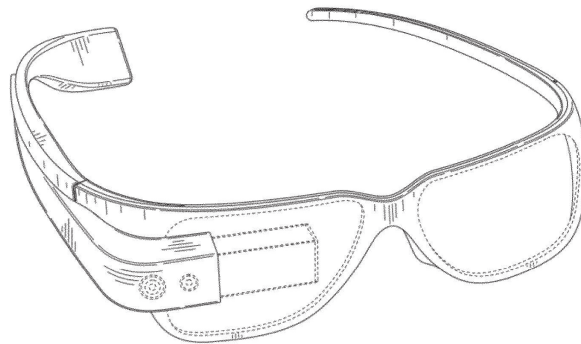




Eyeware: Project Glass und die Zukunft von Smartphones

Frederik Eichelbaum

iF SCHRIFTENREIHE | 02/14
Sozialwissenschaftliche Zukunftsforschung



Impressum

Institut Futur
Freie Universität Berlin
Arnimallee 9
14195 Berlin
© 2014

Herausgeber: Gerhard de Haan
Redaktion: Björn Helbig
Bernd Stegmann

ISBN: 978-3-944843-02-5

Abstract

Die Brille als Interface und zentrale Kommunikationstechnologie wartet seit Jahrzehnten auf ihren Durchbruch. Verschiedene Faktoren haben dazu beigetragen, dass im Jahr 2012 viele große Unternehmen beschlossen haben, diesen Durchbruch herbeizuführen. Vor allem haben Displaytechnologien für Endverbraucheranwendungen einen Grad der technischen Reife erreicht, welcher diese für den Einsatz in Datenbrillen prädestiniert. Trotz der technischen Machbarkeit und Attraktivität holografischer Interfaces ist unklar, auf welchem Weg diese ihre Rolle als Informations- und Kommunikationsmedium in der Gesellschaft einnehmen werden. Die Arbeit stellt die Frage nach einer möglichen Evolution von Computerbrillen bis 2020 und den Technologie- und Markttreibern, die während dieser Evolution eine Schlüsselrolle spielen. Über einen Roadmapping-Prozess, welcher durch qualitative Experteninterviews gestützt wurde, konnten drei Generationen von Eyeware für die Zukunft definiert und mögliche Anwendungsszenarien für diese Generationen abgeleitet werden. Das Ergebnis der Arbeit wurde schließlich in einer Technologie-Roadmap bis zum Jahr 2020 visualisiert.

Keywords: augmented reality, mediated reality, polysocial reality, head-mounted display, foresight, technological transformation

Inhalt

1.	Einführung	8
1.1	Hintergrund der Arbeit	8
1.2	Problemstellung und Forschungsfrage	9
2.	Science Fiction und Wissenschaft	11
2.1	Augmented Reality Systeme in der Fiktion	12
2.1.1	Terminator (Erscheinungsjahr: 1984)	12
2.1.2	They Live (Erscheinungsjahr: 1988)	13
2.1.3	Iron Man 2 (Erscheinungsjahr: 2010)	14
2.1.4	Heavy Rain (Erscheinungsjahr: 2010)	15
2.1.5	Black Mirror (Erscheinungsjahr: 2011)	17
2.1.6	Sight (Erscheinungsjahr: 2012)	18
2.1.7	Erweiterte Realität in der Literatur	18
2.2	Forschung und Entwicklung an Augmented Reality Systemen	19
2.2.1	Wearable Computing	19
2.2.2	Augmented Reality	19
3.	Technische Umsetzung der erweiterten Realität	21
3.1	Design und technischer Aufbau eines Augmented Reality Systems	22
3.1.1	Trackingsystem	22
3.1.2	Bildszenengenerator / GPU	22
3.1.3	Anzeigeegerät	22
3.1.4	Optische See-Through Systeme und virtuelle See-Through Systeme	23
3.2	Varianten von Augmented Reality Systemen	23
3.2.1	Mobile Augmented Reality (MAR) Systeme	23
3.2.2	Spatial Augmented Reality Systeme	24
3.2.3	Wearable Augmented Reality Systeme	24
3.3	Smartphones als Markttreiber für Head-Mounted Displays	25
4.	Head-Mounted Displays der letzten 50 Jahre	27
4.1	Einsatz von Head-Mounted Displays im Militär	28
4.2	Kommerzieller Einsatz von Head-Mounted Displays	29
4.3	Computergestütztes Design (CAD) und Engineering (CAE)	29
4.4	Erweiterte Realität für die medizinische Behandlung	31
4.5	Unterstützung von Feuerwehreinsätzen durch Augmented Reality Systeme	32
4.6	Einsatz von Head-Mounted Displays in Gaming und Entertainment	34

5.	Definition von Eyeware	37
5.1	Was ist Eyeware?	37
5.2	Reflektion der Notwendigkeit eines Neologismus	37
6.	Forschungsprozess	38
6.1	Methodik	38
6.2	Methode	39
6.2.1	Literatur- und Webrecherche	40
6.2.2	Erstellung einer Roadmap	40
6.2.3	Expertenauswahl und -befragung	43
6.2.4	Konsistenzprüfung und Überarbeitung der Roadmap	43
7.	Die Evolution von Eyeware bis 2020	44
7.1	Designkriterien für zukünftige mobile Interfaces	44
7.1.1	Beschränkung auf optische See-Through Displays	44
7.1.2	Modische Form und ergonomischer Tragekomfort	44
7.1.3	Konkurrenzfähiger Preis	45
7.1.4	Kleine und leichtgewichtige Bauweise	45
7.1.5	Ausreichend Batteriekapazität	45
7.2	Vergleich von Eyeware mit Konkurrenztechnologien	45
7.2.1	Erhöhung von Portabilität und Flexibilität	45
7.2.2	Auflösung des Widerspruchs zwischen Bildschirmdiagonale und Portabilität	46
7.2.3	Immersion	46
7.3	Zentrale technische Leistungsparameter für Eyeware	47
7.3.1	Gesichtsfeld	48
7.3.2	Bildschirmauflösung	48
7.4	Stand der Forschung zu Displaytechnologien für Eyeware	49
7.4.1	OLED Displays	49
7.4.2	Virtual Retinal Displays	50
7.5	Markttreiber	53
7.5.1	Virtualisierung von Rechenkomponenten	53
7.5.2	Standardisierung von AR Plattformen	55
8.	Drei Generationen der Evolution von Eyeware	57
8.1	Übersicht	57
8.1.1	Eyeware der 1. Generation	57
8.1.2	Eyeware der 2. Generation	60
8.1.3	Eyeware der 3. Generation	61
8.2	Technische Leistungsparameter	62
8.2.1	Eyeware der 1. Generation	62
8.2.2	Eyeware der 2. Generation	63
8.2.3	Eyeware der 3. Generation	64

9.	Anwendungsfälle der Generationen von Eyeware	66
9.1	Eyeware der 1. Generation	66
9.1.1	Realitätsstufe I: Dual Reality (DR)	66
9.1.2	Anwendungsszenarien	66
9.2	Eyeware der 2. Generation	67
9.2.1	Realitätsstufe II: Mixed Reality (MR) und PolySocial Reality (PoSR)	67
9.2.2	Anwendungsszenarien	67
9.3	Eyeware der 3. Generation	70
9.3.1	Realitätsstufe III: Collaborative Reality (CR) und Mediated Reality (MedR)	70
9.3.2	Private Nutzung eines holografischen Interface	71
9.3.3	Öffentliche Nutzung eines holografischen Interface	72
9.3.4	Immersive Kollaboration	73
9.3.5	Sichtfelderweiterung	73
10.	Roadmap für die Evolution von Eyeware	74
10.1	Erläuterung der Ergebnisse	75
11.	Rezeption von Eyeware als Leitmedium	76
11.1	Akzeptanz	76
11.2	Ängste	77
12.	Disruptives Potential einer breiten Diffusion	79
13.	Zusammenfassung und Ausblick	82
	Literaturverzeichnis	83
	Anhang	85
	Appendix I: Meinungsspektrum zu Eyeware	85
	Appendix II: Nutzerkommentare zu Project Glass	88
	Appendix III: Expertenkommentare zur Roadmap	97

...I see a future where you touch physical and digital objects the same way. Imagine you are holding a piece of paper in your hands – but digital. A guitar – but digital. A photo collection – but digital. A candle – but digital. A ball – but digital. You place the movie on the wall in your front, fold the paper into a ball, throw it into the digital bin, write a letter to your friend with your eyes but leave it as a draft on your desk that automatically pops back up there in 5 days. Walk out through the city and discover a note that your friend has left for you: a recording of a musician who played there yesterday. You listen to his digital 3d copy and enjoy it. Then you notice a strange tree and wonder what is so odd about it. You klick on that tree and it shrinks back to its size 5 years ago and you suddenly see that it has mutated. You wonder what caused that mutation and find out that it toxic exhaust fumes made it mutate. Those fumes, the screen tells you, are typically found in radioactive waste and that makes you suspicious about a certain company that was dealing with nuclear energy in that area a while ago. You find its address and get an arrow leading you there. You get there and find more comments of people who did research on the company. They attached digital graffiti to the building, saying “nuclearcorp must leave, we have no tolerance”. You add your own...

Expertenkommentar #7742

Hinweis

Diese Arbeit enthält Quick Response (QR) Codes, die mit einer entsprechenden Smartphone -Anwendung¹ aufgerufen werden können. Hinter den QR Codes verbergen sich Links zu webbasiertem Videomaterial, welches die oft sehr visuellen Beispiele von Konzepten veranschaulichen soll. Alle QR Codes wie auch alle weiteren Hyper-Links dieser Arbeit wurden am 31.08.2012 durch den Autoren abgerufen und kontrolliert.



Da die Arbeit von der Umsetzung der erweiterten Realität durch mobile Endgeräte handelt, wäre auch eine Erweiterung dieser Masterarbeit um digitale Elemente sinnvoll gewesen. Eine interaktive Printausgabe wäre jedoch nur von einigen wenigen Technologieenthusiasten bedienbar gewesen, welche bereits die nötigen Applikationen auf ihren Smartphones installiert haben. Eine Videodemonstration von interaktiven Printapplikationen verbirgt sich hinter dem zweiten QR Code:



¹ Für eine Übersicht von QR - Reader Anwendungen für Android Smartphones siehe <http://mashable.com/2011/06/22/qr-code-apps-android/> / Für eine Übersicht von QR - Reader Anwendungen für iPhones siehe <http://gigaom.com/apple/5-qr-code-readers-for-iphone/>

1. Einführung

1.1 Hintergrund der Arbeit

Die Vision der erweiterten Realität existiert bereits mehrere Jahrzehnte in der Science Fiction und wird seither begleitet von ambitionierten Forschungsprojekten zur technischen Umsetzung dieser Vision. In dieser Zukunft wird die menschliche Realität durch eine digitale Erweiterung zu einer dauerhaften Überlagerung von realen und virtuellen Welten. Zu jeder Zeit und an jedem Ort können Informationen direkt in das Sichtfeld des Menschen eingeblendet werden. Sie ist die plausible Extrapolation der Transformation zur digitalen Informationsgesellschaft, die bereits mit der Einführung des Internet begann und gegenwärtig mit mobilen Begleitern, wie Laptops und Smartphones immer allgegenwärtiger und alltäglicher wird. Für die ständige Modulation zwischen realer und virtueller Realität benötigt der Nutzer eine digitale Brille, Kontaktlinsen oder sogar Augenimplantate, welche die Realität computergestützt erfassen und virtuell verändern können. Technisch wurden diese Ideen schon seit 1967 an Forschungsinstituten verschiedener Universitäten erprobt, fanden aber bis heute lediglich in Nischenmärkten Anwendung, in denen die digitale Erweiterung der Realität im Sichtfeld eine absolute Notwendigkeit für die Ausführung von speziellen Tätigkeiten darstellt. Seit Anfang 2012 ist in den Medien eine gesteigerte Aufmerksamkeit für die zeitnahe Umsetzung solcher Konzepte für Massenmärkte zu beobachten - insbesondere seit der Ankündigung des Internetunternehmens Google zur geplanten Vermarktung von ersten Endverbraucherprodukten im Jahr 2013. Mit der Ankündigung von Project Glass 2 wagte Google als erstes größeres Unternehmen im April 2012 den Schritt, eine massenmarktfähige Endverbrauchertechnologie für die erweiterte Realität anzukündigen. Project Glass ist ein tragbares Brillendisplay, welches nahe an den Funktionalitäten heutiger Smartphones konzipiert wurde und in der Evolution von Informations- und Kommunikationstechnologien den nächsten Schritt auf dem Weg der Transformation in die digitale Informationsgesellschaft einleiten soll. Es soll alle wichtigen Kommunikationsfunktionen beherrschen, sowie immersive Navigation, Videoaufzeichnungsfunktionen und Zugang zum mobilen Internet bieten. Damit ersetzt es zwar nicht das Smartphone, bietet jedoch erhöhte Flexibilität und Erleichterungen: das Interface kann vollständig ohne die Benutzung der Hände gesteuert werden, per Sprache für Texteingaben und per Kopfbewegungen für Cursoreingaben. Informationsabfragen werden darüber hinaus beschleunigt, da das Gerät direkt im Sichtfeld platziert ist und Applikationen durch eine kurze Kopfbewegung aktiviert werden können. Durch die Regulation des angezeigten Displayausschnittes durch Kopfbewegungen ist ausserdem ein vollständig skalierbares panoramisches Display simulierbar. Neben Google reagierten auch andere Hersteller von Kommunikations-, Medien- und Informationstechnologien - darunter

2 Ankündigung von Project Glass vom 05. April 2012 <http://www.zeit.de/digital/mobil/2012-04/google-project-glass-brille>.

Apple (Juli 2012)³, Brother (April 2012)⁴, Olympus (Juli 2012)⁵ und Sony (Juni 2012)⁶ - auf die gesteigerte Aufmerksamkeit des Themas in den Medien und kündigten jeweils eigene Konzepte oder Patente in diesem Bereich für die zeitnahe Vermarktung an.



Bild 1: Google Project Glass

1.2 Problemstellung und Forschungsfrage

Ein enges Zusammenspiel von intelligenter Bildszenenanalyse, onlinebasierter Datenabfrage und visueller Immersion birgt ebenso viele Risiken wie Potentiale und wirft eine Reihe von zentralen Gestaltungsfragen auf. Eine breite Diffusion von diesen Technologien würde zu einer Grenzverschiebung zwischen Kommunikations-, Bildverarbeitungs- und Informationsmedien führen und gesellschaftliche Gestaltungsthemen wie dem Schutz der Privatsphäre oder den Umgang mit digitalen Identitäten grundsätzlich neu definieren. In der Debatte um die Konvergenz und Divergenz von Kommunikations- und Medientechnologien spielen diese Konzepte eine zentrale Rolle. Sobald sich die erste der vielen Varianten als alltäglicher Begleiter durchsetzt, nähert sich die Gesellschaft dem, was unter dem Begriff der Mediated Reality schon seit etwa 20 Jahren beschrieben wird:

“Mediated Reality bedeutet, das Auge wird sowohl zur Kamera, als auch zum Bildschirm und Medium. Das heisst in der Folge, dass man die Realität als eine von vielen Optionen betrachtet, verschiedene Kontexte schneller versteht und diese einfacher zu modifizieren erlernt.”

3 siehe <http://www.bgr.com/2012/07/05/apple-project-glass-eyewear-display-patent/>

4 siehe <http://www.gizmodo.de/2012/04/18/brother-beginnt-in-japan-mit-dem-verkauf-seiner-datenbrille-airscouter.html>

5 siehe <http://www.golem.de/news/olympus-displaybrille-im-stil-von-project-glass-1207-93003.html>

6 siehe <http://crave.cnet.co.uk/gadgets/sony-making-project-glass-rival-specs-share-data-by-ogling-50008365/>

Steve Mann, Gründer des Wearable Computing Lab am Massachusetts Institute of Technology, in einem Interview vom Juni 2012



Trotz des disruptiven Charakters einer möglichen soziotechnologischen Transformation sind in akademischen Publikationen selten transdisziplinäre Studien zu finden, die sich mit der langfristigen Zukunft dieser Transformation beschäftigen. Empirische Studien und theoretische Arbeiten zum Thema beschränken sich meist auf eine Beschreibung möglicher Anwendungen oder Definitionen der erweiterten Realität aus Sicht gegenwärtiger Technologien. Im Sammelband *Handbook auf Augmented Reality* (Furth, 2011) ist der gegenwärtige Stand der Literatur grösstenteils abgebildet: eine umfassende Liste von Studien und Beiträgen des vergangenen Jahrzehnts, welche sich mit technischen Details und Anwendungsfällen der Gegenwart auseinandersetzen, ohne auf die zentrale Frage der zukünftigen Evolution und Massenmarktfähigkeit von Schlüsseltechnologien der erweiterten Realität einzugehen. Aus dem Mangel an fundierten Theorien zur langfristigen Zukunft von Technologien der erweiterten Realität ergibt sich die Notwendigkeit einer explorativen Zukunftsstudie. Es stellt sich vor allem die Frage, welche Varianten der aktuell diskutierten Konzepte überhaupt eine realistische Chance als Endverbraucherprodukt haben und wann sowohl die nötigen Teiltechnologien marktreif sind, sowie zentrale Markttreiber zu einer breiten Marktdurchdringung solcher Technologien führen könnten. Die zentrale Forschungsfrage der Arbeit lautet:

Welche Technologien und Märkte spielen langfristig gesehen eine Schlüsselrolle bei der Evolution von Eyeware zum Massenprodukt und wie kann diese verlaufen?

Um diese Fragen zu beantworten wurden die Konzepte der Science Fiction näher analysiert und als Ausgangspunkt verwendet, um im Abschluss zu erörtern, welche Designkriterien dazu führten, diese Prototypen für die nächste Generation von mobilen Endgeräten anderen Interfaces vorzuziehen, welche Technologien und Konzepte schon heute zu diesen Visionen beitragen und mit welchen Evolutionsschritten zu rechnen ist.

2. Science Fiction und Wissenschaft



Bild 2: Computergestützte Sicht der Umwelt im Spielfilm Terminator 2.

“... Nein, es ist kein größerer technologischer Durchbruch mehr erforderlich – nur ein weiterer Schritt. ...”

Daniel Suarez, Autor des Science Fiction Romans *Darknet*

In der erweiterten Realität wird die sensorische Wahrnehmung der Umwelt computergestützt verändert. Das Spiel mit der Sinneserweiterung durch Computertechnologien hat eine lange historische Tradition: so entstand bereits 1957 das *Sensorama*, eine vollständige Illusion einer alternativen Realität in 3D (Bild 3).



Bild 3: Sensorama von Morton Heilig



Bild 4: Telesphere Mask

Die Beschränkung, dass der Zuschauer bei der Erfahrung alternativer Welten an einen Stuhl gebunden war, führte im Jahr 1960 zur Entwicklung der Telesphere Mask (Bild 4). Diese gilt heute als das erste tragbare Display für vollständig immersive Scheinwelten in 3D. Gegenwärtig

existieren virtuelle Welten als Parallelwelt zur physischen Realität, beispielsweise in Form von Fernsehprogrammen oder Computerspielen. Die erweiterte Realität wird von ihren Vertretern als nächste Stufe der virtuellen Realität beschrieben.

“Virtual Reality is like a blindfold, it blocks us from seeing the real world. Mediated reality modifies what we see. In so doing it is a device to communicate. [...] The GPU becomes the heart of the whole system. I see three areas evolve: computation/communication/imaging and at that intersection I try to create new devices.”

Steve Mann zu seinem ARS *Eyetaq* ⁷

Für die digital erweiterte Wahrnehmung und Interaktion mit der Realität wird ein Medium zwischen dem Nutzer und seiner Umwelt benötigt: ein digitales Display, durch das die Umwelt mit digitalen Elementen angereichert und modifiziert werden kann. Das Display ist entweder in einem statischen Sichtfenster integriert, beispielsweise der Windschutzscheibe eines Autos (Head-Up-Display), oder es wird am Kopf befestigt und dadurch direkt vor dem Auge getragen (Head-Mounted Display). Aufgrund der zentralen Rolle, welche diese Displays zur Erweiterung der Realität einnehmen, werden diese auch als Augmented Reality Systeme (ARS) bezeichnet. Bevor die wichtigsten Einsatzgebiete und technologischen Funktionsweisen von ARS näher beschrieben werden, wird deren Funktionsweise und Anwendung durch einen Exkurs in die Fiktion plastisch veranschaulicht.

2.1 Augmented Reality Systeme in der Fiktion

Im Folgenden seien sowohl einige ältere als auch neuere Beispiele für ARS in der Fiktion genannt, welche die narrative Auseinandersetzung mit erweiterter Realität übersichtlich zusammenfassen. Diese Beispiele haben in Kreisen von begeisterten Fans und Entwicklern zu Erwartungen an die erweiterte Realität geführt, die bei Forschung und Entwicklung dieser Produkte bis heute wegweisend sind.

2.1.1 Terminator (Erscheinungsjahr: 1984)

Wegberechnung in Verfolgungssituationen, Handschrifterkennung, schneller Erwerb von episodischem Wissen über die Bedienung von unbekanntem Objekten, Fahrzeugauswahl, Nachtsicht, Szenenanalyse und Warnung vor Bedrohung, Identifikation und Anzeige von Navigationswegen sind nur einige der Funktionen, die in *The Terminator*, *Terminator 2* und *Terminator 3* dargestellt werden.

7 www.youtube.com/watch?v=DiFtmrpuwNY

2.1.2 They Live (Erscheinungsjahr: 1988)



Bild 5:They Live.

Die Datenbrille im Film *They Live* zeigt den Menschen die Wahrheit. Wer keine dieser Brillen besitzt, lebt in der Traumwelt, dass die Menschen in der Umgebung tatsächlich Menschen sind. Tatsächlich sind die Menschen in dieser Welt Aliens, deren Wesen erst durch die Brille sichtbar wird.

2.1.3 Iron Man 2 (Erscheinungsjahr: 2010)



Bild 6: Iron Man Interface.



Die vielfältigen Funktionsweisen eines holografische Interfaces werden im Science Fiction Film *Iron Man 2* veranschaulicht. Mit diesem Interface können digitale Informationsfenster und plastische Datenobjekte im gesamten Raum angeordnet, bewegt und modifiziert werden. Die Elemente sind außerdem komplett skalierbar, was verglichen mit Interaktionen an zweidimensionalen Bildschirmen einen hohen Gewinn an Flexibilität für Situationen bedeutet, in denen Multitasking eine grosse Rolle spielt. Besonders komplexe Informationsobjekte, wie beispielsweise die Repräsentation einer chemischen Molekülstruktur, sind durch ein holografisches Interface spielerisch erforschbar. Wird dieses Interface als ARS eingesetzt, eröffnet es zusätzliche Funktionen zur Interaktion mit realen Objekten oder seiner Umgebung.

2.1.4 Heavy Rain (Erscheinungsjahr: 2010)



Bild 7: Heavy Rain Interface für digitale Spielwelten.



Auch Computerspiele wie das Spiel *Heavy Rain* des Verlags *Quantic Dream* tragen weiterhin zu einer Konkretisierung der Vision von ARS bei. Im abgebildeten Beispiel ist zu sehen, wie der Protagonist mit einem digitalen Objekt spielt, als wäre es real. Er hält einen Ball in der Hand, den er im Raum werfen kann. Dieser Ball findet immer wieder seinen Weg zurück zum Protagonisten. Darstellungen wie diese sind Teil der Vision eines holografischen Interfaces, welches Bildobjekte so immersiv und realistisch im dreidimensionalen Raum darstellen kann, dass Realität und virtuelle Welten vollständig verschmelzen. Gleichzeitig ist zu sehen, dass die Hand in dieser Welt die digitalen Objekte frei bewegen und manipulieren kann, als würden diese haptisch greifbar sein. Diese Arten von fiktionalen Darstellungen sind für die Forschung zu Gestenerkennung und digitaler Haptik von hoher Relevanz.



Bild 8a: Heavy Rain Interface für räumliche Texturveränderung.



In einer weiteren Szene des selben Computerspiels wird ein weiterer wichtiger Aspekt von ARS visualisiert: die Modifikation der Realität durch Veränderung deren Textur. So kann ein gesamtes Bürozimmer in einen tropischen Urwald oder eine Wüste verwandelt werden. Während gegenwärtig nur immersive Interfaces für virtuelle Realitäten vorhanden sind, existiert derzeit noch kein Produkt, welches die vollständige und nahtlose Modulation von realen Texturen durch digitale Elemente ermöglichen würde. Um dies zu ermöglichen, müssen die Brillen die Umgebung vollständig abtasten können, bevor die Flächen durch digitale Texturen ausgetauscht werden. Diese Bedingung führte zu grossen Forschungsförderungsinitiativen in den letzten 5-10 Jahren, beispielsweise für die Entwicklung von Bildszenenanalysetechniken, die ohne Hilfen wie Identifikationsmarker auskommen und den Raum nur auf Basis von Bewegungsmustern und Okklusion erfassen können.

2.1.5 Black Mirror (Erscheinungsjahr: 2011)



Bild 8b: Augenimplantat in der Serie Black Mirror



In der Episode *The Entire History of You* der dreiteiligen TV-Serie *Black Mirror* benutzen die Protagonisten ihre Augenimplantate zur ständigen Aufzeichnung aller Lebensmomente, so dass diese später wiederholt, vor- und zurückgespult werden können.

2.1.6 Sight (Erscheinungsjahr: 2012)



Bild 9: Sight.



In diesem Kurzfilm wird das Leben zum Spiel. Alle Objekte andere Menschen in einer sozialen Interaktion enthalten Informationen. Der Protagonist erhält durch Gesichtserkennung und automatischer Interpretation emotionaler Verhaltensweisen hilfreiche Tipps für die perfekte Reaktion auf den Gesprächspartner direkt ins Sichtfeld angezeigt. Modernere Darstellungen von ARS sind im Vergleich zu den historischen Beispielen, welche dem Protagonisten Superkräfte verleihen, oft eher dystopisch und möglicherweise als warnende Reaktion auf einen unreflektierten Umgang mit zukünftigen ARS zu verstehen.

2.1.7 Erweiterte Realität in der Literatur

Auch in der Science Fiction Literatur sind ARS oft zentraler Bestandteil der Erzählung. So experimentieren Menschen im Roman *Spool Country* von William Gibson beispielsweise mit Geohacking, der Nutzung von GPS und 3D Grafiktechnologien, für digitale Kunst in physischen Räumen, in den Romanen *Rainbows End* und *Daemon* des Autors Daniel Suarez entsteht auf Basis der erweiterten Cyberspace eine ganze Ökonomie digitaler Artefakte, welche die Menschen in dieser Welt tauschen und zur eigenen Profilierung im System verwenden. In *Revelation Space* von Alastair Reynold wird die gesamte natürliche Wahrnehmung der Charaktere subtil und Schritt

für Schritt durch die virtuelle Wahrnehmung ersetzt, bis diese sich vollständig in einer Welt befinden, die letztendlich zu einer zunehmenden Abkapselung von der physischen Aussenwelt führt.

2.2 Forschung und Entwicklung an Augmented Reality Systemen

Die breite Rezeption dieser eben dargestellten fiktiven Prototypen durch populäre Medien - insbesondere von solchen, die als stark wünschenswert porträtiert wurden - wird begleitet von einer stärkeren Vernetzung und Institutionalisierung von Forschung und Entwicklung zu ARS in den letzten Jahren, was an einer Zunahme von Förderrichtlinien, Standardisierungsgruppen und regelmäßig tagenden Symposien zum Thema festzumachen ist.

