicklung der virtuellen Realität, werden hier einzelne rechnergenerierte Elemente, Objekte oder Informationen mit der realen Umgebung kombiniert.

Einfache Beispiele hierfür finden sich heute sogar schon in unserem Alltag. So werden bei den Fernsehübertragungen von Sportevents digitale Informationen mit der Liveübertragung kombiniert. Man denke dabei nur an die Einblendung der roten Linie, die den Schanzenrekord beim Skispringen zeigt oder die Entfernungsangaben von Freistößen beim Fußball.

Jedoch sind können diese Anwendungen nur in einem sehr weit gefassten Sinne als Augmented Reality bezeichnet werden, denn laut der Definition des Wissenschaftlers Ronald T. Azuma, der 1997 diese Technologie eingehend untersuchte, muss ein Augmented Reality System folgende Kriterien erfüllen [5]:

1. **Rechnergestützte virtuelle, digital erzeugte Elemente werden mit der realen Umgebung erzeugt.**
2. **Die Kombination der virtuellen Elemente mit der realen Umgebung geschieht in Echtzeit und der Betrachter kann interaktiv eingreifen.**
3. **Die virtuellen Elemente stehen in einer räumlichen Beziehung zur realen Umwelt.**

Somit ist Augmented Reality auch eine neue Schnittstelle zwischen Menschen und Computer und kann durch verschiedene Technologien ermöglicht werden. Die grundlegende Umsetzung von Augmented Reality ist jedoch schwieriger als bei der klassischen Virtual Reality, da die technischen Komponenten neben der Darstellung virtueller Elemente auch noch die reale Umgebung mit berücksichtigen müssen.

Im Wesentlichen besteht ein Augmented Reality System aus drei Bestandteilen: einem Display, der Erfassung und der Bestimmung des räumlichen Bezuges, das so genannte Tracking und eine auf diese Technologie ausgerichtete Rechnerleistung und Software. Um diese Technologie besser zu verstehen, wird im nächsten Abschnitt eingehend auf die technologischen Voraussetzungen eingegangen.

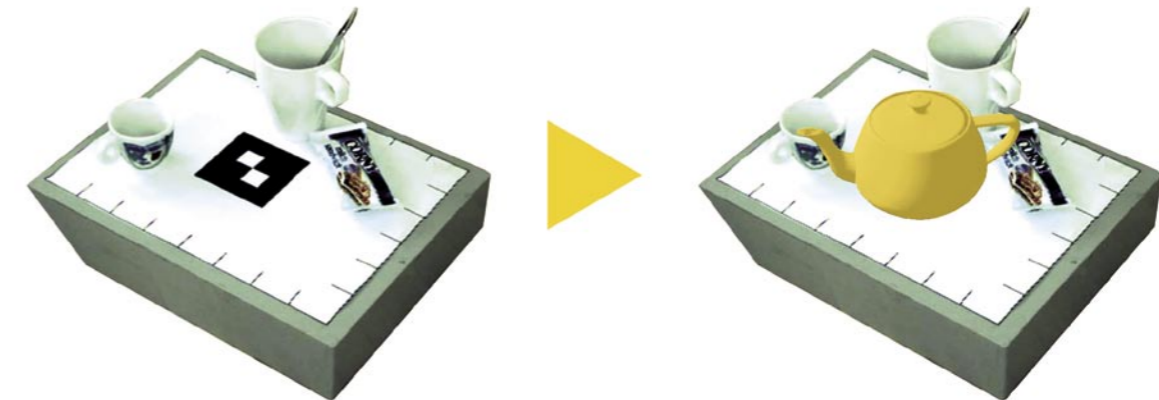


Abbildung 2 : Augmented Reality - die reale Umgebung wird mit einem virtuellen Objekt kombiniert

2. Technologie

Der wichtigste Begriff im Umgang mit der Technologie eines Augmented Reality Systems ist die Registrierung. Registrierung bezeichnet eine exakte Überlagerung von virtuellen Daten mit der realen Umgebung. Eine möglichst genaue Registrierung der virtuellen Daten mit der Realität ist nötig, um dem Nutzer eine akkurate Verschmelzung dieser Daten mit der Umgebung zu simulieren. Natürlich spielt die Registrierung auch eine Rolle bei der Umsetzung klassischer Virtual Reality Anwendungen doch sind die technologischen Voraussetzungen für Augmented Reality weitaus schwieriger umzusetzen. Augmented Reality ist natürlich für alle Sinne möglich. Man kann zum Beispiel akustische und haptische Eindrücke künstlich erzeugen und damit die reale Umgebung erweitern. Jedoch sollen in dieser Arbeit ausschließlich visuelle Technologien beschrieben werden, da wir mit den Augen den Großteil unsere Umwelt erfassen und sich die gegenwärtigen Forschungen überwiegend mit diesem Thema beschäftigen.

Um eine möglichst genaue Registrierung zu ermöglichen, benötigt man ein Display als Ausgabemedium, welches an eine genaue Positionsbestimmung durch ein Trackingsystem gekoppelt ist. Die Informationsverarbeitung erfolgt über einen angeschlossenen Computer, der mit der nötigen Software ausgestattet ist.

Die Grenzen zwischen den einzelnen Vorgängen innerhalb eines Augmented Reality Systems sind oft fließend und lassen sich nur schwer eindeutig voneinander trennen. Alle Komponenten müssen exakt aufeinander eingestellt und kalibriert sein, um die virtuellen Objekte präzise in die reale Umgebung zu projizieren.

Im folgenden Kapitel werden die wichtigsten technologischen Komponenten für mögliche Augmented Reality Anwendungen wie das Display, das Tracking und die Software näher erläutert.

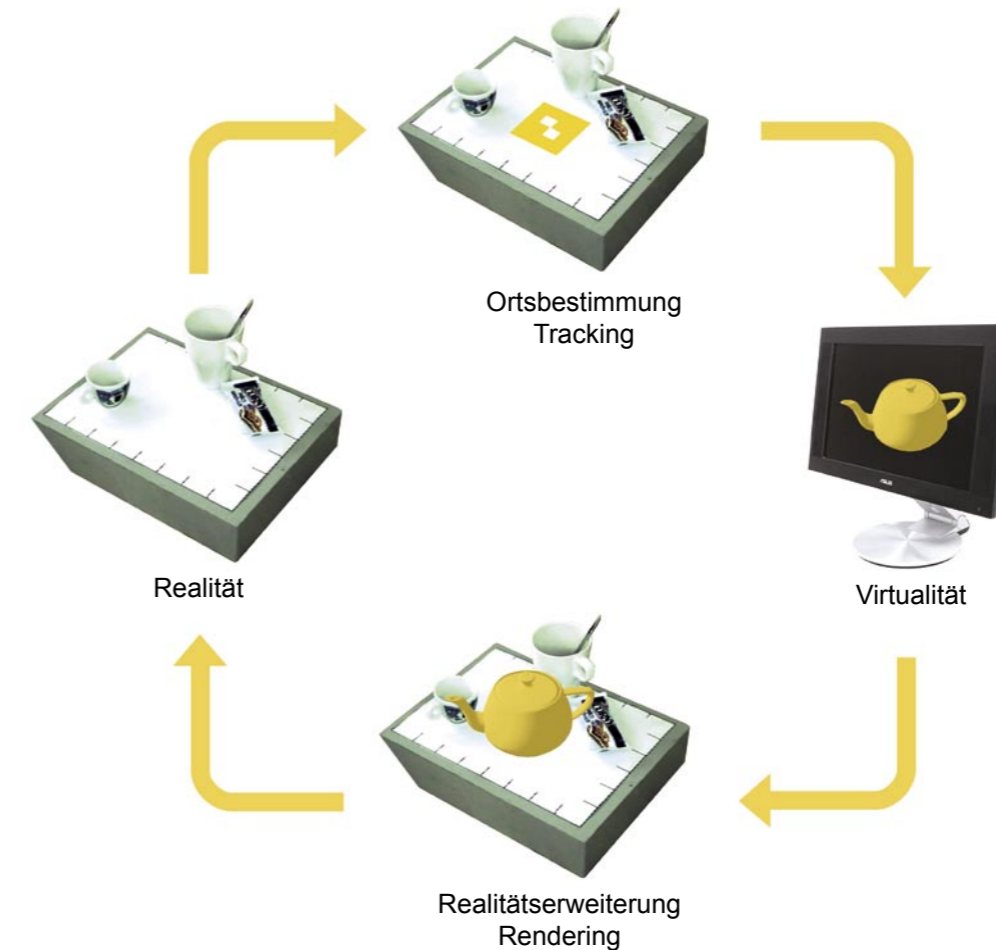


Abbildung 3 : Augmented Reality - ein generisches System

2.1. Displaytechnologien für Augmented Reality

Das Herzstück einer jeden Augmented Reality Anwendung ist das Display da es das primäre Endausgabemedium für alle bisher beschriebenen Anwendungen darstellt. Der Mensch nimmt durch den Sehsinn einen Großteil der auf ihn einströmenden Informationen der Umwelt auf und aus diesem Grund beziehen

sich heute die meisten AR-Systeme auf die visuelle Erweiterung der Realität. Gegenwärtig existieren eine Vielzahl von Prototypen, die zur Darstellung einer erweiterten Realität entwickelt wurden. Es gibt höchst unterschiedliche Systeme, die sich stark in ihrer technologischen Funktionsweise unterscheiden. Jedoch sind all diese Systeme nach der Definition der Augmented Reality von Azuma zur Darstellung der Erweiterten Realität geeignet.

Das Verstehen der Displaysysteme ist immens wichtig für das Verständnis der Technologie der Augmented Reality. Deshalb werden die einzelnen Displaysysteme im Folgenden ausführlich beschrieben.

Augmented Reality Displays sind bildgebende Systeme, die optische, mechanische und elektronische Komponenten benutzen, um virtuelle Bilder, Objekte und Elemente in das Sichtfeld des Benutzers zu projizieren. Dabei kann durch eine stereoskopische Darstellung auch der Eindruck einer räumlichen Beziehung der projizierten Objekte erzeugt werden [6].

In der bestehenden Literatur zu diesem Thema gibt es die unterschiedlichsten Varianten für eine Kategorisierung der einzelnen Displaysysteme für Augmented Reality. Am sinnvollsten erscheint mir aber eine grundlegende Einteilung in optisch- und video-basierte Technologien.

Video-Basierte Technologien:

Bei den video-basierten Systemen, dem so genannten Video-See-Through (VST) wird die reale Umgebung mit Kameras erfasst und anschließend mittels spezieller Berechnungsprogramme mit den virtuellen Elementen kombiniert, um dann letztendlich als vereinigt Bild dem Nutzer präsentiert zu werden. Die generelle Arbeitsweise dieses Systems wird gegenwärtig in den verschiedensten Produkten verwendet. Dabei gibt es stationäre und mobile Anwendungen.

Den Inbegriff eines einfachen Augmented Reality Systems stellt ein normaler

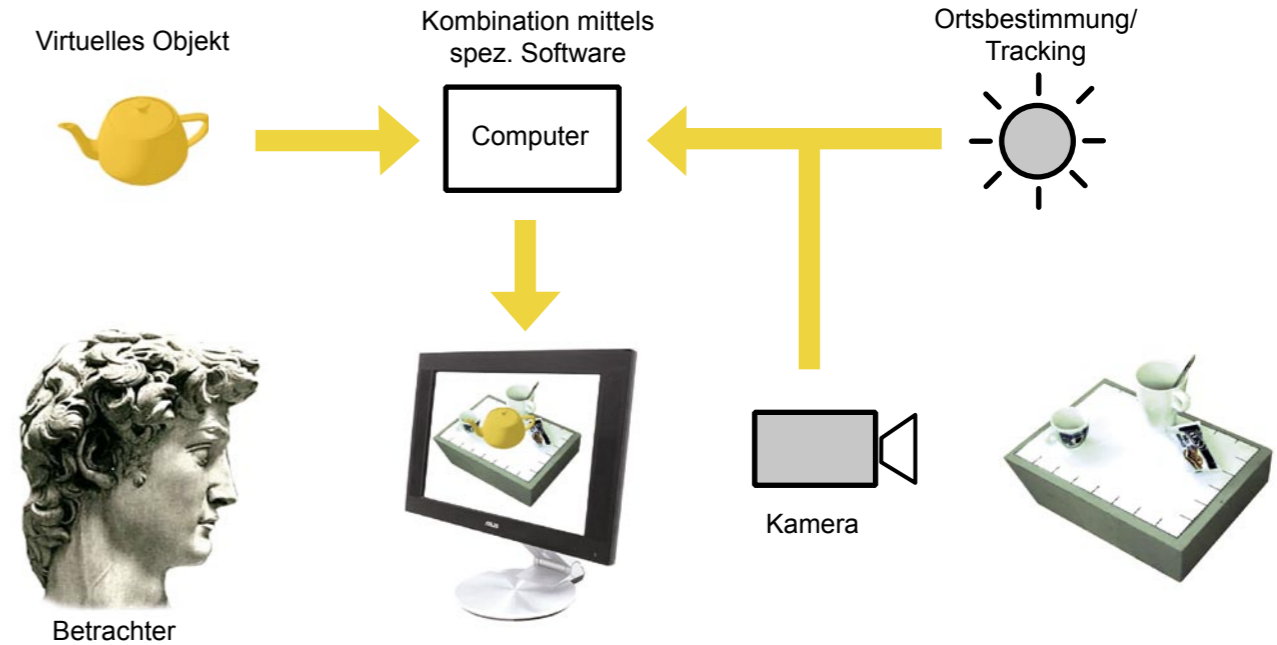


Abbildung 4 : Konzeptdiagramm - Funktionsweise Video-See-Through (VST)

Monitor oder eine Leinwand dar. Hier wird mit einer oder mehreren Kameras die Umwelt erfasst, in einem Computer mit virtuellen Objekten kombiniert und anschließend auf dem Monitor oder der Leinwand dargestellt. Eine räumliche Tiefenwirkung kann zudem durch spezielle Projektionsmethoden, der Verwendung von Polarisationsgläsern oder so genannten Shutter-Brillen ohne weiteres erzeugt werden².

Heutzutage beinhalten schon fast alle Mobiltelefone oder kleine tragbare Computer (Personal Digital Assistant-PDA) kleine und leistungsstarke Kameras. Durch diese Anwendung auf Basis dieser kleinen tragbaren Monitore mit integrierten Kameras, können die Nachteile wie die sehr eingeschränkte Verwendung von stationären VST-Systeme ausgeglichen werden.

Natürlich können Display und Kamera auch gleich auf dem Kopf getragen

² Schon Mitte der Neunziger Jahre entwickelten Forscher an der Technischen Universität Toronto ein stationäres Augmented Reality System zur Steuerung von Robotern, genannt ARGOS, Vgl.: [6] S.13



Abbildung 5 : Anwendung der VST-Technologie bei einem Mobiltelefon [7]

werden. Integriert in ein so genanntes Head Mounted Display (HMD) ist dies die anspruchvollste Anwendung für ein VST-System. In einem vor äußeren Einflüssen wie dem Tageslicht geschlossenen Helm mit integrierten Monitoren kann man dort das zusammengefügte Bild betrachten.

Optisch Basierte Technologien:

Bei den optisch basierten Systemen, dem so genannten Optical-See-Through (OST) werden die virtuellen Objekte, Informationen und Elemente direkt mit der real wahrgenommenen Umgebung kombiniert. Anstatt ein Videobild der realen Umgebung mit den virtuellen Objekten zu betrachten sieht man bei diesem Ansatz die normale Umgebung wie gewohnt. Die virtuelle Erweiterung wird dann durch spezielle Displaysysteme in das Sichtfeld des Nutzers hineinprojiziert. Wie auch bei den Video-See-Through Displays gibt es auch hier stationäre und mobile Technologien.

In die Kategorie der stationären Optical-See-Through Displaytechnologien

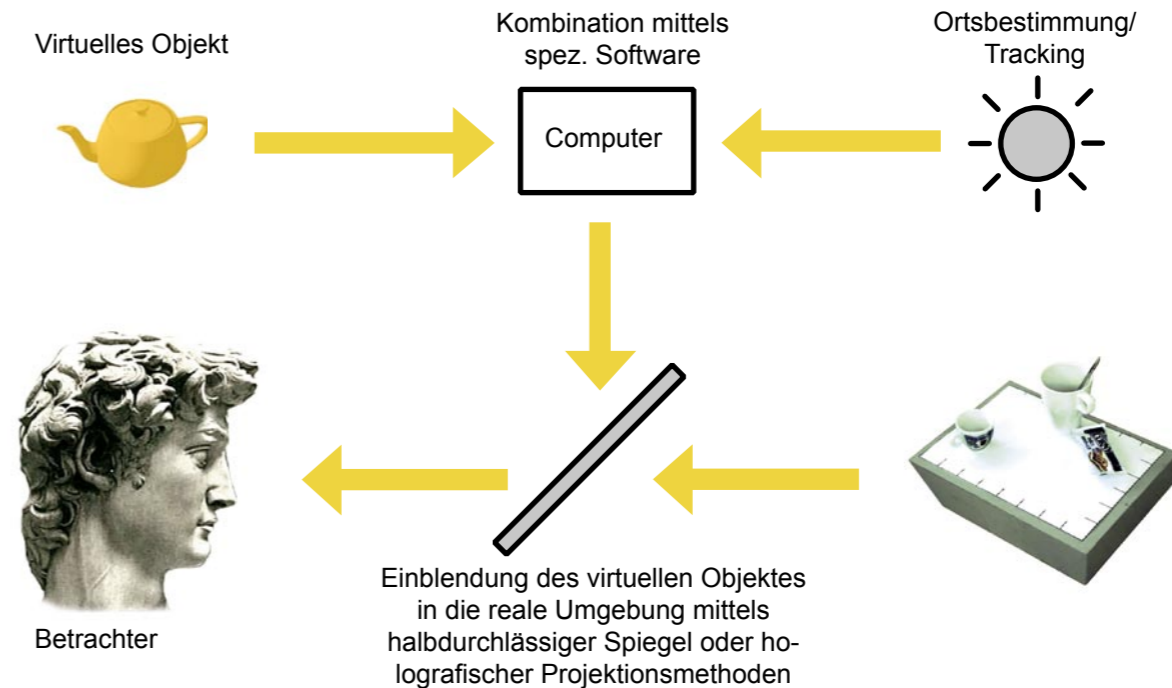


Abbildung 4 : Konzeptdiagramm - Funktionsweise Optical-See-Through

fallen eigentlich alle Projektionssysteme, die dreidimensionale Bilder oder Hologramme in unsere Wirklichkeit hineinprojizieren. Dabei werden die projizierten Objekte direkt auf die reale Umgebung ausgerichtet und folgen nicht den Bewegungen des Benutzers. Dem Betrachter wird es aber ermöglicht, sich um diese Objekte herumzubewegen, um diese von allen Seiten zu betrachten.

Hier ist die Technologie sehr vielfältig und es ist oft schwer, eine Grenze zwischen trivialen dreidimensionalen Projektionsmethoden und Augmented Reality zu ziehen. Die Bezeichnung „Spatial Augmented Reality“ durch die Forscher Oliver Bimber und Ramesh Raskar hat sich in dieser Hinsicht für den Großteil dieser Technologien durchgesetzt [8].

Obwohl es auch Entwicklungen gibt, die OST-Systeme für Mobiltelefone zu



Abbildung 7 : Beispiel für Spatial Augmented Reality aus einem Science Fiction Film, 1983 [9]

verwenden, hat sich bisher aber die mobile Variante in Verbindung mit einem HMD durchgesetzt. So forschen eigentlich alle großen Konzerne, die mit optischen Systemen arbeiten, an dieser Technologie in Verbindung mit einem HMD.

Bei den Optical-See-Through Technologien, die durch direkt auf dem Kopf getragen werden, wird die Kombination von virtuellen Objekten mit der realen Umgebung durch hauptsächlich durch halbdurchlässige Spiegel realisiert.

Vergleich Video-See-Through (VST) und Optical-See-Through (OST)

Die vorhergehende Vorstellung der bestehenden Display-Systeme für Augmented Reality hat gezeigt, dass die bildgebenden Technologien sehr weitläufig gestreut sind. Neben den stationären Anwendungen (VST und OST) sind die möglichen Verwendungen für mobile Augmented Reality Displays aber denkbar vielfältiger. Ein Blick auf den Markt erhältlicher und in der Forschung verwendeter Systeme zeigt, dass mobile Displays, die direkt auf dem Kopf als Datenbrille getragen werden, wesentlich größere Anwendungsszenarien

abdecken als stationäre. Obwohl die tragbaren Displays und HMDs oftmals sehr klobig und ergonomisch noch nicht ausgereift erscheinen, sind zukünftig die entscheidenden Weiterentwicklungen in diesem Sektor zu erwarten. Dabei ist abzusehen, dass sich OST-Displays langfristig gegenüber den VST-Displays durchsetzen werden. Ein großes Problem beim Video-See-Through ist nämlich, dass man von der Umgebung komplett isoliert ist. So steht bei einem Ausfall der Energie, der Nutzer buchstäblich im Dunkeln.

Im Gegensatz zu den VST-Displays sind eine geringe Lichtintensität und Kontraststärke ein großer Nachteil der Optical-See-Through Technologie. Oftmals muss bei den OST-Datenbrillen die Umgebung so stark abgedunkelt werden, dass der Nutzer überhaupt noch etwas von den virtuellen Informationen erkennt. Entweder kann man mit diesen Displays nur in relativ abgedunkelten Räumen arbeiten oder man macht das Display zu einer dunklen Sonnenbrille, die nur noch 30% des Umgebungslichtes bezieht. Für Aussenanwendungen mit stark wechselnden Lichtverhältnissen sind klassische Optical-See-Through Displays aus diesem Grund nicht geeignet [10].