2.2.1 Wearable Computing

Das International Symposium on Wearable Computers tagt seit 1997 in verschiedenen Städten weltweit, beschäftigt sich mit Computertechnologien, welche am Körper getragen werden und dadurch eine ständige Begleiterrolle im Alltag einnehmen und dient der Vernetzung an Schnittstellen der Forschung, Produktentwicklung, Modedesign, Textilfabrikanten und Nutzern dieser Technologien. Im Jahr 2012 wurde als expliziter Themenschwerpunkt die Inklusion von Mobiltelefonen und deren Anwendungsmöglichkeiten gewählt - mit der Begründung, dass diese bis dato die erfolgreichsten Wearable Computer sind⁸. WearItAtWork ist ein Programm für die Förderung von industriellen Anwendungen für Wearable Computing und dient vor allem der Akzeptanzforschung in klinischen Situationen, industriellen Produktionsprozessen und bei Wartungsarbeiten⁹.

2.2.2 Augmented Reality

Im Bereich von Augmented Reality sind das Augmented Reality Event¹⁰ und das International Symposium on Mixed and Augmented Reality¹¹ zu erwähnen. Diese beiden Symposien laden regelmässig ein breites Publikum ein, von Science Fiction Autoren bis Interaktionsdesignern und Ingenieuren von Augmented Reality Systemen. Aktuelle grosse Förderungen im Themenbereich Augmented Reality sind beispielsweise die EU Förderrichtlinie Venturi für Konzepte, welche Immersion in Human-Computer-Interfaces (HCI) erforschen¹² oder das Förderprogramm Augmented Reality in School Environments (ARiSE), welches einen Fokus auf den Einsatz von ARS für räumliches Lernen im Bildungswesen hat¹³. Im Bereich von Augmented Reality sind inzwischen auch Standardisierungsgruppen und internationale Standards entstanden, wie

8 siehe <http://www.iswc.net/iswc12/program.html>

9 siehe <http://www.wearitatwork.com/home/the-project/project-status/>

10 siehe <http://augmentedrealityevent.com>

11 siehe <http://www.ismar11.org/>

12 siehe <https://venturi.fbk.eu/documents/2012/06/deliverable-d2-3-1.pdf>

13 siehe <http://www.arise-project.org/>

beispielsweise die seit 2010 tätige Standard for Systems Virtual Components Working Group¹⁴, der ISO Standard "Information technology -- Media context and control -- Part 4: Virtual world object characteristics" des Jahres 2008¹⁵, die ebenfalls seit 2008 tätige Immersive Education Technology Group¹⁶ oder das seit 2009 existierende Virtual World Region Agent Protocol¹⁷.

14 siehe <http://en.wikipedia.org/wiki/IEEE>

15 siehe <http://en.wikipedia.org/wiki/ISO>

16 siehe <http://immersiveducation.org/>

17 siehe <http://en.wikipedia.org/wiki/IETF>

3. Technische Umsetzung der erweiterten Realität



Bild 10: Entwicklung der Head-Mounted Displays von Steve Mann seit 1980.

Im letzten Kapitel wurde die Bedeutung und Gestalt der erweiterten Realität mittels eindrücklichen Beispielen veranschaulicht. In diesem Kapitel soll die Frage beantwortet werden, auf welche Art und Weise erweiterte Realität technisch umgesetzt werden kann. Hierzu ist eine Definition hilfreich, welche einen Rahmen für die technischen Kriterien an ein Augmented Reality System setzt. Die meistzitierte Definition von Augmented Reality ist die des Vorsitzenden des International Symposium for Mixed and Augmented Reality, Ronald Azuma (1997). Diese weist drei wesentliche funktionelle Charakteristika als notwendige Kriterien für erweiterte Realität auf:

- Eine Kombination realer und virtueller Bilddaten
- Interaktivität in Echtzeit
- Dreidimensionale Registrierung (direkter visueller Bezug) von virtuellen und realen Objekten

Eine weiter gefasste Definition nach Milgram (1994) schliesst zudem noch den Aspekt der Sinneserweiterung mit ein (beispielsweise durch Radar-, Infrarot- oder Distanzmessungsfunktion).

Eine vollständige Taxonomie für die vielfältigen Anwendungsfälle von erweiterter Realität liefern Hugues, Fuchs & Nanipieri (2011), siehe Bild 11. Diese Taxonomie soll im weiteren Verlauf als Klassifizierung der Anwendungsfälle dienen, wo eine genaue Einordnung eines konkreten Anwendungsbeispiels nötig ist.

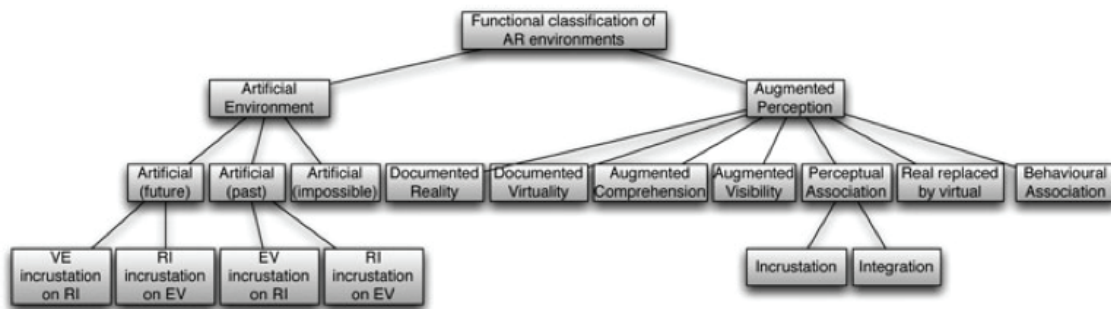


Bild 11: AR Taxonomie nach Hugues, Fuchs & Nanipieri (2011)

3.1 Design und technischer Aufbau eines Augmented Reality Systems

Für die volle Funktionalität als Interface zur realistischen Interaktion mit virtuellen und realen Bilddaten, die in Echtzeit zueinander registriert sind, werden in einem Augmented Reality System drei funktionale Einheiten benötigt: ein Trackingsystem, ein Bildszenengenerator und ein Anzeigegerät.

3.1.1 Trackingsystem

Das Trackingsystem dient der Positionsbestimmung des Nutzers in Relation zu seiner Umwelt. Als sensorischen Input für das Trackingsystem dienen je nach konkretem Design beispielsweise Kopfbewegungen oder Tiefensensoren. Eine Kopfbewegung des Nutzers wird vom Trackingsystem registriert und an den Bildszenengenerator übermittelt. Die Anforderungen an das Trackingsystem in einem Augmented Reality System sind im Vergleich zu immersiven virtuellen Umgebungen sehr strikt, denn selbst wenn geringe Verzögerungen an den Bildszenengenerator in der Übermittlung der Registrierungsdaten auftreten, entsteht bereits die Wahrnehmung der verzögerten Registrierung. Dies drückt sich dann in virtuellen Bildobjekten aus, die - beispielsweise bei einer schnellen Kopfbewegung - hinter der Realität zu "schwimmen" scheinen, aber nie perfekt mit dieser zusammenhängen.

3.1.2 Bildszenengenerator / GPU

Der Bildszenengenerator oder die Graphics Processing Unit (GPU) ist für die Erzeugung virtueller Objekte zuständig. Dies ist die komplexeste funktionale Einheit des Systems, denn es müssen alle grafischen Parameter wie Helligkeit und Kontrast, Lagebestimmung, Grösse und Farbgebung in Echtzeit berechnet und an das Anzeigegerät übermittelt werden. Die GPU ist zentraler Energiekonsument des Systems.

3.1.3 Anzeigegerät

Im Anzeigegerät wird das Resultat der Berechnung des Bildszenengenerators ausgegeben. Die wichtigste Anforderung an das Anzeigegerät ist eine hohe Auflösung, denn diese bestimmt, wie

detailreich die gesamte Darstellung ausgestaltet werden kann. Im Bereich von Anzeigegeräten für Augmented Reality Systeme werden regelmäßig Fortschritte in der Miniaturisierung und Steigerung der Auflösung erzielt.

3.1.4 Optische See-Through Systeme und virtuelle See-Through Systeme

Die Erweiterung der physischen Welt um virtuelle Elemente direkt im Sichtfeld geschieht entweder durch optische See-Through Systeme (unterstützt durch semitransparente Brillengläser, welche das einfallende Licht der Umwelt modulieren) oder virtuelle See-Through Systeme (unterstützt durch vollständig abgedunkelte Brillengläser, welche durch eine Kombination aus externer Kamera und stereoskopischem Bildschirm eine virtuelle Echtzeitabbildung der Umwelt anzeigen). Ein wesentlicher Vorteil der optischen See-Through Systeme liegt darin, dass die reale Umwelt in voller Auflösung wahrgenommen werden kann und Stromunterbrechungen nicht zu einem vollständigen Blackout führen. Ein virtuelles See-Through System hingegen benötigt eine externe Kamera, welche die Umgebung aufzeichnet und an den Bildszenengenerator übermittelt. Hier findet im Anschluss ein Compositingverfahren statt, welches virtuelle und reale Objekte überlagert, bevor diese als Gesamtbildszene an das Anzeigegerät übermittelt werden. Verzögerungen und Helligkeitsunterschiede zwischen virtueller und physischer Realität können hierdurch perfekt ausgeglichen werden. Dieser Prozess ist allerdings sehr ressourcenintensiv und die Darstellung der realen Bildelemente wirkt aufgrund der Darstellung über einen Videostream immer weniger realistisch, als die Realität selbst. Obwohl virtuelle See-Through Systeme auf kurze Frist die bessere Alternative zur Umsetzung einer realistischeren Immersion in Echtzeit bleiben (eine ausführlichere Begründung liefern Zhou, Duh & Billinghurst 2008, S. 5), vertreten einige Experten die Position, dass optische See-Through Systeme sich als Endkonsumentenprodukt langfristig durchsetzen müssten (Abrash, 2012). Als Hauptargument für diese These wird angeführt, dass bei den meisten alltäglichen Aktionen und sozialen Interaktionen eine Verdunklung des Sichtfeldes auf geringe soziale Akzeptanz stossen würde.

3.2 Varianten von Augmented Reality Systemen

Für die visuelle Darstellung von digitalen Elementen im dreidimensionalen physischen Raum existieren nach Zhou, Duh & Billinghurst (2008) drei qualitativ unterschiedliche Möglichkeiten: erweiterte Realität auf mobilen Endgeräten (Mobile Augmented Reality Systeme), erweiterte Realität über Tageslichtprojektion (Spatial Augmented Reality Systeme) und erweiterte Realität auf Head-Mounted Displays (Wearable Augmented Reality Systeme). Zur Beschreibung der wesentlichen qualitativen Unterschiede zwischen diesen drei Möglichkeiten der Umsetzung folgt ein Vergleich.

3.2.1 Mobile Augmented Reality (MAR) Systeme

Tablet Computer und Smartphones bieten bereits alle Funktionen eines vollwertigen Augmented Reality Systems: Display, Tracking und Computation. Differenzierende qualitative Charakteristika

von MAR Systemen sind deren hohe Mobilität und Möglichkeit zur holographischen Darstellung von Bildobjekten im dreidimensionalen Raum, sowie deren physische Limitation durch deren feste Bildschirmdiagonale. Erweiterte Realität auf heutigen mobilen Endgeräten (Smartphones) wird per Video See-Through umgesetzt. Die für erweiterte Realität notwendigen sechs Freiheitsgrade werden erreicht durch eine Kombination aus Beschleunigungssensor und Gyroskop. Mobile Endgeräte mit Kamera sind inzwischen weit verbreitet und stellen damit das erste ARS dar, welches als Massenprodukt bereits verfügbar ist. Die physische Limitation mobiler Endgeräte durch die Notwendigkeit diese per Hand zu positionieren, begrenzt deren Einsatz für Anwendungen der erweiterten Realität jedoch stark. Darüber hinaus nennt Feiner (2011) einen weiteren Grund, weshalb erweiterte Realität auf diesen Geräten keine grosse Diffusion erfährt: Kameras von Smartphones sind in der Regel Weitwinkelkameras und verzerren deshalb das Bild der Realität stark.

3.2.2 Spatial Augmented Reality Systeme

Die zweite Möglichkeit zur Darstellung von digitalen Informationen in physischen Räumen ist Spatial AR. Mit Projektoren werden digitale Informationen auf physischen Flächen dargestellt. Eine wichtige Implikation solcher Systeme ist, dass sie nicht auf einen einzigen Nutzer beschränkt sind, sondern einer ganzen Gruppe von Nutzern ermöglichen, gemeinsam mit diesen Flächen zu interagieren. Ein weiterer Vorteil von Spatial AR ist die hohe Bildauflösung und Skalierbarkeit dieser Systeme durch den Einsatz mehrerer Projektoren. Dahingegen sind wesentlichen Nachteile von Spatial AR die niedrige Helligkeit und Notwendigkeit einer physischen Fläche als Projektionsmedium. Dies bedeutet, dass Bildelemente nicht mitten im Raum dargestellt werden können, wie dies bei Handheld und Head-Mounted AR Displays der Fall ist (Raskar, Weich, Fuchs, 1998). Differenzierende qualitative Charakteristika von SAR Systemen sind deren relativ hohe Bildauflösung im Vergleich zu den beiden anderen Varianten von AR Systemen, sowie deren Limitation, gegeben durch die Notwendigkeit einer Projektionsfläche, keine Darstellung von Informationen im dreidimensionalen Raum zu ermöglichen. Ein Beispiel für die Nutzung von Flächen als Projektionsmedium ist das Sydney Opera House Urbanscreen Projekt.



Hier werden Flächen nicht nur durch virtuelle Elemente überlagert, sondern um diese erweitert. Es entsteht der Eindruck einer bildhaften Verformung der Fassade des Sydney Opera House.

3.2.3 Wearable Augmented Reality Systeme

Die dritte Möglichkeit und Gegenstand dieser Arbeit sind Wearable Augmented Reality

Systeme. Diese Systeme haben gemein, dass sie in der Lage zu holografischer Projektion in den dreidimensionalen Raum sind und - theoretisch - zu vollständiger Immersion. Differenzierendes Charakteristikum im Vergleich zu den anderen beiden genannten Alternativen ist vor allem deren verhältnismäßig niedrige Bildauflösung.

Typ	Hands-Free	Dimensionalität	Kollaboration	Immersion
Smartphone / Tablet	Nein	Holographisch	Private Nutzung	Nein
Projection Mapping	Ja	Flächen	Gemeinsame Nutzung	Ja
Display Surface	Ja	Flächen	Gemeinsame Nutzung	Ja
Head-Mounted Display	Ja	Holographisch	Private & gemeinsame Nutzung	Ja

Tabelle 1: Varianten von Augmented Reality Systemen. Eigene Darstellung.

3.3 Smartphones als Markttreiber für Head-Mounted Displays



Bild 12: Our Mobile Planet Studie. Google, 2012.

Nach mehr als zwei Jahrzehnten der Forschung zur erweiterten Realität sind die Technologien, die für ein Augmented Reality System benötigt werden, sowie erste Applikationen für die visuelle Suche (z.B. Google Local Search, Google Goggles) durch Smartphones in Massenmärkten angekommen. Mit fast 50% Marktpenetration in den US¹⁸ und den EU5 Staaten Frankreich, Deutschland, Italien, Spanien und Grossbritannien¹⁹ haben Smartphones inzwischen eine Vorreiterrolle als potentielle Markttreiber für Augmented Reality Applikationen. Bereits heute gibt es einige Anwendungen, die der erweiterten Realität zugeordnet werden können,

18 siehe <http://techcrunch.com/2012/08/01/comscore-us-smartphone-penetration-47-in-q2-android-remains-most-popular-but-apples-growing-faster/>

19 siehe http://www.comscore.com/Press_Events/Press_Releases/2012/5/EU5_Map_Usage_via_Smartphone_Growing

welche schwer aus dem Alltag vieler Nutzer wegzudenken sind. Die Möglichkeit, per GPS und onlinebasiertem Kartenmaterial navigieren zu können oder ortsbasierte Suchdienste sind zwei Beispiele hierfür.

Es stellt sich also die Frage, weshalb Smartphones nicht bereits als Interface für die erweiterte Realität ausreichen und parallel an Tageslichtprojektion und Head-Mounted Displays geforscht wird. Im Falle von Tageslichtprojektoren ist die Antwort relativ schnell gegeben. Diese haben im Vergleich zu Smartphones und HMDs einen entscheidenden Nachteil, der sie als Endverbraucherprodukt für erweiterte Realität disqualifiziert: es gibt keine Möglichkeit der Darstellung privater Informationen. Für den Einsatz in kollaborativen Gruppensituationen stellt dies kein Problem dar, aber für den Einsatz als privates ARS für den Einzelnutzer scheiden Tageslichtprojektoren aus. Im Falle des Vergleichs zwischen Smartphones und Head-Mounted Displays ist folgende Feststellung von zentraler Bedeutung: auch wenn Smartphones als tragbare Technologie gewertet werden können, sind sie nicht so immersiv und flexibel wie Head-Mounted Displays. Die Vorteile und qualitativen Merkmale von HMDs gegenüber anderen AR Systemen sind im späteren Kapitel der Roadmap noch genauer beschrieben. Das Smartphone bietet zudem keine Möglichkeit zur Trennung von Display und Interface, wodurch die Hände bei der Benutzung nicht frei bleiben und für andere Aktionen zur Verfügung stehen. Ein Review von Publikationen der letzten 10 Jahre des International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR) schlussfolgert, dass HMDs hinsichtlich Bildauflösung, Gesichtsfeld, Rechengeschwindigkeit, Ergonomie, Größe und Gewicht noch grosse Fortschritte machen müssen, um überhaupt als "viable system" (also ein System, das sich für den mobilen Einsatz eignet) bezeichnet werden zu können. Diese Fortschritte seien aber zu erwarten, wenn diese auch sehr langsam vonstattengehen (Zhou, Duh & Billinghurst, 2008).

4. Head-Mounted Displays der letzten 50 Jahre

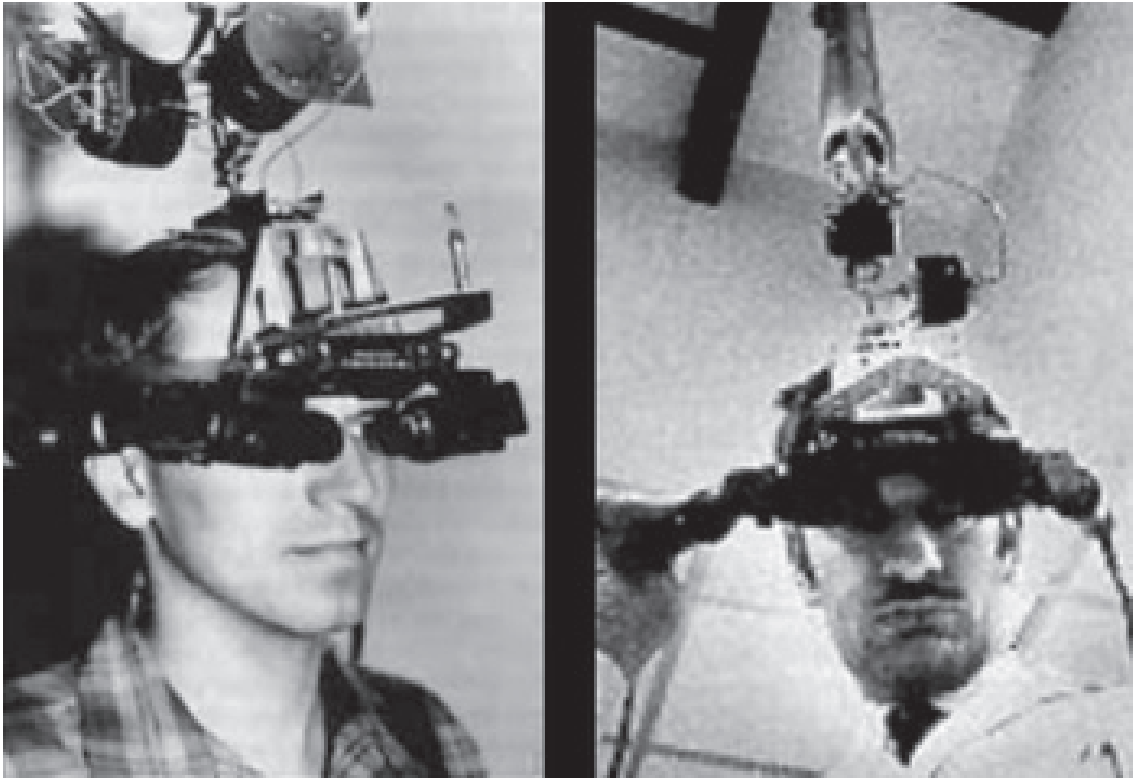


Bild 13: Ivan Sutherland und seine ersten Prototypen von HMDs der 1960er Jahre.

Augmented Reality Systeme haben eine Vielzahl von möglichen Anwendungsgebieten. In den letzten 50 Jahren und bis vor Kurzem waren diese jedoch stark beschränkt auf Situationen, in denen Marker eine Lokalisation des Nutzers ermöglichten. Ohne im Raum platzierte Marker war es für das System gar nicht möglich, anhand visueller Merkmale der Umgebung zu erkennen, wo sich der Nutzer befindet und in welche Richtung er blickt. Hierfür war das Feld der Bildszenenanalyse noch nicht fortgeschritten genug. Demzufolge konnte der Szenengenerator auch keine sinnvollen visuellen Ansichten von virtueller und realer Umgebung anzeigen. Selbst heute sind viele der militärischen Produkte noch an diese Marker gebunden. In den Bereichen kommerzieller Produkte und Produkten für Endkonsumenten findet in dieser Hinsicht allerdings aktuell ein schneller Wandel statt. Trackingkomponenten bedienen sich hier inzwischen auch anderer, sogenannter markerloser, Trackingtechniken, um die Umwelt akkurat zu erfassen und in dreidimensionale Tiefendaten zu übersetzen.

4.1 Einsatz von Head-Mounted Displays im Militär

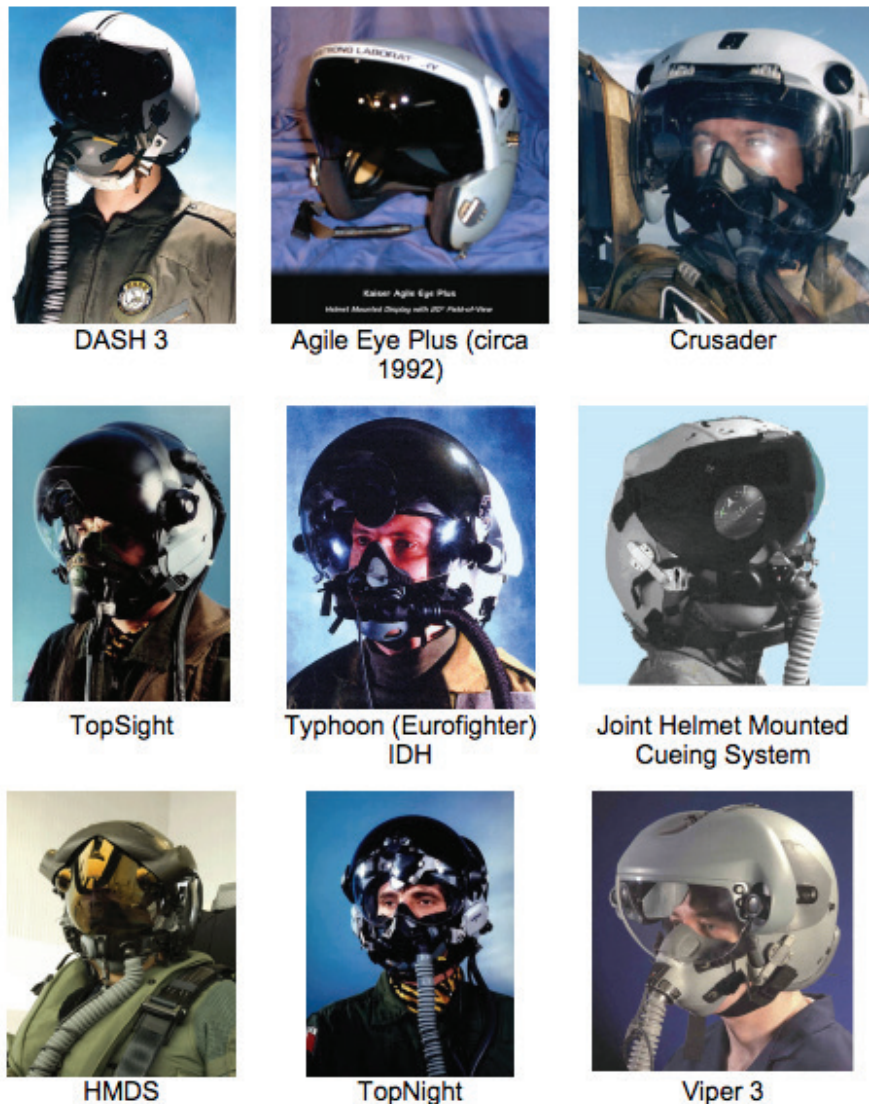


Bild 14: verschiedene Head-Mounted Displays für Kampffetpiloten

Der militärische Einsatz führte die Entwicklung von Head-Mounted Displays an. Seit etwa 1970 wurden HMDs für Navigation und kontextbezogene Daten, Zielfindung, Nachtsicht, Sicherheit und Überwachung, Simulation und Training, Wartung und Inspektion, sowie die Fernsteuerung von Fahrzeugen auf Sicht eingesetzt. In Flugzeugsystemen beispielsweise helfen die HMD-Systeme dem Pilot eines Kampffjets, sich auf das Sichtfeld zu fokussieren und nicht vom Bordinstrumentarium abgelenkt zu werden. Relevante kontextbasierte Informationen sind beispielsweise typische Indikatoren eines Cockpits, etwa zu Geschwindigkeit, Flughöhe oder Tankfüllung. Auch taktische Informationen, wie die Bereitschaft des Waffensystems bezüglich feindlicher Ziele, können angezeigt werden. In einigen Systemen kann der Pilot Ziele sogar anvisieren, indem er seine Augen auf das Ziel richtet.

Ein Beispiel für einen Simulator für den militärischen Einsatz ist das Sim Eye XLI00A. Mit diesem können Soldaten beispielsweise gemeinsam eine virtuelle Kampfzone betreten und sich mit dem Terrain vertraut machen. Als Grundlage für die Simulation werden Satellitenaufnahmen oder Kartenmaterial des Terrains verwendet und mit virtuellen Elementen, wie Gebäuden, angereichert. Die Soldaten werden dann in einer Trainingssituation auf potentielle Angreifer vorbereitet und können strategisch günstige Positionen in dem Simulationsraum erkunden.

4.2 Kommerzieller Einsatz von Head-Mounted Displays



Bild 15: AirScouter von Brother.



Eines der wichtigsten kommerziellen Anwendungsgebiete für Head-Mounted Displays ist die Unterstützung von computergestützten Design- (CAD) und Engineeringprozessen (CAE). Im medizinischen Bereich helfen HMDs bei der Unterstützung von Operationen durch Visualisierung von kontextuellen Daten direkt am Patienten. Bei industriellen Wartungs- und Reparaturarbeiten können Prozessschritte und Pläne direkt am Gerät angezeigt werden.

4.3 Computergestütztes Design (CAD) und Engineering (CAE)

Ein Beispiel eines HMD für den Einsatz in CAD/CAE-Prozessen ist das Modell AirScouter von Brother. AirScouter ist ein transparentes Display, das Bilder im Sichtfeld anzeigt, indem es ambiente Lichtpartikel direkt auf die Retina projiziert. Dieses Design stellt eines der fortschrittlichsten optischen HMDs dar, denn es lenkt durch ein transparentes Sichtfeld minimal von der Umgebung ab und überlagert kontextuelle Informationen, ohne störend zu wirken.

Ein Flugzeugmechaniker kann so beispielsweise direkt im Sichtfeld sehen, welche Flugzeugteile

einer Wartung unterzogen werden müssen, welche Werkzeuge benötigt werden und in welchen Schritten die Wartung vollzogen wird. Dies reduziert die Zeit, die ein Ingenieur braucht, um sich mit der Situation vertraut zu machen und die relevanten Informationen in einem Handbuch nachzuschlagen. Zusätzlich können Arbeitsergebnisse fotografiert oder per Video aufgezeichnet und direkt vom Arbeitsplatz an Experten an einem anderen Ort übermittelt werden. Diese sind daraufhin in der Lage, Feedback zum Arbeitsfortschritt zu geben oder Hilfestellung bei der Lösung eines Problems zu leisten und durch weitere visuelle Annotationen Anmerkungen zum Prozess hinzuzufügen, die für Wiederholungen der selben Prozessschritte durch einen anderen Ingenieur hilfreich sein könnten. Aus dieser Interaktion zwischen Experte und Ingenieur können so ganze Prozessdokumentationen auf iterative Art und Weise erstellt werden. Diese Prozessdokumentationen sorgen für weniger fehleranfällige Prozesse durch deren kontinuierliche Optimierung im Einsatz mit dem Ingenieur. Die Annotation und Visualisierung von realen Elementen durch Augmented Reality Systeme beschränkt sich nicht nur auf einzelne Objekte. Es können auch ganze Räume annotiert werden. Dies ist beispielsweise hilfreich für die Navigation durch größere Gebäude und große Lagerbestände. Diese Anwendung ist nicht nur für industrielle Zwecke denkbar, sondern auch für große öffentliche Informationsräume wie Bibliotheken und Museen. Informationen zu Buchbeständen können beispielsweise eingeblendet werden, wenn sich ein Besucher in der Nähe von Buchregalen befindet.

Die Realität kann auch durch 3D-Modelle und -Komponenten erweitert werden, was für den Einsatz in der Architektur hohe Relevanz hat. Ein Beispiel für eine Anwendung im Bereich der dreidimensionalen Modellierung ist ESP-r, ein Programm zur dynamischen Gebäudesimulation auf Open-Source Basis²⁰. Mit dieser Software kann der Energiefluss in einem Gebäude modelliert und simuliert werden, sprich der Fluss von thermischer, visueller und akustischer Energie im dreidimensionalen Raum. Durch die Simulation von Bauphysik und Statik schon während der Entwurfsphase können wichtige Erkenntnisse gewonnen werden, die zu einer realistischeren Planung der Konstruktion führen. Wie eine solche Simulation als Anwendung in der erweiterten Realität aussieht, veranschaulicht die ARMES Augmented Architectural Demonstration.

20 siehe <http://www.esru.strath.ac.uk/Programs/ESP-r.htm>



Bild 16: ARMES Augmented Architectural Demonstration.



Die Integration solcher Simulationen von 3D-Modellen in Head-Mounted Displays bedeutet in der Folge, dass der Nutzer eine immersive Sicht auf das Modell hat. Bewegt sich der Nutzer, passt sich das Modell dynamisch an und rotiert in gegenläufiger Richtung. Aus Sicht des Nutzers scheint das Modell so statisch im Raum fixiert zu sein. Die Kombination aus dreidimensionaler Situation im Raum in einem Augmented Reality System wird als *annotated situation awareness* (Azuma, 1997) bezeichnet.

4.4 Erweiterte Realität für die medizinische Behandlung

Auch in der medizinischen Anwendung sind Telepräsenz und dokumentierte Realität die wichtigsten Anwendungsfelder von Augmented Reality Systemen.

Medizinische Telepräsenz ist besonders in Situationen nützlich, in denen schnelle Reaktionen von Experten gefragt sind. Ein Beispiel ist die Überwachung von neugeborenen Kindern, die bereits im Haus der Eltern untergebracht sind. Tritt zu Hause ein Notfall ein, kann über ein Augmented Reality System mit medizinischen Hilfskräften kommuniziert werden, die eine schnelle Analyse der Situation vornehmen, während das Kind in das Krankenhaus transportiert wird.



Minimalinvasive Methoden können von immersiven Visualisierungen profitieren, die in Augmented Reality Systemen angezeigt werden. Ein Beispiel hierfür sind innere Organe, die als Überlagerung des Körpers angezeigt werden und dem Chirurg so bei der präzisen Lokalisierung des Eingriffes helfen. Benötigt wird ein Renderingschema für virtuelle Objekte, welches schnell und einfach verständliche Ansichten von Daten zum Zustand des Patienten berechnet. In der Demonstration von Fischer, Bartz & Strasser (2004) (Abbildung) ist zu sehen, wie ein virtuelles Skalpell, sowie Teile des Gehirns direkt am Schädel sichtbar gemacht werden. Auch Bilddaten aus Endoskopie, Computertomographie und Ultraschall können hilfreich dabei sein, die Diagnose und den Eingriff zu beschleunigen, wenn diese für einen operierenden Arzt direkt am Patienten dargestellt werden. Der Arzt kann seine Aufmerksamkeit voll auf den Patienten fokussieren und muss keine Daten mehr von umstehenden Geräten ablesen. Oft ist durch die Darstellung solcher Daten auch eine erhöhte Präzision bei Eingriffen erreichbar. In der Demonstration (Bild 17) des Vein Viewer der Firma Varizes ist zu sehen, wie diffizil Venen ohne zusätzliche Visualisierung durch ein Augmented Reality System auszumachen sind. Diese verlaufen oft unerwartet und können mit dem bloßen Auge nur schwer erkannt werden. Mit Hilfe einer digitale Visualisierung kann diesem Problem begegnet werden und der Arzt gezielter eingreifen.

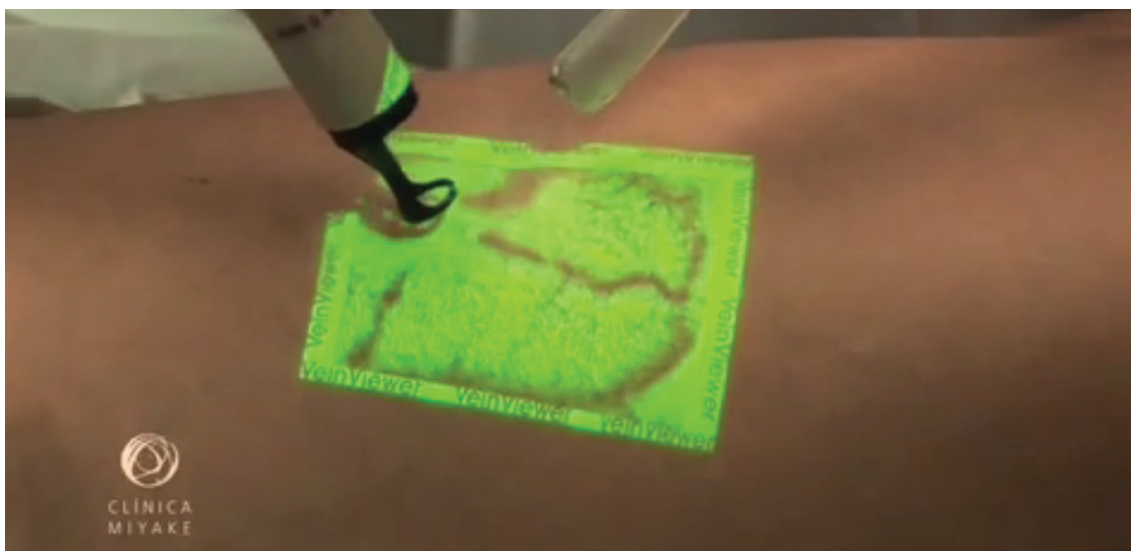


Bild 17: Vein Viewer der Firma Varizes

4.5 Unterstützung von Feuerwehreinsätzen durch Augmented Reality Systeme

Bei Feuerwehreinsätzen ist die Sicht für die Einsatzkräfte oft erheblich blockiert und die Umgebung schwer zu erschließen. Gleichzeitig ist eine schnelle Analyse der Situation entscheidend für

4. Head-Mounted Displays der letzten 50 Jahre

den Ausgang des Rettungsversuchs. Besonders relevante Daten, die Einsatzkräften helfen, die Lage und den Zustand der Opfer vor Ort einzuschätzen, sind beispielsweise Sauerstoffgehalt, Temperatur und die Konzentration schädlicher Substanzen in der Luft. Die Firefighter Mask der Firma Tanagram (Abbildung) hat Sensoren hierfür und zeigt diese Messdaten im Display der Einsatzkraft an. Des Weiteren visualisiert das System Fluchtwege immersiv und in Echtzeit und hat eine Funktion für Field-of-View Sharing mit dem restlichen Team. So kann ein Team von Einsatzkräften in Kürze die Lage erfassen, dem Einsatzleiter rückmelden und adäquate Rettungsmaßnahmen bestimmen.



Bild 18: Firefighter Mask der Firma Tanagram



4.6 Einsatz von Head-Mounted Displays in Gaming und Entertainment

	Oculus Rift	Sony HMZ-T1	Silico MicroDisplay ST1080
Resolution	1280x800 (640x800 per eye)	1280x720 in 2D and 3D	1920x1080 in 2D and 3D
Panel type	LCD	OLED	LCoS
Video input	DVI/HDMI	HDMI 1.4	HDMI 1.4
3D Input type	Side by Side + optical distortion	Frame Packaging	Frame Packaging
Field of view	110 degrees diagonal	45 degrees diagonal	45 degrees diagonal
Weight	220 grams	420 grams	180 grams
Head Tracking	Yes	No	No
Price	\$300-500 USD (Estimate)	\$799.99 USD	\$799 USD

Tabelle 2: Vergleich aktueller Head-Mounted Displays für Gaming.

Für den Home- und Entertainmentbereich werden Head-Mounted Displays für verschiedenste Märkte vertrieben. Der traditionelle Nutzen von Virtual Reality Displays ist, dass damit Film- oder Computerspielsequenzen in jeder Position rezipiert werden können (Sitzposition, liegend, während dem Laufen) und die Position des Nutzers währenddessen geändert werden kann. Interessante Beispiele dafür, wie der spielerische Einsatz von Augmented Reality Systemen aussehen könnte, sind die digitale Veränderung der Kleidung realer Personen im Raum (Bild 19), ein Egoshooter in der realen Umwelt (Bild 20) und eine digitale Physiksimulation auf dem Küchentisch (Bild 21). Erst kurz vor Abschluss dieser Arbeit wurde auf dem Gebiet der Gamerbrillen ein wichtiger Meilenstein erreicht. Das System Oculus Rift (erste Spalte in Tabelle 2) wird von Experten der Branche als ARS bezeichnet, welches erstmals die Anforderungen an ein vollwertiges ARS erfüllt - insbesondere hinsichtlich des weiten Gesichtsfeldes von 110°. ²¹

21 Schon in den ersten 4 Tagen nach der Produktankündigung fanden sich hierfür auf der Crowdfundingplattform Kickstarter (Fußnote <http://www.kickstarter.com/projects/1523379957/oculus-rift-step-into-the-game>) über 5,000 Abnehmer, die gemeinsam eine Kaufkraft von über einer Million US Dollar bildeten.



Bild 19: Ultra Seven



Bild 20: Egoshooter in realer Umwelt





Bild 21: Ball Invasion



5. Definition von Eyeware

Im letzten Kapitel wurde der bisherige Einsatz von Head-Mounted Displays aufgezeigt und deren Bedeutung für verschiedene Märkte erläutert. Ziel des folgenden Kapitels ist es nun, die zukünftige Rolle von Head-Mounted Displays als Medium der erweiterten und virtuellen Realität zu bestimmen. Bei der Beschreibung dieser Technologien für den Einsatz als zukünftiges Massenmedium der Information und Kommunikation fällt auf, dass sehr viele Begrifflichkeiten aufeinandertreffen, die in der Summe eine zu große Wortmenge bilden, als dass diese für den weiteren Gebrauch als sprachliche Referenz in dieser Arbeit hilfreich wären: Mobile Augmented Reality Systeme, Eyetech²² und Wearable Computing²³. Keiner dieser Begriffe beschreibt das, was in dieser Arbeit erforscht wird: Eyeware.

5.1 Was ist Eyeware?

Die gesamte Breite von Informations- und Kommunikationstechnologien rund um Systeme der erweiterten und virtuellen Realität, die unmittelbar im Sichtfeld in Aktion treten, soll für den weiteren sprachlichen Gebrauch in dieser Arbeit mit dem Neologismus Eyeware bezeichnet werden. Zur Illustration der Bedeutung dieses Neologismus dient ein Vergleich mit dem Begriff der Software. Soft- steht für "leicht veränderbar" und -ware für "technische Komponenten". Software beschreibt also technische Komponenten eines Systems, die leicht veränderbar sind. In diesem Sinne bietet sich der Neologismus Eyeware für mit dem menschlichen Auge interagierende (Eye-) technische Komponenten (-ware) eines Systems an, welches in Zukunft breite Anwendung als Medium der virtuellen und erweiterten Realität findet. Eyeware ist somit ein nicht näher konkretisierter Begriff und erstreckt sich auf alle Komponenten und Konzepte in diesem Bereich. Dies können Head-Mounted Displays mit mobiler Datenverbindung sein, aber auch digitale Kontaktlinsen oder intraokuläre Implantate.

5.2 Reflektion der Notwendigkeit eines Neologismus

Kritik an Neologismen in der Trend- und Zukunftsforschung (Rust, 2009) ist berechtigt, wenn sich diese auf einen suggerierten Neuheitswert bereits altbekannter Phänomene oder eine beabsichtigte begriffliche Unschärfe zum Zwecke der besseren Vermarktung beliebiger Binsenweisheiten bezieht. In diesem Fall ist die Notwendigkeit des Neologismus jedoch darin begründet, dass in der Literatur tatsächlich kein Begriff existiert, welcher die Technologien, auf die sich diese Studie fokussiert, auf eine kurze und prägnante Weise beschreibt, sondern andernfalls lange Wortketten gebildet werden müssten. Dies wäre keinesfalls im Sinne einer Dialogfähigkeit der Ergebnisse.

22 Der Begriff Eyetech wurde erstmals vom britischen Fernsehsender BBC zur Beschreibung von Technologien verwendet, die den Sehsinn technologisch zu manipulieren erlauben. Siehe <http://www.bbc.com/future/story/20120418-the-eye-tech-future-of-vision>

23 Wearable Computing wurde von einem der Pioniere im Bereich mobiler Head-Mounted Displays, Steve Mann, seit 2001 propagiert. Siehe Mann (2001).

6. Forschungsprozess

Die Zukunft ist nicht vorhersehbar, sie ist jedoch gestaltbar. Aus dieser Erkenntnis leitet sich ab, dass die Aufgabe einer Zukunftsstudie nicht sein kann, zukünftige Gegenwarten zu prognostizieren, sondern es vielmehr darum geht, gegenwärtige Zukunftsbilder aus dem Eindruck der Komplexität zu befreien, sichtbar zu machen und auf ein diskussionsfähiges Niveau zu bringen (Grunwald, 2002). Gelingt dies, leistet eine Zukunftsstudie einen Beitrag zum gegenwärtigen Diskurs über die Plausibilität, Wahrscheinlichkeit und Wünschbarkeit von zukünftigen Entwicklungen. Aus dieser Aufgabe von Zukunftsforschung und nicht zuletzt auch aus der häufig zu beobachtenden Vermengung von Hypothesen über wahrscheinliche und wünschbare Zukünfte zu "Wunschdenken", wurde an Zukunftsstudien das Gütekriterium der Explikation des Zukunftsbezuges gestellt (Gerhold & Schüll, 2010).

Die Ergebnisse dieser Studie beschreiben eine plausible Zukunft und machen keine definitive Aussage hinsichtlich Wahrscheinlichkeit oder Wünschbarkeit der Entwicklungen. Während des gesamten Prozesses wurde stets darauf geachtet, eine hohe logische Konsistenz in der Technologie-Roadmap hinsichtlich der Relevanz von Teiltechnologien und deren Bezug zueinander im Zeitkontext zu erzielen. Eine wahrscheinliche Zukunft wäre entstanden, wenn eine Einschätzung der Wahrscheinlichkeit einzelner Meilensteine erhoben worden wäre. Da der primäre Zweck dieser Studie jedoch viel mehr die Entwicklung einer qualitativen Sicht auf die möglichen Zusammenhänge zwischen zukünftigen Technologien, Märkten und Produkten war und als empirische Basis für Spekulationen über die zukünftige Evolution von Eyeware offenes Expertenfeedback gewählt wurde, können die vorliegenden Ergebnisse als plausible, aber nicht wahrscheinliche oder wünschenswerte Zukunft zu verstehen.

6.1 Methodik

Auch wenn es eine unvorstellbar umfangreiche Aufgabe ist, jede einzelne technologische und soziale Entwicklung im Detail zu antizipieren und quantitativ genau in Zusammenhang zu setzen, so kann dennoch der Versuch gewagt werden, in diesem komplexen System Entwicklungen ausfindig zu machen, welche ein qualitativ neues Muster bilden, wenn sie im Zeitverlauf zusammenfallen. Die Begriffe der Gestalt (von Ehrenfels, 1980) und der Emergenz (Holland, 1998) deuten an, welches Forschungsergebnis in dieser Arbeit angestrebt wird: die Definition von stabilen Zuständen in der Evolution eines soziotechnischen Systems und deren Abgrenzung voneinander im zukünftigen Zeitverlauf.

Einen möglichen technologischen Wandel in der langfristigen Zukunft zu beschreiben ist eine Aufgabe, die mit vielen Unsicherheiten und Fallstricken behaftet ist. Am Anfang steht die Herausforderung, Konjekturen zu bilden (de Jouvenel, 1967) - Annahmen über die Zukunft, welche begründet und nachvollziehbar sind. Die zweite Herausforderung besteht darin, aus diesen Konjekturen ein in sich konsistentes Bild von Meilensteinen und Abhängigkeiten der einzelnen Meilensteine im Zeitverlauf zu bilden. In beiden Schritten sind Fallstricke enthalten. Bei der Bildung von Konjekturen kann mangelnde semantische Schärfe dazu führen, dass diese

nicht klar zu verorten sind und damit einen geringen Nutzen als Axiom für die Herausbildung weiterer Hypothesen, Handlungsempfehlungen und Strategien haben. Bei der Auswahl zentraler Konjekturen und Synthese zu einem Zukunftsbild ist darauf zu achten, eine scharfe Trennung zwischen relativen Sicherheiten und Unsicherheiten vorzunehmen, sowie disruptive Entwicklungen und Alternativen, welche sich aus diesen ergeben, in der Synthese zu einem plausiblen Zukunftsbild zu berücksichtigen. Diese Fallstricke wurden in allen methodischen Schritten stets beachtet.

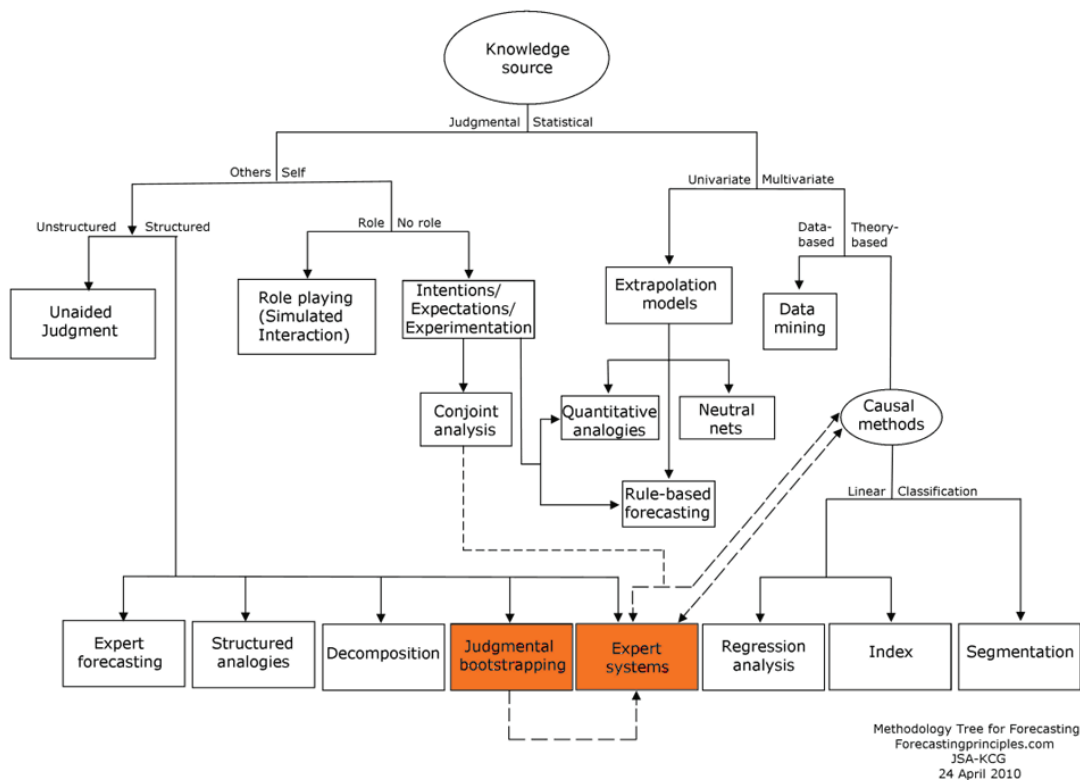


Bild 22: Methoden der Zukunftsforschung. Eigene Darstellung nach Armstrong (2001).

Die Methodik dieser Studie fällt in die beiden Bereiche der interpretativen Iteration (in der Grafik "Judgmental Bootstrapping") und der Expertensysteme (in der Grafik "Expert Systems"): im Rahmen einer Auswertung von Web- und Literaturrechercheergebnissen sind Hypothesen entstanden, welche iterativ angepasst wurden. Diese Hypothesen wurden schließlich durch Visualisierung in einer Technologie-Roadmap harmonisiert und so strukturiert, dass den Experten ein strukturiertes Feedback hinsichtlich möglichen Entwicklungen, Kontingenzen zwischen diesen Entwicklungen und Zeithorizonten zu den Entwicklungen möglich war.

6.2 Methode

Der Forschungsprozess kann in fünf Teilschritte untergliedert werden:

- **Literatur- und Webrecherche:** Breite Literatur- und Webrecherche zur Bestimmung relevanter Technologien, Produkte, Märkte und Umwelteinflüsse. Ermittlung zentraler

Schlüsselfaktoren und Trends für die Visualisierung.

- **Erstellung einer Roadmap:** Zusammenfassung der Rechercheergebnisse in schlüssige thematische Abschnitte auf der Zeitachse und erste Definitionen zentraler Meilensteine und Qualitätsmerkmale auf verschiedenen Zeithorizonten.
- **Expertenauswahl und -befragung:** Auswahl und Befragung von Experten aus den Bereichen Wirtschaft, Design und Technologie mit akademischer oder praktischer Tätigkeit im Bereich Eyeware oder verwandten Themenfeldern wie z.B. Augmented Reality, Bildszenenanalyse oder Interface Design.
- **Feedback auf Roadmap:** Erhebung von Expertenfeedback auf die Roadmap in Form von freien Kommentaren und Antworten auf Fragen zu Wahrscheinlichkeit und Pfadabhängigkeit der einzelnen Meilensteine und Qualitätsmerkmale.
- **Konsistenzprüfung:** Inhaltsanalyse der Kommentare und Auswertung von Konsens und Dissenz. Synthese und Visualisierung der Ergebnisse in der finalen Version der Roadmap.

6.2.1 Literatur- und Webrecherche

Wie im Abschnitt zur Methodik erwähnt, war das primäre Ziel, stabilen Systemzustände im soziotechnischen System von Eyeware zu finden. Um den Forschungszeitraum von drei Monaten effektiv zu nutzen, wurden zunächst die besten Konjekturen gesichtet, die bereits auf einer hohen Ebene der logischen Konsistenz und Plausibilität waren: Ankündigungen zu Produkten und Strategie der an Eyeware forschenden und entwickelnden Unternehmen, sowie Zukunftsvisionen aus der Fiktion und die daraus abgeleitete technische Definition von vollwertigen AR Systemen. Zwei von drei Zuständen, die in dieser Studie beschrieben werden sollten, waren zu Beginn der Studie demzufolge bereits konkret vorformuliert:

- das kurzfristige Ökosystem
- die langfristige Vision

Der erste Schritt der Literatur- und Webrecherche hatte also eine Sichtung dieser Zukunftsvisionen und Ankündigungen von Unternehmen sowie deren synthetischen Zusammenfassung zum Gegenstand. Auf Basis dieser beiden Zustände konnte ein Backcasting-Prozess eingeleitet werden, in dem die Lücken zwischen kurzfristigem Ökosystem und langfristiger Vision geschlossen wurden. Zur schnellen Synthese wurde auf Facebook eine kurze Umfrage zur möglichen Evolution von Eyeware durchgeführt (siehe Appendix I), sowie die wichtigsten Nutzerkommentare auf der sozialen Webplattform Google+ zu den verschiedenen Produktankündigungen gesammelt und synthetisiert (siehe Appendix II).

6.2.2 Erstellung einer Roadmap

Im nächsten Schritt wurden Technologiefelder und Markttreiber gesichtet, um Zwischenstufen definieren zu können. Formell war dieser Schritt von Richtlinien zu Technologie-Roadmapping

nach Laube & Abele (2008) geleitet. Die Erstellung einer Technologie-Roadmap beginnt mit der Abgrenzung des Suchraumes, es folgt eine Strukturierung dieses Suchraums, eine Abbildung von zentralen Meilensteinen im Zeitverlauf und schließlich die Analyse und Bewertung dieser Abbildung.