Abbildung 8 : Head-Mounted Display (HMD) mit OST-Technologie der Firma SAAB [11]

Virtual Retinal Displays

Eine Technologie, welche eine hohe Kontraststärke für alle Anwendungen, ob nun im Freien oder innerhalb von Räumen verspricht, sind die so genannten Virtual Retinal Displays. Bei diesen Displays werden die digitalen Informationen über einen ungefährlichen Laserstrahl direkt auf die Netzhaut projiziert. Hier liegt der Ursprung in der Forschung des amerikanischen Militärs. Das HIT-Lab (Laboratory for Human Interface Technologie³) in Seattle in Zusammenarbeit mit der Firma Microvision entwickelt jedoch Geräte für die zivile Nutzung. Gegenwärtig sind diese Displays nur in der Lage, monochrome Bilder auf der Netzhaut abzubilden. Allerdings mit einer Lichtausbeute von fast 100% und bei einem äußerst geringen Energieverbrauch. Ein Artikel der Firma Microvision⁴ verspricht sogar: „Es gibt keinen direkteren Weg ein Bild in das Gehirn zu bekommen als es auf die Netzhaut zu projizieren“

Die Funktionsweise eines Virtual Retinal Displays ist ähnlich der zuvor betrachteten Optical-See-Through Technologie (vgl. Abbildung 7) jedoch dient hier ein halbdurchlässiger Spiegel nicht als Projektionsfläche für die virtuellen Objekte, sondern lenkt diese direkt auf die Netzhaut des Betrachters.

Gegenwärtig wird ein farbiges VR-Display (RGB) mit einer Auflösung von 1280 x 1024 Pixeln entwickelt. Über eine stereoskopische Darstellung kann dieses Display sogar dreidimensionale Eindrücke simulieren [12].

Angesichts dieser Daten bescheinigen viele Experten der VRD-Technologie eine rosige Zukunft. Glaubt man den Prophezeiungen der Entwickler ist dieses Display in der Lage, alle bisherigen Probleme zu lösen. Hohe Kontraststärke bei voller Lichtausbeute, ein geringer Energieverbrauch und eine äußerst leichte Bauweise sind Eigenschaften, die das Virtual-Retinal-Display zukünftig zu einem perfekten Kandidaten für Augmented Reality Systeme machen könnten.

3 Human Interface Technologie Laboratory:
<http://www.hitl.washington.edu>
 (Abruf: Juli 2007)

4 Microvision, Hersteller von Virtual Retinal Displays:
<http://www.microvision.com/>
 (Abruf: Juli 2007)

Mit der Technologie, welche die digitalen Objekte direkt mit einem Laser auf die Netzhaut projiziert, erscheinen fast alle in Verbindung mit den Displays auftretenden Probleme als lösbar. Jedoch sind diese viel versprechenden Lösungen noch nicht dem Prototypenstadium entwachsen und werden in den nächsten Jahren noch einiges an Entwicklungsarbeit benötigen. Ein Überblick aller sich derzeit auf dem Markt befindlichen Augmented Reality Displays findet sich unter folgenden Quellen: [13] und [14] .

Eins ist jedenfalls klar. Der Einsatz von Augmented-Reality mit allen denkbaren Anwendungen hängt größtenteils von der Entwicklung der Displaytechnologien ab. Besonders die mobilen Anwendungen mit HMD's müssen zukünftig noch gewaltige Entwicklungssprünge machen, um allen Anforderungen wie Kontrast, Energieverbrauch und vor allem der Ergonomie zu genügen. Bei der derzeitigen sehr geringen Nachfrage bleibt es aber fraglich, ob die Industrie gewillt ist, ihre Displaytechnologie entsprechend weiter zu entwickeln.



Abbildung 9: Kommerzielle Anwendung eines Virtual Retinal Displays mit monochromer Darstellung, Microvision NOMAD [15]

2.2. Trackingtechnologien für Augmented Reality:

Eine weitere wichtige Komponente für ein funktionierendes AR-System ist die genaue Ortsbestimmung oder besser gesagt die genaue Bestimmung des räumlichen Bezuges zwischen den digitalen Daten und der realen Umgebung.

Natürlich ist es ohne weiteres möglich die projizierten Daten mit Hilfe der HMD's mitwandern zu lassen wenn man den Kopf bewegt, d.h. das Display bewegt sich relativ zur realen Umgebung mit.

Der eigentliche Reiz an dieser Technologie ist es jedoch, die virtuellen Daten in Bezug auf die reale Umgebung zu setzen. Wenn also das Display ein digitales Objekt zeigt, scheint sich dieses Objekt relativ zur realen Umgebung, die wir ebenfalls sehen, an einem bestimmten Platz zu befinden. Drehen wir den Kopf, so scheint das projizierte Objekt relativ zur realen Umgebung an derselben Stelle zu verharren. Dafür muss dem System bekannt sein, wo sich der Benutzer und das Objekt des Interesses befinden.

Die dafür notwendige Technologie wird als Tracking bezeichnet [6].

Das Tracking für Augmented Reality Systeme muss bestimmte Anforderungen erfüllen. Wichtige generelle Punkte sind vor allem die Präzision und die Update Rate um eine überzeugende Einbettung (Immersion) der virtuellen Objekte in die reale Umgebung zu ermöglichen. Eine hohe Update Rate ermöglicht eine ruckelfreie Darstellung und wird vor allem durch die Übertragungsbandbreite von Sensor und Empfänger definiert. Ein wichtiger Begriff dafür ist die Latenzzeit, die das Zeitintervall von Beginn eines Ereignisses bis zu seinem Ende definiert.

Die Präzision der Darstellung ist bei den unterschiedlichen Trackingtechnologien sehr unterschiedlich. Die benötigte Genauigkeit ist stark von der jeweiligen Anwendung abhängig. So erfordert ein mobiles AR-System besonders im

Außenbereich eine weitaus geringere Genauigkeit als ein stationäres System, das zum Beispiel in der Medizin im Operationssaal angewendet wird.

Weiterhin werden bei speziellen Anwendungen auch besondere Anforderungen an Reichweite und an die Störanfälligkeit gestellt. Besonders für mobile AR-Anwendungen im Außenbereich benötigt man eine hohe Reichweite wobei für stationäre Systeme meist nur ein Bereich von einigen Metern abgedeckt werden muss. Auch sollte das System möglichst unanfällig für eine Beeinträchtigung durch äußere Einflüsse wie für Verdeckungen sein.

Letztendlich ist für die Einsetzbarkeit von Trackingtechnologie auch Preis und Ergonomie von entscheidender Bedeutung.

Grundsätzlich gibt es mehrere technologische Möglichkeiten ein Objekt zu tracken [16]:

- GPS (Global Position System)
- Inertialtracker
- Akustische Tracker
- Mechanische Tracker
- Magnetische Tracker
- Optische Tracker

Für das Verständnis der Erweiterten Realität ist die Kenntnis der Chancen und Probleme, welche die einzelnen technologischen Möglichkeiten des Trackings mit sich bringen, sehr bedeutend. So werden im Folgenden diese Möglichkeiten kurz beschrieben.

GPS:

In den achtziger Jahren des zwanzigsten Jahrhunderts begann das US-amerikanische Militär durch 24 Satelliten auf Umlaufbahnen um unseren Planeten in 20,2 Kilometern Höhe ein System zu initialisieren, mit dem eine

genaue Positionsbestimmung an jedem Ort der Erde möglich wurde. Im Jahre 2004 beschloss auch die Europäische Union mit Galileo ein eigenes System für die ausschließlich zivile Nutzung aufzubauen.

Mit Hilfe der von den Satelliten gesendeten Daten, durch Laufzeitmessung und durch anschließende Triangulation, kann man auf der Erde Objekte wie Raketen, Fahrzeuge und auch AR-Displays in Bezug auf ihre Umgebung genau bestimmen. Aus diesem Grund sind die kleinen, leichten, robusten und auch relativ preisgünstigen GPS-Systeme sehr gut für das Tracking geeignet.

Das Tracking mittels GPS lässt sich hervorragend für AR-Anwendungen im Aussenbereich verwenden. Dafür sind die Genauigkeiten von einigen Zentimetern völlig ausreichend. Innerhalb von Gebäuden lässt sich ein Tracking mittels GPS nicht umsetzen, da die von den Satelliten gesendeten Daten sehr anfällig auf Verdeckungen sind. Höhere Genauigkeiten von einigen Millimetern lassen sich durch GPS zudem auch nur mit Hilfe durch auf dem Boden installierte Referenzstationen ausgleichen (DGPS). Die Nutzung dieses Services ist zurzeit aber noch sehr teuer.

Inertialtracking:

Im Grunde genommen arbeitet dieses System mit der Funktionsweise eines Gyroskops. Da ein beweglich gelagerter und schnell rotierender Kreisel seine Drehachse im Raum konstant hält auch wenn das umgebende System in Bewegung ist, kann man durch in Bezug setzen des Kreisels und seiner Umgebung, die Bewegung des umgebenden Systems relativ genau bestimmen. Weiterhin kommen beim Inertialtracking auch so genannte Accelerometer zum Einsatz. Dieser Sensor misst durch eine Trägheitsmasse die Beschleunigungskraft der zu erfassenden Bewegungen.

Der große Vorteil dieser Trackingsysteme ist, dass neben der kleinen Bauart diese Systeme verglichen mit anderen Systemen sehr preisgünstig und robust sind. Weiterhin ist ein Inertialtracker „selfcontained“, das heisst

seine Benutzung ist unabhängig von einer zu installierenden Infrastruktur. Durch diese Eigenschaft sind aber auch nur relative Messungen möglich und Abweichungen im System, der so genannte „drift“ kann sich unkontrolliert addieren und führt so zu verfälschten Ergebnissen.

Inertialtracker können aber für AR-Anwendungen in Kombination mit anderen Trackingsystemen ergänzend sehr gut verwendet werden.

Akustische Tracker:

Beim akustischen Tracking wird mittels Ultraschall die Positionsbestimmung durchgeführt. Aus der Kenntnis der Schallgeschwindigkeit kann das Tracking mit Genauigkeiten von 0,5-6 mm durchgeführt werden. Dabei werden vor allem das Phasenvergleichs- und das Impulsverfahren angewendet.

Beim Phasenvergleichsverfahren strahlt ein Sender eine Ultraschallwelle zum Empfänger aus. Ändert sich die Position des Zielobjektes zum Referenzobjekt, kann dies das Referenzobjekt in Form einer Phasenverschiebung registrieren. Beim Impulsverfahren werden direkt die Laufzeiten zwischen Ziel- und Referenzobjekt, gemessen.

Der Vorteil des akustischen Trackings ist, dass beide Verfahren durch kleine Bauformen und eine unkomplizierte Berechenbarkeit relativ einfach zu bewerkstelligen sind. Jedoch ist die Schallgeschwindigkeit von diversen Faktoren wie Luftdruck und Temperatur abhängig, das einen umfassenden Einsatz erheblich erschwert.

Magnetische Tracker:

Beim magnetischen Tracking werden durch drei orthogonale Spulen Magnetfelder erzeugt. Entsprechend der Lage des zu trackenden Objektes, werden in den Spulen unterschiedliche Spannungen induziert, aus der dann die eine Position im Raum relativ genau berechnet werden kann.

Magnetische Tracker arbeiten sehr genau und benötigen sehr kleine Sensoren.

Weiterhin sind sehr hohe Updateraten und somit sehr geringe Latenzzeiten möglich.

Dem gegenüber steht der geringe Aktionsradius magnetischer Tracking Systeme (ca. 1,5m) und die hohe Störanfälligkeit besonders gegenüber metallischen Gegenständen.

Sie sind deshalb zur Positionsbestimmung von AR Systemen nur bedingt einsetzbar. Da magnetische Tracker relativ robust arbeiten und die Verdeckungsproblematik nicht existiert, eignen sie sich in Kombination mit anderen Trackingverfahren.

Mechanische Tracker:

Das mechanische Tracking arbeitet mit so genannten mechanischen Kopplungen und ist eines der frühesten Trackingverfahren. Die zu trackenden Objekte werden über Stangen und Gelenke oder Seile mit festen Referenzpunkten verbunden. Über Beugungssensoren in den Gelenken oder Spannungssensoren an den Seilenden kann die Positionsbestimmung exakt durchgeführt werden.

Diese Technologie zeichnet sich vor allem durch eine hohe Präzision und eine einfache technische und damit billige Realisierung aus. Jedoch ist durch die Verbindung des zu trackenden Objektes mit Fixen Punkten, Stangen und Gelenken die Verwendung von solchen Systemen sehr stark eingeschränkt. Mechanische Tracking-Systeme können aber im Bereich der Augmented Reality als Eingabemedium eingesetzt werden.

Optische Tracker:

Optische Trackingsysteme arbeiten vor allem mit Video- oder Infrarotkameras, die Objekte im Raum direkt erfassen. Durch videometrische Berechnungsverfahren kann aus den gesammelten Daten dann die Positionsbestimmung durchgeführt werden.

Das optische Tracking unterscheidet mit dem Outside-In- und dem Inside-Out-Tracking zwei generelle Lösungsansätze.

Beim so genannten Outside-In-Tracking werden bestimmte Markierungen am Benutzer angebracht, die dann von mehreren Kameras im Raum erfasst werden können. Dieser Ansatz wird vor allem in der Filmindustrie beim so genannten Motion Tracking (oder Motion Capture) eingesetzt. Besonders für Animationen mit virtuellen Figuren werden dadurch Bewegungen, Gestiken und Mimiken realer Schauspieler erfasst und auf virtuelle Figuren übertragen. Zum Beispiel konnte so die Figur des Gollum aus dem Film „Herr der Ringe“ mit Hilfe des Outside-in Trackings realisiert werden.

Beim zweiten Lösungsansatz dem Inside-Out-Tracking werden die Kameras



Abbildung 10: Animation einer Fantasy-Figur durch Tracking der Bewegung eines realen Schauspielers [17]

direkt auf dem zu trackenden Objekt angebracht, die dann feste oder auch bewegliche Markierungen im Raum erfassen. Meistens werden die Kameras dann in das HMD (Head Mounted Display) des Nutzers mit integriert.

Als Markierungen können dann reflektierende Folien, Infrarot-LEDs oder spezielle, auch farblich abgehobene Muster dienen. Je einfacher die Markierungen vom Umfeld zu unterscheiden sind, umso stabiler ist der Tracker.

Für viele Anwendungen bei der Augmented Reality haben sich quadratische Marker durchgesetzt bei denen Zeichen oder Grafiken in ihrer Mitte zur Identifizierung dienen können.

Der große Vorteil optischer Tracking Systeme ist, dass diese sehr hohe



Abbildung 11: Optischer Marker (Kallibrierungsmarker AR-Toolkit)

Genauigkeiten erreichen können. Sie können dadurch einfach innerhalb wie auch außerhalb von Gebäuden eingesetzt werden. Weiterhin sind diese Systeme relativ einfach und kostengünstig zu realisieren. Bei hohen Anforderungen an eine ruckelfreie Darstellung mit sehr geringen Latenzzeiten benötigt man aber einen großen Rechenaufwand und erhebliche Übertragungsbandbreiten. Problematisch ist ebenfalls, dass die Umgebung oft mit einer Vielzahl störender optischer Marker versehen wird, zu denen auch stets eine gute Sichtverbindung bestehen muss.

Nichtsdestotrotz bilden optische Tracking-Systeme gegenwärtig viel versprechende Möglichkeiten im Bereich des Trackings für Augmented Reality.

Hybrides Tracking:

Die technologische Entwicklung des Trackings hat bis jetzt noch kein perfektes System, welches man den Vorzug geben könnte, geschaffen. Auch zukünftig ist abzusehen, dass die Daten verschiedener Tracking Systeme miteinander

kombiniert werden müssen, um zufrieden stellende Ergebnisse zu erhalten. Das Tracking mittels verschiedener Systeme wird auch als hybrides Tracking bezeichnet [18]. Beim hybriden Tracking können die einzelnen Technologien sich auf ganz verschiedene Art und Weise ergänzen. Die Daten können so komplementär, im Wettbewerb oder kooperativ von mehreren Trackingtechnologien verarbeitet werden. So werden derzeit bei vielen AR-Systemen mehrere Sensoren in ein Hardwaregerät integriert. Zum Beispiel kann beim optischen Tracking die Ausgabe durch ein Gyroskop stabilisiert werden.

2.3. Software für Augmented Reality:

Die Software berechnet und verbindet so Positionsbestimmung durch die Erfassung der Daten der Tracker und die Ausgabe durch ein geeignetes Display. Somit bildet die Software, die natürlich abhängig von einer geeigneten Computerhardware ist, das Rückrat jeder Augmented Reality Anwendung. Die Anforderungen an die Software sind dementsprechend hoch. Die Software muss in der Lage sein, die multiplen Input- und Outputgeräte zu unterstützen. Die Grafik und Auflösung der Displays sollte so hoch wie möglich sein und die diversen Trackingtechnologien sollten so genau berechnet werden, dass eine befriedigende Immersion möglich ist. Entscheidend für viele Systeme ist auch, die Möglichkeit der Zusammenarbeit und Interaktion. Die Software sollte somit in der Lage sein, mehre Ansichten auf ein und dasselbe Objekt durch mehrere Nutzer zu koordinieren. Weiterhin muss die Software zur Berechnung auch eine verständliche Struktur und Programmierbarkeit aufweisen oder Autorensysteme unterstützen, welche Entwicklungen auch für Nicht-Informatiker möglich machen.

Zurzeit gibt es mehrere Software Lösungen, die speziell für Augmented Reality

konzipiert wurden. Zu nennen ist in diesem Zusammenhang auf jeden Fall das DWARF-System der TU-München (Distributed Wearable Augmented Reality Framework), das Softwaresystem der Studierstube, TU-Graz und die Software des HIT-Lab in Seattle genannt ARToolKit. Dieses Programm ist zum Beispiel auch die Grundlage für das Autorensystem DART⁵. Mit Hilfe des Macromedia Directors können dort ebenfalls Augmented Reality Animationen auf dem heimischen PC erstellt werden.

Die Softwarebibliothek AR-Toolkit ist gegenwärtig eine wichtige Ausgangsebene für viele Forschungen und Prototypen auf dem Gebiet der Augmented Reality und wird aus diesem Grund im Folgenden kurz beschrieben.

ARToolKit

ARToolKit wurde von Hirokazu Kato und Mark Billinghurst an der Washington University in Seattle und der Osaka Universität in Japan entwickelt und basiert auf der Programmiersprache C und C++. Das gesamte Programm beinhaltet eine vollständige Arbeitsumgebung für Augmented Reality und ist inklusive dem Quellcode frei für den kommerziellen und nicht kommerziellen Gebrauch zugänglich⁶.

Mit Hilfe dieses Tools ist es dem Nutzer auf relativ einfache Weise möglich, erste Augmented Reality Applikationen zu entwickeln. ARToolKit arbeitet dabei mit optischen Markern, die am heimischen Drucker problemlos ausgegeben werden.

Die Grafiken werden bei diesem Programm mittels OpenGL erstellt und dann künstlich in die reale Umgebung eingebettet. Hierbei besteht die Möglichkeit, dies über einen Monitor darzustellen, auf dem sowohl die reale Umgebung, als auch die virtuellen Elemente zu sehen sind. Ebenfalls kann dazu ein HMD genutzt werden, auf dessen Display nur die virtuellen Objekte eingespielt werden. Auf diese Weise entsteht dann eine Überlagerung der virtuellen Objekte mit der realen Umgebung.

⁵ kostenloser Download und Editorial:
<http://www.cc.gatech.edu/dart/>
(Abruf: Juli 2007)

⁶ Website mit Download und Beschreibung ARToolKit
<http://www.hitl.washington.edu/artoolkit/>
(Abruf: Juli 2007)

Das Programm ist zudem in der Lage die Berechnungen in Echtzeit durchzuführen. Das heißt, dass die Berechnungen so durchgeführt werden, dass eine Zeitverzögerung von nur wenigen zehntel Sekunden entsteht.

Im Grunde genommen, muss die Softwarebibliothek für jedes Betriebssystem verändert und kompiliert werden. Es werden aber schon fertige Pakete für Linux, SGI und auch für Windows angeboten. So können nach dem installieren mit der heimischen Webcam erste Versuche in der Welt der Augmented Reality gemacht werden.

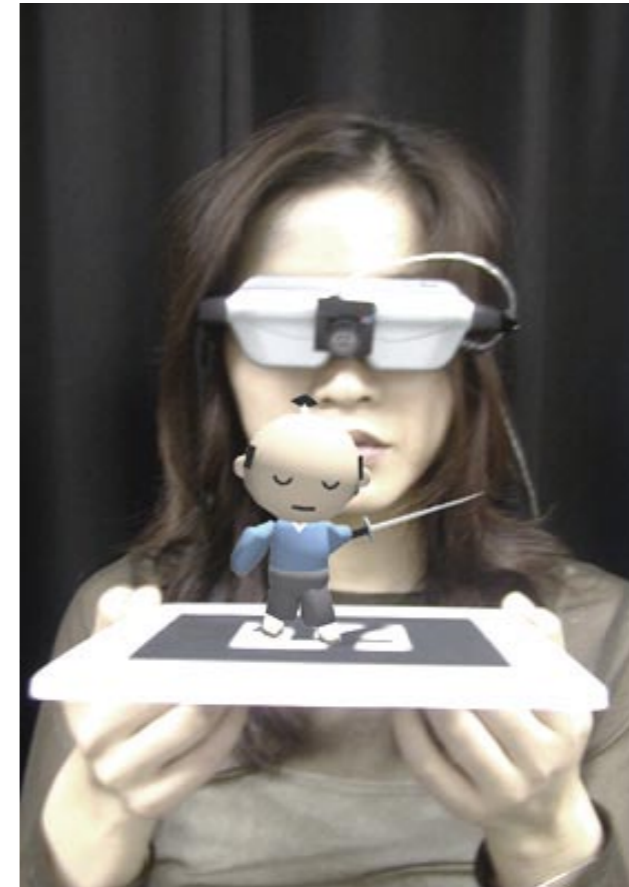


Abbildung 12: Anwendungsszenario mit dem Programm AR-Toolkit [19]

3. Allgemeine Anwendungen

Die meisten Anwendungsszenarien für Augmented Reality beziehen sich gegenwärtig auf Prototypenentwicklungen für Forschung, Industrie und Militär. Bis heute gibt es noch keine Augmented Reality Technologie, die sich auf einem breiten kommerziellen Markt etabliert hat. Die einzelnen Forschungsprojekte, die jedoch weltweit mit dieser Technologie arbeiten, stellen ein großes Spektrum an möglichen Szenarien in Aussicht.

Generell eignet sich die Technologie der Augmented Reality für Bereiche, in denen ein Mensch unheimlich viele Daten in Verbindung mit einem Computersystem in kurzer Zeit verarbeitet werden muss. Durch die Einblendung von digitalen Informationen, entfällt zum Beispiel der umständliche Gebrauch von Handbüchern oder der ablenkende Blick auf einen Monitor. Auch bei der Visualisierung also bei der Darstellung virtueller Objekte in der realen Umgebung bieten sich zukünftig beträchtliche Möglichkeiten zur Anwendung. So liegen die Schwerpunkte für die Forschung und den möglichen Einsatz für Augmented Reality heute in den Gebieten Militär, Medizin, Entwicklung, Produktion und Wartung und die Unterhaltung.

In diesem Kapitel werden daher diese allgemeinen Anwendungen kurz vorgestellt. Dabei sollen insbesondere auch aktuelle und abgeschlossene Projekte genannt werden, die sich mit dieser Technologie und den Anwendungsmöglichkeiten beschäftigen.

3.1. Anwendungen für das Militär:

Wie bei vielen technologischen Entwicklungen waren es militärische Erwägungen, welche die wichtigsten Innovationsschübe für die Augmented Reality gaben.

So wurde im Jahre 1986 durch die US Air Force ein Programm ins Leben

gerufen, das die immer komplexeren Cockpitsysteme eines Jagdflugzeuges durch moderne Displaytechnologien kompensieren sollte. Das so genannte „Super Cockpit Programm“ experimentierte vor allem mit Technologien, die im Kampf dem Piloten die entscheidenden Daten in Echtzeit direkt ins Sichtfeld projizieren sollten [20]. Dies waren besonders Daten, die sich auf die Einsatzbereitschaft der Waffen, die Lage und Geschwindigkeit des eigenen Flugzeuges und die des Feindes bezogen. Weiterhin sollten diese neuen Displaysysteme dem Piloten bei der Navigation und bei Flügen mit schlechten Sichtverhältnissen behilflich sein.

Für die Entwicklung war Tom Furness verantwortlich, der später das heute führende Forschungsinstitut für die Mensch-Maschine Kommunikation gründete, das Human-Interface-Laboratory (HIT-LAB) der Washington University in Seattle.

„My Job was, figuring out how you connect one person to 50 computers with all these displays and switches in the cockpit, while he was pulling 6 G's and getting shot at”

Tom Furness [20]

So gehören heute die so genannten Head-Up Displays in Militärmaschinen zum absoluten Standart. Dort werden zwischen dem Piloten und dem Cockpitfenster monochrome Daten über das eigene Flugzeug und den Feind projiziert.

Gewiss arbeitet das Militär weiterhin ernsthaft an tragbaren Displays, um sogar jeden einzelnen Soldaten immerzu und an jedem Ort mit wichtigen Informationen zu versorgen. Die Möglichkeiten für Augmented Reality sind dabei denkbar vielfältig, sollen aber hier nicht weiter erläutert werden.

3.2. Anwendungen in der Medizin:

In der Medizin werden zurzeit AR-Anwendungen für die direkte Arbeit am Patienten und besonders für den Einsatz im Operationssaal erforscht. Bei einer Operation ist der Arzt ständig auf Informationen über die Lebenssituation des Patienten angewiesen. Hier kann die neue Displaytechnologie dazu dienen, Lebensdaten wie zum Beispiel den Herzschlag des Patienten direkt in das Sichtfeld des Arztes zu projizieren.

Weiterhin interessiert in der Medizin die innen liegende Struktur der undurchsichtigen Körper. Es bietet sich gerade hier an, reale Patientenbilder mit virtuellen Daten, welche beispielsweise aus Ultraschall, CT oder MRT Aufnahmen gewonnen wurden, zu verbinden. Somit können AR Systeme für die Operationsplanung, die Operation selbst oder für die medizinische Ausbildung genutzt werden.

Bei dem Ultrasound Augmented Reality Projekt der University of North Carolina soll Augmented Reality zum Beispiel den Operateur bei endoskopischen Eingriffen unterstützen [21]. Hierbei wird mittels Ultraschall das Innenleben des Patienten modelliert und dem Arzt durch ein Video See Through Display (VST-Display) in das Sichtfeld projiziert. Er kann durch ein virtuelles Fenster, welches z.B. auf den Bauch des Patienten projiziert wird, die Auswirkungen seines endoskopischen Eingriffes dann direkt beobachten. Dem operierenden Arzt wird sozusagen ein Röntgenblick in den Patienten ermöglicht.

Ein weiteres Projekt für den Einsatz der Augmented Reality in der Medizin ist MEDARPA⁷. Hierbei sollen ebenfalls endoskopische Eingriffe durch die virtuelle Einblendung des Körperinneren deutlich erleichtert werden. Das interessante an diesem Projekt ist, dass man hier anstatt mit einem HMD mit einem halbtransparenten Monitor arbeitet, der über den Patienten geschoben wird. Jedoch müssen Versuche mit Augmented Reality an lebenden Patienten äußerst sensibel durchgeführt werden und besondere Anforderungen an die

⁷ ausführliche Website des interdisziplinären Projektes: <http://www.medarpa.de/>

Genauigkeit erfüllen. Weiterhin darf die Technologie den Operierenden in keiner Weise behindern. Daher befinden sich die meisten Anwendungen im Bereich der Medizintechnik noch im Prototypenstadium.



Abbildung 13: MEDARPA-Testaufbau im Frankfurter Klinikum [22]

3.3. Anwendungen zur Unterhaltung

Die Anwendungen für Augmented Reality in der Unterhaltungsbranche sind äußerst vielfältig und oft nur schwer von anderen Bereichen abzugrenzen. Zukünftig sind hier vielfältige Entwicklungen zu erwarten jedoch wird in diesem Rahmen die Vorstellung nur auf wenige Bereiche beschränkt.

Neben der Verwendung von Augmented Reality in Computerspielen (AR-Quake⁸) sind Anwendungen für ein breiteres Publikum zum Beispiel für touristische Zwecke denkbar.

⁸ Projektwebsite über die Entwicklung von AR-Quake: <http://wearables.unisa.edu.au/projects/ARQuake/www/> (Abruf: Juli 2007)

Der öffentliche urbane Raum sowie diverse historische Stätten bieten eine unheimliche Nachfrage nach Informationen durch die Besucher aus aller Welt. Hier sind vielfältige Szenarien denkbar. So können nicht mehr bestehende Gebäude im Stadtgefüge dargestellt werden oder der Besucher kann mit Hilfe eines Augmented Reality Navigationssystems eine ganz besondere persönlich zugeschnittene Sightseeing-Tour erhalten.

Das Lifeplus-Projekt des MIRALabs der Technischen Universität in Genf entwickelte 2002 ein touristisch nutzbares Augmented Reality System für die antike Stadt Pompeji [23].



Abbildung 14: Lifeplus-Projekt, Virtuelle Menschen in einer historischen Umgebung [23]

Dieses Projekt unter der Leitung von Professor Nadia Magnenat-Thalmann, welches mit EU-Mitteln finanziert wurde, zeigt das Leben der Bewohner des altertümlichen Pompejis. Der Besucher wandert mit einem VST-HMD durch die Gassen dieser Stadt und kann durch die eingeblendeten virtuellen Figuren

ein interessantes Bild der Antike erhalten.

Neben den touristischen Anwendungen ist Augmented Reality auch für das Edutainment interessant. Dieser Begriff, zusammengesetzt aus Education und Entertainment bezeichnet das Konzept des unterhaltsamen Lernens. Ein interessantes Projekt zu diesem Thema sind die Magic-Books des HIT-Labs, Christchurch in Neu Seeland, ein Partnerinstitut des HIT-Lab in Seattle. Hier betrachtet der Anwender ein Buch durch die halbtransparenten Gläser eines OST-Displays und kann zusätzlich zu den Informationen des Buches wie Bilder und Texte, dreidimensionale Objekte und sogar Animationen betrachten [24].

3.4. Augmented Reality für Entwicklung, Produktion und Wartung

Besonders für den industriellen Sektor im Bereich der Entwicklung, Produktion und Wartung von hochkomplexen Maschinen kann Augmented Reality wichtige Aufgaben erfüllen.

Potentiale in der Entwicklung bestehen durch die Verbindung virtueller Modelle oder Simulationsverfahren mit vorhandenen Prototypen. So können im laufenden Entwicklungsprozess die Daten aus dem Computer ständig in Echtzeit mit dem Modell oder Prototyp abgeglichen werden. Diese Optimierungen besitzen in der Entwicklung erhebliche Kosten- und Zeiteinsparungspotentiale.

Für die Produktion eignet sich Augmented Reality insbesondere für die Fertigung und die Montage. Den Facharbeitern können dabei Informationen und digitale Modelle direkt in das Sichtfeld oder auf das zu fertigende Bauteil projiziert werden. Die Eigenschaften dieser AR-Anwendung spielen auch in der Wartung eine Rolle. Oft sind bei Ausfall oder Schaden qualifizierte Mitarbeiter weit entfernt und Augmented Reality kann hier bei der Diagnose und der Reparatur helfen.

Ein wichtiges Projekt zur Erforschung von Augmented Reality Systemen

für Entwicklung, Produktion und Wartung stellt das ARVIKA Projekt dar⁹. Dieses interdisziplinäre Forschungsprojekt mehrerer großer Deutscher Industrieunternehmen und Technischen Universitäten welches durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung gefördert wurde, arbeitete mit den verschiedensten Szenarien für den Einsatz von Augmented Reality. So wurden unter anderem mit der AR-Technologie bei der Verlegung von Kabelbäumen für Passagierflugzeuge, der Fabrikplanung und der Optimierung von Crashtests gearbeitet [25].



Abbildung 15: Akvika-Projekt, Augmentierung gecrashter Fahrzeugtüren mit der Darstellung der zuvor berechneten Simulationsdaten [25]

⁹ Projektwebsite über das interdisziplinäre Forschungsprojekt ARVIKA - Augmented Reality für Entwicklung, Produktion und Service: <http://www.arvika.de> (Abruf: Juli 2007)

4. Anwendungen für Design und Architektur

Wie in allen Bereichen unseres Lebens spielt auch der Computer heute eine entscheidende Rolle bei der Definition von Architektur oder des Berufsbildes der Architekten. Die Ausbildung von jungen Architekten, der Alltag in Architekturbüros und die Realisierung der Gebäude ist heute ohne die Benutzung der Informationstechnologie nicht mehr denkbar. Dabei kommt der Computer in allen Bereichen der Architektur von A wie Abrechnung bis Z wie Zersiedlungsmodell zum Einsatz.

Es ist abzusehen, dass auch im Zeitalter des allgegenwärtigen Rechnens die Arbeitsweise der Architekten und die Architektur selbst von den dann ständig verfügbaren Computern beeinflusst werden wird.

Ein wichtiger Bestandteil dieser Entwicklung könnte dann auch die Erweiterte Realität sein. Aus diesem Grund sollen mögliche Anwendungen für die Architektur im folgenden Abschnitt näher erläutert werden.

Der Computer ist eine höchst universelle und flexibel einsetzbare Maschine. Die Technologie der Erweiterten Realität bereichert unsere reale Umgebung hauptsächlich mit digitalen Informationen und virtuellen Objekten. Zum allergrößten Teil werden ja diese Objekte und Informationen heute schon mit dem Computer oder den neuen Kommunikationsmedien bereitgestellt. Somit sind spezielle Szenarien für die Anwendung der Augmented Reality auch für alle Bereiche der Architektur denkbar.

Gegenwärtig gibt es jedoch nur sehr wenige Forschungsprojekte, die sich speziell für Anwendung in der Architektur beschäftigen. Die nachfolgenden Betrachtungen sind daher auch ein Versuch mit eigenen Mitteln, zukünftige Anwendungsbereiche für die Architektur aufzuzeigen.

4.1. Augmented Reality im Entwurf und in der Planung

Im Laufe des Entwurfes wird der Computer mit seinen Darstellungsmöglichkeiten schon intensiv genutzt. Schon in den ersten Phasen des Entwurfes können mit der geeigneten Software schnell dreidimensionale Studien und Modelle mit dem Computer erstellt werden, um einen schnellen Eindruck über mögliche Kubatur, Farbe und Gestalt des zukünftigen Gebäudes zu erhalten. Weiterhin müssen im Entwurfsprozess auch auf bestehende Informationen oder sogar auf komplexe Simulationen zurückgegriffen werden. Diese Simulationen können sich zum Beispiel auf bautechnische Berechnungen oder auf Daten geografischer Informationssysteme (GIS) beziehen. All diese Möglichkeiten werden auch in kleinen Büros heute schon intensiv genutzt und können zukünftig die Vorteile der AR-Technologie nutzen.

Bei der Erweiterten Realität liegt der größte Vorteil in den dreidimensionalen Darstellungsmöglichkeiten, welche diese neue Technologie bietet. Anstatt die Computermodelle, Diagramme und Simulationen hinter der Glasscheibe eines Monitors zu betrachten, können nun die verschiedenen Entwürfe umwandert, in Echtzeit und in Kooperation mit den Entwurfspartnern bearbeitet werden.

Darüber hinaus bietet die Erweiterte Realität die Möglichkeit, die Entworfenen Strukturen an Ort und Stelle auf ihre Wirkungen zu untersuchen oder sie sogar den Gegebenheiten anzupassen.

Ich möchte hier betonen, dass diese Möglichkeiten nicht mit den althergebrachten Werkzeugen wie der Handskizze oder dem Modellbau konkurrieren sondern diese viel mehr ergänzen.

Das Fraunhofer-Institut für Angewandte Informationstechnik FIT in Sankt Augustin bei Bonn hat dafür mit dem ARTHUR Projekt erste Grundlagen für den Einsatz der AR-Technologie im Entwurf und in der Planung geschaffen. Dieses Projekt wird in Abschnitt 4.6. näher erläutert.

4.2. Augmented Reality für Darstellung und Präsentation

Schon im Studium erfährt ein Student wie wichtig es ist, die eigenen Entwürfe ansprechend zu präsentieren, um sie den beurteilenden Lehrkräften schmackhaft zu machen. Auch später im Beruf braucht der Architekt die Fähigkeit, sein Wissen und seine Vorschläge durchsetzen zu können. In diesem Sinne ist er aber auch immer mehr ein Mittler zwischen den Vorstellungen des Investors, zukünftigen Käufern und Mietern.

Das klassische Verhältnis zwischen Bauherr und Architekt im Entscheidungsprozess verliert an Bedeutung und das zugunsten hochkomplexer Netzwerke zwischen Generalunternehmern, Bauherrenvertretern, Ingenieuren und Architekten. Besonders für die Planung und den Entwurf benötigt man deshalb anschauliche Darstellungsmöglichkeiten, um eine effektivere Kommunikation zwischen allen Partnern zu ermöglichen.

Die Augmented Reality Technologie hat das Potenzial, städtebauliche Projekte, Gebäude oder innenarchitektonische Konzepte den Investoren und zukünftigen Nutzern näher zu bringen. Virtuelle Modelle könnten direkt in bestehende Strukturen hinein projiziert werden. Vorteilhaft ist hier, dass gleichzeitig mehrere Betrachter die noch in der Planung befindlichen Projekte umwandern und erleben können. Verschiedene Konzepte, Materialien und Farben könnten dann in Kooperation mit den Beteiligten beraten und diskutiert werden.

Besonders in der aktuellen Debatte um die Dresdner Waldschlösschenbrücke wird zum Beispiel immer wieder die Landschafts- und Stadtbildzerstörung als besonderer Kritikpunkt genannt. Dabei können sich die Dresdener eigentlich nur auf einige Bilder des aktuellen Entwurfes aus dem Internet beziehen. Verfolgt man dann noch die aktuelle Diskussion, wird schnell deutlich, dass der Bedarf an Informationen über das wirkliche Erscheinungsbild der Brücke enorm hoch ist. Mit Hilfe der Augmented Reality könnte man hier besonders

für die Dresdener Bürger, Befürworter wie auch Skeptiker ein recht reelles Bild der zukünftigen Brücke erzeugen.

Kritik ist natürlich bei jeder schillernden Version einer perfekten Darstellung von zukünftigen Gebäuden angebracht. Auch wenn durch die bestehende Technologie eine perfekte Illusion denkbar wäre, bleiben diese Projekte doch ein Produkt computergenerierter Objekte, Texturen und Lichtverhältnissen. Die Gefahr falschen Versprechen zu unterliegen, ist groß. Aus diesem Grund sollten alle Entwicklungen in diesem Bereich von den Architekten, Bauherren und Nutzern mit einer gesunden Skepsis hinterfragt werden.



Abbildung 16: Visualisierung von stark diskutierten Großprojekten mittels Augmented Reality

4.3. Augmented Reality bei der Umsetzung auf der Baustelle

Ein Großteil der Kommunikation zwischen den Planungen im Architekturbüro und der Umsetzung auf der Baustelle funktioniert über Werkpläne und technische Zeichnungen. Obwohl heute wie auch schon wie vor einigen Jahrhunderten auf zweidimensional gezeichnete Pläne zurückgegriffen wird, unterscheiden sich die Computerpläne von den konventionell gezeichneten ganz erheblich. Computergezeichnete CAD-Pläne nutzen die Möglichkeit der Gliederung in Elemente und Layer, die Zusammenfassung in Blöcken und Gruppen und die optische Zuordnung von Text und Farben, um hier nur einige neue Ordnungsprinzipien zu nennen. Natürlich steigen die Anforderungen an unsere Gebäude auch in dem Maße wie durch die neuen Darstellungsformen die Pläne an Informationstiefe zunehmen. So müssen wir auch zukünftig für neue Technologien offen sein, die eine effektive Verständigung zwischen den Planern und den ausführenden Unternehmen gewährleisten.

Die Möglichkeit im Zeitalter des Ubiquitous Computing kleine, mobile Computer auch auf der Baustelle einzusetzen, bietet daher auch neue Einsatzgebiete für Augmented Reality Technologien.

Besonders wenn man sich vorstellt, dass die bisherige Software schon alle Werkzeuge für eine komplette Planung der Gebäude in allen drei Dimensionen und mit allen nötigen Ebenen der Bau- und Haustechnik bereit hält, bieten sich daher noch ungeahnte Möglichkeiten, diese Ebenen mit Hilfe der Augmented Reality für die Ausführenden auf der Baustelle sichtbar zu machen. Der Bauarbeiter der Zukunft wird sehr wahrscheinlich mit kleinen tragbaren Computern ausgestattet sein, die mit den planenden Büros vernetzt sind. Als Ausgabemedium ist es vorstellbar, die Erweiterte Realität mittels HMD's zu nutzen. Begriffe wie Aufmass, Schalplan oder Deckenspiegel als grafische Information direkt auf die Baustelle projiziert, erhalten somit eine völlig neue Bedeutung.

Ein Projekt, welches den Fokus speziell auf die Konstruktion mit Hilfe der Augmented Reality setzt, ist das ARC-Projekt des Computer Graphics & User Interface Lab der Columbia University [26]. Bei diesem Projekt wird mit Hilfe der Augmented Reality Technologie der Aufbau eines Raumtragwerkes angeleitet.



Abbildung 17: ARC-Projekt, Visualisierung einer Bauanleitung mittels Augmented Reality [26]

Jedoch bringt eine höhere Informationstiefe nicht automatisch bessere Ergebnisse sondern kann das Verständnis der Ausführenden auch von einfachen Sachverhalten erheblich erschweren. Ferner trägt die Ergonomie und Stabilität für die Baustelle erheblich zur möglichen Durchsetzung neuer Technologien bei. Bisher konnten auch die noch so ausgeklügelten Systeme den einfachen Faltplan für die Hosentasche des Bauarbeiters nicht ersetzen.

„Dementsprechend werden Computerpläne in dem Maße attraktiver, wie sich ihre Herstellung und Darstellung von fixierten Computern zu portablen Maschinen verlagert. Die Annahme, daß dreidimensionale Werkmodelle zweidimensionale Werkpläne schnell verdrängen würden, hat sich bisher nicht bestätigt. Gleichzeitig wäre es falsch, deshalb auch in Zukunft in der Planung an zweidimensionalen Darstellungen festzuhalten.“

Gerhart Schmitt, *Architektura cum Machina* 1996 [27]

4.4. Augmented Reality beim Facility Management

Gebäude werden immer vielschichtiger. Ein Gebäudestruktur beinhaltet heute mehrschalige Außenwände mit intelligenten Fassaden, komplexe Transportsysteme mit Fahrtreppen und Aufzügen oder eine sensorgesteuerte Energieversorgung, die das gesamte Klima eines Bauwerkes steuert. So müssen wir unsere gebauten Strukturen eher als einen komplexen Organismus als ein statisches Gebäude verstehen.

Organisation und Bewirtschaftung dieses hochkomplexen Organismus bezeichnen wir als Facility Management. Es ist heutzutage auch eine wichtige Berufsperspektive besonders für Architekten, die mit ihrer ganzheitlichen Sicht ein eigenes Verständnis für diese vielschichtigen Zusammenhänge eines modernen Gebäudes haben.