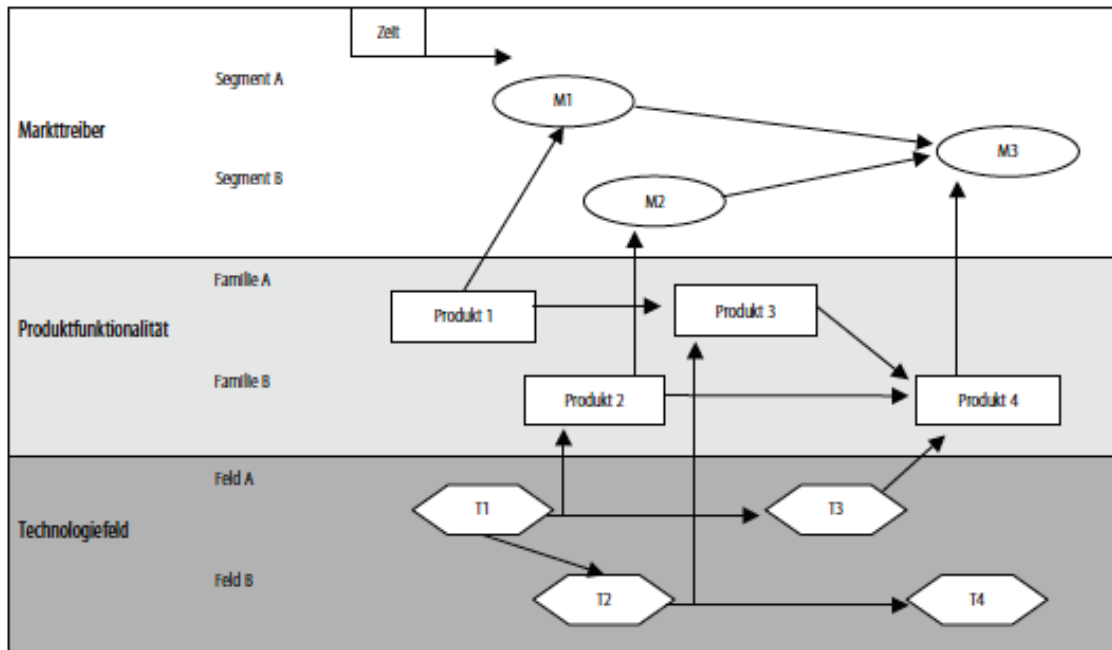


Bild 23: Gestaltung einer Technologie-Roadmap nach Laube & Abele (2008).

Als Felder zur Strukturierung dieses Suchraums bei der ersten Version der Technologie-Roadmap wurden Technologiefelder, Produktfunktionalitäten, und Markttreiber gewählt. Um die erste Version der Roadmap zu erstellen, wurde von der möglichen Zukunft von Eyeware als allgegenwärtiges Interface und gesellschaftliches Leitmedium ausgegangen, wie sie in den zitierten Beispiel aus Literatur und Fiktion beschrieben ist. Die zentralen Technologiemeilensteine, der gegenwärtige Stand von Schlüsseltechnologien und wichtige Markttreiber wurden zusammengefasst und durch Produktfunktionalitäten ergänzt. Aus diesem Prozess entstand schliesslich die erste Roadmap für die weitere Diskussion mit Experten.

Eyeware: Project Glass und die Zukunft von Smartphones

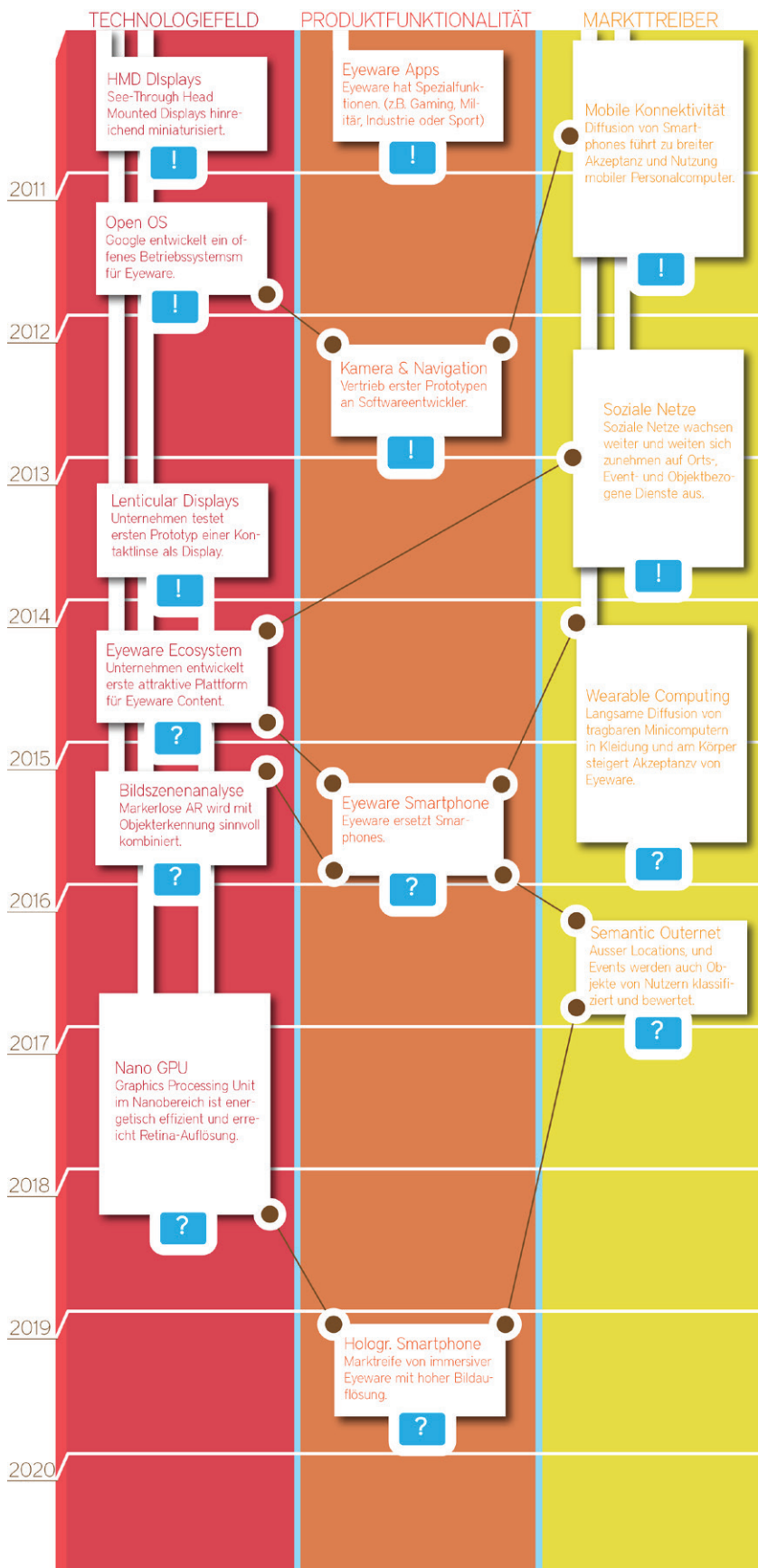


Bild 24: Erste Version der Roadmap für die Expertenbefragung.

Die zeitliche Verortung suggeriert höhere prognostische Qualität, als ihr innewohnt, denn die drei Evolutionsstufen sind lediglich in der kurzfristigen, mittelfristigen und langfristigen Zukunft zu verorten. Der Grund dafür, die Evolutionsstufen in der Technologie-Roadmap dennoch auf das Jahr genau in der Zukunft zu verorten, war die Suggestion von chronologischer und semantischer Schärfe für einen lebendigen Expertendiskurs. Je spezifischer das Zukunftsbild in Zeit und Gestalt zu fassen ist, desto dialogfähiger wird dieses (Eichelbaum, 2011).

6.2.3 Expertenauswahl und -befragung

Für die Befragung wurden insgesamt 35 international tätige Experten recherchiert und angesprochen, von denen 13 sich durch aktive Diskussion an der Studie beteiligten. Es wurde auf ein ausgewogenes Verhältnis der Bereiche Wirtschaft & Innovation, Design & Kunst, sowie Forschung & Entwicklung und einen starken akademischen oder praktischen Bezug zum Themenfeld Eyeware oder verwandten Themenfeldern wie z.B. Augmented Reality, Bildszenenanalyse oder Interface Design geachtet. Die Experten hatten im Anschluss die Möglichkeit zum Feedback auf diese Roadmap (Fußnote Datensammlung auf Basis von Wordpress unter futurefart.com/thesis/ - siehe Appendix III).

Das Feedback der Experten auf die Roadmap wurde in Form offener Kommentare auf die erste Version der Roadmap eingeholt. Hierbei wurde eine einzige Frage gestellt: fallen Ihnen bei Betrachtung der Roadmap Unstimmigkeiten oder Unwahrscheinliche Entwicklungen auf? Über diese Form von Feedback wurden sowohl wichtige Alternativen genannt, als auch schnell Konsens und Dissens über den Verlauf bestimmter Entwicklungen deutlich.

6.2.4 Konsistenzprüfung und Überarbeitung der Roadmap

Die Expertenkommentare waren Basis weiterer Recherche zu technischer Machbarkeit und zentralen Trends. Nutzerkommentare im Web zu Akzeptanz sind ebenfalls mit in den letzten Schritt eingeflossen. Durch das Expertenfeedback und die zweite Phase der Web- und Literaturrecherche stellte sich heraus, dass die Technologiefelder in Fortschritten in den Bereichen GPU, Tracking, Input und HMD überarbeitet werden mussten, um eine klare Übersicht der Zusammenhänge in diesen Bereichen und eine logisch schlüssige Argumentation zu den Produktfunktionalitäten zu erzielen. Es stellte sich ebenfalls heraus, dass die Markttreiber hinsichtlich semantischer Schärfe und Relevanz korrigiert werden mussten. Ergebnis dieses gesamten Prozesses ist die finale Roadmap, welche im finalen Abschnitt dieses Kapitels zu finden ist.

7. Die Evolution von Eyeware bis 2020

Um die Stufen der Evolution von Eyeware beschreiben zu können, über die sich Eyeware vom Nischen- zum Massenprodukt und schliesslich zu einem zentralen Informations- und Kommunikationsmedium entwickeln könnte, müssen einige Grundannahmen getroffen werden:

- für Eyeware als Massenprodukt existieren spezifische technische Restriktionen, die für HMDs als Nischenprodukt nur eine schwache Relevanz haben
- das Verhältnis von Eyeware zu Umfeldtechnologien als Konkurrent oder Komplementär bestimmt das Design massgeblich
- die Leistungsparameter von Head-Mounted Displays sind essentiell für die Evolution von Eyeware

Diese Grundannahmen müssen zunächst näher geprüft werden, bevor eine Theorie über die Evolution von Eyeware abgeleitet werden kann.

7.1 Designkriterien für zukünftige mobile Interfaces

Die Designkriterien und Leistungsparameter für zukünftige mobile Interfaces können mit denen heutiger mobiler Interfaces verglichen werden. Zudem gelten einige Kriterien, wie Tragekomfort und leichtgewichtige Bauweise (Abrash, 2012), welche speziell für Eyeware eine hohe Relevanz besitzen. Für alle Evolutionsstufen von Eyeware werden diese Parameter als Restriktionen und Optimierungsprobleme angenommen.

7.1.1 Beschränkung auf optische See-Through Displays

Nach Abrash (2012) sind die Systeme nur dann für den Gebrauch im Alltag durchsetzungsfähig, wenn sie die Sicht des Nutzers nicht blockieren. Varianten, die Sonnenbrillen ähnlich sehen, sind unter Umständen für einige Einsatzzwecke noch vertretbar, aber dicke Brillengläser aufgrund zu grosser Bauteile stellen eine Akzeptanzhürde dar. Dies bedeutet für das Design von Eyeware für die Zukunft, dass virtuelle See-Through Displays weitestgehend ausscheiden, da diese durch den Aufbau mit Frontkamera und virtuellem Display insgesamt zu dicke Bauteile im Brillenglas bedeuten.

7.1.2 Modische Form und ergonomischer Tragekomfort

Die Anforderung von modischer Form und Tragekomfort an Eyeware beschränken die Teilkomponenten auf solche, die extrem miniaturisiert sind. Selbst wenn das Kosten/Leistungsverhältnis definiert ist, stellt sich nach wie vor die Frage der Nutzerakzeptanz von Eyeware. Da die Anwendung von Head-Mounted Displays bislang noch keine breite gesellschaftliche Diffusion erfahren hat, stellt Eyeware nicht einfach nur eine Stufe der Evolution von Geräten dar, die dem Endverbraucher in Form und Gestalt bereits bekannt ist, sondern eine

völlig neue Kategorie von Systemen, für deren Markteintritt erhebliche Akzeptanzbarrieren zu überwinden sind. Der Tragekomfort und die modische Form müssen kompromisslos überzeugen, wenn Eyeware auf breite gesellschaftliche Akzeptanz stoßen soll.

7.1.3 Konkurrenzfähiger Preis

Der Preis von Eyeware muss auf jeder Stufe der Evolution mit konkurrierenden Produkten vergleichbar sein, oder den Mehrwert rechtfertigen, den Eyeware als Komplementärprodukt zu Umfeldtechnologien bietet. Die Restriktion eines niedrigen Gesamtpreises limitiert vor allem die Bildschirmauflösung und das Gesichtsfeld, denn vor allem die Optimierung dieser Leistungsparameter ist mit hohen Kosten der Forschung und Entwicklung verbunden.

7.1.4 Kleine und leichtgewichtige Bauweise

Gegenwärtige Head-Mounted Displays sind von einer hinreichend kleinen und leichtgewichtigen Bauweise noch sehr weit entfernt, die dem Komfort einer normalen Brille entspricht. In der Regel wiegen selbst minimal funktionsfähige Systeme mehrere hundert Gramm und sind dadurch verhältnismäßig unbequem zu tragen. Die Restriktion der leichtgewichtigen und kleinen Bauweise hat Implikationen für alle Komponenten von Energieversorgung über Tracking und GPU bis zum Display.

7.1.5 Ausreichend Batteriekapazität

Soll Eyeware als mobile Recheneinheit vermarktet werden, ist eine lange Lebensdauer der Batterie ein zentrales Kriterium für die Akzeptanz als alltägliches Medium der Information und Kommunikation. Auch diese Restriktion betrifft alle Teilkomponenten des Systems.

7.2 Vergleich von Eyeware mit Konkurrenztechnologien

Das gegenwärtige Ökosystem von Informations- und Kommunikationstechnologien ist vor allem dominiert durch Smartphone, Tablet PC, Laptop, Desktop Computer und Fernsehgerät. Tritt Eyeware als zukünftiges Medium in den Massenmarkt ein, muss es sich mit diesen Produkten integrieren oder konkurrieren. Deshalb sollen im folgenden Abschnitt einige Aspekte beleuchtet werden, die für die Kompatibilität und Konkurrenzfähigkeit von Eyeware mit anderen IuK-Technologien ausschlaggebend sind.

7.2.1 Erhöhung von Portabilität und Flexibilität

Wearable Computing hat sich spätestens seit der schnellen Diffusion von Smartphones zu einem eigenständigen Thema für Forschung und Entwicklung herauskristallisiert (Mann, 2001). Dies ist der Erkenntnis zu verdanken, dass der Vorteil der Portabilität im Bereich von Personalcomputern derart ins Gewicht fällt, dass man dieses Kriterium als eines der wichtigsten Diffusionskriterien

von zukünftigen Informations- und Kommunikationstechnologien postulieren könnte. Dies würde auch begründen, warum Tablet Computer in der Diffusion weit hinter Smartphones zurück liegen, denn diese sind aufgrund ihrer Größe nicht so einfach zu transportieren wie ein Smartphone im Hosentaschenformat. Eyeware hat diese Probleme nicht und bietet eine Portabilität, welche kein anderes Medium der Gegenwart bieten kann, denn der Nutzer kann sich zu jeder Zeit frei im Raum bewegen und kann die Hände für andere Tätigkeiten verwenden, während er Inhalte aus dem Medium rezipiert, oder sogar wenn er mit dem Medium per Sprach- oder Kopfsteuerung interagiert. Smartphones blockieren die Hände bei ihrer Benutzung, was eine erhebliche Inflexibilität für deren Benutzung in vielen Situationen bedeutet. Smartphones sind weder in den meisten Situationen der Mobilität (von Laufen über Fahrradfahren bis Autofahren) ein hilfreicher Begleiter, noch in Situationen, in denen der Nutzer das Gerät im Raum stationieren möchte, um sich frei zu bewegen.²⁴

7.2.2 Auflösung des Widerspruchs zwischen Bildschirmdiagonale und Portabilität

Auch wenn die Unterschiede in der Rechenleistung dieser Geräte immer marginaler werden, bestimmt die Bildschirmdiagonale nach wie vor die Portabilität des Gerätes. Während ein Smartphone in der Hosentasche getragen und damit in fast allen Situationen ein Begleiter sein kann, trifft dies nicht auf Tablet PC oder Laptop zu. Aktuell sieht sich ein Käufer portabler Computer mit der Wahl zwischen Notebook, Tablet und Smartphone konfrontiert. Der Nutzer ist gezwungen, sich für ein Medium zu entscheiden, welches hinsichtlich der Bildschirmdiagonale seinen Bedürfnissen der Portabilität am ehesten entspricht, oder den Preis für den Besitz aller Medien zu zahlen. Head-Mounted Displays heben den Widerspruch zwischen grosser Bildschirmdiagonale und geringer Portabilität auf, denn sie erreichen durch eine Darstellung von virtuellen Bildschirmen im Raum ohnehin simulierte Diagonalen der Größe eines Computerbildschirms.

7.2.3 Immersion

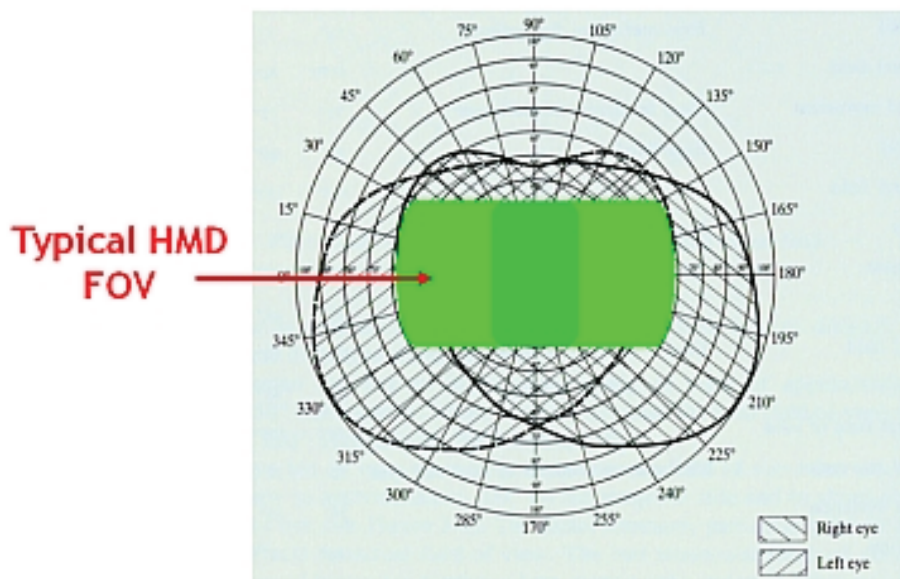
Bei allen tragbaren Mobilcomputern der Gegenwart besteht das Hindernis, dass die Benutzung des Geräts eine Ablenkung von der Realität bedeutet. Dies ist nicht nur darin begründet, dass diese Medien ausschließlich virtuelle und keine erweiterte Realität abbilden, sondern auch in der Tatsache, dass es unmöglich ist, das Blickfeld sowohl auf das Gerät, als auch auf das Umfeld zu richten. Ein immersives Interface weist dieses Problem nicht auf. Kommerzielle Head-Mounted Displays der Gegenwart sind mit weniger als 40° Gesichtsfeld zwar noch nicht besonders weit vorangeschritten, aber bei einer Entwicklung in Richtung steigender Immersion gewinnt Eyeware zunehmend an Mehrwert gegenüber anderen mobilen Interfaces. Werden

24 Das Bedürfnis nach Flexibilität für Smartphones und Tablet PCs wird deutlich wenn man die Nachfrage nach Konzepten wie dem FLOTE iPad Stand berücksichtigt (<http://www.kickstarter.com/projects/1697554547/flote-your-tablet-free-your-hands>)

diese Geräte wirklich immersiv, kommt es beispielsweise zu einer enormen Steigerung der Geschwindigkeit bei der visuellen Suche von Informationen zu Objekten im physischen Raum, sowie bei virtuellen Suchabfragen und dem Management digitaler Datenbestände. Zudem kann die Ablenkung von der physischen Realität durch gleichzeitige und intelligente Integration virtueller und realer Bildelemente auf ein Minimum reduziert werden.

7.3 Zentrale technische Leistungsparameter für Eyeware

Human Visual Field of View



Instantaneous Field of View (one eye): $120^\circ(\text{Elev}) \times 150^\circ(\text{Az})$

Instantaneous Field of View (two eyes): $120^\circ\text{El} \times 200^\circ\text{Az}$

Binocular Overlap: $120^\circ\text{El and Az}$

Bild 25: Illustration des menschlichen Gesichtsfeldes.

Ein Review von Publikationen der letzten 10 Jahre des International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR) schlussfolgert, dass HMDs hinsichtlich Bildauflösung, Gesichtsfeld, Rechengeschwindigkeit, Ergonomie, Größe und Gewicht noch grosse Fortschritte machen müssen, um überhaupt als "viable system" (also ein System, das sich überhaupt für den mobilen Einsatz eignet) bezeichnet werden zu können (Azuma, 1997). Die Liste von Herausforderungen an vollwertige AR Systeme für den alltäglichen Einsatz ist lang und es sind einige technologische Barrieren auf dem Weg dorthin zu überwinden. Hierzu zählen die Erkennung von Objekten und das nahtlose Tracking der Umwelt, die Registrierung von virtuellen und realen Objekten in Echtzeit, die Berechnung von realistischen Schatten- und Lichtverhältnissen ohne die genaue Kenntnis von Ort und Orientierung jeder realen Lichtquelle, ein weites Gesichtsfeld für den Effekt der Immersion, die Möglichkeit zur Modulation der Helligkeit für sowohl extrem dunkle als auch extrem helle Räume, sowie die Kantenglättung zur optisch realistischen und

dreidimensionalen Integration von virtuellen und realen Objekten. Die zwei wichtigsten limitierenden technischen Faktoren aus dieser Liste für Head-Mounted Displays der Zukunft sind Gesichtsfeld und Bildschirmauflösung (Kaufmann, 2012).

7.3.1 Gesichtsfeld

In Bild 25 ist das menschliche Gesichtsfeld abgebildet, welches in etwa 200° horizontal beträgt (gesamter grüner Bereich). Die Region, in denen die Gesichtsfelder beider Augen überlappen (dunkelgrüner Bereich), wird stereoskopisches Gesichtsfeld genannt. Dieses beträgt im Erwachsenenalter in etwa 120° - 130°. Ein Head-Mounted Display, welches das horizontale Gesichtsfeld nicht ausfüllt, wirkt auf den Nutzer nicht vollständig immersiv. Selbst wenn durch Headtracking die Elemente vor dem Auge immersiv angeordnet werden und mit der Bewegung des Kopfes der Eindruck entsteht, man stünde im dreidimensionalen Raum, so ist die Sicht durch ein HMD mit geringem Sichtfeld dennoch nicht vollständig immersiv. Gegenwärtige HMDs für den kommerziellen Einsatz haben in der Regel ein Gesichtsfeld von ca. 30-40° und professionelle HMDs ein Gesichtsfeld von 60° bis 150°.

7.3.2 Bildschirmauflösung

Die Bildschirmauflösung mobiler Endgeräte ist ein wichtiger Vergleichsparameter der Leistung als Produkt für den kommerziellen Einsatz. Desto höher die Bildschirmauflösung, desto mehr und realistischere Inhalte können auf dem Gerät dargestellt werden. Die Auflösung des menschlichen Auges definiert dabei das Optimierungskriterium der maximalen Bildschirmauflösung. In der folgenden Tabelle sind diese Werte für unterschiedliche gegenwärtige Endgeräte nach Bildschirmdiagonale und Entfernung zum Nutzer angegeben.

Modell	Diagonale (cm)	Distanz (cm)	Auflösung	Pixel per Inch
iPhone	8.9	30	2772 x 1848	952
iPad	24.5	38	5968 x 4486	769
11-inch MacBook Air	29.6	56	5184 x 2916	513
13-inch MacBook Air	33.8	56	5872 x 3670	520
15-inch MacBook Air	39.1	61	6096 x 3810	467
21-Inch iMac	54.6	71	7408 x 4168	395
27-Inch iMac	68.6	71	9120 x 5130	388

Tabelle 3: Auflösungen des menschlichen Auges nach Endgerät. Quelle: <http://is.gd/k5ifoK>

Mit zunehmender Bildschirmdiagonale und Distanz zum Nutzer nimmt die Auflösung zu, die ein

Bildschirm benötigt, um für das menschliche Auge vollständige Auflösung zu erzielen. Ab dieser Auflösung ist keine Qualitätssteigerung mehr für den Nutzer zu erkennen. Die Umrechnung der Bildschirmauflösung in Leistungsparameter für HMDs ist nicht trivial und kann nicht ohne tiefere Ergebnisse zu Ergonomie und Wahrnehmung bestimmt werden (Kaufmann, 2012). Deshalb und der Verständlichkeit halber seien die Meilensteine, die HMDs hinsichtlich Bildschirmauflösung erreichen, im weiteren Verlauf dieses Kapitels lediglich im Vergleich zur Auflösung gegenwärtiger Displays definiert (bswp "HMDs welche eine Bildschirmauflösung von 2772 x 1848 Pixeln auf einer Distanz von 30 Zentimetern simulieren können").

7.4 Stand der Forschung zu Displaytechnologien für Eyeware

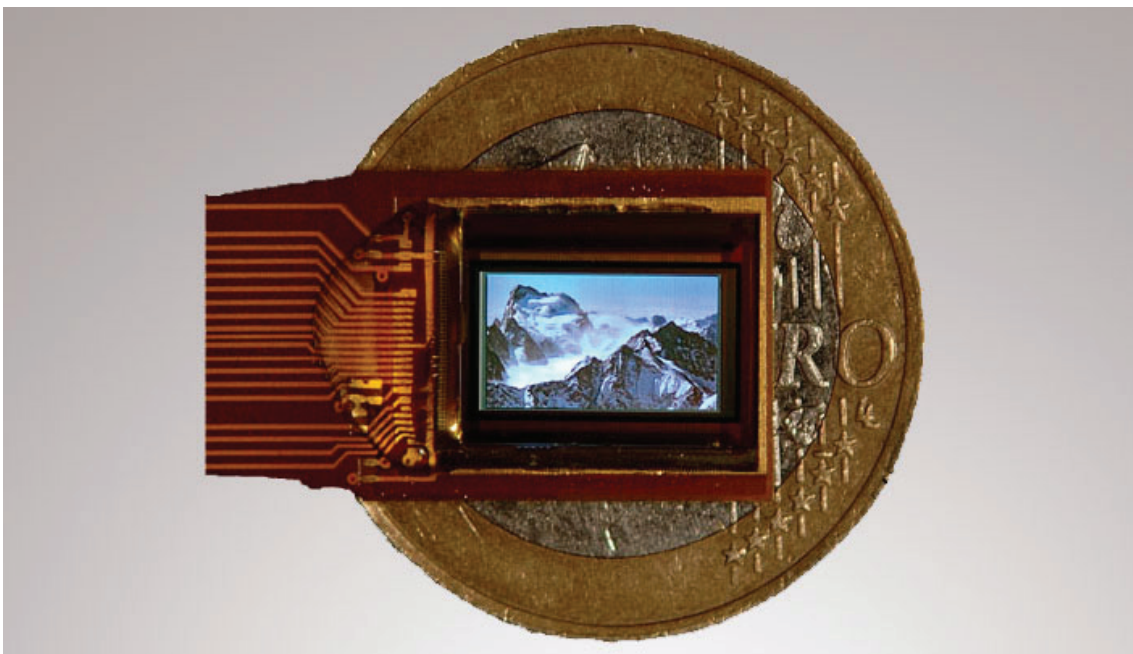


Bild 26: OLED Microdisplay auf einer Euro-Münze. Quelle: <http://is.gd/avcQAT>

7.4.1 OLED Displays

Wird der gegenwärtige Stand der Forschung im Bereich von zukünftigen Displaytechnologien betrachtet, kann festgestellt werden, dass aktuelle Prototypen von Displays auf Basis von OLED (Organic Light Emitting Diode) - Bildschirmen den aktuellen Prototypen von LCD (Liquid Crystal Display) - Bildschirmen für zukünftige Endgeräte bereits überlegen sind, was die Bildschirmauflösung betrifft. Es existieren bereits Prototypen von Displays der Firma MicroOLED (Bild 26) welche Auflösungen bis zu 5,4 Megapixel auf einer Bildschirmdiagonale von 1,5 cm simulieren können²⁵. Diese wurden jedoch nicht für den Einsatz in kommerziellen HMDs angekündigt und es kann davon ausgegangen werden, dass der Preis für diese Displays noch weit über dem akzeptablen Preis für den Einsatz für Massenprodukte liegt. Das leistungsstärkste

²⁵ siehe <http://www.androidauthority.com/microoled-microdisplay-high-resolution-63863/>

marktfähige Head-Mounted Displays im Niedrigpreissegment auf OLED-Basis erreicht mit einer simulierten Bildschirmauflösung von 1920x1080 Pixeln und dem Verkaufspreis von \$799 (Stand August 2012) den gegenwärtig höchsten Wert. Die Bauweise ist jedoch noch weit von einem Produkt entfernt, das den Designkriterien an Eyeware entspricht (Bild 27)²⁶.