Gerade für das Facility Management sind eigentlich alle beim Bau verwendeten Daten für den gesamten Lebenszyklus der Bauwerke wichtig. Gegenwärtig nutzen sehr viele Unternehmen dafür riesige Datenbanken, auf die sie mit dem Computer zugreifen können. Überaus wichtig sind dabei Informationen über Installationen und Haustechnik. Wenn man bedenkt, dass mit neuen Energiekonzepten und Kommunikationsmedien die Adern der Bauwerke immer vielfältiger werden, können zukünftig Augmented Reality Systeme die Darstellung des komplexen Innenlebens eines Gebäudes erheblich verbessern. Für die mögliche Umnutzung oder Renovierung können dabei bestimmte Konzepte in Echtzeit und an Ort und Stelle durchgesetzt und mit den bestehenden Strukturen abgeglichen werden.

Generell wird die Nutzung der Augmented Reality in diesem Sektor jedoch stark von der allgemeinen Einbindung und Durchsetzungskraft der Erweiterten Realität im gesamten Bauprozess abhängig sein.



Abbildung 18: Augmented Reality für das Facility Management, Visionäre Vorstellung ARMILLA-Projekt [28]

4.5. Augmented Reality für Urbanes Leben, Zeitreisen und Großveranstaltungen

Städte als die zentralen Orte des Wohnens, Arbeitens und der höchstmöglichen Konzentration menschlichen Zusammenseins haben schon seit den Anfängen unserer Zivilisation die Vorstellungen vieler Baumeister bis hin zu vielfältigen Visionen und Utopien beflügelt.

So wird der urbane Raum auch zukünftig den faszinierendsten Aufgabenbereich für Architekten darstellen. Dabei sind die Anforderungen an Städteplaner und Architekten in den letzten Jahrzehnten enorm gewachsen. Anstatt ausschließlich bauliche Strukturen, Freiflächen, Wege und Strassen zu planen und sie in ein gestalterisches Gesamtbild einzuordnen, erfüllen Architekten und Städtebauer heute oftmals die Funktion von City- und Eventmanagern.

Im Zuge eines durch die Globalisierung verschärften Konkurrenzkampfes zwischen einzelnen Städten und Regionen werden mehr und mehr kreative Ideen und Projekte benötigt, um unsere Habitate zukünftig marktfähig zu machen.

Neben der Einbeziehung der Bewohner in die Stadtplanung und der Verbreitung von Informationen über bestehende Bauvorhaben, bietet die unendliche Vielfalt des Lebensraumes Stadt auch unendliche Anwendungsmöglichkeiten, virtuelle Welten mit der physischen Umgebung verschmelzen zu lassen.

Tausende von verschiedenen Schichten, von der Geschichte bis hin zu den blinkenden Werbetafeln der großen Kaufhäuser bilden das Interessante und Mannigfaltige einer Stadt. Diese Informationen mit Hilfe der Erweiterten Realität für die Bewohner und Besucher der Stadt auf ganz besondere Art und Weise sichtbar zu machen, ist eine der großen Herausforderungen, welche sich diese Technologie zukünftig stellen wird.

Wie wäre es also mit einem Rundgang durch den aktuellen Entwurf für den Kulturpalast Dresden oder wäre Ihnen ein Röntgenblick in die zweischalige Kuppelkonstruktion der Frauenkirche lieber? Nein! Wem dies zu trivial ist, der könnte ja ein Gespräch mit einem virtuellen George Bär auf der Brühlschen Terrasse der spröden Baukonstruktion vorziehen.

Sicherlich fantasiert es sich umso besser, wenn es an aktuellen Entwicklungen zurzeit fehlt, welche die eigenen Vorstellungen in die technologischen Schranken weisen. Die gegenwärtige Literatur sprudelt nur so vor solchen Szenarien. Praktische Umsetzungen, Prototypen oder gar technologische Konzepte sind rar.

Ein europäisches Projekt IPCITY hingegen beginnt gegenwärtig, einige dieser Fantasien in die Tat umzusetzen und ein Blick auf die Projektsite lohnt auf jeden Fall [29]. Mit Partnern in Forschung und Industrie an der sich auch

die Deutsche Hightech-Schmiede, das Fraunhofer Institut für angewandte Informationstechnik in Sankt Augustin beteiligt, werden bei diesem Projekt Augmented Reality Anwendungen für die Bereiche Stadtplanung, Großveranstaltungen, Zeitreisen und Stadtgeschichten untersucht¹⁰. Natürlich fällt unter diese Rubrik auch das Lifeplus-Projekt der Technischen Universität Genf¹¹.



Abbildung 19: Archeo-Guide-Projekt
Wiederauferstehung von historischen Gebäuden [30]

Zukünftig sind in diesem Anwendungsbereich noch viele sehenswerte Projekte zu erwarten. Jedoch wird eine kommerzielle und großflächige Umsetzung der Prototypen aber nur gelingen wenn sich die Technologie im Allgemeinen durchgesetzt hat und die Menschen Augmented Reality wie selbstverständlich in Ihrer Freizeit nutzen.

¹⁰ Website des Fraunhofer Instituts für Angewandte Informationstechnik:
<http://www.fit.fraunhofer.de>
(Abruf: Juli 2007)

¹¹ Vgl. Teil I, Kap. 3.3.

4.6. Beispiele aus der aktuellen Forschung:

Hier nun werden zwei Anwendungsbeispiele näher beschrieben, um einen besseren Eindruck von den Möglichkeiten dieser Technologie zu erhalten. Es handelt sich um Projekte, die im Zuge der Grundlagenforschung für Augmented Reality entstanden sind und somit nur Prototypen darstellen. Jedoch stellen die zwei beschriebenen unterschiedlichen Ansätze interessante Visionen für zukünftige Szenarien dar. Szenarien, die besonders Interessant für Architekten und Stadtplaner sind.

ARTHUR - Augmented Round Table for Architecture and Urban Planning

2004 wurde auf der CEBIT in Hannover ein System vorgestellt, das Architekten erlaubt in Zusammenarbeit den Entwurf an einem virtuellen Modell zu besprechen. Anders als die reine virtuelle Realität hinter der Glasscheibe eines Monitors, kann das Modell mit einer Datenbrille und den entsprechenden Eingabegeräten auf dem Besprechungstisch aus allen Richtungen betrachtet und bearbeitet werden. So ist eine euphorische Pressemitteilung mit der Überschrift „Wolkenkratzer mit der Hand verschieben“ betitelt.

Das so genannte Projekt ARTHUR ist ein interdisziplinäres Projekt zwischen Entwicklern und zukünftigen Nutzern von Augmented Reality. So arbeiten neben dem Fraunhofer Institut für angewandte Informationstechnik Sankt Augustin unter der Leitung von Dr. Wolfgang Broll, dem Bartlett College in London auch das Aachener Architekturbüro Linie4 an diesem Forschungsprojekt¹².

Bei diesem Projekt steht besonders die gemeinsame Zusammenarbeit der Entwerfenden an einem dreidimensionalen Modell im Vordergrund. In diesem Sinne gehen die Forscher, davon aus, dass Architekten gegenwärtig zwar gemeinsamen ihre Arbeit diskutieren jedoch mögliche Verbesserungen und Lösungen individuell an ihren Desktop-Systemen umsetzen.

¹² Projektbeteiligte:
Fraunhofer FIT:
<http://www.fit.fraunhofer.de/projects/mixed-reality/arthur.html>
(Abruf: Juli 2007)
Bartlett College London:
<http://www.vr.ucl.ac.uk/projects/arthur/>
(Abruf: Juli 2007)
Linie4 Architekten:
<http://www.linie4-architekten.de/>
(Abruf: Juli 2007)

“From an architect’s point of view it would be desirable to have an additional support tool allowing to improve the cooperation in a way that supports real collaboration within meetings.”

Dr. Wolfgang Broll, ARTHUR-Projekt [31]

Das ARTHUR-Projekt versucht den gegenwärtigen Prozess umzukehren und Kooperation und Umsetzung in einem gemeinsamen Arbeitsschritt zusammenzufassen. Bestehende CAD-Systeme sollen dabei nicht ersetzt sondern in die Arbeit integriert werden.

Im Focus einer gemeinschaftlichen Entwurfsarbeit steht der natürliche Umgang mit virtuellen Objekten mittels intuitiv einsetzbaren Eingabegeräten.

Grundlage des gesamten Systems ist ein binoculares OST-HMD, welches ein stereoskopisches Bild des virtuellen Modells erzeugt. Die Eingabemedien sind optische Platzhalter, ein als Zauberstab bezeichneter Pointer und vom Computer erfasste Handbewegungen.

Als Anwendungsszenario diente ein dreidimensionales Stadtmodell Londons, in dem die Positionierung eines Hochhauses (Swiss-Re-Tower, Foster&Partner 2004) beraten und durchgespielt werden konnte. So konnten mit den optischen Platzhaltern einzelne Gebäude und das Hochhaus bewegt und mit dem Zauberstab skaliert werden. In einer gemeinsamen Diskussion wurde so das neue Hochhaus entsprechend in die Stadtsilhouette eingepasst.

Neben den gestalterischen Vorstellungen der Architekten, wurde die Diskussion mit einer Simulation von möglichen Fußgängerströmen ergänzt. Zudem wurden die auf der Space-Syntax Theorie beruhenden Simulationen interaktiv und in Echtzeit den Entscheidungen der Entwerfenden angepasst.

Jedoch beruhte diese Herangehensweise weitestgehend auf das Bewegen, Platzieren und Skalieren von Objekten, die zum Beispiel durch ein bestehendes CAD-Programm an einem Desktop-Rechner erzeugt wurden. Die Forscher arbeiteten aber auch mit der Möglichkeit, innerhalb der Augmented Reality

Szene dreidimensionale Objekte aktiv zu erzeugen. So kann man auch mit den Fingerspitzen Linien zeichnen oder durch statische Gesten der gesamten Hand Standardobjekte generieren. Eine zwei Finger Geste fertigt zum Beispiel eine Box.

Insgesamt steht damit den Architekten ein kompletter Fertigungsbaukasten üblicher 3D-CAD Programme für das erstellen von virtuellen Modellen zur Verfügung, nur dass diese Modelle nicht am Computerbildschirm sondern auf dem Besprechungstisch erstellt werden.

Obwohl die visuelle Gestaltung und die Eingabegeräte in Ihrer technischen Umsetzung bei weitem noch sehr unausgereift erscheinen, betonen die Forscher abschließend, dass ARTHUR auch von ungeübten Benutzern sehr gut angenommen wurde. Als äußerst positiv sehen die Entwickler zudem, dass die normalen hierarchischen Strukturen, die öfters in den Entwurfsdiskussionen auftauchen durch eine Atmosphäre abgelöst wurde, die einem vergnügten Spiel sehr ähnelte [31].



Abbildung 20:
ARTHUR Projekt,
Gemeinsamer Entwurf
am virtuellen Modell [32]

The Invisible Train:

Dar Projektname "Invisible Train" beschreibt die Anstrengungen des Think Tanks Studierstube der technischen Universität in Graz, Augmented Reality auf einem tragbaren Gerät wie zum Beispiel einem kleinen mobilen Computer zu realisieren¹³. Das Projekt wurde in Zusammenarbeit mit der technischen Universität Wien durchgeführt.

Die Forscher dieses Projektes unter der Leitung von Professor Dieter Schmalstieg gehen davon aus, dass Augmented Reality Anwendungen kurzfristig primär Anwendung in kleinen tragbaren Computern finden wird.

"We believe there is a need for an unconstrained, infrastructure-independent AR system running on lightweight wearable devices to "bridge the gap" in situations where traditional "backpack" systems are too costly and unnecessarily cumbersome, but thin-client implementations exhibit inadequate deployability, scalability or interactive behavior."

Dieter Schmalstieg, The Invisible Train [33]

Kleine, tragbare Computer ausgestattet mit einem Display, einer Kamera und einer hohen Rechenkapazität sind heutzutage sehr weit verbreitet. Viele Mobiltelefone verfügen gegenwärtig schon wie selbstverständlich über diese Technologie, die von den Nutzern auch umfassend angenommen wird. Die Forscher gehen zudem davon aus, dass kleine Computer ausgestattet mit einem hochauflösenden Display und Kamera im Zeitalter des Ubiquitous Computing auch in Form von PDA's (Personal Digital Assistant) und Tablet PC's sehr weit verbreitet sein werden.

Für die Anwendung innerhalb des Invisible Train Projekts wählten sie als Plattform den PDA, der einen guten Kompromiss zwischen Prozessorleistung, Größe, Gewicht und sozialer Akzeptanz darstellt. Weiterhin wurden die allgemeinen Voraussetzungen für dieses Projekt definiert. Bedingungen

¹³ Website Studierstube:
<http://studierstube.icg.tu-graz.ac.at/>
 (Abruf: Juli 2007)

waren ein breites Publikum, das man durch die neue Technologie erreichen wollte, eine einfache Anwendung, die durch einfach zu bedienende PDAs gewährleistet wurde und eine interaktive gemeinschaftliche Nutzbarkeit. Auf Grundlage dieser Annahmen wurde eine Software entwickelt, in der zwei virtuelle Züge auf einem realen Tisch umherfahren, und von den Nutzern in einer Art Spiel gesteuert wurden. Dabei versuchten die Spieler durch eine geschickte Weichenstellung und durch Geschwindigkeitsreduzierung, die



Abbildung 21: The Invisible Train, Augmented Reality für den PDA [33]

Züge entweder aneinander vorbei zu manövrieren oder ineinander rauschen zu lassen.

Durch Präsentationen auf Messen und in Ausstellungen nutzten ca. 6000 Menschen, die keinerlei Kenntnisse über Augmented Reality oder Computervisualisierung besitzen, dieses System. Somit wurde eindrucksvoll

bewiesen, dass selbst neue hochkomplexe Technologien wie die Erweiterte Realität durch den normalen Endanwender bereitwillig angenommen werden wenn man sich gewohnter Plattformen bedient. Kleine Fehler mit der Lebensdauer der Batterien für die PDA's und Nutzer, die bewusst die Technologie in die Knie zwingen wollten, vermochten letztendlich die Forscher nicht sich von ihrem Ziel „AR anytime, anywhere“ abbringen zu lassen [33].

4.7. Augmented Reality im Architekturbüro - ein alltägliches Szenario?

Die Idee virtuelle Objekte in Echtzeit mit unserer realen Umgebung zu verbinden, besteht schon seit den Anfängen der Virtuellen Realität. Doch gegenwärtig enttäuschen die Lösungen eher, als dass sie eine neue Ära der Computertechnologie einläuten.

Alle genannten Projekte, die sich gegenwärtig mit Augmented Reality beschäftigen, sind reine Forschungsarbeiten und haben bisher keine kommerziell nutzbaren Ergebnisse geschaffen. Die Technologie besteht zurzeit aus schweren Datenhelmen, klobigen und unpräzisen Trackern und einer überforderten Software. Der Wunsch vieler Entwickler durch die Augmented Reality die virtuellen Informationen mit einer immer mehr in den Hintergrund tretenden Technologie leicht und intuitiv abrufen zu können, erscheint wie ein schöner Traum.

Problematisch ist weiterhin, dass die Projekte oft nur ganz spezielle Anwendungsszenarien abdecken. Sie erscheinen dabei wie kleine Inseln in einem weiten Ozean der Möglichkeiten. So wirken zum Beispiel die Bilder des ARTHUR Projektes für viele Architekten wie aus einem dystopischen Science Fiction Film. Mit riesigen Datenhelmen sitzt man in einem abgedunkelten Raum ohne Fenster und schiebt ruckelnde virtuelle Modellen umher. Entwerfen ist ein höchst kreativer Prozess und sollte nicht durch die Schranken einer

Technologie auch wenn diese noch so viel Potenzial bietet, begrenzt sein. Ein normaler Bleistift, Graupappe und ein wenig Leim sind immer noch die mächtigsten Werkzeuge eines kreativ arbeitenden Architekten.

Wir sollten jedoch nicht vergessen, dass sich der Computer zu einem unglaublich wichtigen Werkzeug entwickelt hat. Viele Arbeiten sind heute ohne die gigantische Rechenleistung der Computer nicht mehr möglich. Zudem haben wir es mehr und mehr mit Daten und Informationen zu tun, die für uns ausschließlich in ihrem digitalen Aggregatzustand aus einer virtuellen Welt abrufbar sind.

Augmented Reality ist ein völlig neues Paradigma der Computertechnologie. Wenn wir diese Technologie ganzheitlich als ein neues und innovatives Ausgabemedium für Daten und Informationen betrachten, ergeben sich die eigentlichen Potenziale. Zwar können gegenwärtig die hohen Anforderungen an eine visuell basierte Mensch-Maschine Schnittstelle noch nicht erfüllt werden doch sind derzeit die wichtigsten technologischen Grundlagen erforscht. Bei entsprechender Entwicklungsarbeit und Nachfrage könnte innerhalb der nächsten Dekade eine flächendeckende Einführung dieses neuen Mediums erfolgen.

Eigentliche Nischenanwendungen wie zum Beispiel für Entwurf, Präsentation und Planung können sich faktisch erst dann durchsetzen wenn der Mensch diese Technologie wie selbstverständlich für seinen Alltag akzeptiert hat.

„We will continue to see experiments with the virtual that leave the confines of the screen, and merge the virtual with the real, spaces that will ultimately blur the distinctions of what we currently think constitutes a real experience versus a virtual experience.“

Hani Rashid, August 2001 [34]

TEIL II Augmented Reality im Zeitalter des Ubiquitous Computing

Der zweite Teil dieser Arbeit beschäftigt sich eingehend mit den zukünftigen Möglichkeiten der Erweiterten Realität. Dabei wird insbesondere auf die Grundlagen und die möglichen Folgen des allgegenwärtigen Rechnens, das Ubiquitous Computing eingegangen.

Weiterhin wird ein durch Thesen untermauertes Szenario entwickelt, das mögliche Potentiale dieser Technologie im 21sten Jahrhundert aufzeigt.

Inhalt Teil I:

- 5. Der Allgegenwärtige Computer
- 6. These I - Ubiquitous Access
- 7. These II - dynamische Landschaften
- 8. These III - neue Schnittstellen

5. Der Allgegenwärtige Computer

Innerhalb der letzten Dekaden hat die menschliche Zivilisation eine unglaubliche Revolution erfahren. Eine Revolution, die unsere Gesellschaft gravierend verändert hat. Diese Revolution ist so weitreichend wie die Erfindung des Rades und so tief greifend wie die Entdeckung der Atomkraft.

Die Rede ist natürlich von der breiten Implementierung der Rechentechnologie in der Mitte des letzten Jahrhunderts.

Das faszinierende an dieser Revolution ist insbesondere die gigantische Geschwindigkeit mit welcher diese Umwälzung aller bekannten Normen voranschreitet und mit welcher Selbstverständlichkeit wir die neuesten Erfindungen der Computerindustrie wie selbstverständlich in unseren Alltag integrieren. Die Rechenleistung, mit welcher die Computer hierbei arbeiten, wächst dabei exponentiell an. Schon seit langer Zeit können wir die Effizienz der Rechenmaschinen nur noch steigern, indem wir selbst Rechenmaschinen zu deren Herstellung benutzen. Computer bauen Computer.

Auf Grundlage dieser Revolution werden wir es im 21ten Jahrhundert mit einer gigantischen Anzahl von Computern zu tun haben. Der Computer, wie wir ihn heute kennen wird von unseren Schreibtischen verschwinden und so allgegenwärtig werden wie die Elektrizität.

Für ein besseres Verständnis dieser Revolution beschäftigt sich dieses Kapitel daher mit den Begrifflichen Grundlagen dieser Revolution und versucht die Tragweite besonders im Hinblick auf die Erweiterte Realität auch aus einer historischen Betrachtung entsprechend einzuordnen.

„This issue is about social life, about enhancement of everyday actions and about the needs to acquire much deeper knowledge in a much faster way.“

Damien Jdanoff in seiner Diplomarbeit [35]

5.1. Das Moorsche Gesetz

1965 fiel dem Intel-Gründer Gordon Moore auf, dass sich die Rechengeschwindigkeit und die Anzahl von Schaltelementen auf einem Chip mit einer unglaublichen Präzision weiterentwickeln. Daraus ließ sich das so genannte Moorsche Gesetz ableiten, welches heute auch jedem Informatiker bekannt sein müsste.

Demnach verdoppelt sich die Arbeitsgeschwindigkeit unserer Rechenmaschinen alle 18 Monate und das nicht nur nach der Erfindung des elektronischen Transistors, sondern schon seitdem die Menschen angefangen haben, mechanische Apparaturen zur Erleichterung von komplizierten Rechenoperationen zu bauen [36]. Zum Beispiel die Rechenmaschine Enigma, die im zweiten Weltkrieg für die Deutschen Nachrichten verschlüsselte und nur von einem noch genialerem Computer geknackt werden konnte, dessen Rechengeschwindigkeit dem Moorschen Gesetz folgte.

Kurios ist, dass die Leistungsfähigkeit der Computer exponentiell ansteigt, jedoch ohne dass wir etwas davon merken. Der Mensch ist nämlich nur in der Lage linear zu denken. Somit nehmen wir über einen kurzen Zeitraum diese stille Revolution gar nicht wahr. Betrachtet man aber die Entwicklung der Computer in den letzten zehn Jahren auch im persönlichen Umgang mit Ihnen, wird sehr schnell klar, dass ein gewaltiger Wandel stattgefunden hat.

Viele Kritiker behaupten aber, dass spätestens wenn die heutigen Herstellungsmethoden an ihre Grenzen gelangen, dieses Gesetz seine Gültigkeit verliert. Sicher ist die Wellenlänge des Lichtes irgendwann zu groß, um die immer kleiner werdenden Schaltkreise auf irgendwelche Platinen ätzen zu lassen, doch sind heute schon Entwicklungen wie der Quantencomputer oder neuronale Netze theoretisch möglich und werden die Gültigkeit des Moorschen-Gesetzes auch über die Ära der elektronischen Chips weiterführen.

Obwohl die Thesen von alternativen Rechnerarchitekturen von vielen Wissenschaftlern heftig diskutiert werden, können wir recht gewissenhaft annehmen, dass das Moorsche Gesetz zumindest in den nächsten zehn Jahren seine Gültigkeit beweisen wird. Im Klartext werden daher die Rechenleistung unserer Computer immer größer wobei die Computer an sich immer kleiner werden. Das bedeutet natürlich auch, dass Computerchips im Allgemeinen immer preisgünstiger werden.

5.2. Allgegenwärtiges Rechnen - Ubiquitous Computing

„My colleagues and I at PARC think that the idea of a „personal“ computer itself is misplaced, and that the vision of laptop machines, dynabooks and „knowledge navigators“ is only a transitional step toward achieving the real potential of information technology. Such machines cannot truly make computing an integral, invisible part of the way people live their lives. Therefore we are trying to conceive a new way of thinking about computers in the world, one that takes into account the natural environment and allows the computers themselves to vanish into the background.“

Mark Waiser, 1991 [37]

Der amerikanische Computerwissenschaftler Mark Waiser postulierte 1991 in seinem Werk „Der Computer für das 21te Jahrhundert“, dass Computer irgendwann so zahlreich und billig sein werden, dass wir sie überall einbauen werden. Er war ein genialer Visionär und bis zu seinem Frühen Tod 1999 leitender Entwickler an der High-Tech Schmiede PARC der Firma Xerox im kalifornischem Paolo Alto (PARC - Paolo Alto Research Center¹⁴). Es ist sehr erstaunlich, dass seine wegweisenden Überlegungen in einer Zeit stattfanden in der die meisten Menschen noch nicht einmal einen eigenen Personal Computer besaßen.

¹⁴ PARC-Website
<http://www.parc.xerox.com/>
 (Abruf: Juli 2007)

Doch für Mark Waiser war klar, Computer werden uns Menschen irgendwann allgegenwärtig sein. Er prägte damit den Begriff des allgegenwärtigen Rechnens, oder Englisch ausgedrückt das „Ubiquitous Computing“. Dieses allgegenwärtige Rechnen soll eine neue Ära im Umgang mit unseren Computern einläuten. Eine Ära, in welcher der PC von unseren Schreibtischen verschwinden wird.

Um dieses Paradigma des allgegenwärtigen Rechnens zu verstehen, ist es wichtig einen kurzen Blick zurück in die Geschichte der Computer zu wagen. Im Laufe der Evolution der Computer hat sich schon einmal der Umgang des Menschen mit seinen Rechenmaschinen gravierend verändert.

Als wir uns in dem letzten Jahrhundert die immensen Möglichkeiten der Rechentechnologie zunutze machten, gab es weltweit nur sehr wenige Rechenmaschinen, die oft Millionen kosteten, in einzelnen Forschungseinrichtungen standen und dort ganze Räume füllten.

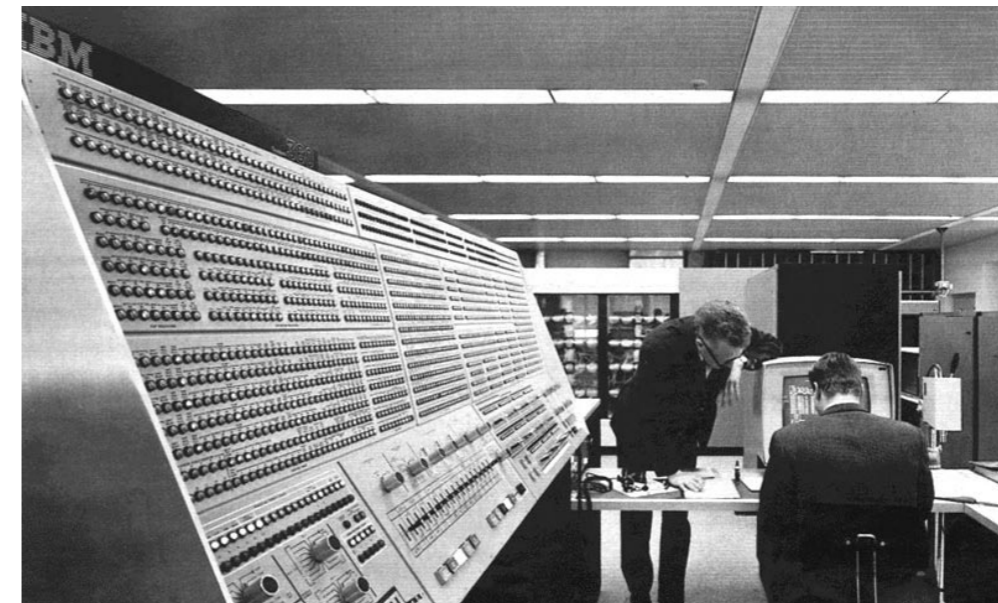


Abbildung 22: Mainframe Computer, riesige Maschinen mit der Rechenleistung heutiger Microwellen [38]

Einer von Howard A. Aiken entwickelter, programmgesteuerter elektromagnetischer Rechenautomat, der 1944 an der amerikanischen Universität Harvard seinen Betrieb aufnahm war 16 Meter lang, 2,5 Meter hoch und wog 16 Tonnen.

In dieser Zeit des so genannten Mainframe Computing als erste Computergeneration, bedienten mehrere Menschen einen einzigen Computer, um mit der damals unglaublichen Rechenleistung bestimmte Probleme zu lösen.

Die Wissenschaftler von den diversen Forschungseinrichtungen und auch vom Militär brauchten aber im Umgang mit diesen Rechengiganten eine ganze Menge an mathematischen Vorkenntnissen, um mit den Maschinen kommunizieren zu können. So entstanden auch erste Programmiersprachen wie FORTRAN oder COBOL. Diese Sprachen erleichterten zwar das Programmieren enorm doch war an eine Verbreitung der Computer wie wir sie heute kennen durch die komplizierte Bedienung nicht möglich. Wer sollte sich auch Zuhause mit hochkomplexen mathematischen Gleichungen und deren Berechnungen auseinandersetzen?

“There is no reason anyone would want a computer in their home.“

Ken Olson, Gründer der Digital Equipment Corp., 1977

Jedoch heute sind Computer aus unseren Haushalten nicht mehr wegzudenken und auch unsere Arbeitsweise hat sich mit der Verwendung von elektronischer Datenverarbeitung enorm verändert und es gibt in den hoch entwickelten Industrienationen unserer Erde heute nur noch wenige Menschen dessen Alltag nicht vom Computer bestimmt ist. Nach einer Studie der Bundesverband Informationswirtschaft, Telekommunikation und neue Medien (BITKOM) aus dem Jahre 2006 verfügen heute 75% aller deutschen Haushalte über einen Personal Computer. Deutschland nimmt somit im Europäischen Vergleich eine

Spitzenposition ein. Die Spitzenreiter sind Dänemark mit 85% und Schweden mit 82% [37].

Diese Entwicklung mit dem Einzug kleiner preisgünstiger Computer in die Haushalte der Menschen, ist die zweite Generation in der Entwicklung des Rechnens und wird als Desktop Computing bezeichnet. In der Ära des Desktop Computing wurde der Personal Computer zur bestimmenden Technologie. Im Gegensatz zu den zentralen Großrechnern der Mainframe Generation wurden diese personalisierten Computer von nur einem oder nur sehr wenigen Menschen bedient, benutzt und gesteuert. Durch die rasante Entwicklung getreu dem Moorschen Gesetz wurde es möglich, Computer für Jedermann zu bauen.

Diese Computer werden immer leistungsfähiger und immer preisgünstiger. So befindet sich gegenwärtig in neuen Automobilen durch die Computersteuerung zum Beispiel von ABS, ESP und Navigationssystemen schon eine immense Rechnerleistung.

Nach Ansicht von Mark Waiser und den Spezialisten vom Xerox PARC werden wir zukünftig noch viel mehr von unseren alltäglichen Gebrauchsgegenständen mit winzigen Computern ausrüsten. Computer sollen in Haushaltsgeräte, Kühlschränke oder sogar mit unserer Kleidung verwoben werden. Mit der vorhandenen Rechnerleistung, die sich dann allgegenwärtig in unserer Umgebung befindet, werden wir, so die Vorstellungen der Forscher, den Computer als Gerät nicht mehr wahrnehmen. Genauso wie wir heute durch Strom betriebene Apparate ganz intuitiv benutzen, überall verwenden und einbauen und uns gar nicht mehr bewusst sind, wie alltäglich die Elektrizität ist. In diesem Zusammenhang tauchen dann auch häufig für das allgegenwärtige Rechnen die Begriffe „Embedded Computing“, (eingebautes Rechnen) und „Calm Computing“ (stilles Rechnen) auf [40].

Wenn beim Desktop-Rechnen jeder Mensch seinen eigenen persönlichen Computer benutzt, werden im Zeitalter des Ubiquitous Computing gleichzeitig tausende Computer für eine einzelne Person da sein.

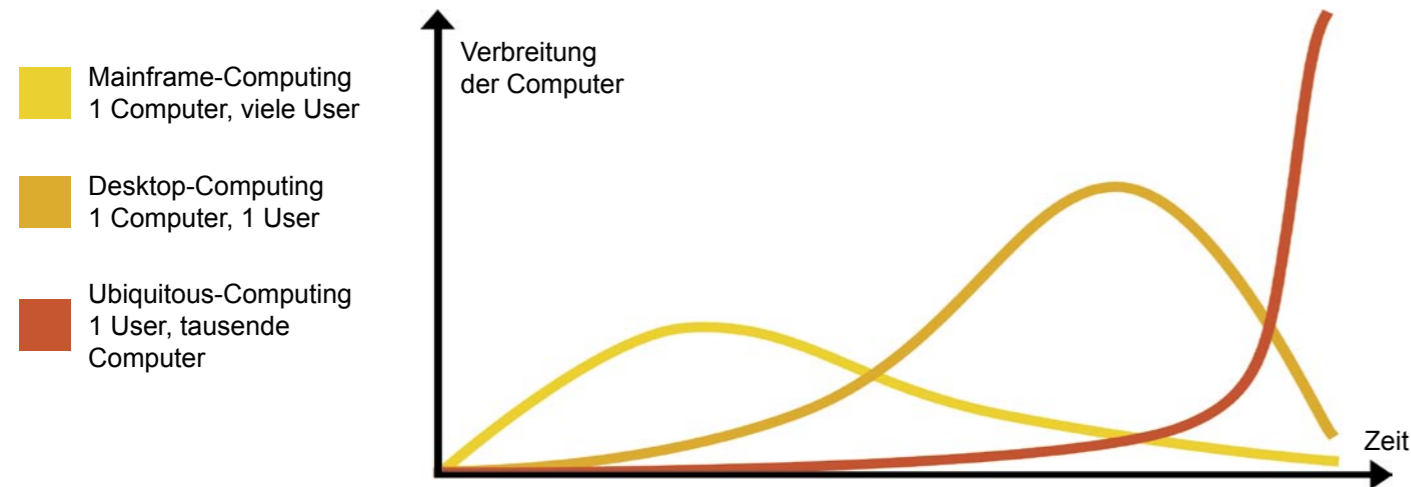


Abbildung 23: Entwicklung der Rechentechnik nach Mark Waiser

Doch was sollen wir eigentlich mit tausenden Computern anfangen, wenn wir heute noch nicht einmal die Leistung eines einzelnen Rechners voll ausnutzen?

„Es kommt mir so vor, als sei das rasante Wachstum des WWW nur der Zündfunke einer viel gewaltigeren Explosion gewesen. Sie wird losbrechen, sobald die Dinge das Internet nutzen“

Neil Gershenfeld, MIT Media Lab, 1999, [41]

Die zentrale Idee des allgegenwärtigen Rechnens ist es nämlich, die Schwärme der Computer, die mit unserer Umwelt verwoben sind, untereinander zu vernetzen.

Niel Gershenfeld, Leiter des Media Labs des Massachusets Institute of

Technologie prägte dafür Ausdruck der „Things that think“, also Dinge, die anfangen selbstständig zu denken. Damit ergeben sich unglaubliche Szenarien, die schon heute in den Medien umhergeistern wie zum Beispiel das intelligente Haus, das intelligente Papier oder die intelligenten Schuhe. Besonders für Architekten sind diese Zukunftsvisionen interessant. Wie lebt es sich in einem Haus, das automatisch Temperatur, Beleuchtung, Musik und Wandfarbe nach unseren Wünschen oder allein nach unseren Emotionen verändert?

Die Zukunft wird zeigen, wie wir diese Fragen nach unserem Leben mit dem allgegenwärtigen Rechnen beantworten werden. Neben Datenschutz und der Möglichkeit der Aktualisierung, der für das Netz der Dinge auf jeden Fall auch eine entscheidende Rolle spielt, stellt sich für mich überhaupt die Frage, ob es jemals eine Nachfrage nach diesen Computern geben wird? Eigentlich soll durch das allgegenwärtige Rechnen die Computertechnik aus unserem Alltag verschwinden.

„Tatsächlich geht es in der Vision des Ubiquitous Computing gerade nicht darum, sich von der realen Welt abzukapseln und eine künstliche Welt aufzubauen, sondern im Gegenteil darum, unser Leben in der „einzig Wahren“ Welt und der natürlichen, dem Menschen vertrauten Umgebung durch diskret in den in den Hintergrund tretende Technik angenehm zu gestalten.“

Friedmann Mattern [42]

Wir sollten uns in diesem Zusammenhang die Frage stellen, für welche Anwendungen wir eigentlich den Computer verwenden wollen. Schaut man sich dazu einmal die Gegenwärtige Entwicklung an wird schnell klar, wozu wir heute primär unsere Computer, Laptops oder Mobiltelefone benutzen. Hauptsächlich benutzen wir sie nämlich zur Kommunikation und den Zugriff auf das große Informationsnetz WorldWideWeb.

6. These I:

Datenverarbeitung und Kommunikation wurde durch die globale Vernetzung von Information und Wissen revolutioniert. Wir müssen heute in der Lage sein, jederzeit und am jeden Ort auf einen riesigen Wissenspool zugreifen zu können. Das allgegenwärtige Rechnen impliziert somit gleichzeitig das Zeitalter des allgegenwärtigen Zugangs zu den unendlichen Möglichkeiten des Internets. Das Ubiquitous Computing bewirkt den Ubiquitous Access zu Kommunikation und Informationsbeschaffung.

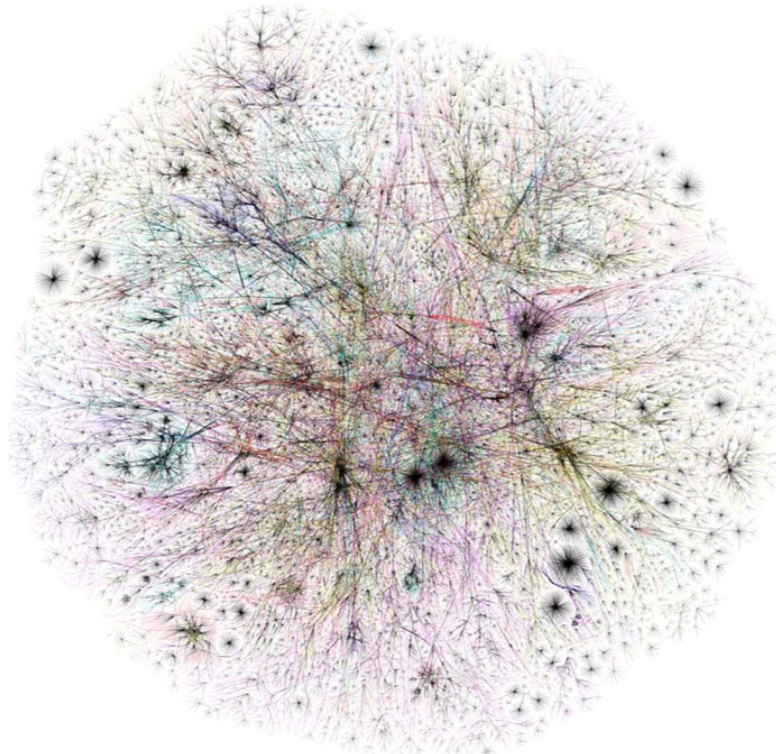


Abbildung 24: Opte Projekt - Visualisierung des Internets auf der Grundlage der Kartierung von Klasse C- Netzwerken [43]

„Die Reichweite des Internet (...) ist der gesamte Planet, sein Thema ist das gesamte Wissen der Menschheit, und sein Publikum besteht aus allen, die einen Computer und ein Modem besitzen – es ist ein Publikum, dessen Zahl schon bald in die Hunderte Millionen oder sogar Milliarden gehen wird.“

Michio Kaku, 1997 [44]

Vor genau zehn Jahren wurden diese damals kühnen Vorstellungen von dem Zukunftsforscher Michio Kaku formuliert. Diese Einschätzung entstand in einer Zeit, in der eigentlich nur sehr wenige Menschen, genauer gesagt ca. 50 Millionen Zugang zum Internet hatten.

Somit ist es nicht verwunderlich, dass viele Kritiker wie zum Beispiel Clifford Stoll, der in seiner Streitschrift „Die Wüste Internet“ diese Entwicklung in Frage stellte, das Internet aus dem Jahr 1996 als vorübergehendes Phänomen abstempelte [45]. Doch die Kritiker sollten schneller als erwartet eines Besseren belehrt werden.

Wie Wissenschaftler des US-amerikanischen Marktforschungsinstituts eTForecasts berichten [46], hat sich irgendwann im Jahr 2005 der Milliardste Nutzer ins Internet eingeloggt. Es ist schwierig zu sagen, wann genau und an welchem Ort der Erde dies geschehen ist, da wir über kein zentrales Internetnutzer-Register verfügen. Statistisch gesehen handelt es sich aber um eine 24jährige Frau aus Shanghai wie auch zukünftig der Großteil der Internetnutzer Asiaten sein werden.

Es ist erstaunlich in welcher kurzen Zeit und mit welcher unglaublichen Geschwindigkeit sich diese Entwicklung abspielte.

Um die Tragweite des Internets, eine der entscheidenden Erfindungen des 20sten Jahrhunderts, zu veranschaulichen, möchte ich einen kurzen Rückblick in die Geschichte dieser wichtigen Erfindung machen [47].

Alles begann mit der ganz banalen Verbindung von vier Großrechnern an der Ostküste der Vereinigten Staaten. 1969 entstand so das ARPANET (Advanced Research Projects Agency-NET) als Vorläufer des Internet wie wir es heute kennen. Mit finanzieller Unterstützung des US-Verteidigungsministeriums wollten amerikanische Computerwissenschaftler die Rechenleistung der über das ganze Land verteilten Mainframe-Rechner miteinander vernetzen. Man wollte damals die Ressourcen der wenigen Großrechner besser nutzen und Daten untereinander austauschen. Bis in die neunziger Jahre hat sich daran eigentlich auch nicht so viel verändert, nur dass eine steigende Anzahl von Großrechnern an vielen Instituten und Universitäten untereinander vernetzt wurden. Die zwei Hauptanwendungen des Netzes also die Dienste, waren weiterhin auf den Datenaustausch (FTP-FileTransferProtokol) und einfache textbasierte Kommunikation (E-Mail) beschränkt.

1989 sollte dann eine geniale Idee britischen Physikers und Programmierers Tim Berners Lee das Netz um eine entschiedene Komponente erweitern. Tim Berners Lee arbeitete zu dieser Zeit als Physiker am europäischen Kernforschungszentrum CERN in Genf. Dort entwickelte er ein System mit dem man das Internet auch dazu nutzen könnte, die auf den Computern gespeicherten Daten und Inhalte miteinander zu vernetzen anstatt fertige Datenpakete oder E-Mails untereinander auszutauschen. In einem Diskussionspapier stellte er dann im März 1989 seine kühne Idee ausführlich vor.

“In providing a system for manipulating this sort of information, the hope would be to allow a pool of information to develop which could grow and evolve with the organisation and the projects it describes. For this to be possible, the method of storage must not place its own restraints on the information. This is why a „web“ of notes with links (like references) between them is far

more useful than a fixed hierarchical system. (...) The system we need is like a diagram of circles and arrows, where circles and arrows can stand for anything.”

Tim Berners Lee, 1989 [48]

Daraufhin entwickelte er eine Sprache, welche Informationen standardisierte und so auf jedem Computer verfügbar machte. Diese Sprache ist die uns heute bekannte HyperTextMarkupLanguage (HTML). Um die durch diese Sprache übersetzten Informationen auf jedem Computer- und Betriebssystem sichtbar zu machen, benötigte man nichts weiter als ein Programm, das Berners Lee als Browser bezeichnete und es ebenfalls selbst programmierte. Mit dieser Technologie war es nun möglich Informationen, die auf einem fernen Computer gespeichert war, überall problemlos abzurufen. Entscheidend war an dieser Erfindung aber, dass man die Informationen problemlos mit Hilfe der Hyperlinks untereinander vernetzen, sozusagen **verweben** konnte. Zudem war diese Sprache einfach strukturiert und auch der Laie konnte ohne großartige Programmierkenntnisse jede Textbasierte Information in ein HTML-Format übersetzen. Weiterhin ermöglichte der britische Wissenschaftler auch andere Dateiformate in seine Sprache zu integrieren. Nun konnte jeder seine Daten und Information, eigentlich egal welcher Art durch dieses geniale System anderen Menschen zukommen lassen.

Der Grundstein für die explosionsartige Entwicklung des Internet war gelegt. Tim Berners Lee war sich der Tragweite seiner Erfindung durchaus bewusst und nannte sie WorldWideWeb.

Heute ist das WorldWideWeb der am meisten genutzten Dienste des Internet.