Bild 27: ST1080 der Firma Silicon Micro Display.

Fortschritte im Bereich von dünnen optischen See-Through Displays seien zu erwarten, wenn diese auch sehr langsam voranschreiten (Zhou, Duh & Billingham, 2008). Zur Auflösung von Displaytechnologien, welche eine dünne Bauweise ermöglichen, folgt eine kurze Abhandlung zu einer vielversprechenden Displaytechnologie: Virtual Retinal Displays.

7.4.2 Virtual Retinal Displays

Tidwell, Johnston, Melville & Furness (1995) und Doniec (2003) beschreiben die Vorteile, welche Virtual Retinal Displays in Zukunft gegenüber OLED und LCD-Bildschirmen bieten können. Sie erfüllen nahezu alle Designkriterien und Leistungsparameter, die der Idealtypus von Eyeware vorgibt:

- Leichte und ergonomische Bauweise
- Sehr weites Gesichtsfeld mit Werten von etwa 120°
- Hohe Bildschirmauflösung die an die des menschlichen Auge heranreicht
- Hohe Farbintensität
- Ausreichend Helligkeit und Kontrast für die Nutzung bei Tageslicht

26 Für weitere Informationen zu Bauweise und Leistungsparameter sei verwiesen auf die Herstellerwebsite <http://www.siliconmicrodisplay.com/st1080.html>

- Niedriger Energieverbrauch
- Stereoskopisches Display mit 3D Tiefenmodulation

7.4.2.1 Leichte und ergonomische Bauweise

Während LCD oder OLED Bildschirme eine Integration eines Bildschirms in das Brillenglass erfordern, besteht ein Virtual Retina Projector ausschließlich aus Kleinbauteilen: einer Photonenquelle, Scanner und einem optischen Projektionssystem. Die Kleinbauweise und geringe Anzahl dieser Komponenten und der Wegfall der Notwendigkeit eines Bildschirms begünstigen insgesamt eine leichte und ergonomische Bauweise von Eyeware.

7.4.2.2 Sehr weites Gesichtsfeld

Im Gegensatz zu Bildschirmen sind Virtual Retina Displays als Projektoren hinsichtlich des Gesichtsfeldes deutlich weniger beschränkt. Theoretisch können Werte von mehr als 120° auf der horizontalen Achse erreicht und damit das menschliche Gesichtsfeld vollständig ausgefüllt werden. Diese Prototypen bewegen sich allerdings mangels Möglichkeit zur Serienproduktion noch im fünfstelligen Hochpreissegment²⁷.

7.4.2.3 Hohe Bildschirmauflösung

Auch in der Bildschirmauflösung sind Virtual Retinal Displays theoretisch in der Lage, an die des menschlichen Auges heranzureichen. VRDs sind nicht durch ihre Bildschirmdiagonale in der Auflösung limitiert, sondern durch das Diffraktionspotential der Lichtquelle (im Regelfall eine Laserdiode). Eine einzige Lichtquelle kann Auflösungen von bis zu 1 Megapixeln produzieren, was bereits dem High-Definition Standard gegenwärtiger TV Geräte entspricht.

7.4.2.4 Hohe Farbintensität

Farbdarstellung wird in RGB oder CMYK Farbsystemen durch die Anordnung von Mischfarben auf Pixelebene erreicht - die Grundfarben sind jeweils nebeneinander angeordnet und bilden bei ausreichender Distanz eine Mischfarbe. Bei VRDs werden die Grundfarben im dreidimensionalen Raum hintereinander angeordnet, was bei RGB-Systemen beispielsweise in etwa eine Verdreifachung der Farbtiefe bedeutet.

7.4.2.5 Ausreichend Helligkeit und Kontrast für die Nutzung bei Tageslicht

Die hohen Helligkeits- und Kontrastwerte sind bei HMDs durch die Energieintensität der Lichtquelle limitiert. Bei Lasern kann mit weniger als 1 Mikrowatt bereits Tageslicht generiert

27 Vergleich von HMDs http://www.emory.edu/BUSINESS/et/vrd/vrd_srv2.htm

werden, was mit LCD oder OLED Bildschirmen energetisch nicht möglich ist. Mit Virtual Retinal Displays kann aus diesem Grund auch zwischen optischem und virtuellem See-Through Modus moduliert werden und somit sowohl die Umwelt hinter virtuellen Objekten weitestgehend abgedunkelt, als auch durchgelassen werden.

7.4.2.6 Niedriger Energieverbrauch

Im Vergleich zu Lichtemission aus Displays produzieren Laser gerichtetes Licht und können somit hohe Effizienzgrade bei der Projektion von Bildern auf das Auge erzielen.

7.4.2.7 Stereoskopisches Display mit 3D Tiefenmodulation

In Displays wird der Eindruck der Tiefe im Raum durch stereoskopische Darstellung erzeugt. Jedes Auge blickt durch ein Sichtfeld mit leicht versetzten Bildelementen. Die menschliche Wahrnehmung von Tiefe basiert jedoch auch auf Akkomodation - der Distanzmessung des Auges durch Fokussierung auf unterschiedliche Objekte im Raum. Hierzu müssen für die einzelnen Pixel unterschiedliche Krümmungen (Neigungen im Raum) dargestellt werden können, um einen natürlichen Tiefeneffekt zu simulieren. Virtual Retinal Displays sind gegenwärtig die einzigen Systeme, welche zu dieser Modulation auf Pixelebene imstande sind.

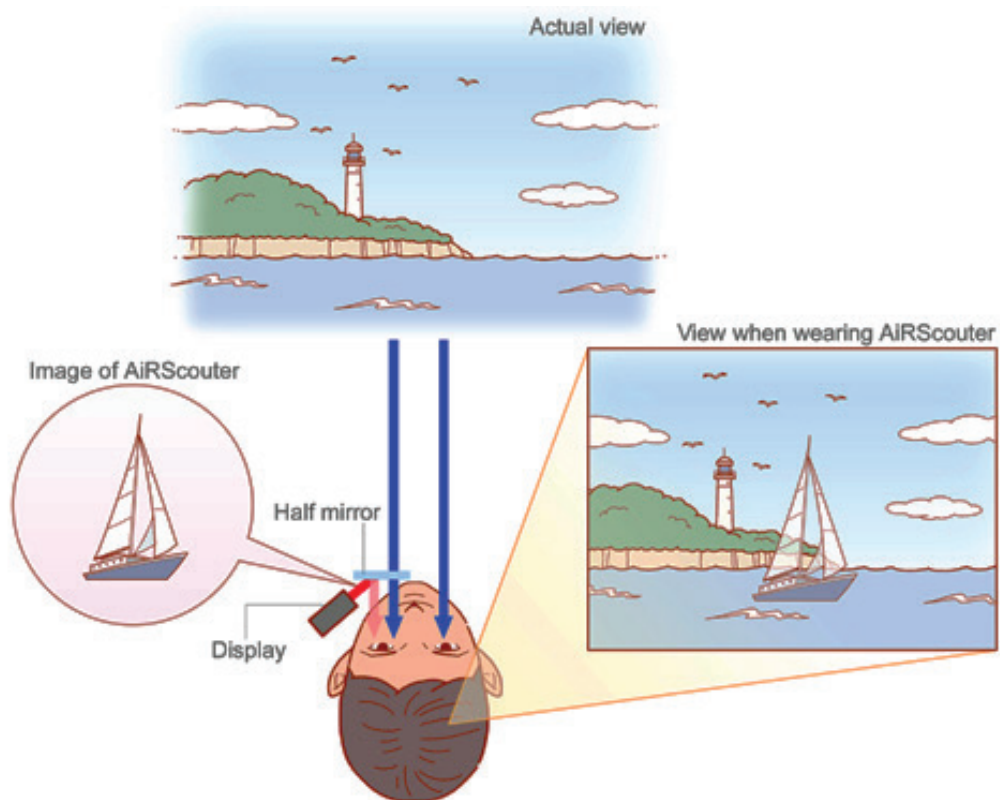


Bild 28: AirScouter von Brother.



Das marktfähigste Produkt im Niedrigpreissegment kommerzieller Nischenlösungen ist der AirScouter, der von Brother für das Jahr 2012/2013 angekündigt wurde. Dieses Head-Mounted Display erreicht 800×600 Pixel simulierte Bildschirmauflösung, 600 cd/m² Bildhelligkeit und ein Totalgewicht von 106 Gramm. Die Markteinführung von Produkten wie AirScouter wird zeigen, ob Virtual Retinal Displays tatsächlich auf Akzeptanzhürden stoßen (Schlick, 2010).

7.5 Markttreiber

Zwei wesentliche Markttreiber konnten für Eyeware identifiziert werden: die Virtualisierung von Rechenkomponenten und die Standardisierung von AR Plattformen. Die Virtualisierung trägt dazu bei, dass Head-Mounted Displays in Zukunft immer weniger physikalische Rechenleistung benötigen und damit hinsichtlich ihrer Leistung immer weniger durch die Bauweise beschränkt sind. Die Standardisierung von AR Plattformen hat zur Folge, dass eine breite Interaktion von lokalisierbaren Objekten im Raum überhaupt auf einer gesellschaftlichen Ebene stattfinden kann. So lange das Feld von Plattformen fragmentiert ist und sich weder Standards, noch marktführende Unternehmen durchsetzen, herrscht ein Mangel an Interoperabilität, was wiederum diffusionshemmend ist.

7.5.1 Virtualisierung von Rechenkomponenten

Je kleiner und portabler ein Endgerät gebaut ist, desto leistungsschwächer sind dessen Teilkomponenten. Es ist zwar davon auszugehen, dass sich einige Teilkomponenten, wie beispielsweise Batterien oder Prozessoren, noch weiter verkleinern werden, jedoch ist keine so schnelle Miniaturisierung aller Bauteile abzusehen, dass innerhalb der nächsten 10 Jahre noch die finale Vision von Eyeware zur Realität wird (Zhou, Duh & Billinghurst, 2008). Dahingegen hat Virtualisierung ab einer bestimmten Stufe ein derart disruptives Potential, dass die Bedeutung dieses Faktors für diese Arbeit weit mehr ins Gewicht fällt: sobald mobile Datentransfers hinsichtlich Datendurchsatz (MBit/s) und Latenz (ms) den Anforderungen an ein Eyeware - System genügen, kann der Großteil an Rechenleistung auf skalierbaren Servern im Netz verteilt werden und die für vollwertige Eyeware ausreichende Bauweise für die Darstellung der Rechenergebnisse entspricht hinsichtlich Prozessoren und Anzeigesystem dem Stand von Technologien, die heute bereits nahe an einem konkurrenzfähigen Preisniveau sind. Es stellt sich dabei die Frage, auf welchem Weg sich diese Divergenz von Displaysystem und Recheneinheit plausibel vollziehen könnte. Dabei ist die Definition von vier Leistungskategorien für Endgeräte unterschiedlichen Einsatzzweckes erforderlich:

Niedrige Leistung (Vergleich: Navigationsgeräte oder Smartphones)

CPU: 300-600 MHz

RAM: 32-128 MB

Mittlere Leistung (Vergleich: Netbooks oder Tablet PCs)

CPU: 1.2+ GHz

RAM: 1 GB

Hohe Leistung (Vergleich: Gamingkonsolen & Multimediacomputer)

CPU: 2.5+ GHz

RAM: 4 GB

Real Eyeware (angenommene Rechenleistung von PCs des Jahres 2020)

CPU: 10 GHz

RAM: 64 GB

Die Rechenprozesse von Eyeware könnten auf zwei verschiedenen Wegen vom Gerät in die Peripherie verlagert werden: über die Anbindung an einen Personal Mobile Computer (PMC) - diese Rolle spielt gegenwärtig das Smartphone - und über die Anbindung an ein mobiles Datennetz mit niedriger Latenz und hoher Datendurchsatzrate. Smartphones sind bereits zum alltäglichen Begleiter geworden und es ist wahrscheinlich, dass dieser Trend nicht mehr abnimmt. So lange davon auszugehen ist, dass eine große Anzahl potentieller Nutzer ein Smartphone besitzen, welches immer weiter an Rechenleistung gewinnt, kann dieses als mobile Recheneinheit dienen, die dem Head-Mounted Display Rechenkapazitäten abnimmt. Über Funkstandards wie Bluetooth können die beiden Geräte verbunden werden und das Head-Mounted Display übernimmt die Berechnung aufwändiger Texturen, Grafikdaten oder komplexer Geometriedaten, während der PMC komplexe parallele Rechenoperationen übernimmt und an das Head-Mounted Display ausgibt. Die Rechenkapazität des gesamten Systems wäre im Bereich der niedrigen bis mittleren Leistungsklasse zu verorten. Sobald eine stabile Anbindung von Eyeware an ein mobiles Hochgeschwindigkeitsnetz mit niedriger Latenz in den Bereich der Machbarkeit kommt, gelangt das System in den Bereich von hoher Leistung bis Real Eyeware. In diesem Stadium kann das gesamte Betriebssystem auf skalierbaren Servern distribuiert und die Berechnung der Rechenprozesse so weit verteilt werden, dass das gesamte System theoretisch die Kapazität heutiger Gamingkonsolen und Multimediacomputern erreicht. Bereits heute ist diese Divergenz von Display, Betriebssystem und Rechner zu beobachten. Am Beispiel von Cloud Gaming lässt sich dies illustrieren. Um hochwertige Spiele auf der Online-Gaming-Plattform Gaikai spielen zu können, genügt ein Endgerät (beispielsweise Notebook) mit 500 MHz Prozessorgeschwindigkeit und einem durchschnittlichen Grafikprozessor des Jahres 2005²⁸. Die dafür benötigte minimale Leistung der Datenverbindung wird mit etwa 5-15 MBit/s Datendurchsatzrate und weniger als 10 ms Latenz angegeben. Aktuell erreicht der Mobilfunkstandard LTE bereits 5-10 MBit

28 siehe <http://derstandard.at/1339639549238/Games-Streaming-Cloud-Gaming-Die-grosse-Hoffnung-fuer-PlayStation-und-Sony>

Datendurchsatz und 20-60 ms Latenz²⁹. Auch wenn dieser noch nicht breit verfügbar ist, illustriert dieser Vergleich zumindest, wie nahe sich gegenwärtige mobile Endgeräte bereits an einer Virtualisierung von Rechenleistung auf skalierbare Server befinden. Die Anforderungen für ein vollwertiges Augmented Reality System sind hinsichtlich Latenz noch strenger (unter 5 ms Latenz im gesamten System werden Verzögerungen im Tracking nicht mehr bemerkt), was bei einer Theorie über Virtualisierung von Eyeware gesondert beachtet werden muss.

7.5.2 Standardisierung von AR Plattformen

Software – This is the biggest unknown. What makes up the bag of tricks required to make an AR platform similar to an iPhone? Object recognition, outdoor markerless, perfect occlusion, non-rigid surfaces, optimizing frames-per-second, geolayers, etc. I placed some items on the progression, but its hard to say which ones will be needed and how they fit together. The tools eventually needed will depend on the creativity of the manufacturer. I could speculate further but this is a question better answered by someone else.”

- Thomas Carpenter, Autor ³⁰

Neben den zentralen Meilensteinen technologischer Entwicklung ist für die breite gesellschaftliche Diffusion von Eyeware auch ein fortschreitendes Wachstum des digitalen Metaversums (Smart, Cascio & Paffendorf, 2007) - des gesamten Raumes an digitalen Inhalten in sowohl der virtuellen, als auch der physischen Realität - ein Schlüsselkriterium. Soll sich ein Wandel von der individuellen zur kollaborativen erweiterten Realität vollziehen, so muss eine zentrale Infrastruktur dafür geschaffen werden. Die Generierung und Standardisierung von kontextuellen Inhalten erfolgt in zwei Bereichen: der erste Bereich sind kommerzielle und öffentliche Inhalte, der zweite Bereich sind private Inhalte. Zu kommerziellen und öffentlichen Inhalten der erweiterten Realität zählen beispielsweise Innenraumkarten öffentlicher Museen und Bibliotheken bis hin zu Verpackungsinformationen zu Obst im Supermarkt oder immersive Kleidungsmodelle für die virtuelle Anprobe im Kaufhaus. Zu privaten Inhalten zählen sowohl personengebundene Informationen wie Profildaten oder produkt- oder ortsbasierte Interessensbekundungen, als auch nutzergenerierte anonymisierte Inhalte von Routenempfehlungen bis hin zu digitalem Graffiti. Der kommerzielle und öffentliche Bereich ist im Vergleich zum privaten Bereich wenig sensibel. Die Verfügbarkeit und breite Nutzung von Plattformen, welche einen gemeinsamen Schaffensprozess an der erweiterten Realität ermöglichen (AR Plattformen), spielen bei diesem Prozess eine Schlüsselrolle. Attraktive Plattformen zum Teilen und Erstellen privater Inhalte sind dabei die deutlich grössere Herausforderung. Beispiele für Unternehmen, welche bereits Plattformen für die Erstellung kommerzieller Inhalte ermöglichen, sind Augmented Reality Browser wie junaio³¹ oder layar³².

29 siehe <http://www.vdsl-tarifvergleich.de/speed-optimierung/ping-zeiten.html>

30 siehe <http://thomascarpenter.com/2009/05/12/the-path-to-augmented-vision/>

31 siehe <http://www.junaio.com/>

32 siehe <http://www.layar.com/>



Diese ermöglichen die ortsbasierte Abspeicherung und Abfrage von Informationen, beispielsweise Hintergrundinformationen zu Gebäuden und Wahrzeichen oder Wegweiser für Innenräume dieser Gebäude, sowie objektbasierte Das Projekt Google Goggles³³ ist ein großer Index objektbasierter Informationen, wie zum Beispiel Textlogos bekannter Marken, Wahrzeichen und Orientierungspunkten, Büchern, Visitenkarten, Kunst, Weinsorten und Firmenlogos. Der Service besteht sowohl aus einer großen Datenbank mit Informationen, als auch einer Smartphone Applikation, welche dazu dient, Objekte zu scannen und per Objekterkennung einen Abgleich mit der Datenbank zu ermöglichen, um dem Nutzer im Anschluss Informationen über diese Objekte anzuzeigen. Mit Wikitude³⁴ wurde ein gesamtes Toolkit für Entwickler zur Verfügung gestellt, die an eigenen Applikationen arbeiten, welche AR Inhalte erfassen, speichern und ausgeben sollen können. Kernstück der Software Wikitude ist ein Browser, der nicht nur zur Anzeige von Informationen für die erweiterte Realität dient, sondern auch für die Erfassung und zentrale Abspeicherung neuer Informationen, die von Nutzern vor Ort eingegeben werden.

33 siehe <http://www.google.com/mobile/goggles/>

34 siehe <http://www.wikitude.com/>

8. Drei Generationen der Evolution von Eyeware

Im diesem Abschnitt werden drei Generationen von Eyeware beschrieben. Die drei Generationen bilden qualitative Evolutionsstufen von Eyeware in der Zukunft, die auf den Designkriterien, zentralen technischen Leistungsparametern, Markttreibern, sowie dem Vergleich von Eyeware mit Konkurrenz- und Komplementärtechnologien basieren. Werden alle Grundannahmen, von zentralen technischen Limitationen von Head-Mounted Displays über die Kompatibilität und Konkurrenzfähigkeit von Eyeware mit Umfeldtechnologien bis zur technischen Machbarkeit miteinander kombiniert, können drei qualitative Varianten von Eyeware für die Zukunft abgeleitet werden, die als Systemzustand stabil sind und neue Felder von Anwendungsfällen eröffnen, die in der Vorstufe jeweils nicht möglich waren. Für alle Generationen wird angenommen, dass diese hinsichtlich Kaufpreis und ergonomischer Bauweise für den Vertrieb in Endverbrauchermarkten konzipiert sind.

8.1 Übersicht

8.1.1 Eyeware der I. Generation

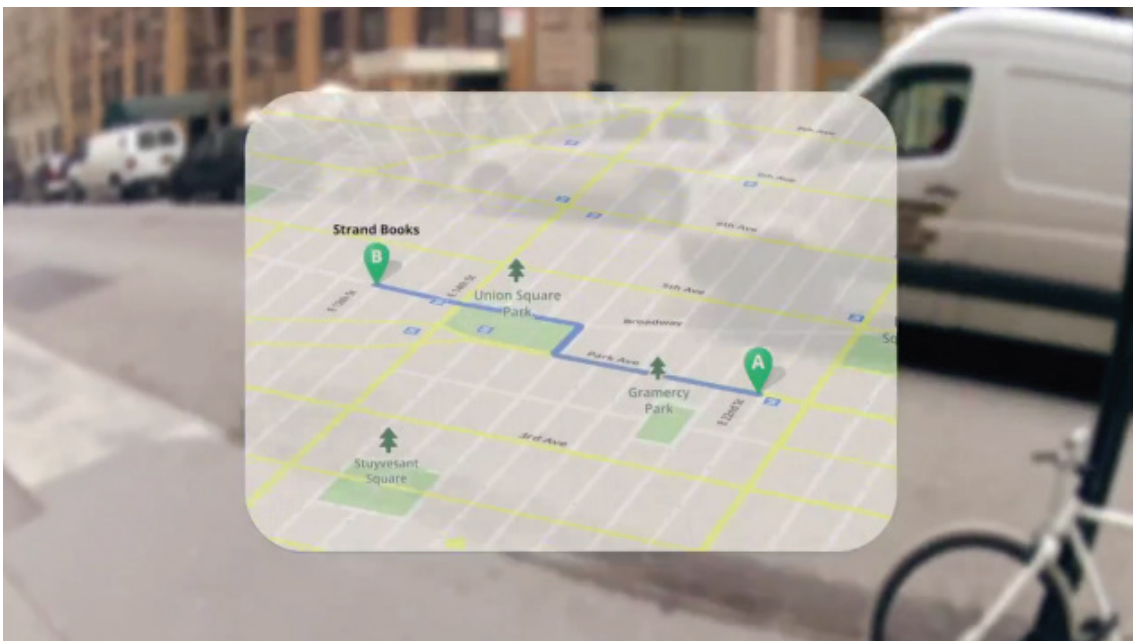


Bild 29: Hands-Free Navigation mit Project Glass.

Die erste Generation von Eyeware sind Nischenprodukte - auch wenn diese nicht als Nischenprodukt konzipiert wurden. Sie erfüllen noch nicht alle wesentlichen Leistungsparameter, um als zusätzliches mobiles Interface für den alltäglichen Gebrauch einen breiten Massenmarkt bedienen zu können. In dieser Stufe der Evolution sind die Produkte hauptsächlich für Anwendungen konzipiert, die keine hohe Bildschirmauflösung oder Immersion erfordern,

aber bereits mit dem Prinzip der erweiterten Realität in der Basisvariante arbeiten. Spracherkennung ist der primäre Modus für Texteingaben. Cursoraktionen können in sechs Freiheitsgrade durch Kopfbewegungen gesteuert werden. Das Display ist niedrigauflösend und monookular und stellt lediglich zweidimensionale Inhalte dar, welche größtenteils nicht grafisch mit der realen Bildszene registriert sind. Dennoch ermöglicht Eyeware der ersten Generation Anwendungen der immersiven erweiterten Realität in der ersten Stufe, da Orientierungs- und Lokalisierungssensoren im System integriert sind und dem Nutzer somit kontextuelle Informationen angezeigt werden können. Zu Eyeware der ersten Generation zählen die folgenden aktuellen Produkte, Prototypen und Produktankündigungen:

- Zealoptics Transcend Ski Goggles (Bild 30)
- ZionEyez Recorder Glasses (Bild 31)
- Project Glass (Bild 32)



Bild 30: Zealoptics Transcend Ski Goggles.



8. Drei Generationen der Evolution von Eyeware



Bild 31: ZionEyez Recorder Glasses.

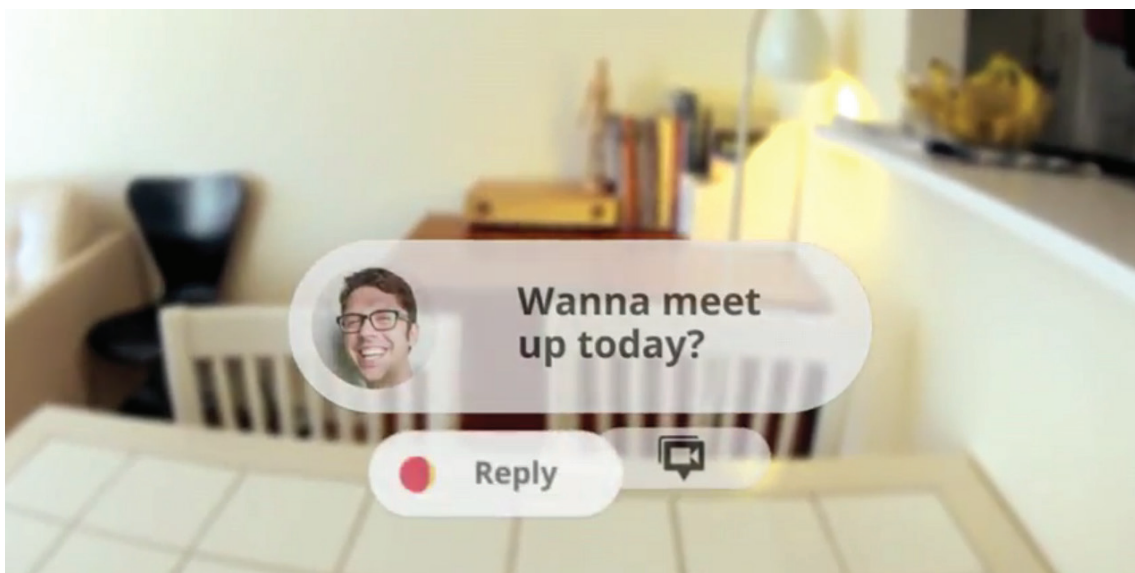


Bild 32: Google Project Glass.



8.1.2 Eyeware der 2. Generation

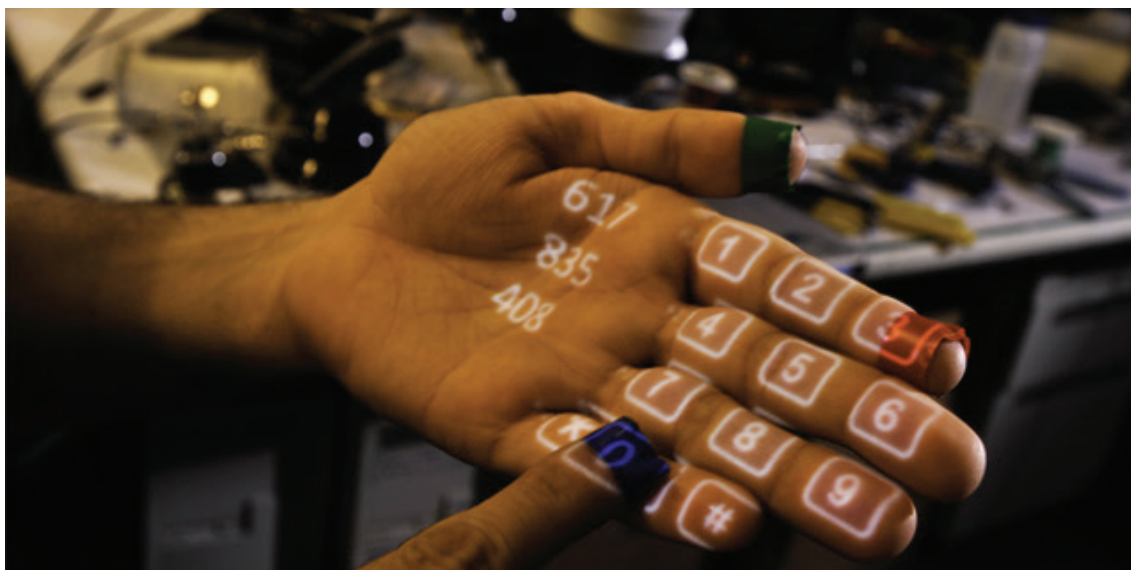


Bild 33: Sixth Sense Gestural Interface.

Eyeware der zweiten Generation steht bereits in Konkurrenz zu Smartphones und Tablets, bietet aber noch nicht die grafische Leistungsfähigkeit von persönlichen Computern im Bereich von rechenintensiven Multimedia- oder Spieleanwendungen. Auch wenn die nötige Rechenkapazität für den breiten Einsatz als persönlicher Computer durch die Auslagerung von Rechenoperationen über eine drahtlose Anbindung an Smartphones deutlich gesteigert werden konnte, sind noch keine hochauflösenden dreidimensionalen Bildelemente in den Raum abbildbar, denn hierzu sind die Technologien für deren Darstellung noch nicht voll ausgereift. Auch wenn sich die Bauweise im Vergleich zur ersten Generation nicht merklich geändert hat und noch immer OLED Displays als Bildschirm dienen, konnten allerdings zumindest in der Interfacesteuerung wichtige Fortschritte erzielt werden. Die Texteingabe ist nun per Gestensteuerung möglich und reicht zwar hinsichtlich Ergonomie noch nicht an die Texteingabe auf traditionellen Tastaturen heran, genügt aber dem Anspruch an kurze Texteingaben für den Versand von Textnachrichten oder für die Eingabe einfacher Notizen. Folgende Beispiele illustrieren aus technischer Sicht Eyeware der zweiten Generation, erfüllen aber hinsichtlich Ergonomie und Preis nicht die Leistungsparameter, die an Eyeware als Endverbraucherprodukt gestellt werden:

- Pro Mobile Display von Laster³⁵
- Star 1200 von Vuzix³⁶
- Oculus Rift³⁷

35 siehe <http://www.youtube.com/watch?v=0Y8ZzfFbmPE>

36 siehe <http://www.youtube.com/watch?v=BcxjwhSTMno>

37 siehe <http://www.youtube.com/watch?v=xgAwYFVeoc>

Die Lösung der manuellen Texteingabe für Eyeware der zweiten Generation ist ein Schlüsselkriterium um entsprechende Produkte als Konkurrenz zu Smartphones und Tablets vermarkten zu können. Im Gegensatz zu Eyeware der ersten Generation, welche die manuelle Texteingabe in Räumen, in denen der Nutzer zum Schutz seiner Privatsphäre das Gerät nicht per Sprache steuern möchte, nur durch drahtlose Anbindung an ein externes Eingabegerät, wie beispielsweise ein Smartphone-Bildschirm oder eine drahtlose Tastatur, ermöglichte, ist Eyeware der zweiten Generation ein erstes Interface als persönlicher mobiler Computer mit minimaler Rechenleistung.

8.1.3 Eyeware der 3. Generation

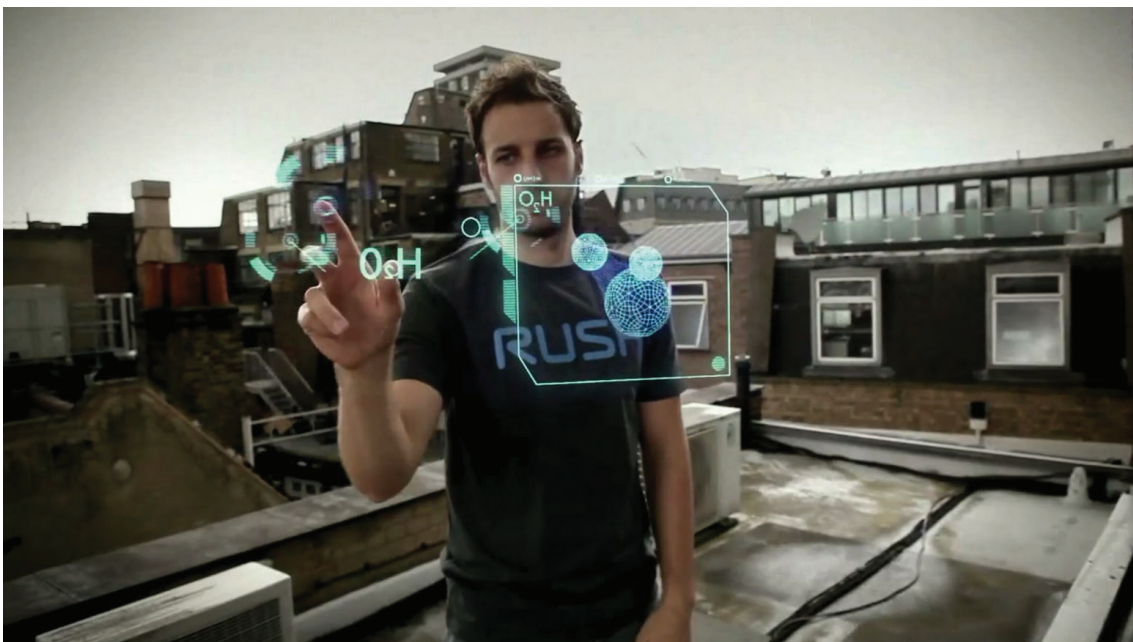


Bild 34: Holographic HUD Concept der Firma mgfxstudio.

In der dritten Generation steht Eyeware in Konkurrenz zu allen Displaymedien, von Desktopgeräten bis zu mobilen Endgeräten. Picoprojektoren³⁸ und stationäre Bildschirme können sich neben Eyeware der dritten Generation durchsetzen als Display für kollaborative Aufgaben oder gemeinsames Entertainment. Diese sind jedoch an Flächen gebunden und können im Bereich dreidimensionaler Inhalte nicht den Grad an Immersion bieten, welcher mit Eyeware umsetzbar ist. Als vollwertiger persönlicher Computer ist Eyeware jedoch das zentrale Interface für alltägliche Informations- und Kommunikationsanwendungen, sowie den privaten Medienkonsum. Darüber hinaus ist mit Eyeware der dritten Generation die immersive erweiterte Realität in einer Qualität umsetzbar, wie sie in Science Fiction der vergangenen Jahrzehnte dargestellt wurde. Bildinhalte erscheinen dem Auge photorealistisch und vollständig dreidimensional und so ist ein nahtloser Übergang zwischen virtuellen und realen Elementen simulierbar. An folgenden

38 siehe <http://www.youtube.com/watch?v=YGjUlsPKu3U>

Beispielen kann illustriert werden, wie Eyeware der dritten Generation konzipiert sein könnte:

- Stark HUD³⁹
- AirScouter⁴⁰

8.2 Technische Leistungsparameter

Es stellt sich nun die Frage welche wesentlichen Unterschiede im Vergleich der drei Eyeware Generationen hinsichtlich technologischer Komponenten und dem Verhältnis zu Umfeldtechnologien plausibel ist? Die verschiedenen Ausprägungen der Systeme zur Registrierung von virtuellen und realen Bildelementen, Nutzereingabemöglichkeiten, Displaytechnologien, Rechenleistung, Virtualisierung und Konnektivität sind in der folgenden Tabelle (Tabelle) abgebildet.

	Registrierung	Input	Display	Rechenleistung (intern)	Rechenleistung (cloud)	Konnektivität
Generation I	Head Tracking + GPS	Sprache und Kopfbewegung	HMD Typ I	500 MHz CPU / 64 MB RAM	n/a	3G
Generation II	Tiefensensor & Markerlose 3D Analyse	Sprach-, Kopf- und Gestenerkennung	HMD Typ II	1,2 GHz CPU / 1GB RAM	PMC	3G
Generation III	Tiefensensor, Markerlose 3D Analyse, Abstimmung v. Kontrast, Licht & Schatten	Sprach-, Kopf-, Gestenerkennung und Eyetracking	HMD Typ III	2,5 GHz CPU / 4GB RAM	LTE	LTE

Tabelle 4: technische Spezifikationen der drei Generationen von Eyeware

8.2.1 Eyeware der I. Generation

Bereits heute haben kommerzielle Head-Mounted Displays rein technisch gesehen mit simulierten Auflösungen das minimale Set von Anforderungen, um als freihändig bedienbares Navigationsgerät zu funktionieren. Hierzu zählen eine Positionsbestimmung durch GPS - Sensoren und Head Tracking, die Möglichkeit zur Texteingabe per Spracherkennung und Cursorsteuerung durch Kopfbewegungen. OLED Displays erreichen eine Bildschirmauflösung von 640x480 Pixeln und können monokular in Leichtbaugestelle integriert werden (in der Tabelle als HMD Typ I bezeichnet). Die Komponenten für eine Rechenleistung von etwa 500 MHz Prozessorgeschwindigkeit und 64 MB Arbeitsspeicher können hinreichend miniaturisiert in einem Aufsatz längs eines Brillengestells untergebracht werden (Bild). Die in vorhergehenden Abschnitten beschriebene Anforderung eines weiten Gesichtsfeldes, welche für immersive Interfaces eine zentrale Rolle spielt, ist für Eyeware der ersten Generation unerheblich, da auch monokular bereits Inhalte im Sichtfeld dargestellt werden können, welche kontextbezogen für den Nutzer relevant sind. Auch bei einer monokularen Darstellung auf Bildschirmen mit besonders kleiner Diagonale können Bildelemente zudem schon ansatzweise immersiv dargestellt werden, denn die Steuerung durch Kopfbewegung ermöglicht deren Positionierung im dreidimensionalen Raum, in dessen Zentrum sich der Kopf des Benutzers befindet. Menüelemente des Interfaces können so beispielsweise überhalb der alltäglichen Welt

39 siehe <http://www.youtube.com/watch?v=pmzHdexALDw>

40 siehe <http://www.youtube.com/watch?v=9I0hF0cbw8E>

positioniert werden, auf die sich ein Nutzer in der Regel fokussiert, um als minimal störend empfunden zu werden. Aktiviert ein Nutzer das Anwendungspanel seines Head-Mounted Displays, während er sich auf einer Straße befindet, können die Elemente oberhalb seines Gesichtsfeldes positioniert und erst in sein Sichtfeld rücken, wenn er nach oben blickt. Auf diesem Weg kann bereits eine nahtlose Integration von realer und virtueller Welt simuliert werden, ohne, dass die virtuellen Bildelemente im dreidimensionalen Raum millimetergenau registriert und damit platziert werden. Die Auslagerung von Rechenleistung an externe Geräte oder das Internet (Cloud Computing) und eine mobile Datenverbindung mit hoher Durchsatzrate sind in der ersten Generation von Eyeware noch keine zentralen Faktoren für deren Einsatz. Es wird angenommen, dass die ersten Geräte vollständig selbst Berechnung der Bildszenen und Interaktionselemente übernehmen.

8.2.2 Eyeware der 2. Generation

In der zweiten Stufe sind optische See-Through HMDs auf OLED - Basis bereits zu simulierten Bildschirmauflösungen bis 2772 x 1848 Pixel auf einer Distanz von 30 cm und 70° Gesichtsfeld fähig (HMD vom Typ II) und damit konkurrenzfähig mit Smartphones, denn deren Bildschirmauflösung kann durch die Beschränkung des menschlichen Auges, jenseits von 2772 x 1848 Pixeln Qualitätsunterschiede zu bemerken, nicht weiter gesteigert werden. Es bestehen noch Limitationen hinsichtlich Berechnung von Textur, Helligkeit und allgemeiner Rechenkapazität. Als Mediated Reality Interface ist Eyeware noch immer nicht attraktiv, denn es können keine vollständig schwarzen Pixel dargestellt werden (für eine ausführliche Beschreibung dieser Problematik sei auf Abrash (2012) verwiesen und die Registrierung von Bildelementen im dreidimensionalen Raum weist noch erhebliche Verzögerungen auf. Die Rechenleistung von Eyeware der zweiten Generation kann durch drahtlose Anbindung an einen Personal Mobile Computer (PMC) gesteigert werden. Smartphones entwickelt sich bis zu diesem Stadium hinsichtlich Rechenleistung noch so weit, dass die 1,2 GHz Prozessorgeschwindigkeit und 1 GB Arbeitsspeicher durch Auslagerung von Rechenoperationen in den PMC um ein vielfaches erweitert werden. Dies ermöglicht bereits die Berechnung komplexer Operationen für rechenintensive Anwendungen, jedoch nicht die Auslagerung von grafischen Berechnungen, da hierfür eine geringe Latenz von so hoher Bedeutung ist, dass diese noch im HMD stattfinden.

In Eyeware der zweiten Generation ist Gestenerkennung über miniaturisierte und im Head-Mounted Display verbaute Tiefensensoren möglich. Auch die Bildszenenanalyse ist so weit fortgeschritten, dass Objekte im dreidimensionalen Raum erkannt werden und für die weitere Positionierung virtueller Bildelemente verwendet werden können. Dies hat zur Folge, dass Interaktionselemente jetzt ins Sichtfeld projiziert und auf jeder beliebigen Fläche abgebildet werden können. Texteingabeinterface auf Touchscreens hat mit Texteingabe im vollständig virtuellen Raum gemein, dass kein haptisches Feedback möglich ist. Die Evolution von Texteingabeinterfaces auf Touchscreens könnte für das Interaktionsdesign von Eyeware folglich wegweisend sein. Die ersten Texteingabeinterfaces für Touchscreens waren virtuelle

Keyboards, die exakt wie ein physisches Keyboard funktionieren. Es werden Buchstaben auf dem Bildschirm angezeigt - für die deutsche Sprache beispielsweise im QWERTY Layout - und diese werden per Tastendruck nacheinander aktiviert. Während auf einem physischen Keyboard durch das haptische Feedback der Tastendruck die ergonomische Art und Weise ist, zügig Text zu schreiben, haben Touchscreen-Keyboards den Nachteil, dass der Nutzer kein haptisches Feedback bekommt und sich deshalb die Fehlerquote bei der Texteingabe deutlich erhöht. Auf dieses Problem folgten verschiedene Innovationen im Bereich der Texteingabe auf Touchscreens. Eines der erfolgreichsten Konzepte, Swype⁴¹, ist eine virtuelle Tastatur, deren Tasten nicht einzeln gedrückt werden müssen, um ein Wort zu produzieren. Stattdessen kann der Nutzer eine gesamte Buchstabenfolge als Linie auf der Tastatur zeichnen und die Worte werden intelligent erkannt. Empfängt die Software einen Vektor über die gesamte Tastatur als Input, werden mehr Buchstaben tangiert, als das gewünschte Wort enthält und Doppeleingaben eines einzelnen Buchstaben nur einfach gezählt. Um trotz dieser Hürden eine intelligente Worterkennung zu leisten, kombiniert Swype zwei Wege: eine semantische Datenbank mit Wortvorschlägen und die Koordinaten im Vektor des Nutzers, auf denen länger verharret oder die Richtung deutlich verändert wurde. Diese Form der Texteingabe ist bereits effizienter als Texteingabe auf physischen Keyboards und beginnt sich allmählich als Alternative durchzusetzen. In Zukunft könnten diese Interfaces noch verstärkt vom Nutzer lernen, die Zeit der Eingabe auf ein Minimum reduzieren und den Fokus des Nutzers auf die schnelle Auswahl vorselektierter Wortvorschläge lenken. So ist die Grundlage für effiziente Texteingabe im vollständig virtuellen Raum geschaffen. Nutzt man zusätzlich die immersive Projektion von Interaktionselementen ins dreidimensionale Sichtfeld des Nutzers zusammen mit Gestenerkennung durch Tiefensensoren, eröffnet sich die Möglichkeit, jede beliebige Fläche im realen Raum zur Interaktionsfläche umzufunktionieren: von der Handrückseite des Nutzers über die Schreibtischfläche bis zur Wand, vor der sich ein Nutzer befindet. Dieses Konzept wurde bereits im Forschungsprojekt "Sixth Sense" mit Tageslichtprojektoren und Tiefensensoren (Microsoft Kinect) demonstriert. Mit dieser Kombination können Eingabegeräte wie Keypad oder Tastatur, sowie Displayelemente virtuell auf jeder beliebigen Fläche abgebildet werden. Dadurch, dass dieses System sowohl sehr kleine, als auch sehr grosse Displays virtualisiert, erreicht es eine hohe Flexibilität in der Anzahl von Anwendungsfällen, die dadurch ermöglicht werden.

Die Kombination aus transparentem HMD mit hoher Bildauflösung, Tiefensensor und Texteingabe per Gestensteuerung machen eine neue Art von Interface möglich, welches eine höhere Stufe der Evolution nach Interfaces auf physischen Displays darstellt, denn es bedeutet einen grossen Gewinn an Flexibilität in der Bildskalierung und in den möglichen Interaktionsmustern, die dem Nutzer zur Verfügung stehen.

41 siehe <http://www.swype.com/>

8.2.3 Eyeware der 3. Generation

Die dritte Generation von Eyeware ist das holografische Interface. In diesem Stadium werden simulierte Bildschirmauflösungen bis 7408 x 4168 auf einer Distanz von 70 cm und 110° Gesichtsfeld erreicht (HMD vom Typ III). Dies könnte durch ein Virtual Retinal Display, aber auch futuristischere Konzepte, wie ein *Aremac*⁴², eine digitale Kontaktlinse⁴³ oder Augenimplantat⁴⁴ umgesetzt werden. Durch eine Implementierung von Virtual Retinal Displays ist auch die Beschränkung der suboptimalen Helligkeitsmodulation zwischen realer und virtueller Realität aufgehoben und die Realitäten können sowohl transparent überlagert, als auch voneinander verdeckt angezeigt werden. Die Registerierung von virtuellen Elementen im dreidimensionalen Raum wirkt in dieser Generation realistisch und weist nur noch wenig Verzögerungen auf. Die Rechenleistung von 2,5 GHz Prozessorgeschwindigkeit und 4GB Arbeitsspeicher fallen nur noch bei Anwendungen auf, welche ihre Ressourcen nicht ohnehin vollständig in das mobile Long-Term Evolution (LTE) Netz auslagern, was auf die meisten Anwendungen zutrifft, denn dieses erreicht im Stadium der Reife von Eyeware der dritten Generation bereits Datendurchsatzraten von bis zu 15 MBit / s und Latenzzeiten von weniger als 2 Millisekunden. Eyeware hat durch diese Anbindung theoretisch unbegrenzte Rechenkapazität, denn die Operationen finden auf verteilten und nach oben offen skalierbaren Servern statt, die nach Leistungsanspruch zugebucht werden. Dieses Prinzip funktioniert bereits heute, wie im vorigen Abschnitt mit dem Beispiel der Spielefirma Gaikai angedeutet wurde, die Computerspiele vollständig über eine Streaminglösung im Browser anbietet und damit auch für Endgeräte mit einer Prozessorgeschwindigkeit und Grafikleistung, die lediglich für die Darstellung von Videoinhalten ausreicht. Eyeware übertrifft in diesem Stadium alle Displays in Immersion, Flexibilität, Skalierung und Auflösung. Während statische Bildschirme in ihrer Diagonale und Distanz bestimmt sind, können simulierte Bildflächen mit Eyeware der dritten Generation frei im Raum positioniert und skaliert werden. Die Steuerung von Cursorbewegungen ist in diesem Stadium zusätzlich zu Gesten- und Kopfbewegungen auch durch Augenbewegungen möglich, was besonders in Situationen hilfreich ist, in denen der Nutzer seinen Fokus nicht von der Bildfläche nehmen kann und die Hände nicht benutzt werden können. Fährt er beispielsweise Fahrrad und möchte während der Fahrt Informationen zur Strassenkarte abrufen, kann er dies per Augenbewegung tun. Auch Schreiben per Augenbewegung ist ein möglicher Anwendungsfall. Das Konzept der Schrifteingabe per Augenbewegung ist durch Projekte wie Eyewriter bereits konkret demonstriert worden.



42 siehe <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/43/Aimoneyetap.jpg>

43 siehe <http://singularityhub.com/2009/10/15/augmented-reality-could-be-coming-to-your-contact-lens/>

44 siehe <http://www.youtube.com/watch?v=GZ0G9odShF4>

9. Anwendungsfälle der Generationen von Eyeware

In diesem Teil werden die zentralen Funktionalitäten der verschiedenen Generationen von Eyeware vorgestellt, die auf Basis technologischer Fortschritte und Entwicklungen in verwandten Märkten möglich geworden sind. Gleichzeitig wird die kontinuierliche Entwicklung der erweiterten Realität anhand qualitativer Stufen beschrieben, die bereits in der akademischen Literatur thematisiert und illustriert wurden: von Augmented Reality (AR) in der ersten Generation über Mixed Reality (MR) und PolySocial Reality (PoSR) in der zweiten Generation bis Collaborative Reality (CR) und Mediated Reality (MedR) in der dritten Generation.

9.1 Eyeware der I. Generation

9.1.1 Realitätsstufe I: Dual Reality (DR)

Die erste Stufe von Anwendungsfällen fallen zum großen Teil in den Bereich der dualen Realität. Azuma (1997) hat hierfür bereits Navigation und die Modulation von Realität durch Darstellung vergangener oder möglicher zukünftiger Zustände als die zwei wichtigsten Anwendungen beschrieben, was das Ergebnis einer Metaanalyse von Literatur zu Anwendungsfällen war, die in den letzten 10 Jahren auf dem International Symposium für Mixed and Augmented Reality präsentiert wurden.

9.1.2 Anwendungsszenarien

9.1.2.1 Erweiterte Navigation

Die erweiterte Navigation ist besonders in Situationen hilfreich, in denen die Hände für andere Aktionen verwendet werden müssen, aber auch für den schnellen Bezug von Informationen zu öffentlichen Verkehrsmitteln und Orten während einer kurzen Reise in urbanen Räumen. Der wesentliche Vorteil von Eyeware gegenüber traditionellen Navigationsgeräten und Smartphones ist die Geschwindigkeit, mit der diese bedient werden können.

“What takes 60 seconds on a phone will take two to four seconds on Glass.”

- Steve Lee, Produktmanager von Google Project Glass

9.1.2.2 Ego-Kamera

Eyeware der ersten Generation ist bereits mit Kameras ausgestattet. Setzt sich deren Einsatz im Alltag durch, können diese zur ständigen Aufzeichnung von alltäglichen Momenten verwendet werden, in denen der Einsatz einer Kamera hinderlich oder zu auffällig wäre, so dass diese später wiederholt, vor- und zurückgespult werden können. Dieses Anwendungsszenario ist das zweite Szenario, welches mit der Produktankündigung von *Google Project Glass* als wesentliche Neuheit und Alleinstellungsmerkmal gegenüber anderen mobilen Informationstechnologien angekündigt wurde⁴⁵.

45 siehe Diskussion auf der Google Photography Conference im Mai 2012

9.2 Eyeware der 2. Generation

Eyeware der zweiten Generation hat bereits ein weites Sichtfeld und ist hochauflösend. Hinzu kommen Tiefensensoren für Texteingabe durch Gesten. Dies bedeutet, dass Eyeware der zweiten Generation als vollwertiger Webbrowser funktioniert. In der ersten Generation war die 3G Verbindung an ein mobiles Datennetz zwar bereits vorhanden, es gab jedoch hinsichtlich Display und Interface noch nicht viel Nutzen dafür, da die Inhalte dem Medium zu sehr angepasst werden mussten. Intelligente Tiefensensoren ermöglichen auch die Projektion von virtuellen Elementen auf reale Flächen und erste Anwendungen, die auf Objekterkennung basieren.



9.2.1 Realitätsstufe II: Mixed Reality (MR) und PolySocial Reality (PoSR)

Das Realitäts-Virtualitäts-Kontinuum (Milgram, 1994) wird mit Eyeware der zweiten Generation gegenüber der Vorstufe bereits deutlich erweitert, denn virtuelle Bildelemente werden stärker mit der realen Szene kombiniert, wenn auch diese Kombination aus mangelnder technologischer Reife von Displays und Grafikprozessoren noch nicht das volle Spektrum von virtuell (vollständige Überlagerung der Realität durch virtuelle Elemente) bis real (vollständige Transparenz und Ausblendung aller virtuellen Elemente) ausschöpfen kann und eher eine semitransparente Überlagerung von Virtualität und Realität darstellt. Die PolySocial Reality (PoSR) nach Applin & Fischer (2012) beschreibt einen Zustand, in dem zwei oder mehr Menschen synchron und asynchron auf eine Weise im gemeinsamen realen Raum interagieren, die jedem Nutzer seine Sichtweise virtueller Elemente bietet. Stehen sich beispielsweise zwei Nutzer gegenüber, sehen sie das selbe Objekt jeweils aus einer um 180° gedrehten Perspektive durch Eyeware, welche die Position der beiden Nutzer zu einer räumlichen Gesamtkonstruktion kombiniert.

9.2.2 Anwendungsszenarien

The most interesting aspect of this is “having the internet float in front of your eyes”. Do away with the 2D screen and imagine the opportunities. When imagining that the internet will become more a set of objects than a set of pages, the question arises how we interact with the future web in three dimensions of space. If we imagine the entire knowledge body and different types of media on the web spread out in 3d space in front of our eyes, then the experience of browsing, interacting and creating with those will be taken to a completely new level. Gestures like drag and drop, expand and collapse, combine, copy and paste will resemble very closely how we interact with physical objects today.