Im Jahre 2000 wurde auf Grundlage einer Studie des us-amerikanischen Unternehmens Cyveillance¹⁵, das nach eigenen Angaben die Entwicklung der globalen Vernetzung studiert, die Größe des Internet geschätzt. Laut

¹⁵ <http://www.cyveillance.com/>
(Abruf: Juli 2007)

dieser Studie bestand zu dieser Zeit das WorldWideWeb aus 2,1 Milliarden einzigartigen, öffentlich erreichbaren Webseiten und man ging davon aus, dass das dieser Dienst mit täglich 7 Millionen Webseiten anwachsen wird. Wenn wir davon ausgehen, dass diese Zahlen in etwa stimmen, besteht das WorldWideWeb gegenwärtig (Anfang 2007) aus circa 19 Milliarden Webseiten. Weitere Quellen wie „Hobbes Internet Timeline“¹⁶ bestätigen diese Entwicklung, natürlich wie soll es auch anders sein ist diese Quelle einfach im Internet zu erreichen.

Natürlich werden auch andere Dienste des Internet wie E-Mail sehr intensiv genutzt. Nach einer Erhebung der IDC¹⁷ ebenfalls aus dem Jahr 2000 schätzte man die Zunahme der weltweit verschickten E-Mails auf circa 36 Milliarden bis zum Jahr 2005 [49].

Obwohl Niemand heute genau die Größe des Internet angeben kann, da das weltweite Netz höchst dynamisch ist, zeigen diese Zahlen, dass für uns das Internet als Netz aller Netze enorm an Bedeutung gewonnen hat.

Aus diesem Grund wirken die vielen Bücher in der SLUB, der Sächsische Staats und Universitätsbibliothek schon ein wenig eingestaubt im Gegensatz zu der unglaublichen Anzahl von Laptops mit Internetanschluss, die heute auf den Arbeitstischen in dieser Bibliothek zu einem absolut normalen Bild geworden sind. Kein Student kann heute auf die Recherche nach Informationen im Internet verzichten, da gerade aktuelle Forschungsergebnisse online am schnellsten verfügbar sind.

Doch wird das Internet nicht mehr einzig zur Informationsbeschaffung und Recherche genutzt. So ging in den letzten Monaten der Begriff der „Generation 2.0“ durch die Medien der eine völlig neue Stufe besonders in der Nutzung des WorldWideWeb belegt. Die Menschen surfen nicht mehr einfach nur durch das Netz, um bestimmte Informationen abzurufen sondern sie gestalten es aktiv selbst mit. Die unzähligen Onlinetagebücher (Blogs), private Foren (www.pg-kw.de), Internetgemeinschaften wie Studivz (www.studivz.net) oder Xing

¹⁶ Hobbes Internet Timeline:
<http://www.zakon.org/robert/internet/timeline/>
(Abruf: Juli 2007)

¹⁷ International Data Corporation:
<http://www.idc.com/>
(Abruf: Juli 2007)

(www.xing.com) sind nur einige Beispiele die diese Entwicklung aufzeigen und zum Teil kommerziell höchst erfolgreich sind. Durch die vielschichtige Nutzung und Anwendungsmöglichkeiten ist dieser höchst flexible und dynamische Informations- und Gestaltungsraum Internet aus unserem Alltag nicht mehr



Abbildung 25: Generation Web 2.0 [50]

wegzudenken.

Der entscheidende Punkt ist, dass Computer heute überwiegend angeschafft werden, um den Zugang zum Internet zu ermöglichen. Diese Entwicklung wird sich noch verstärken wenn wir in der Lage sein werden, von wirklich jeden Ort der Erde auf dieses unglaublich vielseitige Medium zugreifen zu können. An vielen wichtigen öffentlichen Orten wie zum Beispiel Universitäten und Bahnhöfen haben wir heute schon die Möglichkeit uns kabellos via Wireless-LAN (LocalAreaNetwork) ins Netz zu loggen. Man bezeichnet diese Funknetze als WirelessMetropolitanAreaNetworks. Die Tendenz ist dabei erkennbar WLAN immer weiter auszubauen und für Jedermann verfügbar zu machen.

Natürlich ist der Zugang zu diesen Netzen beschränkt. Doch wehrt sich niemand gegen eine Registrierung und zumindest jeder Student kann diesen Service frei nutzen. Warum nicht also auch jeder Bürger und Bewohner einer Stadt oder eines Landes? Wenn den Einwohnermeldeämter schon jeder Bürger einer Stadt mit seiner Adresse bekannt ist, wieso kann man ihm dann nicht auch eine IP-Adresse für einen freien und kabellosen Zugang zum Netz verschaffen? Die Technologie dies zu ermöglichen ist jedenfalls vorhanden.

So arbeitet die San Diego State University schon an einer neuen WLAN Technologie (HPWREN-Projekt), die über mehrere Hundert Kilometer einen drahtlosen Zugang zum Internet möglich macht [51].

Es ist eine schöne Vision immer und überall Zugang zu einem gigantischen und dynamischen Wissenspool zu haben und ich denke, dass die Nachfrage die Kritik in Bezug auf den Datenschutz oder der kriminellen Verwendung von einem freien und globalen WLAN in jedem Fall übersteigen wird.

Es ist somit nur noch eine Frage der Zeit bis wir mit den kleinen und preiswerten Computern im Zeitalter das Ubiquitous Computing überall und jederzeit den allgegenwärtigen Zugang zum weltweiten Informations- und Wissensnetzwerks erhalten werden.

7. These II:

Neue Medien und Darstellungsformen verbessern unser Verständnis für die wachsenden Ströme allgegenwärtiger Informationen. Unsere gewohnte Desktopumgebung kann zukünftig die wachsenden Anforderungen an Informationsbeschaffung und Organisation von Daten nicht mehr befriedigen. Die Lösung für dieses Problem ist eine verräumlichte und simultane Darstellung der Daten in dynamischen Informationslandschaften, die unter anderem durch Architekten mitgestaltet werden.

“Presumably man’s spirit should be elevated if he can better review his shady past and analyze more completely and objectively his present problems. He has built a civilization so complex that he needs to mechanize his record more fully if he is to push his experiment to its logical conclusion and not merely become bogged down part way there by overtaxing his limited memory. His excursion may be more enjoyable if he can reacquire the privilege of forgetting the manifold things he does not need to have immediately at hand, with some assurance that he can find them again if they prove important.”

Vannevar Bush, As we May Think, 1945 [52]

Wie so oft in der Geschichte, wurden einige der visionärsten Erfindungen erdacht, ehe überhaupt die technologischen Grundlagen zur Verfügung standen.

1945 machte sich der amerikanische Wissenschaftler Vannebar Bush Gedanken über die Kommunikation mit informationsverarbeitenden Maschinen. In einer Zeit, in der riesige Mainframe-Computer hauptsächlich mathematische Formeln berechneten, erfand er eine Rechenmaschine für den persönlichen Gebrauch. Er taufte diese Maschine Memex (Memory Extender) und beschrieb diese in seinem visionären Aufsatz „As we may think“ [52].

Seine Ideen beruhten auf einer möglichst einfachen und intuitiven Arbeit mit einer sehr großen Menge von Daten. Bushs Maschine hatte eine Schreib- tischarbeitsplatte, eine Tastatur und eine Art Monitor auf der Texte und Bilder angezeigt werden konnten. Zudem war es möglich Verbindungen zwischen einzelnen Texten und Schlüsselwörtern herzustellen und Kommentare einzubinden.

Die Memex von Vannebar Bush stellte mehr ein Gedankenexperiment als eine funktionierende Maschine dar. Jedoch sollten seine Ideen und Visionen für eine verbesserte Kommunikation zwischen dem Menschen und der Maschine die folgenden Generationen von Wissenschaftlern erheblich beeinflussen.

Einer der wichtigsten Pioniere der Mensch-Maschine Interaktion und entscheidend beeinflusst von Vannebar Bush war neben Ivan Sutherland (VGL.1.1.) auch Douglas Englebart. Ähnlich wie Bush erkannte Englebart, dass die Möglichkeiten der Rechenmaschinen, wie sie damals vereinzelt riesige Hallen in Forschungsinstituten oder militärischen Einrichtungen füllten durch den Faktor Mensch begrenzt waren. So mussten alle Befehle den Mainframes mühsam von speziell ausgebildeten Mathematikern in einer Programmzeile oder durch Lochkarten zugeführt werden.

Englebart verschrub sich der revolutionären Aufgabe, die Kommunikation zwischen dem Menschen und der Maschine oder den Zugriff auf Informationen

zu verbessern. So war er in den Sechziger Jahren an der Entwicklung des NLS-Programms beteiligt [53].

Dieses so genannte On-Line-System verwendete schon die konzeptionellen Vorreiter für den Hyperlink, E-Mail, Video und Telefonkonferenz. Das Bedeuteude jedoch war, dass es als erstes Programm mit einer grafischen Benutzeroberfläche in die Geschichte der Computertechnologie eingehen sollte. Englebart konzipierte außerdem zur Steuerung dieser neuartigen Benutzeroberfläche ein Gerät, das heute als so genannte Computermaus Bestandteil eigentlich aller Desktop-Computer ist.

In den kommenden Jahren erkannten dann auch die damals führenden Computerunternehmen den Stellenwert dieser Erfindung und entwickelten diese Technologie weiter. So fand 1981 die grafische Benutzeroberfläche oder auch das Graphical User Interface (GUI) Einzug in den kommerziellen Markt durch einen Personal Computer der Firma Xerox. Auch Apple forschte intensiv an den Ideen, die Benutzung der neuen Computergeneration für Jedermann einfacher und intuitiver zu gestalten. So kam 1984 der von Apple hergestellte Macintosh als erster wirklich erfolgreicher Personal Computer auf den Markt. Natürlich war diese revolutionäre Maschine mit einer übersichtlichen und leicht verständlichen grafischen Benutzeroberfläche ausgestattet.

Damit waren alle Grundlagen geschaffen und das Zeitalter des Desktop-Computing löste die Ära der Mainframe-Computer ab. Heute finden sich Computer in jedem Haushalt und jeder Mensch ist in der Lage sich mit einigen Grundkenntnissen Zugang zu den Möglichkeiten der Technik zu verschaffen. Auch wenn der Preis für die entsprechende Hardware und die Entwicklung der reinen technologischen Grundlagen dazu beitragen, einen Computer für Jedermann erschwinglich zu machen, so waren es eine leichte Bedienbarkeit durch die Computermaus, ein übersichtliches Dateisystem und eine grafisch ansprechende und intuitiv verständliche Oberfläche, die dem Desktop-Computer letztendlich zum Durchbruch verhalfen.

Millionen Nutzer verwalten heute ihre Dateien mit einem auf Ordnern basierenden Dateisystem, lassen veraltete Daten in den Papierkorb wandern oder spielen an den Reglern eines virtuellen Equalizers. Das Zeitalter des „Point and Click“ (Ziehen und Klicken) und des „Drag and Drop“ (Ziehen und Fallenlassen) auf einem virtuellen Schreibtisch (der Computer-Desktop) hat unsere Welt in den letzten zwanzig Jahren tiefgreifend verändert und ohne diese revolutionären Erfindungen in der Kommunikation mit den Rechenmaschinen könnten wir heute dem wachsenden Informations- und Datenstrom in keiner Weise mehr Herr werden.

Es ist jedoch erstaunlich, wie wenig sich jedoch seit Beginn des Zeitalters des



Abbildung 26: Apple Computer „Lisa“
Durchbruch durch eine grafische Benutzer
Oberfläche (Graphical User Interface-GUI) [54]

Desktop-Computings die grafische Benutzeroberfläche verändert hat. Selbst ein Macintosh-Desktop aus dem Jahre 1984 wirkt auf uns noch sehr vertraut obwohl die Rechenleistung der Computer in den letzten zwanzig Jahren explosionsartig angestiegen ist.

Außer hübsch animierten Icons und Fenstern, die sich nun hintereinander als nebeneinander anordnen lassen, haben die neusten Benutzeroberflächen keine grundlegenden Innovationen zu bieten. Ohne Papierkorb und Dateimanager ala Windows-Explorer kommt also selbst das innovative neue Betriebssystem Microsoft-Vista nicht aus.

„Das von Xerox und Apple erfundene Desktop-Interface mit Fenstern, Menüs und Maus, das sich durchgesetzt hat, war eine brillante Erfindung; heute aber ist es veraltet. Es verschwendet Bildschirmraum auf sinnlose Bilder; es zeigt nicht ausreichend an, was in den Dateien steckt, die sich hinter den winzigen, kaum erkennbaren Bildchen verbergen; es zwingt den Nutzer Icons für den Desktop auszuwählen, obwohl das System das besser täte; und der Nutzer muss ständig mit Fenstern jonglieren – in dem aussichtslosen Versuch, einen unverstellten Blick auf die Arbeitsfläche zu erlangen, der letztlich unerreichbar ist. Solch einen unverstellten Blick gibt es nicht.“

David Gelernter, These 20 [55]

David Gelernter, einer der wichtigsten Computervisionäre und Kritiker aktueller Entwicklungen erkannte postulierte schon 2000 in 56 kühnen Thesen, dass sich die gewohnte Umgebung in unseren Desktop Computern verändern wird. Ständig müssen wir unsere Ordner, Dateien und Archive neu arrangieren. Nur durch eine streng hierarchische und verschachtelte Struktur ist es uns überhaupt noch möglich den Überblick zu erhalten. Besonders die steigende Anzahl von Geräten, vom Notebook bis hin zum Mobiltelefon erfordern eine ständige Synchronisation und Aktualisierung aller Daten, die in den verschiedensten

Ordnerstrukturen auf den unterschiedlichsten Festplatten verteilt sind. Die Gefahr wächst an der Masse von Informationen zu ersticken.

Für das über uns hereinbrechende Zeitalter des allgegenwärtigen Rechnens (Ubiquitous Computing) und des allgegenwärtigen Zugangs (Ubiquitous Access) benötigen wir neue Konzepte und Visionen, Informationen und Daten anschaulich und übersichtlich, effektiv abrufbar und vor allem leicht verständlich zu machen.

Erstaunlicherweise sind es nicht Computerwissenschaftler und Informatiker sondern Kommunikationswissenschaftler und verstärkt Architekten, die sich mit der Forschung zu diesem Thema beschäftigen.

Besonders deutlich wird diese Entwicklung an dem neuen Forschungsgebiet der Information Architecture, welches schon 1976 durch Richard Saul Wurman auf einer Konferenz des American Institute of Architects¹⁸ (AIA) definiert wurde. Demnach behandelt die Architektur der Informationen die funktionale, technische und inhaltliche Spezifikation von multimedialen Anwendungen wie zum Beispiel von Webseiten oder anderen Schnittstellen zur Informationsbeschaffung [56]. Wie auch bei der Konzeption von Gebäuden und deren Funktionsabläufen nutzen die Architekten hier ihre räumliche Vorstellungskraft und das Wissen von der sinnvollen Organisation von komplexen Strukturen, um Daten und Information verständlich zu gliedern und darzustellen.

Vorreiter in dieser Entwicklung sind die New Yorker Architekten Asymptote¹⁹, die durch ihr New York Stock Exchange Projekt 1995 weltweit für aufsehen sorgten [34]. Bei diesem Projekt entwarfen die Architekten einen virtuellen Informationsraum, welcher den Börsenmaklern einen höchst intuitiven und somit effektiveren Umgang mit den komplexen Daten der Finanzwelt ermöglichte. Auch die Holländer Architekten MVRDV²⁰ haben durch ihr kreativ konzeptionelles Projekt Datatown gezeigt, dass Architekten einer

18 American Institute of Architects:
<http://www.aia.org/>
(Abruf: Juli 2007)

19 Asymptote Architects:
<http://www.asymptote.net/>
(Abruf: Juli 2007)

20 MVRDV
<http://www.mvrdv.nl>
(Abruf: Juli 2007)

undurchsichtigen Menge von Informationen zu einer verständlichen Gestalt verhelfen können. Eine wichtige Arbeit ist ebenfalls die städtebauliche Analyse Manhattans durch Ben van Berkel und Bos²¹ bei der sie neue dreidimensionale Darstellungsformen und virtuelle Diagramme für die komplexen urbanen Zusammenhänge der Megametropole New York entwarfen.

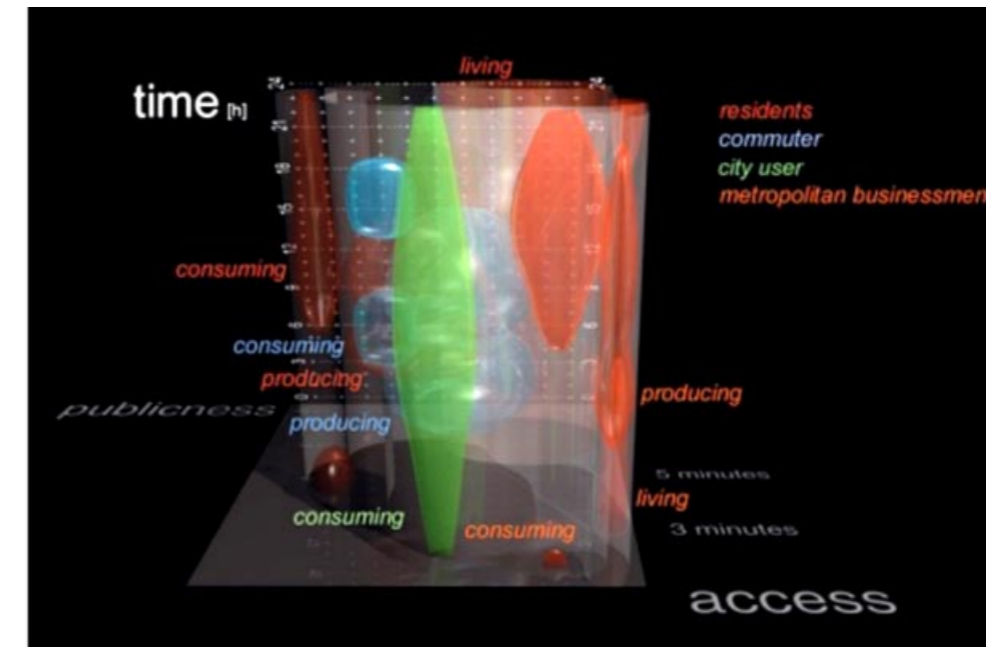


Abbildung 27: UNStudio - Neue Darstellungsformen für die Analyse von urbanen Räumen, IFCCA Competition [57]

Natürlich wurden bei diesen Beispielen neue Darstellungsformen für speziell definierte Probleme geschaffen und erfüllen in keiner Weise die Forderungen der visionären 56 Thesen des Computerwissenschaftlers David Gelernter. Forderungen nach einer generellen Neudefinition des Verständnisses von Daten, die gegenwärtig in festen Ordnerstrukturen Gigabyteweise unsere häuslichen Festplatten bevölkern.

21 Website unstudio, IFCCA competition 1999:
<http://www.unstudio.com>
(Juli 2007)

Infoticles – eine neue Art der Informationsverarbeitung

Obwohl die genannten Beispiele keine klar definierten Lösungsansätze bieten, lassen sie jedoch zwei grundlegende Charakteristiken von Informationen erkennen. Zum einen sind die althergebrachten Darstellungsformen unserer zweidimensionalen Computerwelten, die hauptsächlich durch einen sukzessiven Seitenaufbau bestimmt sind an ihre Grenzen gelangt, das heißt, wir müssen heute mehr und mehr von den dreidimensionalen Darstellungsmöglichkeiten moderner Computergrafik gebrauch machen. Zum anderen sind Daten in einer mehr und mehr vernetzten Datenwelt höchst dynamisch und interaktiv.

Ein Konzept das diesen zwei wichtigen Eigenschaften von Informationen Rechnung trägt, ist das Verständnis von strömenden Daten- oder Informationspartikeln. Schon David Gelernter erläuterte in seinen Thesen die Organisation von unseren digitalen Daten in einem so genannten „Livestream“. Bei seinem Konzept funktionieren die dynamischen Ströme der Datenwelt eher nach der Funktionsweise des menschlichen Gedächtnisses anstatt nach der Funktionsweise von Aktenschränken.

„Moderne Computertechnik basiert auf einer Analogie zwischen Computern und Aktenschränken: Wir speichern „Dokumente“ auf Disketten, erstellen „Verzeichnisse“, organisieren Dateien in „Ordner“ – das ist die Sprache der Aktenschränke. Aber Computer sind grundlegend anders beschaffen als Aktenschränke, weil sie Aktivität entfalten können.“

David Gelernter, These 26 [55]

An der ETH Zürich am Institut für Information Architecture²² unter der Leitung von Professor Gerhardt Schmitt wurde von dem Wissenschaftler Andrew Vande Moere in diesem Zusammenhang die Idee der Infoticles geboren [58]. Es ist auch hier wiederum kein Zufall, dass dieses Institut an der Fakultät

²² ETH-Institut für Information Architecture:
<http://www.ia.arch.ethz.ch/>
 (Abruf: Juli 200/)



Abbildung 28: Infoticles - neue Navigationsformen im Strom der Daten [59]

Architektur angesiedelt ist.

Bei dem Konzept der Infoticles werden Informationen oder Daten allein durch klar definierte aber dynamische Eigenschaften und nicht mehr wie bisher üblich durch Namen und Zuordnung bestimmt. So können die einzelnen Datenbits sich im virtuellen Raum frei bewegen und durch diese Dynamik immer auf dem aktuellsten Stand gehalten werden. Um eine Information aus diesem Schwarm Daten dann strukturiert abrufen zu können, wendet man

Filter an, die nach selbst gewählten und natürlich frei kombinierbaren Kriterien die gesuchten Fakten sichtbar machen.