- Expertenkommentar #7742

<http://www.youtube.com/watch?v=EcR2tr3kMMo>

9.2.2.1 Gestural Browsing

Gestensteuerung ist bereits heute auf wenige Milimeter genau umsetzbar.



Mit Eyeware blickt der Nutzer durch einen Bildschirm und steuert dahinter mit Handgesten Interaktionselemente. Dadurch können Interaktionselemente grafisch am selben Ort im Raum platziert werden, an dem sich die Hände befinden und es entsteht der Eindruck, die virtuellen Elemente können berührt werden.



Gleichzeitig können virtuelle Elemente für Zahlen- oder Tastatureingaben auf die Handflächen projiziert werden.



Die Möglichkeit zur Verschiebung des Bildrahmens durch Head Tracking führt bereits zu ersten Ansätzen der Immersion und eine virtuelle Bildszene kann so in den Raum hineingerechnet werden, dass der Nutzer jeweils nur den Bildausschnitt sieht, auf den er seinen Fokus richtet. Eine Demonstration dieses Konzepts ist die Applikation *Condition One* für immersive Filme auf Bildschirmen, die in der Diagonale beschränkt sind, aber die Fähigkeit zur Positionsberechnung haben.



9.2.2.2 Mixed Reality Browsing

Hybride Bücher und Gebäude und Gesichtserkennung für soziale Interaktionen⁴⁶ sind zwei der

46 Die Datenbasis hierfür könnte das Unternehmen face.com bilden, welches seit 2010 eine Programmierschnittstelle für die automatische Gesichtserkennung auf Basis von Profildaten entwickelte-

Anwendungsbereiche, die bereits in die Klasse der Mediated Reality fallen.



9.2.2.3 PolySocial Reality

Im Bereich von kollaborativen sozialen Anwendungen, die mit Eyeware der zweiten Generation umsetzbar wären, sind folgende Anwendungen zu nennen: eine Ranking-Applikation für die spontane und öffentliche Bewertung der erotischen Ausstrahlung des Gegenübers in spontanen Begegnungen (Fußnote Google hat Spekulationen zufolge ein Patent auf ein solches *Hot or Not* Ranking System für Eyeware⁴⁷. Die Echtzeitdarstellung von Profildaten des Gegenübers in spontanen Begegnungen (Bild 35) oder die Echtzeitübersetzung in Interaktionen mit einer Person, die auf einer Fremdsprache kommuniziert (siehe die Produktankündigung des *TeleScouter* des Unternehmens NEC⁴⁸.

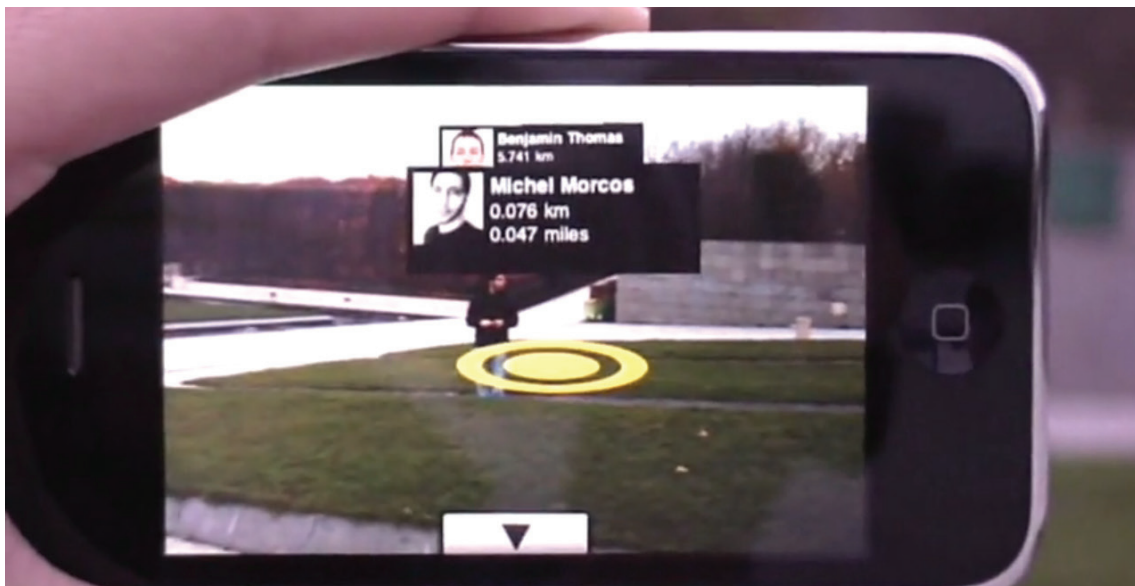


Bild 35: Twitter 360°.



47 siehe <http://www.wired.com/gadgetlab/2012/04/did-google-patent-the-hot-or-not-sexiness-ranking-system/>

48 siehe <http://www.telegraph.co.uk/technology/news/6493869/NEC-unveils-Tele-Scouter-translation-glasses.html>

9.3 Eyeware der 3. Generation



Bild 36: Holographic HUD Concept der Firma mgfxstudio.



Eyeware der dritten Generation sind holografische Interfaces. Dies bedeutet, dass die externe Realität bei Bedarf vollständig ausgeblendet werden kann und eine virtuelle Realität im dreidimensionalen Raum abgebildet wird, in der sich Nutzer frei bewegen können. Objekte im Raum können grafisch manipuliert und als Abbildung modifiziert werden, Flächen können in ihrer Textur vollständig verändert werden und Interfaces sind vollständig virtualisiert und dadurch personalisierbar. Diese werden durch Gesten, Kopf- und Augenbewegungen sowie Spracheingabe gesteuert. Betritt eine zweite Person den selben virtuellen Raum, kann diese durch ein eigenes Gerät diesen Raum völlig anders gestalten und personalisieren. Dreidimensionale Objekte sind in diesem Szenario sowohl virtuelles Abbild eines realen Objektes, als auch reales Abbild eines virtuellen Objektes. Der Nutzer hat sich daran gewöhnt, die dreidimensionale Realität größtenteils formen zu können.

9.3.1 Realitätsstufe III: Collaborative Reality (CR) und Mediated Reality (MedR)

Billinghurst & Kato (2002) weisen darauf hin, dass besonders in räumlichen Design- und Kollaborationsprozessen eine Ablenkung von der Realität durch Computerinterfaces ein großes Hindernis darstellt - versammeln sich Menschen um einen Bildschirm oder eine Wandprojektion, so interagieren sie nicht mit der Realität, sondern betrachten nur ein Abbild dieser Realität, dessen Repräsentation sie später wieder in den Design- oder Kollaborationsprozess einfließen

lassen. Eyeware der dritten Generation fällt in die Kategorie von Technologien der Collaborative Reality (CR), welche dieses Hindernis überwinden, denn die zu gestaltende Realität kann direkt bei der Betrachtung im Raum modifiziert werden. Der Vorsitzende des MIT Lab für Wearable Computing, Steve Mann, beschreibt darüber hinaus die Abgrenzung von Mediated Reality zu anderen Termini:

“Mediated Reality bedeutet, das Auge wird sowohl zur Kamera, als auch zum Bildschirm und Medium. Das heißt in der Folge, dass man die Realität optionaler sieht und schneller versteht, sowie einfacher modifizieren und austauschen kann.”

- Steve Mann in einem Interview im Juni 2012



9.3.2 Private Nutzung eines holografischen Interface

Eine Indizierung der letzten Position von Objekten des alltäglichen Gebrauchs wäre denkbar. So müsste der Nutzer sich nicht mehr daran erinnern, wo er seine Schlüssel oder Geldbörse zuletzt abgelegt hat, denn sein Head-Mounted-Display könnte ihn direkt im Sichtfeld zu seinen verloren geglaubten Objekten navigieren. Der Informationsraum, den Nutzer eines holografischen Interfaces schaffen können, ist vollständig dreidimensional und immersiv. Dies bedeutet, dass der eigene Schreibtisch als Computerdesktop verwendet werden kann, auf dem digitale Dokumente abgelegt und virtuelle Eingabegeräte simuliert werden.



Bild 37: Kinzo, Neo Domestic Robot des Künstlers Keiichi Matsuda.



Auch die Selbstwahrnehmung kann mit einem holografischen Interface digital unterstützt werden. So zeigt das Projekt *Light Guide*, wie Geigenschüler durch virtuelle Lichtsignale ihre Armbewegung perfektionieren können.

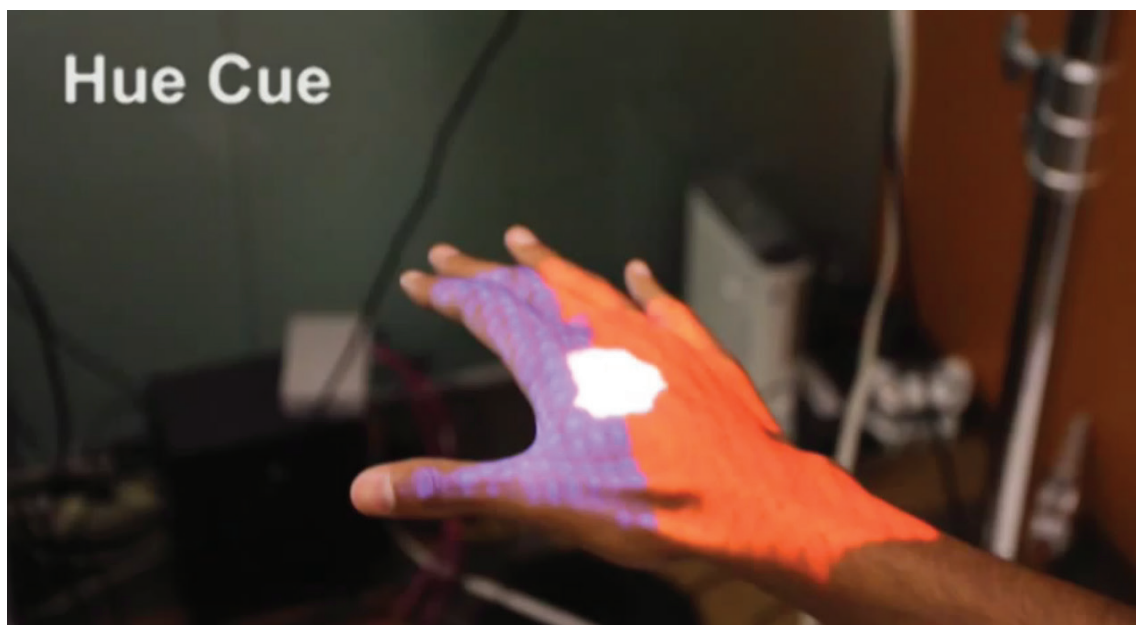


Bild 38: Light Guide Project von Microsoft Research.

9.3.3 Öffentliche Nutzung eines holografischen Interface

Mit Eyeware der dritten Generation können ganze Texturen verändert werden. Dies könnte zu neuen Kunstformen wie digitaler Graffiti führen - ein Konzept, welches bereits mit Projection Mapping in der heutigen Kunst angedeutet wird.



Bild 39: Projection Mapping von Urbanscreen.



9.3.4 Immersive Kollaboration

Das Forschungsprojekt *HoloDesk* von Microsoft (2011)



zeigt, wie zwei Nutzer über eine Distanz gemeinsam an einer manuellen Aufgabe arbeiten. Dieses Prinzip kann auch zu spielerischen Zwecken verwendet werden, wie das Konzeptvideo *Battlefield 5 on Google Glasses* zeigt.



9.3.5 Sichtfelderweiterung

Eine hohe Immersion bedeutet eine Steigerung von möglichen Anwendungen. Der Nutzer könnte aus der Egoperspektive mit Flugdrohnenkameras auf Erkundungstour gehen oder Eyeware für eine Fahrradfahrt als Rückspiegel benutzen.



10. Roadmap für die Evolution von Eyeware

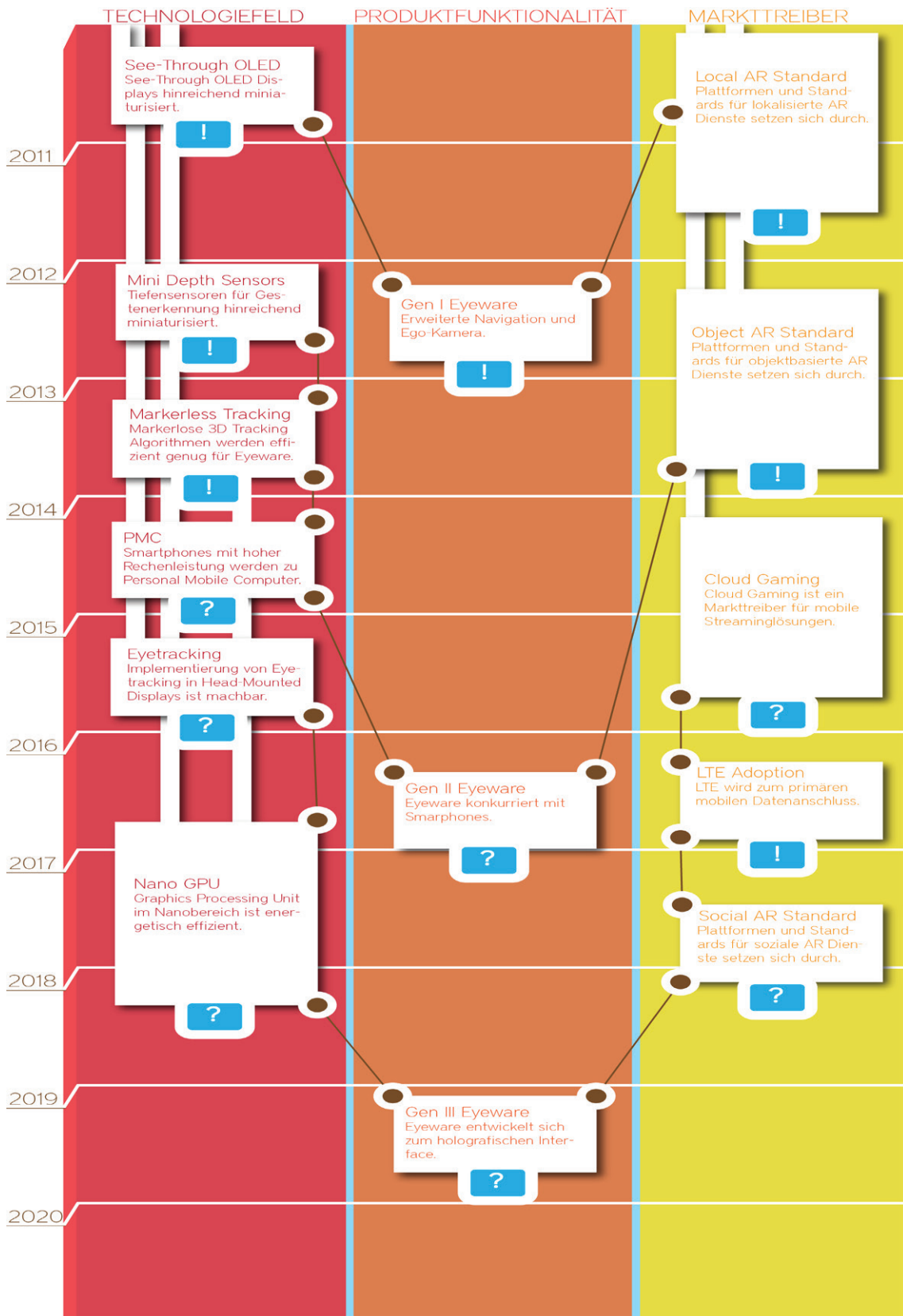


Bild 40: Finale Version der Technologie-Roadmap aus der Expertenbefragung.

10.1 Erläuterung der Ergebnisse

In der finalen Roadmap sind die Produktfunktionalitäten nur noch mit Generation I/II/III beschrieben, denn eine ausführliche Beschreibung, wie in den vorhergehenden Abschnitten, wird dem Format der Roadmap nicht gerecht. Die Fragezeichen in der Roadmap deuten auf relative Unsicherheiten hin und die Ausrufezeichen auf relativ wahrscheinliche Entwicklungen. Im Bereich relevanter Technologiedurchbrüche sind in der ersten Generation marktfähige OLED-Bildschirme für optische See-Through HMDs angesiedelt. Wichtige Markttreiber für spätere Eyeware-Generationen sind hier die Entwicklung von Streaminglösungen im Bereich von Online-Gaming und Plattformen für lokalisierte Inhalte der erweiterten Realität. In der zweiten Generation sind wesentliche technologische Fortschritte ein Persönlicher Mobilcomputer (PMC), der für Eyeware Rechenkapazität bereitstellt, sowie die Entwicklung von markerlosen Trackingsystemen und leistungsfähigen Tiefensensoren für Eyeware. Plattformen für Inhalte der erweiterten Realität haben sich inzwischen auch auf die Indizierung von Objekten in dreidimensionalen Räumen spezialisiert. In der dritten Generation werden zusätzlich zu den Komponenten der Vorgängergenerationen von Eyeware Sensoren für Eyetracking implementiert und die Grafikprozessoren von Eyeware reichen aus, um komplexe dreidimensionale Gebilde im Raum darzustellen. Durch eine Anbindung an ein Hochleistungsmobilfunknetz und die Entwicklung von Standards für soziale Dienste in der erweiterten Realität hat Eyeware in dieser Stufe vollständige Reife als holografisches Interface und zentrales Informations- und Kommunikationsmedium erreicht. Die Anordnung der Meilensteine auf der Zeitachse suggeriert, wie bereits erwähnt, eine höhere prognostische Qualität, als ihr innewohnt, denn die drei Evolutionsstufen sind lediglich in der kurzfristigen, mittelfristigen und langfristigen Zukunft zu verorten. Für chronologische Schärfe in den Ergebnissen müsste streng genommen anschließend noch eine Delphi-Studie oder eine ähnliche Form der Expertenbefragung durchgeführt werden.

11. Rezeption von Eyeware als Leitmedium

*“A lot of times, people don’t know what they want until you show it to them.” -
- Steve Jobs, Gründer von Apple*

11.1 Akzeptanz

Woran lässt sich die Akzeptanz zukünftiger Produkte im Vorfeld messen? Einen interaktiven Überblick von Methoden zur Akzeptanzforschung aus Design und Innovationsforschung liefert Müller (2011). Google wählte mit Project Glass die Wege der User Driven Innovation und Open Innovation. Die Akzeptanzforschung zu Project Glass erfolgte in zwei Schritten - der filmischen Demonstration von Anwendungsszenarien eines hypothetischen Produkts über das Internet zur Sammlung von Nutzerfeedback und der anschließenden Vermarktung von technisch funktionalen Prototypen an Softwareentwickler.

Experten, die bereits Erfahrungen mit der Kundenrezeption von AR Systemen mit hohem Spezialnutzen in Nischenmärkten haben, weisen darauf hin, dass vollwertige AR Systeme für Nutzer einen so hohen Mehrwert bieten, dass diese kaum noch aus deren Alltag wegzudenken sind:

“After building several HMDs and seeing the reaction of pilots using HMD cueing, night vision and 360 degree distributed aperture system I understand that once you have a viable system it is priceless. With the proper combination of optics, camera and computing put together this will become the next boom industry. Every pilot I have ever fit with an HMD says that they will not fly without it.”

- Expertenkommentar #7720

Erfahrungen mit AR Systemen im kommerziellen Bereich haben dahingegen einen eher enttäuschenden Start hinter sich. So stellt ein Experte zu Augmented-Reality Anwendungen fest:

“When I put on an HMD for the first time in 1999, I was disappointed. Fully knowing that the technology wasn’t there yet, I still expected that this technology would potentially allow me to dive into a magic wonderland. Reality set in after a few milliseconds with the iGlasses on my head. I was looking into a black tunnel. [...] Perception is not much different nowadays when you put on an HMD. The first impression is not created by resolution or image quality but by the field of view. The iGlasses (pictured above) had a field of view (FOV) of about 30-40 degrees horizontally, current HMD models (those below 5000 EUR) offer about the same FOV.”

- Kaufmann (2012)

Zusätzlich steht der Mehrwert kontextbezogener Daten im Sichtfeld dem Preis für einen potentiellen modischen Fehlgriff gegenüber. Die Variante des Clips am Brillengestell stieß bislang

auf gemischte Resonanz bei Konsumenten, die sich zu diesen Produktvorschlägen äußerten. Ein häufiger Kommentar war der Wunsch nach vollständiger Integration der Komponenten in das Brillengestell. Darüber hinaus hängt der Mehrwert davon ab, welche Daten empfangen und für die weitere Interaktion verwendet werden können. Geringe Akzeptanz zeichnet sich beispielsweise für Produkte ab, die vordergründig soziale Webapplikationen auf das Auge projizieren sollen. Die höchste Akzeptanz jenseits des vergleichsweise kleinen Kreises von Early Adoptern (d.h. experimentierfreudigen und technologieaffinen Nutzern) haben aktuell modische Sonnenbrillen zur Videoaufzeichnung, die optisch nicht von analogen Brillen zu unterscheiden sind. In Zukunft wird die allgemeine Einstellung zu wearable computing eine zentrale Rolle dabei spielen, wie Eyeware rezipiert wird. Aktuell wird die Debatte um die Zukunft von Eyeware weniger vom Wunsch nach mehr Flexibilität und visuellen Immersion, sondern viel mehr von einer allgemeinen sozialen Inakzeptanz für schwer erkennbare Aufzeichnungsgeräte und die Angst vor den damit verbundenen Risiken dominiert. Darüber hinaus stellt sich die Frage, inwieweit private Daten im Raum der erweiterten Realität überhaupt sozial erwünscht sind. Hierzu ein aufschlussreicher Expertenkommentar:

Consider the difference between commercial or public AR and private AR. For the former, there is a clear push to create more content. For the latter, there still needs to be an incentive for tagging places, events or yourself in an AR fashion. The maximum you would get if you were plugging into this sea of data today with glasses is exactly what Google showed in their Project Glass video: location check-in stats in your eye. Which is the opposite of what most people consider a real killer use case for EyePhones. But if people would start leaving pictures of themselves in real space or wear digital stickers on their back that strangers can grab and look at like public photos on a facebook profile, it would be a true EyePhone use case. I guess this is really dependent on generation and culture. I can imagine these kind of things very well with Gen Y in 10 years or SE Asians, but not really with the middle-aged US/EU population.

- Expertenkommentar #7702

Insgesamt gelten für Eyeware-Systeme der Zukunft also verschiedene Gestaltungskriterien wie technisch voll ausgereifte Systemkomponenten, eine modische Bauweise, oder eine Integration von Nachrichtensystemen in den Alltag des Nutzers, die nicht als störend oder sozial unerwünscht empfunden werden.

11.2 Ängste

Das meistgenannte Problem von Eyeware ist das der potentiellen Informationsüberflutung. Eine große Zahl von Nutzern äußert Bedenken darüber, dass Eyeware zu einer weiteren Zunahme von irrelevanten oder störenden Informationen führt, was besonders direkt im Sichtfeld als sehr störend empfunden wird. Nach dem Medientheoretiker Clay Shirky ist Informationsüberflutung ein subjektives Phänomen, hinter dem sich objektiv das Problem

verbirgt, dass der Informationsfilter versagt⁴⁹ und zur Unterstützung seines Argumentes weist Shirky auf eine Studie mit hilfreichen Hinweisen für Informationsüberflutung der Jahre 1550 - 1700 hin, in der die selben Bedenken zu finden sind, wie sie heute wieder kanonisch rezitiert werden. Shirky argumentiert ferner, dass diese Bedenken zwar berechtigt sein mögen, aber dennoch nicht den Fortschritt der Technologien hemmen, die sie ausgelöst zu haben scheinen, sondern deren effiziente und ergonomische Gestaltung fördern. Eine weitere Angst, die immer wieder in den Nutzerkommentaren zu Project Glass auftauchte, ist die Angst vor zu starker Beschleunigung des Informationszeitalters. Diese Angst mag ebenfalls als real empfunden werden, denn Eyeware beschleunigt in der Tat die meisten Informationsverarbeitungsprozesse um ein vielfaches, doch sie ist als Hemmnis für die Entwicklung dieser Technologien zu verstehen, denn diese Angst ist ebenfalls immer wieder rund um Debatten zu zukünftigen Informations- und Kommunikationstechnologien vertreten, ist jedoch als phänotypische Angst einer Generation, die nicht mehr willens oder in der Lage ist, sich Wissen und Fähigkeiten über zukünftige Technologien anzueignen, zu deuten (Rogers, 1983).

49 Vortrag auf der Web Expo 2008 <http://www.youtube.com/watch?v=LabqeJEOQyl>

12. Disruptives Potential einer breiten Diffusion

Um das disruptive Potential von Eyeware noch einmal zu rekapitulieren, bietet sich ein kurzer Exkurs zur Rolle dieser Technologien für die Veränderung der Mensch-Technik Schnittstelle und für dessen Rolle als Informations- und Kommunikationsmedium an. Bislang konnte davon ausgegangen werden, dass der menschliche Sehsinn durch die Augen definiert und beschränkt wird. Mit Eyeware entsteht die Möglichkeit des dauerhaften Rückspiegels, der Nachtsicht, der digitalen Bildvergrößerung, der immersiven Telepräsenz oder der 360° Selbstspiegelung durch die Projektion von Eigenaufnahmen in das Sichtfeld (vgl. hierzu das Kunstprojekt Topshot Helmet von Julius von Bismarck)⁵⁰. Bislang fand die Reise in virtuelle und entfernte Realitäten über das Medium des Bildschirms statt. Mit Eyeware wird das Auge zum Bildschirm und gleichzeitig der Kamera, welche die gesamte unmittelbare Realität erfasst und in Echtzeit verändert. Der Bildschirm ist nicht länger durch seine Diagonale definiert, sondern durch seine räumliche Auflösung und der Computer integriert sich so weit in die Bewegungsabläufe des Menschen, dass er diesen immer weniger wahrnimmt. Sämtliche Restriktionen der dokumentenbasierten Darstellung von Informationen lösen sich zu Gunsten einer vollständig flexiblen kontextuellen Repräsentation auf und Objekte, Orte und Ereignisse nehmen eine neue Rolle als kontextueller Rahmen für Narration und Information ein.

Der kollektive Wachtraum scheint mir das unerklärte Ziel hinter all diesen Technologien zu sein. Das geht auf die Antike zurück. Wachtraum, Traumzustand und Traum in der fantastischen Form sind etwas ganz anderes als die utopische Form. Der "reelle Traum" ist etwas das wir wollen. Wir arbeiten hin auf die absolute Freiheit von Transformation und Translation. Auch wenn ich nicht am Nordpol bin, interessiere ich mich für die Translation dessen was dort passiert, um es wahrnehmen zu können. Je besser mir ein Medium das nahebringen kann, desto mehr wird das ein Teil meiner Wahrnehmung und erweitert meine Vorstellungskraft.

- Vibeke Sorensen, Beyond Symposium Karlsruhe, Juni 2012

Eyeware ist ein Eingriff in die menschliche Vorstellungskraft und damit in dessen Realität. Der Begriff der Realität soll hier aber nicht bis zur Realismusdebatte herunterdekliniert werden. Vielmehr ist eine kurze Definition des Realitätsbegriffs sinnvoll, welche Grundsatzfragen agnostisch und pragmatisch abhandelt. Zum Zwecke der Argumentation, welche Rolle Eyeware in der Modulation und Erweiterung der Realität einnimmt, sei deshalb folgende Definition von Realität angewandt: Realität wird durch das Subjekt konstruiert und besteht aus allen Objekten, welche für das Subjekt eine Relevanz und Funktion haben. Ob und inwieweit zwischen verschiedenen Subjekten Diskrepanzen in der Realitätswahrnehmung bestehen, ist für diese Argumentation von weit geringerer Bedeutung, als der Prozess der digitalen Dokumentation und Modulation der subjektiven und intersubjektiven Realität.