Durch die technologischen Möglichkeiten des Virtual Reality Caves Blue C²³ an der ETH in Zürich konnte dieses Konzept entsprechend visualisiert werden. Dabei gehen die Forscher davon aus, dass besonders die Möglichkeiten einer räumlichen Darstellung geeignet für diese neue Vorstellung von Datenströmen sind. In den virtuellen Datenräumen kann sich der Nutzer nämlich wesentlich intensiver und intuitiver der Informationsbeschaffung- und Auswertung widmen. Die Konsequenz ist, dass der Mensch mit der Vielzahl seiner Sinne und kognitiven Fähigkeiten die gigantischen Menge an Daten, Fakten und letztendlich Wissen, wesentlich einfacher verarbeiten kann. Einfacher jedenfalls als durch den umständlichen Blick hinter die Glasscheibe eines Computermonitors.

So wird im Zeitalter des allgegenwärtigen Rechnens das Paradigma der „painted bits“ abgelöst durch ein Paradigma der „tangible bits“ [60].

„So-called ubiquitous computing is moving into the direction of location-based information awareness, enabling users to both access and author dynamic datasets based upon a geographical context through electronic communication media.“

Andrew Vande Moere 2005 [56]

23 Projektwebsite Deep Blue:
<http://blue-c.ethz.ch/>
 (Abruf: Juli 2007)

8. These III:

Die eigentliche revolutionäre Technologie des allgegenwärtigen Rechnens sind nicht die vielen kleinen und leistungsstarken Computer. Vielmehr als Rechenleistung müssen neue Schnittstellen der Mensch-Maschine Kommunikation die Möglichkeiten der Technik nutzbar machen. Die Technologie der Erweiterten Realität bietet dafür alle notwendigen Voraussetzungen. Kleine, leichte Augmented Reality Displays werden daher die hardwaretechnische Entsprechung im Zeitalter des allgegenwärtigen Rechnens sein und unser Verständnis von Computern grundlegend verändern.

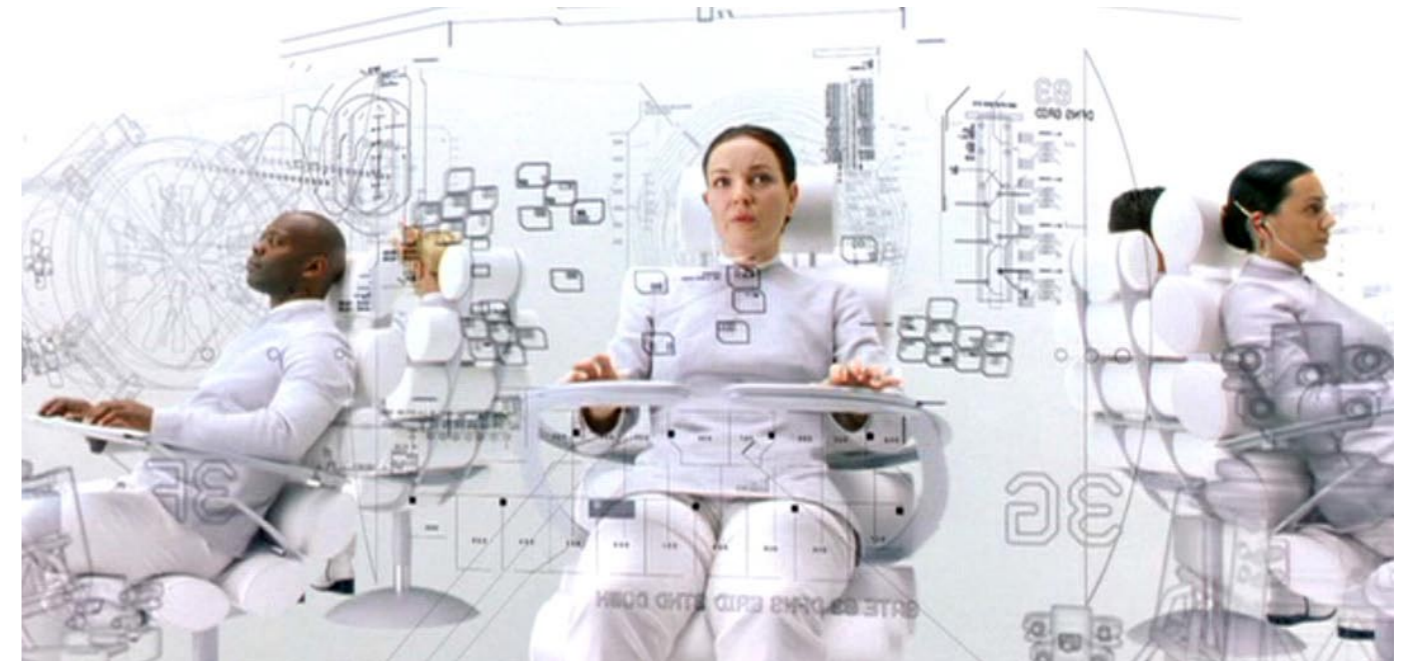


Abbildung 29: Vision einer erweiterten Realität aus einem Science Fiction Film, 2003 [61]

Ich möchte an dieser Stelle noch einmal kurz die bisher entwickelten Thesen zusammenfassen. Das Zeitalter des allgegenwärtigen Rechnens wird kommen und wir werden von tausenden kleiner leistungsstarker Computer und Sensoren umgeben sein, die sich unmerklich in unsere Umgebung einbetten (Ubiquitous Computing). Bewusst wahrnehmen und nutzen werden wir nur die uns interessierenden Informationen und Möglichkeiten der Kommunikation einer weltweit vernetzten Datenwelt und das jederzeit und egal wo wir uns befinden (Ubiquitous Access). Dabei werden uns die Daten und Informationen der digital vernetzten Welt als dynamischer, multimedialer und interaktiver Schwarm begegnen, den wir durch innovative Schnittstellen intuitiv und leicht verständlich verarbeiten können.

Die Technologie, die wir dafür benötigen sind also, neben einer zu installierenden Infrastruktur, kleine und vor allem ergonomische Endgeräte, die wir jederzeit mit uns führen können. Neben einer entsprechenden Rechenleistung müssen diese Endgeräte in der Lage sein, die neuen Informationslandschaften entsprechend visuell verständlich darzustellen.

Erstaunlicherweise steht die neue Generation des mobilen Rechnens schon längst zur Verfügung und wartet auf ihren weltweiten Einsatz.

Am 9. Januar wurde auf der Macworld Conference & Expo in San Francisco das neue technische Wunderwerk der Firma Apple vorgestellt. Steve Jobs präsentierte es mit den Worten:

„Wir haben das Telefon neu erfunden – hier ist es.“

Bei diesem neuen Telefon handelt es sich natürlich um den iPod Nachfolger, das iPhone²⁴. Im Grunde ist das iPhone mit allem Softwarefinessen ausgestattet, die wir heute schon in jedem „normalen“ Mobiltelefon finden. Neben der Telefonfunktion, einem wirkungsvollen Medienplayer verfügt dieses Telefon jedoch über ein gewöhnliches Apple Betriebssystem und dem Standard Apple-Safari-Browser. Interessant ist in diesem Fall auch, dass ein Internetzugang via UMTS gar nicht angedacht wurde sondern hauptsächlich über drahtlose

²⁴ Apple iPhone:
<http://www.apple.com/iphone/>
 (Abruf: Juli 2007)



Abbildung 30: Apple iPhone - Allgegenwärtiger Zugang zum Internet [62]

Funknetze (WLAN) hergestellt werden soll.

Das Entscheidende an diesem Hybriden zwischen Notebook und Mobiltelefon aber ist die Art und Weise wie der Nutzer die Software nun auch effektiv nutzen kann. Das von Apple als Smartphone bezeichnete Gerät verfügt nämlich über einen so genannten Multi-Touch-Screen, welcher gleichzeitig auch ein großer Monitor ist. Mit diesem kann der Nutzer einfach mit seinen Fingern alle gängigen Funktionen des Telefons und des Apple Betriebssystems steuern. Es ist daher auch nicht verwunderlich, dass Jobs die Tragweite dieser neuen Innovation mit der Erfindung der damals revolutionären grafischen Benutzeroberfläche des ersten Macintoshcomputers verglichen hat.

Im Sommer 2007 soll das iPhone in den USA auf dem Markt erscheinen und wenn die Technologie problemlos arbeitet wird dieses neue Smartphone gewiss gute Verkaufszahlen erreichen. Andere Hersteller werden folgen und damit wird sich die These bestätigen, dass der Mensch als normaler

Nutzer die Computertechnologie überall für einen problemlosen Zugang zu den weltweiten Informationsnetzen a la Google nutzen möchte. Eine leicht verständliche und intuitiv zu steuernde grafische Benutzeroberfläche ist dabei die entscheidende Komponente für die Durchsetzungskraft dieser neuen Konzepte in einer mobil vernetzten Welt.

Was kommt nach dem I-Phone?

Im Grunde genommen ist der Multitouchscreen eines iPhones winzig auch wenn man sich durch entsprechende Zoom- und Scroll-Funktionen riesige Webseiten und Onlineportale ansehen kann. Im Grunde genommen ist daher auch jeder Computermonitor winzig auch wenn er die Fläche einer ganzen Wand einnehmen kann oder leicht und faltbar wie eine Zeitung ist. Entscheidend ist, dass bei all den neuen Entwürfen für riesige, winzig kleine, falt- oder wickelbare Displays sich an dem generellen Umgang mit unserer gewohnten Datenwelt nichts verändern kann.

„Nach der Desktop Metapher jedoch ist der Bildschirm das Interface – also eine zehn oder zwanzig Quadratcentimeter große Glasscheibe mit leuchtenden Farben. Nach der Landschaftsmetapher ist der Bildschirm lediglich ein Fenster. Blickt man hindurch, sieht man dahinter das eigentliche Interface.“

David Gelernter, These 25 [55]

Was also gegenwärtig geschieht, ist dass wir lediglich die Form dieses Fensters verändern jedoch immer noch als außen stehender Betrachter die digitale Welt durch eine Scheibe betrachten müssen.

Ein wichtiger Schritt in eine neue Richtung wäre, die digitalen Daten als räumlichen Bestandteil mit unserer realen Umgebung zu verbinden. Eine Technologie, die zurzeit diese Anforderung erfüllen kann ist Augmented Reality.

Fünf wesentliche Sachverhalte beschreiben dabei die Chancen für die Durchsetzungsfähigkeit dieser Technologie.

- **1. Augmented Reality kann die Möglichkeit einer neuen Displaytechnologie und grafischen Benutzeroberfläche schaffen, die nicht durch die Größe eines Monitors bestimmt wird.**
- **2. Augmented Reality kann in kleinen, tragbaren und handlichen Bauformen umgesetzt werden.**
- **3. Augmented Reality Anwendungen benötigen vergleichsweise wenig oder gar keine zu installierende Infrastruktur.**
- **4. Augmented Reality kann sich durch einen dezentralisierten Bottom-Up Prozess der Entwicklung und Verbreitung schnell und effektiv auf dem Markt behaupten.**
- **5. Augmented Reality bietet neue Potenziale der effektiven Zusammenarbeit mehrerer Personen oder Personengruppen.**

Viele der folgenden Erläuterungen zu diesen Sachverhalten sind gegenwärtig nur durch wenige technische Konzepte und wissenschaftlichen Vorstellungen untermauert und oftmals im Detail technologisch noch gar nicht umgesetzt worden. Insofern können diese Kernpunkte gegenwärtig nur einen Trend aufzeigen und dabei nur auf die ungeheuren Potenziale der Augmented Reality hinweisen.

- **1. Augmented Reality kann die Möglichkeit einer neuen Displaytechnologie und grafischen Benutzeroberfläche schaffen, die nicht durch die Größe eines Monitors bestimmt wird.**

Schon jetzt liegen zum Beispiel die Grenzen der eigentlichen Nutzung aller Funktionen eines Mobiltelefones im Display. Die Rechenleistung und die Möglichkeiten für einen Internetzugang können dadurch nur zu einem

geringen Prozentsatz vollkommen ausgeschöpft werden. Ein Display- und Eingabekonzept auf der Grundlage der Erweiterten Realität ermöglicht es digitale Elemente wie Schaltflächen, Fenster und Menüs unserer gewohnten Computerumgebung frei im Raum anzuordnen. Somit wird die Frage nach der Art und Größe von Computermonitoren obsolet. Weiterhin sind durch AR „echte“ dreidimensionale Anwendungen möglich und es öffnen sich Türen zu neuen Darstellungsformen von Daten und Informationen.

■ 2. Augmented Reality kann in kleinen, tragbaren und handlichen Bauformen umgesetzt werden.

Ein funktionsfähiges Augmented Reality System hat natürlich sehr hohe technologische Anforderungen. Eine Vielzahl von Technologien vom Tracking bis zur Kalibrierung und den Optischen Bestandteilen müssen problemlos ineinander greifen. Gegenwärtig befindet sich ein Grossteil dieser Technologien noch in einem absoluten Prototypenstadium und an ein optimiertes Design zugunsten von Handlichkeit und Ergonomie ist noch gar nicht zu denken.

Jedoch sind für die wesentlichen Bausteine alle technologischen Grundlagen gelegt und müssen eigentlich nur noch sinnvoll miteinander kombiniert werden. So geht der Computerwissenschaftler Rolf R. Hainich davon aus, dass innerhalb einer Dekade diese Technologie bei entsprechender Nachfrage und Entwicklungsarbeit einen ähnlichen technologischen Sprung wie die Mobilfunktechnologie vollziehen kann. Er betont weiterhin, dass dabei alle optischen Komponenten zur Darstellung, des Eye-Trackings und der Kalibrierung kombiniert in einer Datenbrille unter 20g wiegen können. Die nötige Energieversorgung und Rechenleistung wird in einem Gerät untergebracht welches nicht größer als ein gewöhnliches Mobiltelefon ist. [63] Somit könnte man ein komplettes 3D-Interface für den Netzzugang, zum Arbeiten und Spielen jederzeit problemlos mit sich führen.

■ 3. Augmented Reality Anwendungen benötigen vergleichsweise wenig oder gar keine zu installierende Infrastruktur.

Viele Computerwissenschaftler behaupten der Zugang zu dreidimensionalen Informationswelten wird auf lange Sicht durch die Verwendung von so genannten Virtual Reality Caves ermöglicht. Doch eigentlich wäre eine weite Verbreitung dieser Caves so wie eine flächendeckende Wiedereinführung von Telefonzellen in unserem Zeitalter des Mobilfunks.

Augmented Reality Systeme können von ihren Nutzern überall mitgeführt werden und brauchen für die Darstellung der virtuellen Objekte keine extra Energieversorgung oder Kameras. Unter Umständen muss einzig und allein unsere Umgebung an die neuen Anforderungen des Trackings angepasst werden doch hierfür verfügen wir mit GPS und bald auch mit Gallileo (VGL-Tracking) schon über wichtige Grundlagen.

Die Ausstattung mit so genannten WLAN Hotspots, die eine Nutzung der Augmented Reality erst richtig spannend macht ist teilweise in Großstätten schon flächendeckend geschehen.

■ 4. Augmented Reality kann sich durch einen dezentralisierten Bottom-Up Prozess der Entwicklung und Verbreitung schnell und effektiv auf dem Markt behaupten.

Die Größe, Vielfalt und Wichtigkeit des Internets wurde von den Millionen Nutzern selbst geschaffen. Dabei haben sich Dienste entwickelt, die speziell für bestimmte Endgeräte ausgelegt sind. Ein Beispiel hierfür sind die vielen Portale, die mobile Medienplayer immer mit dem aktuellsten Input versorgen. Die vielfältigen Möglichkeiten dieser Dienste steigern natürlich wiederum die Nachfrage und Akzeptanz dieser Dienste. Ein wirtschaftlich selbständig voranschreitender Prozess entwickelt sich.

Eine auf die alltägliche und mobile Nutzung ausgelegtes Augmented Reality System könnte von diesem Prozess profitieren. Für anfangs nur auf die

Projektion eines normalen Computerbildschirmes in das menschliche Auge beschränkte AR-Technologien können Drittanbieter sukzessiv Portale und neuartige Dienste und Verwendungsmöglichkeiten schaffen, die letztendlich das komplette Potenzial dieser Technologie ausschöpfen. Das Internet und damit die Generation des Web 2.0 würde sozusagen von den Möglichkeiten der Augmented Reality Gebrauch machen. So könnte sich wie selbstständig eine Nachfrage durch neue innovative Nutzungsmöglichkeiten von unten nach oben für diese Technologie generieren.

■ 5. Augmented Reality bietet neue Potenziale der effektiven Zusammenarbeit mehrerer Personen oder Personengruppen.

Betrachtet man gegenwärtig die aktuelle Forschung zu Augmented Reality und die laufenden Projekte, werden klar neue Formen der Zusammenarbeit mit digitalen Medien sichtbar. Diese Technologie erlaubt, dass dieselben digitalen Objekte im realen Raum von mehreren Nutzern gleichzeitig betrachtet werden können. Dies ist ein entscheidender Vorteil zu den gegenwärtigen Monitoren und Displaykonzepten. So ist gegenwärtig eine wirklich intensive Zusammenarbeit an einem Monitor eigentlich unmöglich, da die Inhalte meistens für eine Person geschaffen und auch nur von dieser gesteuert werden können. Natürlich kann man auf einer riesigen Fläche wie bei einer Power-Point-Präsentation, die Informationen für eine entsprechende Anzahl von Personen sichtbar machen jedoch ist eine interaktive Bearbeitung der Daten durch alle Beteiligten nur sehr eingeschränkt möglich.

Das technologische Konzept der Augmented Reality erlaubt es mehrere individuelle Systeme miteinander zu koppeln, um mehreren Nutzern das gleiche visuelle Erlebnis zu ermöglichen. Zudem könnten bei entsprechender Synchronisation alle Nutzer interaktiv mit einbezogen werden (Vgl. 4.6.).



- | | | | |
|----------|--|----------|--|
| 1 | Datenbrille mit integriertem Virtual Retinal Display, Stereo-Kopfhörer, Gewicht ca. 25g, ein Umgebungsbezug wird durch das Tracking-Modul erreicht | 3 | Tracking-Modul (Magnetisches Trackingverfahren) für die Nutzerbezogene Darstellung relativ zu realen Umgebung, virtuelles Keyboard |
| 2 | Basisstation mit Energieversorgung, Netzwerktechnologie, Standortbestimmung und zentraler Recheneinheit | 4 | Arbeitsstift als normaler Kugelschreiber und Pointer für die virtuellen Elemente, ebenfalls vom Tracking-Modul erfasst |

Abbildung 31: Konzeptskizze I - Schnittstelle Augmented Reality

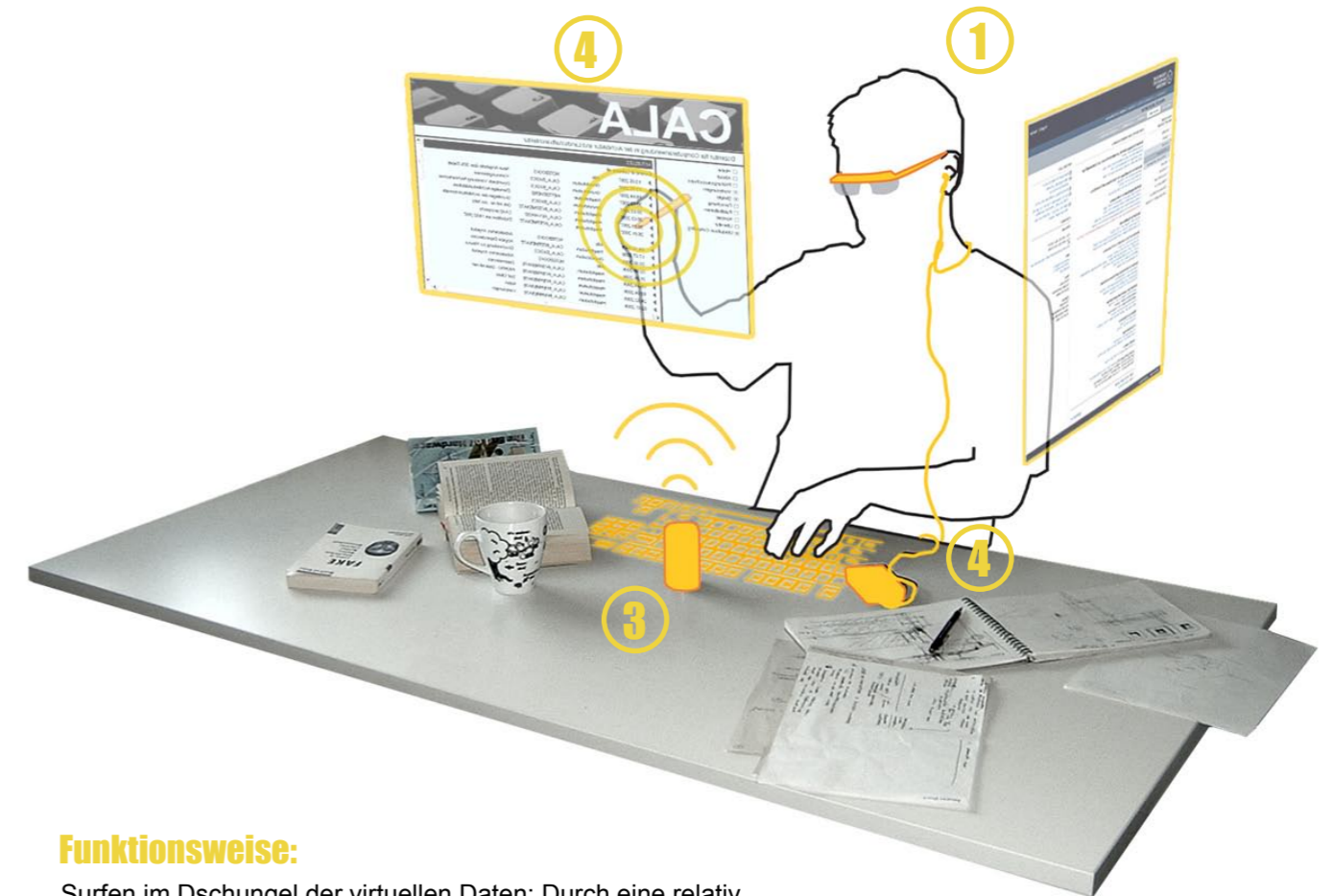
Diese fünf Sachverhalte, die hier beschrieben wurden, kann man natürlich auch als Anforderungen verstehen, die ein Augmented Reality System erfüllen muss, um eine flächendeckende Verbreitung dieser Technologie zu ermöglichen. Es sind die wesentlichen Anforderungen an Funktionalität, Ergonomie und Verbreitung.

Weiterhin ist es enorm wichtig, dass sich die Forschungen nicht nur spezifische Anwendungen konzentrieren. Augmented Reality muss als wirkliche Alternative zu unseren bekannten zweidimensionalen Displaykonzepten verstanden werden und alle Bemühungen sollten ihre Aufmerksamkeit auf die Entwicklung dieser neuen Innovation richten.

Wir werden es leid sein, überall diese riesigen Notebooks mit uns herum zu schleppen. Mobiltelefone und ähnliche kleine handliche Endgeräte werden dann unseren Hunger nach Informationen überall und jederzeit stillen.

Der nächste Schritt wären Datenbrillen, die ein normales Abbild eines Monitors in unser Sichtfeld projizieren²⁵ (Abb. 31 und 32). Sukzessive würde sich dieser Technologieansatz weiterentwickeln und durch das Tracking und einer stereoskopischen Darstellung Augmented Reality zu einer echten Alternative zum normalen Computermonitor oder den winzigen Displays unserer Mobiltelefone machen. Im Zeitalter des allgegenwärtigen Rechnens könnten wir so durch die Verwendung einer einfachen und leichten Datenbrille auf eine völlig neue Welt zugreifen. Eine Welt von allgegenwärtigen Daten und dynamischen Informationslandschaften.

²⁵ Durch das Spectrum Color Display der Firma Microvision ist es gegenwärtig möglich, mittels Laser, ein kontraststarkes Bild in SVGA mit einer Auflösung von 800x600 Pixel auf die Netzhaut zu projizieren. Dies entspräche einem 16 Zoll Monitor in einer Armlänge Abstand vom Auge. <http://www.orichel.de/multiagent/papers/virtualretinaldisplays/> (Abruf: Juli 2007)



Funktionsweise:

Surfen im Dschungel der virtuellen Daten: Durch eine relativ auf das Trackingmodul und die Datenbrille bezogene Ortsbeziehung wird der umgebene Raum zu einem riesigen Display. Reale und virtuelle Elemente, egal welcher Art können so miteinander frei im Raum angeordnet werden.

Abbildung 32: Konzeptskizze II - Der Computer des 21sten Jahrhunderts

Zusammenfassung

Ziel dieser Arbeit war die Beschäftigung mit der neuen Technologie, die es uns ermöglicht unsere Realität mit digitalen Objekten, Elementen und Informationen zu erweitern. Besonders für Architekten bilden die Entwicklungen auf dem Gebiet der Augmented Reality interessante Möglichkeiten der Darstellung und Verarbeitung von Informationen.

Im ersten Teil dieser Arbeit wurden daher die begrifflichen und technologischen Grundlagen erläutert, definiert und zusammengefasst. Weiterhin wurden Anwendungsbereiche für die Erweiterte Realität anhand von Projekten aus der Forschung aufgezeigt. Es wurde dabei intensiv auf die Möglichkeiten für Architektur und Design eingegangen.

Die Untersuchung hat gezeigt, dass es gegenwärtig sehr interessante und aussichtsvolle Forschungen auf diesem Gebiet gibt, welche spannende Möglichkeiten der Erweiterten Realität für fast alle Bereiche unseres Lebens beschreiben. Die Untersuchung hat aber auch gezeigt, dass es sich hierbei um reine Grundlagenforschung handelt und die technologischen Komponenten noch nicht dem Prototypenstadium entwachsen sind. Insbesondere für Architekten sind die vorgestellten Projekte ergonomisch noch sehr unausgereift und somit gegenwärtig nichts mehr als interessante Nischenanwendungen.

Jedoch hat sich bei der weiteren Beschäftigung mit diesem Thema gezeigt, dass Augmented Reality über sehr große Potenziale besonders im Hinblick auf das Ubiquitous Computing verfügt. In einer Zeit in der wir von Millionen von vernetzten Computern umgeben sein werden und der Computer, so wie wir ihn heute kennen als definierbares Gerät von unseren Schreibtischen verschwindet, ist die Erweiterte Realität besonders als neue Schnittstelle zwischen dem Menschen und einer digitalen Welt interessant. Diese Überlegung bildet die Grundlage des zweiten Teils dieser Arbeit, in der im Wesentlichen



Abbildung 33: Ein Traum vieler Architekten - weg vom Monitor, zurück zum gemeinsamen Entwerfen unter zur Hilfenahme aller digitalen Medien

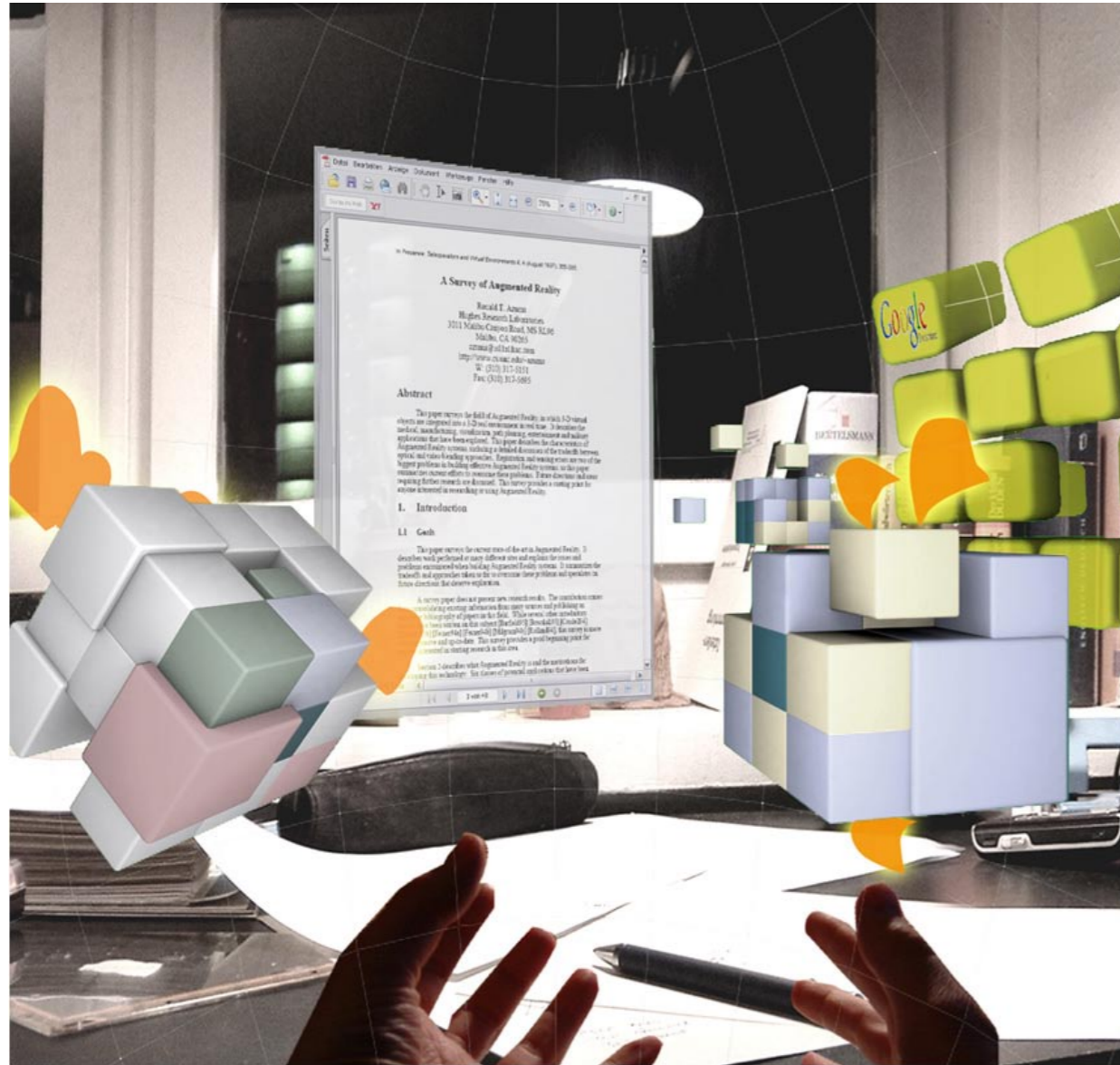


Abbildung 34: Arbeiten am virtuellen Desktop,
Verschmelzung von analogen und digitalen Medien

durch drei Thesen das Potenzial dieser Technologie aufgezeigt wird. Dabei hat sich gezeigt, dass Augmented Reality ein wichtiges Darstellungsmedium für neue grafische Benutzeroberflächen sein kann, die zu einem großen Teil von so genannten Informationsarchitekten und Designern mitgestaltet werden.

Dieses Szenario natürlich im Wesentlichen abhängig von den Fortschritten der Technologischen Entwicklung. Gegenwärtig sind Datenbrillen, die mittels Lasertechnologie (Virtual-Retinal-Display) die digitalen Daten der Augmented Reality direkt auf die menschliche Netzhaut projizieren die perfekten Kandidaten für diese Vision. Damit solche Datenbrillen eine breite Verwendung finden, muss jedoch die Technologie erst einmal die wesentlichen Anforderungen an Gewicht, Preis und Ergonomie erfüllen. Weiterhin stellt sich auch die Frage, inwieweit sich diese Displaytechnologie auf die Gesundheit unserer Augen auswirkt oder ob Fehlsichtige ebenfalls von den Vorzügen der neuen schillernden Informationslandschaften gebrauch machen können. Hinterfragt werden sollte ebenfalls, inwieweit wir mit der Erweiterten Realität wirklich die ersehnten Vereinfachungen im Umgang mit den wachsenden Informationsströmen erreichen. Besonders viele alte Menschen sind heute noch nicht einmal in der Lage von den einfachsten Dienste der globalen Vernetzung gebrauch zu machen und werden dadurch zunehmend an den Rand einer mehr und mehr digitalisierten Gesellschaft gedrängt.

Nichtsdestotrotz liegen die größten Probleme gegenwärtig bei der technologischen Umsetzung besonders für kleine leichte Bauformen und eine verbesserte Darstellungsqualität. Bei entsprechender Nachfrage könnten jedoch diese Probleme in absehbarer Zeit gelöst werden und Augmented Reality als neue Displaytechnologie auf einem breiten Markt etablieren.

Ein neues Verständnis für den Computer und die Datenverarbeitung durch Augmented Reality kann somit die eigentliche Initialzündung für das allgegenwärtige Rechnen im 21sten Jahrhundert sein.

- [1] William Gibson: Neuromancer. New York, Ace Books, 1984
- [2] ArtMuseum.net Artikel:
<http://www.artmuseum.net/w2vr/timeline/Heilig.html> (Abruf: Juli 2007)
- [3] Ivan Sutherland, »The Ultimate Display«, in: Proceedings of the International Federation for. Information Processing Congress, 1965, S. 506-508
- [4] P. Milgram; H. Takemura; A. Utsumi; and F. Kishino: Augmented Reality: A class of displays on the reality-virtuality continuum, In: Proceedings of Telem manipulator and Telepresence Technologies, S.: 282-292, 1994
- [5] Ronald T. Azuma: A Survey of Augmented Reality, In: Teleoperators and Virtual Environments 6, 4, S. 355 – 385, August 1997
- [6] Tim Suthau: Augmented Reality - Positionsgenaue Einblendung räumlicher Information in ein See-Through Head Mounted Display für die Medizin am Beispiel der Leberchirurgie. Dissertation an der TU Berlin, Fakultät VI, 2006, http://opus.kobv.de/tuberlin/volltexte/2006/1380/pdf/suthau_tim.pdf (Abruf: Juli 2007)
- [7] Bild: Anwendung VST-Technologie bei einem Mobiltelefon:
http://www.brands-new-toy.com/wp-content/uploads/artoolkitplus_Smartphone.jpg (Abruf Juli 2007)
- [8] Oliver Bimber and Ramesh Raskar: Spatial Augmented Reality: Merging Real and Virtual Worlds, Wellesley MA, A K Peters, 2005

- [9] Bild: Star Wars IV: Return of the Jedi, 20th Century Fox Film Corporation, 1983
- [10] Henning Schaefer: Kalibrierungen für Augmented Reality. Diplomarbeit an der TU Berlin, Fachgebiet Programmetrie und Fernerkundung, 2003, <http://www.cv.tu-berlin.de/forschung/AR/Kalibrierungen.pdf> (Abruf: Juli 2007)
- [11] Bild: SAABtech - AddVisor 150
http://www.inition.co.uk/inition/images/product_hmd_saabtech_addvis.jpg (Abruf: Juli 2007)
- [12] Artikel einer US-Militäruniversität:
http://www.cs.nps.navy.mil/people/faculty/capps/4473/projects/fiambolis/vrd/vrd_full.html (Abruf: Juli 2007)
- [13] HMD/headset/VR-helmet Comparison:
<http://www.stereo3d.com/hmd.htm#chart> (Abruf: Juli 2007)
- [14] EST, Engineering Systems Technologies GmbH & Co. KG; VR Hardware
<http://www.est-kl.com/> (Abruf: Juli 2007)
- [15] Bild: Kommerzielles Virtual Retinal Display Nomad
http://www.inition.co.uk/inition/images/product_hmd_microvision_nomad_ets.jpg (Abruf: Juli 2007)
- [16] Einführung in Tracking-Technologien, Reader zu einem Proseminar:
http://campar.in.tum.de/twiki/pub/Chair/TeachingSS05ARProseminar/Tracking_A.pdf (Abruf Juli 2007)

- [17] Bild: Motion Capture
<http://www.xsens.com/images/paper/Gollum2.gif> (Abruf: Juli 2007)
- [18] Vorlesungsunterlagen Tracking, TU Hannover:
http://www.ikg.uni-hannover.de/lehre/katalog/Augmented_Reality/pdf_files/VL-AR-04-03-a.pdf (Abruf: Juli 2007)
- [19] Bild: Anwendungsszenario ARToolkit:
<http://www.hitl.washington.edu/artoolkit/> (Abruf Juli 2007)
- [20] Online Artikel, Seattletimes:
<http://seattletimes.nwsourc.com/pacificnw/2004/0411/cover.html>
(Abruf: Juli 2007)
- [21] Ultra Sound Projektbeschreibung:
<http://www.cs.unc.edu/Research/us/> (Abruf: Juli 2007)
- [22] Bild: Medarpa Testaufbau
<http://www.medarpa.de/grafik/bilder/testaufbau%202002/06.jpg>
(Abruf: Juli 2007)
- [23] Projektwebsite Lifeplus-Projekt:
<http://lifeplus.miralab.unige.ch/> (Abruf: Juli 2007)
- [24] A. Dünser, E. Hornecker: Lessons from an AR Book study. In: Proceedings of the First International Conference on Tangible and Embedded Interaction (TEI 2007), Baton Rouge, Louisiana, USA, February 15th - 17th, 2007

- [25] Wolfgang Friedrich (Hrsg.): ARVIKA – Augmented Reality für Entwicklung, Produktion und Service, Erlangen, Publicis, 2004
- [26] Projektwebsite ARC-Projekt, Columbia University, New York
<http://www1.cs.columbia.edu/graphics/projects/arc/> (Abruf: Juli 2007)
- [27] Gerhard Schnmitt: Architektur mit dem Computer, Vieweg, 1999,
Web-Book: <http://caad.arch.ethz.ch/projects/acm/> (Abruf Juli 2007)
- [28] L. Hovestadt, V. Hovestadt: ARMILLA5, Supporting Design, Construction and Management of Complex Buildings, ifib Veröffentlichung, Karlsruhe, 1997
- [29] Website mit der ausführlichen Beschreibung des Programmes und Vorstellung der Projektpartner: <http://www.ipcity.eu/> (Abruf: Juli 2007)
- [30] Bild: ArcheoGuide Projektwebsite
<http://archeoguide.intranet.gr/project.htm> (Abruf: Juli 2007)
- [31] Wolfgang Broll: ARTHUR: A Collaborative Augmented Environment for Architectural Design and Urban Planning, In: Journal of Virtual Reality and Broadcasting, Volume 1, 2004
- [32] Bild: ARTHUR-Projekt
<http://www.baulinks.de/webplugin/2004/i/0189-arthur.jpg> (Abruf: Juli 2007)

- [33] D. Wagner; T. Pintaric; F. Ledermann; D. Schmalstieg: Towards Massively Multi-User Augmented Reality on Handheld Devices, published at the Third International Conference on Pervasive Computing (Pervasive 2005), Mai 9-10, München, 2005
- [34] Hani Rashid; Lise Anne Couture: Flux, London, Phaidon Press, 2002
- [35] Damien Jdanoff: Salon Dresden, Nodes of the Transnational Salon, Diplomarbeit, TU-Dresden, Fakultät Architektur, Juli 2006
- [36] Ray Kurzweil: Homo s@piens, Leben im 21. Jahrhundert - was bleibt vom Menschen?, München, Ullstein, 2001
- [37] Mark Waiser: The Computer for the 21st Century, Scientific American Special Issue on Communications, Computers, and Networks, 1991
- [38] Bild: Mainframe Computer
http://www.crowl.org/lawrence/history/ibm_360.full.jpg (Abruf: Juli 2007)
- [39] BITKOM Studie zur Computerverbreitung:
http://www.bitkom.org/43370_43365.aspx (Abruf Juli 2007)
- [40] J. Bizer, K Dingel, B. Fabian, O. Günther, M. Hansen, M. Klafft, J. Möller, S. Spiekermann: TAUCIS, Technikfolgenabschätzung Ubiquitäres Computing und Informationelle Selbstbestimmung, Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Bildung und Forschung, Institut für Wirtschaftsinformatik, HU-Berlin, 2006
- [41] Neil Gershenfeld: Wenn die Dinge denken lernen, Econ , 1999

- [42] Herbert Kubicek (Hrsg.): Internet@Future, Techniken, Anwendungen und Dienste der Zukunft, Heidelberg, Hüthig, 2001
- [43] Bild: The Opte Projekt, Projektwebsite:
<http://www.opte.org/> (Abruf: Juli 2007)
- [44] Michio Kaku: Zukunftsvisionen - wie Wissenschaft und Technik des 21. Jahrhunderts unser Leben revolutionieren. München, Droemer Knauer, 2000
- [45] Clifford Stoll: Die Wüste Internet, Frankfurt am Main, Fischer, 1998
- [46] Forschungsunternehmen eTForecasts, Studie über die Internetnutzung:
<http://www.etforecasts.com/pr/pr106.htm> (Abruf: Juli 2007)
- [47] Lexikon der Internetgeschichte:
<http://www.netplanet.org/> (Abruf: Juli 2007)
- [48] Tim Berners Lee, Information Management: A Proposal, Diskussionspapier am Cern, Genf, 1989
<http://www.w3.org/History/1989/proposal.html> (Abruf: Juli 2007)
- [49] CNN-Artikel:
<http://archives.cnn.com/2001/TECH/internet/09/19/email.usage.idg/>
(Abruf: Juli 2007)
- [50] Bild: Web 2.0
<http://blog.netzkompetenz.at/wp-content/wir.jpg> (Abruf: Juli 2007)

- [51] HPWREN-Projekt: <http://hpwren.ucsd.edu/> (Abruf: Juli 2007)
- [52] Vannevar Bush: „As We May Think“, Atlantic Monthly, 1945
<http://www.ps.uni-sb.de/~duchier/pub/vbush/vbush-all.shtml>(Abruf: Juli 2007)
- [53] wikipedia-Artikel, NLS-Programm:
[http://en.wikipedia.org/wiki/NLS_\(computer_system\)](http://en.wikipedia.org/wiki/NLS_(computer_system)) (Abruf: Juli 2007)
- [54] Bild: Apple Desktop Computer „Lisa“
<http://www.macmothership.com/gallery/newads14/LisaBrochure4.gif>
(Abruf: Juli 2007)
- [55] David Gelernter: Warum Sie an Ihrem Computer verzweifeln – The second Coming, A Manifesto, In: Frankfurter Allgemeine Zeitung Nr. 137, 15.6.2000
- [56] Andrew Vande Moere: Form Follows Data, In: Proceedings of CAADfutures, OKK Verlag, Wien, S.31-40, 2005
- [57] Bild: UN-Studio
<http://www.unstudio.com/projects/year/2000-1996/1/147#img5>
(Abruf: Juli 2007)
- [58] Andrew Vande Moere: Infoticles: Information Modeling in Immersive Environments, In: IEEE International Conference on Information Visualisation (IV'02), IEEE, London, S. 457-461, 2002
- [59] Bild: Infoticles
<http://blue-c.ethz.ch/index.php?menu=visuals&sub=pictures>
(Abruf: Juli 2007)

- [60] R. Burkhard, M. Eppler: Knowledge Visualization, Towards a new Discipline and its Fields of Application, Universita della Svizzera Italiana, Faculty of Communication Sciences, Institute for Corporate Communication, Juli 2004
- [61] Bild: Matrix Revolutions, 20th Century Fox Film Corporation, 2003
- [62] Bild Iphone:
http://www.macprime.ch/_data/news/iphone_cowerflow.jpg (Abruf: Juli 2007)
- [63] Rolf R. Hainich: The End of Hardware, Booksurge, Charleston SC, 2006