⁵⁰ siehe <http://www.juliusvonbismarck.com/topshot-helmet/fertig.html>

Einen echten Keks essen. Der bröselt und knackt. Ich glaube, das lässt sich der Mensch als Letztes verbieten.

- Rene Schäfer, Student der Zukunftsforschung, Kommentar zum Projekt Meta Cookie

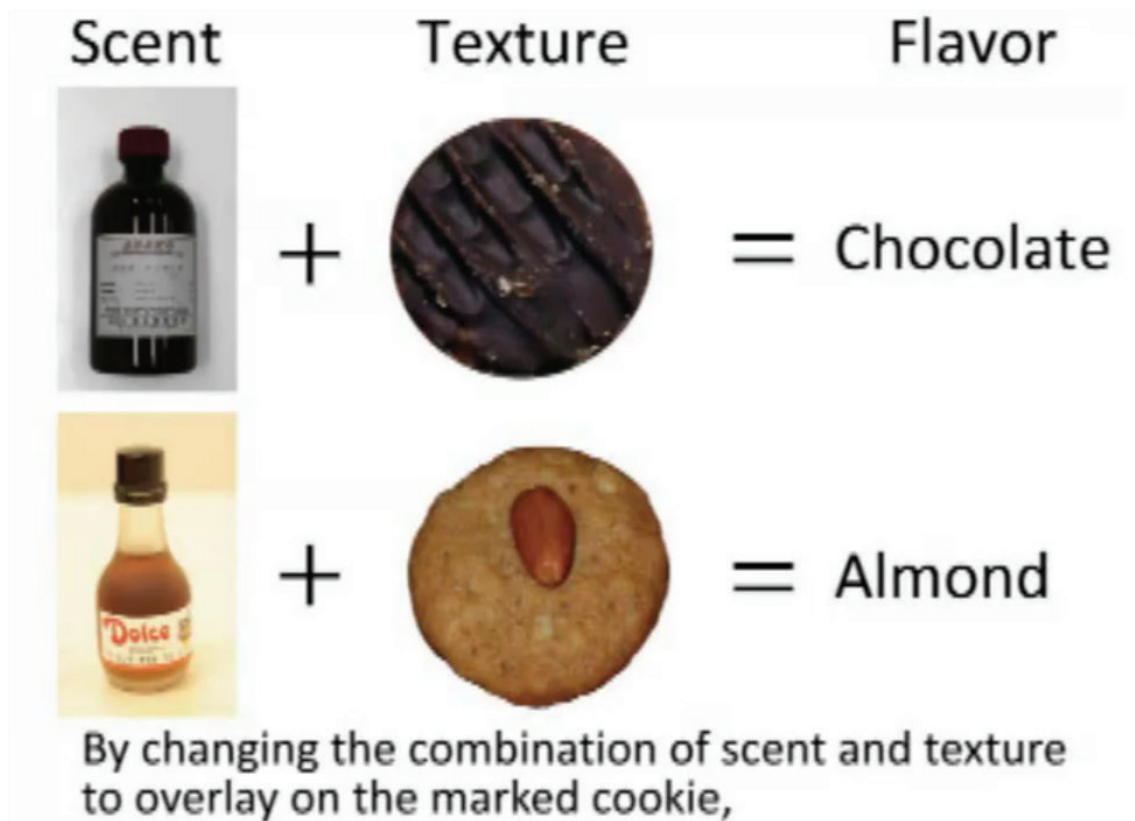


Bild 41: Projekt Meta Cookie



Der Eingriff in die Realität durch Eyeware ist kein Eingriff in den gesamten sensorischen Wahrnehmungsapparat des Menschen - es ist ein Eingriff in dessen mentale Schemata und abstrakte Repräsentation der Umwelt. Dieser Eingriff hat bereits seit der Einführung erster Personalcomputer an Beschleunigung gewonnen. Dokumente konnten binnen Sekunden ausgetauscht und ohne Kosten dupliziert und geteilt werden. Dokumente, welche keinen Nutzen durch ihre Positionierung im Raum stifteten, wurden als erstes digitalisiert: Sachbücher, Adressbücher, Bankdaten. Mit dem Internet folgten Dokumente, die einen sozialen Mehrwert stiften, wenn sie sich an einem gemeinsam zugänglichen Ablageort befinden: Profildaten, Kommunikationshistorie, Fotos und Filmaufnahmen. Mit Eyeware erreicht die dokumentierte Realität eine weitere Stufe der Beschleunigung: ortsbasierte Dokumente (Reise- oder Restaurantführer), aktionsbasierte Dokumente (Musiknoten auf dem Klavier, Kochbuch neben dem Herd, Arbeitsunterlagen neben dem Bürotisch, Poster für Wandflächen, Bücher neben

dem Bett, Wartungsdokumente neben dem Heizkessel), sowie objektbasierte Dokumente (z.B. Verpackungsaufkleber) und eventbasierte Dokumente (z.B. Veranstaltungsinformationen) stiften in ihrer physischen Form deutlich weniger Mehrwert, als in ihrer kontextuellen digitalisierten Form und werden mit breiter Nutzung von Eyeware langsam aus dem physischen Raum verschwinden. Eyeware führt also zu einer digitalen Erweiterung von Aktionen, die an einen Raum, ein Objekt oder intersubjektiven Rahmen, sowie an ein Ereignis gebunden sind. Die Anzahl der verschiedenen Situationen, welche dieser Definition zufolge von Eyeware betroffen sind, ist immens gross.

13. Zusammenfassung und Ausblick

Diese Arbeit begann mit einem Rückblick auf Visionen der erweiterten Realität in der Science Fiction und deren Verankerung in Wissenschaft und Forschung. Sie leitete anschließend über zur technischen Umsetzung von Augmented Reality Systemen und definierte deren Zukunft als Eyeware, einem Neologismus aus Eye und Software, welcher für mit dem menschlichen Auge interagierende (Eye-) technische Komponenten (-ware) eines Mediums der erweiterten Realität steht. Der folgende Abschnitt zur Zukunft von Eyeware zeigte auf, wie die Zukunft von Eyeware bis zum Jahr 2020 aussehen könnte und welche Meilensteine auf dem Weg dorthin erreicht werden müssen: Eyeware entwickelt sich in dieser Theorie vom Nischenprodukt als Sichtfeldkamera oder erweitertes Navigationsgerät zum tragbaren Smartphonedisplay und schließlich zu einer ersten Variante eines holografischen Interfaces. Das Anwendungsspektrum reicht hier von einfacher Straßennavigation im Sichtfeld während einer Fahrradfahrt bis hin zu vollständig immersiven dreidimensionalen Räumen, die zur Interaktion als 360° Desktop dienen und frei gestaltet werden können. Die Theorie wurde gestützt durch eine Web- und Literaturrecherche zu technologischen Reifegraden von Teiltechnologien, dem Wachstum von Märkten für Cloud Computing und AR Plattformen, sowie akzeptanzsteigernde Faktoren für Design und Bauweise von Eyeware - Produkten, welche im Anschluss in Form einer Technologie-Roadmap visualisiert und Experten aus Wirtschaft, Wissenschaft und Kunst zur inhaltlichen Diskussion vorgelegt und schließlich zu einer finalen Version ausgearbeitet wurde.

Die Arbeit ist als explorative Zukunftsstudie zu verstehen, welche eine plausible Zukunft aus dem gegenwärtigen Meinungs- und Theorienspektrum gebildet hat. Es wurden keine Wahrscheinlichkeiten zu dem Eintreffen der verschiedenen Meilensteine in der Zukunft erhoben, aber dennoch Hypothesen über deren ungefähre zeitliche Verortung aufgestellt. In weiterführender Forschung können diese Hypothesen als Ausgangspunkt für eine quantitative Studie zum Thema, etwa eine Delphi-Umfrage, verwendet werden. Es wäre darüber hinaus wichtig, eine höhere semantische Schärfe in der technischen Spezifikation der Reifegrade anzustreben, als es diese Arbeit leistet, um eine treffsicherere Theorie über den Zeitpunkt der Konkurrenzfähigkeit von Eyeware mit anderen Endgeräten, wie etwa Smartphones und Desktopcomputern, aufstellen zu können. Hierzu würde sich als Methode ein strukturiertes Interview mit Pionieren der Computer- und Grafikchipindustrie, sowie Herstellern von OLED und Virtual Retinal Displays anbieten.

Abschließend können die Aussagen dieser Arbeit folgendermaßen zusammengefasst werden: Eyeware hat eine Zukunft als gesellschaftliches Leitmedium, ist aber im gegenwärtigen Stadium aktueller Prototypen noch nicht weit genug industrialisiert, um für einen Massenmarkt konkurrenzfähig zu sein. Auf dem Weg zur breiten Diffusion in Endverbrauchermarkten sind einige Fortschritte in der Forschung an Head-Mounted Displays (die Integration von Virtual Retinal Displays und hochauflösenden Tiefensensoren), sowie einige Markttreiber (beispielsweise die breite Nutzung von Long-Term-Evolution Netzwerken mit sehr hohen Datendurchsatzraten und geringen Latenzzeiten oder die Standardisierung von objektbasierten Augmented Reality Plattformen) zentral für die Evolution von Eyeware als Massenmedium.

Literaturverzeichnis

- Abrash, M. (2012) *Why You Won't See Hard AR Anytime Soon*. Abgerufen am 29.07.2012 unter <http://blogs.valvesoftware.com/abrash/why-you-wont-see-hard-ar-anytime-soon/>
- Applin, S.A., Fischer, M.: *PolySocial Reality: Prospects for Extending User Capabilities Beyond Mixed, Dual and Blended Reality*. Abgerufen am 14.07.2012 unter http://www.dfki.de/LAMDa/2012/accepted/PolySocial_Reality.pdf
- Armstrong, J. S.: *Principles of Forecasting: A Handbook for Researchers and Practitioners*. Kluwer. 2001.
- Azuma, R.: *A Survey of Augmented Reality*. Presence: Teleoperators and Virtual Environments, S. 355–385. 1997.
- Barba, E., MacIntyre, B., Mynatt, E.D.: *Here We Are! Where Are We? Locating Mixed Reality in The Age of the Smartphone*. Proceedings of the IEEE(4): 929-936. 2012.
- Billinghurst, M.; Kato, H.: *Collaborative Augmented Reality*. Commun. ACM 45(7): S. 64-70. 2002.
- Bimber, O., Raskar, R.: *Spatial Augmented Reality: Merging Real and Virtual Worlds*. AK Peters. 2005.
- De Jouvenel, B.: *The Art of Conjecture*. New York, Basic Books. 1967.
- Doniec, M.: *Funktionsweise und Einsatzmöglichkeiten von Virtual Retinal Displays*. Abgerufen am 29.06.2012 unter <http://www.doniec.de/download/S-MDoniec-WS0304.pdf>
- Dudfield, H.J., Hardiman, T.D., Selcon, S.J.: *Human factors issues in the design of helmet-mounted displays*, Proceedings of the SPIE 2465, S. 132. 1995.
- Ehrenfels, C.v.: *Über Gestaltqualitäten*. Vierteljahrsschrift für wissenschaftliche Philosophie 14, 1890, S. 249-292.
- Eichelbaum, F.: *Die Wirkung von Prognosen vs. Szenarien auf das Management von Ungewissheit. Eine psychologische Perspektive*. Seminararbeit im Masterstudiengang Zukunftsforschung an der Freien Universität Berlin. 2011 (Unveröffentlicht)
- Feiner, S.: *Augmented reality: a long way off?* AR Week. Pocket-lint. 2011.
- Furth, B.: *Handbook of Augmented Reality*. Springer: 2011.
- Gerhold, L., Schüll, E.: *Qualitätsstandards und Gütekriterien der Zukunftsforschung des Netzwerk Zukunftsforschung*. Präsentiert in Lehrveranstaltung des ersten Semesters im Masterstudiengang Zukunftsforschung. 2010 (Unveröffentlicht)
- Grunwald, A.: *Wovon ist Zukunftsforschung eine Wissenschaft*. In: Reinhold Popp und

- Elmar Schüll: *Zukunftsforschung und Zukunftsgestaltung*. S. 25-35. Springer-Verlag, 2009.
- Holland, J.H.: *Emergence. From Chaos to Order*. Oxford University Press, Oxford/New York. 1998.
- Hugues, O., Fuchs, P., Nanipieri, O.: *New Augmented Reality Taxonomy: Technologies and Features of Augmented Environment*. In: Borko Furht (Ed.): *Handbook of Augmented Reality*. S. 47-63. Springer, 2011.
- Laube, T., Abele, T.: *Technologie-Roadmapping zur Planung und Steuerung der betrieblichen Forschung und Entwicklung*. In: Möhrle, Martin G.; Isenmann, Ralf (Hrsg.): *Technologie-Roadmapping. Zukunftsstrategien für Technologieunternehmen*. Berlin: Springer, 3. Auflage. 2008.
- Kaufmann, H.: *Head Mounted Displays in 2012*. Abgerufen am 16.07.2012 unter <http://trackingreality.com/2012/01/04/head-mounted-displays-of-2012/>
- Mann, S.: *Cyborg: Digital Destiny and Human Possibility in the Age of the Wearable Computer*. Random House, 2001.
- Milgram, P.: *Augmented Reality: a Class of Displays in the Reality-Virtuality Continuum*. SPIE Vol. 2351-34, *Telem manipulator and Telepresence Technologies*. 1994.
- Müller, S.: *Strategic User and Futures Research: Theory, Methods and Examples*. Abgerufen am 03.05.2012 unter <http://incom.org/projekt/1632/>
- Raskar, R., Welch, G., Fuchs, H.: *Spatially Augmented Reality*. First International Workshop on Augmented Reality, September 1998.
- Rogers, E.M.: *Diffusion of Innovations*. New York: Free Press. 1983.
- Rust, H., *Verkaufte Zukunft. Strategien und Inhalte der kommerziellen Trendforscher*, in: Popp, R./ Schüll, E. (Hrsg.), *Zukunftsforschung und Zukunftsgestaltung*. 2009.
- Schlick, C.M.: *Ergonomische Gestaltung und Bewertung kopfbasierter Displays für Arbeitsassistenzsysteme*. Abgerufen am 02.06.2012 unter www.baua.de/de/Publikationen/Fachbeitraege/pdf/Aml-Tagung2010-10.pdf?__blob=publicationFile&v=1,
- Smart, J.M., Cascio, J. und Paffendorf, J.: *Metaverse Roadmap Overview 2007*, Accelerated Studies Foundation. Abgerufen am 07.06.2012 unter <http://www.metaverseroadmap.org/overview/>
- Tidwell, M., Johnston, R.S., Melville, D., Furness, T.A.: *The Virtual Retinal Display – A Retinal Scanning Imaging System*. Human Interface Technology Laboratory, University of Washington. 1995.
- Zhou, F., Duh, H.B.L., and Billingham, M.: *Trends in Augmented Reality Tracking, Interaction and Display - A Review of Ten Years of ISMAR*, IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality (IEEE/ACM ISMAR) 193-202. 2008.

Anhang

Appendix I: Meinungsspektrum zu Eyeware

Teilnehmer

Facebook User der Gruppe *Future of Mobile Augmented Reality*

Ausgangsfrage

Do you think that in the year 2020, we are likely to run around with 4G connections, virtual retina displays, real-time depth sensors and accelerometers tied to our head?"

I'd say every single thing you currently do with your phone could be considered a "killer app" for that sort of augmented reality glasses: even if you couldn't do anything fundamentally new (which of course isn't true), the ability to do it an order of magnitude faster dramatically changes how you'll use it. For example, there are probably tens to hundreds of times per day where I think, "Hmm, that's a somewhat vaguely interesting question, but not interesting enough to pull out my phone and look up the answer on Wikipedia." By 2020, those moments will look very different. - Geoffrey Irving

My guess for 2020 would be glasses with integrated HUDs, replacing phones/tachometer in cars (connected wireless with car electronic)/navigation systems/etc. the technology will be there (probably way too expensive, but still) and if you have a look at <http://www.wikitude.com/> and the transparent OLED displays already available, i don't think it's too much to predict AR glasses in 2020. i'd be a bit cautious about the lenses though, because i don't see a good way to power them yet. additionally, if you see it as a replacement (more of an evolution though) for smartphones, there sure is a market (if the price is right). like in the past i'd say that there will be several competing groups with different standards and those with the best political backing will win (e.g.: HD video: HDDVD vs BluRay) and as for UI designs - give the UI developers the technology and they'll create one - this will happen automatically (as soon as touch-displays were introduced to phones, they came with an interface capable of using it - and got refined afterwards in a short timespan) - Martin Mayr

I think there will be digital contact lenses in the future. We will be mobile online everywhere (outernet; always connected) - Tino Kressner

Having wide-spread AR by 2020 feels as likely as having nuclear fusion tech by 2030. AR is in a kind of hype-state and every hype, especially hypes in times of lowly damped communication (easy multiplication of opinions and establishing of opinion-leadership), tends to overshoot dramatically (flying cars). Content costs a lot of money and someone has to pay for that. Unless you have very high population densities, developing that content might be a waste resources. And even there, you will need someone to pay for creating it, which could possibly spoil the experience (Ads in my AR? No thx.). So I do not really see how the things that I would really like

to see would be financed by someone and how the things that will find investors would interest me. So I do not doubt that the tech will be available, I just doubt that there will be mass-market for it. having a unified interface or standardized API will be very important for the market in its beginning. Else we would be in a multi-verse of ARs, which no one could really want. And content providers will face an ever higher hurdle, having upped their costs significantly. - Notger Heinz

Talking about 2020, I personally doubt for several reasons that we will be as far as “seamless everyday-life integration” of AR displays worn on a person (contacts, glasses...) on a mass production basis (not talking of low-number / high price high tech toys). Not unless much more standardization for data interfaces happens, not unless much better and natural UI designs are created, ! However, what I do see are all kinds of either industrial usecases, especially “everything navigation” - wether in traffic or a warehouse... and R&D/”design and development” applications/visualizations on a broader scale. Real-time interaction between digital data and life (as in mobile devices “overlying” say the image we see through glasses) needs a high-level access to information from various sources and hence sources and code to interact smoothly, besides individually selected, combined, and adopted for the user and his needs, and furthermore to be integrated properly into the visual or other sensual abilities of the exact device that is used (hardware limitations / abilities / variations to be covered). - Katrin Holl

if you look at the variety of ‘regular’ glasses out there today and the number of people who despite needing them, either use contact lenses or even have their eyes lasered - it will take a lot to convince the majority of people to wear (probably oversized) glassed in everyday situations. for me this is a point the designers of such glasses like gadget will have to consider if they want to address people beyond early adopters. only if they can develop something contact lens like or even an implant will the mass accept such a product. - dominik tränklein

One also needs to think about the limitations set by the human body/psychology itself. Because if there is a limit, it would naturally set the boundaries for e.g. how long one can wear a pair of AR-glasses or how often one would actually use Wikipedia or video chat without getting a too-much-data-breakdown. ;) The are studies out there about this and “HCI” is just one buzzword linked to it. - Zhou-Fei Hui

There will probably be one major player, a slightly odd secondary player, an open alternative, and then a bunch of smaller ones. I think mobile HUDs are inevitable, in fact I’m surprised they haven’t happened already. I can’t be the only one who walks around with their phone glued to their hand with their neck craned down looking at it. But I think “Augmented Reality” as it’s currently envisioned is pretty pointless, to be honest. Our environments just don’t have very much information in them to be worth augmenting most of the time, especially compared to the much more efficient abstract information that we prefer to see when we’re looking at screens. The question is: can you think of a convincing use that isn’t just face recognition + facebook or

GPS + compass + google maps? - Edward Saperia

I think all the upcoming services and technologies are somehow connected to the web and that won't change the next years — so “yes” we run around with very fast and stable #G internet-connections. I think we're not likely to change our behavior or look while wearing glasses or contact lenses just for having additional information. I also think 3d-glasses in cinemas will disappear. Technologies have to be smart and restrained. The future is wireless, that's for sure! But wires help to understand connections and functionalities. For the missing hints via the wires interface designers have to find new ways to show how things are connected to each other. - Vinzent Britz

Appendix II: Nutzerkommentare zu Project Glass

skydiving demo (Comments with 10+ in first 100 and 5+ in last 400)

wtf! All Glass was useful for was to record the experience? I can do that with my phone. The whole point of Glass is to augment my visual field with data. Not to record video. If it's just a recording device, it's not interesting at all.

Just video? I was expecting glasses to give information about altitude or some useful for skydiving. It's kind of disappointing (yes, I'm skydiver).

It looks like a pair of glasses with a camera. The first video was awesome, but this one? Yeah, a live skydiving is good, but you can do it putting your camera on your helmet too. Where are all the things about augmented reality?

1500\$ is a very high price, for what we see now. You can buy a great computer with that money.. I hoped for 400-700\$ as a price.. :(

photography conference demo (Comments with 10+ in first 100 and 5+ in last 400)

FISHING. "The one that got away" is the PERFECT photo op for a hands free camera system!

It would be great to see a child's perspective

I'm a Disabled Vietnam Veteran with only the use of my left hand, if you would like some one who could really use a device like this I'm your man, because of my disability a camera & even a cell phone are both too hard to hold let alone hold steady. Now as for the battery issue, a small plugin battery pack that fits in your pocket or clip onto your belt seems the way to go.

I want to continuously store video to five minutes (or so) of volatile storage configured as a ring buffer. Then if I see something I wish I had taken a picture of, but didn't, then I have five minutes to figure it out and save the video. I can then extract what I saw from it later. It should ideally be stored online.

As a EMT I would love to see the applications this could have in emergency medicine. If I can talk and share video with the Doc in the ER when I am far away from the hospital...!!! Talk about a positive working relationship.

I've been trying to get a message to the glass team, but the boards always reach 500. I am Deaf, I really want to see the Glass team think about how HUGE this impact can be for people with disabilities. Imagine going to a movie and being able to read subtitles on your personal Glass. Imagine voice recognition translated to real-time captioning (like what youtube and google voice

voicemail has going for it). Is there a better way to get these important aspects to the right people?

sebastian thrun takes a picture of his son (Comments with 10+ in first 100 and 5+ in last 400)

Man. I think of all the moments I almost caught on camera but missed out on because it wasn't in my hand and ready to go. I really can't wait to get a pair of these.

For my 3 year old daughter and doing EXACTLY this... I always say I wish I could hit the pause button on her for a bit. With the "glasses" this would become a reality with ease.

Here's a scenario for your commercials - the face of the mugger with a gun in my face...

Taking pictures whilst riding my bike

I've just gotten into cycling in a big way and riding around the country lanes I see some great views and also lots of wildlife. Unfortunately by the time I have stopped, got the phone out of my bag and lined up the picture the moment is often passed, especially with wary wildlife. I would love to be able to take a picture hands free and share it instantly.

Finding my way home afterwards

It would also be helpful to get directions home when I get carried away and a bit lost.

Another cool use for the camera: binoculars function, to get augmented views of what you are looking at.

I think it would be invaluable to use these to create a Day In The Life Of... . How valuable would it be if we could see what a kindergartner sees on his first day of school, or what someone in a wheelchair experiences, dealing with stairs, exits, people who look at you, perhaps a bit differently. Or what it would be like to see through the eyes of a nurse, or doctor, or rescue worker.

Waiting for Ironman UI Mod. Can't wait!

I can see fantastic uses for these for historical sites.

Gone are the days of audio tours! Forget that, slip on a pair of these beauties & WHAM full interactive 3D AR (Augmented Reality) overlay on top of the existing stonework etc. showing what the castle would have looked like - linked to GPS, the compass embedded in the glasses and perhaps a couple of low profile markers for reference, the 3D image changes to suit the viewpoint as you walk around / through it like a hologram of the past! You could even animate Kings, Queens, Knights, horses etc all wondering around the scene extolling greetings, gestures, tales, stories etc interacting with the wearer of the glasses.

If each set of glasses had an individual RFID - you could take on a role within the castle /

grounds - people would see you through their glasses as an animated figure & you would see them as another figure & you could both have pre-configured 'chats' by choosing from a menu of available responses (facts, figures, saying etc) all in character! Of course the glasses system could automatically pause / blank in the event that the person was getting a bit carried away too close to a wall or set of stairs / cliff edge!

I can also imagine playing a virtual game / maze / first person shooter in the middle of a field with a few friends seeing an AR world - an extension of the GPS games you could play on a Garmin GPS handset etc...

Interview hit Charlie Rose (Comments with 8+ in first 100 and 5+ in last 400)

I do not prefer head gesture (tire and looks stupid) nor would I prefer voice (prefer quiet environment), is it possible to have a google ring and use hand gesture (recognized by the camera) instead?

The only thing that has me worried about Project Glass is that it will undoubtedly have an integrated power source. Please Google I BEG YOU not to go down the same road as every other company are going down, and that is the non-removable battery road.

Any device without a removable battery won't last past two years (3 if you're lucky) - I don't want to RETURN something I own to the manufacturer for a new battery and be charged through the nose.

This is the current business model of Apple, Sony, Acer, Asus, HP, and any huge company you can think of. I wouldn't care if Google Glass runs on AAA batteries - just give me the option. PLEASE!.

Feedback on Design (Comments with 10+ in first 100 and 5+ in last 400)

Any thought toward teaming up with frame manufacturers to build project glass directly into frames?

I would rather get a fake (non-prescription) pair of glasses to snap the Google Glasses onto.... no offense, but they're REALLY dorky looking normally! At least with the hipster frames they look somewhat chic!

I don't want them to clip onto my glasses. I want them to totally replace my glasses - with zoom capability!

Cool so it does work for people who already have glasses awesome!

Could we have two? One in each eye? :D

When can we get a stereoscopic version with depth-sensing camera? Augmented Reality devs everywhere want to know...

Do you think you'll have a way to input data from other devices/services? They would be awesome for things like cycling or running to show performance data or texts without having to touch a device.

I'm still not clear on how the system will work. Will the glasses act as a standalone computer or will it be more like a supplement to an Android device? I personally think it would be a better choice to do the latter.

I'm a little confused. I love the concept video you guys posted on YouTube a week or two ago, but it seems like these new photos show that the real thing will work nothing like the concept video. I was expecting cool Google features anywhere in my field of vision, but this just shows one tiny piece of glass in the corner of your eye. Will anybody please explain?!

A: well it's not in the corner-- it's above, so that you're not actually blinded by whatever it's putting in front of you. You can just look away from it whenever you want.

A: I suspect that it's designed to to refract the light (either through the glasses themselves or the little bit of perspex next to the device), in such a way that it can cover the whole field of vision, without the DEVICE covering the whole field of vision.

Face recognition please.

+5 similar comments

Most important question: Will the batteries last all day?

Secondmost important question: We all know you're going to put ads in it, how do you plan to keep that from being annoying?

would it be possible to switch sides?

some people may only have one functioning eye, or maybe they'd just prefer it on the left

+8 more similar comments

Can i make a design/ marketing and advertising suggestion ?

I think it could be beneficial to out source the design process. Have designers or members of the public offer design mock ups and templates for project glass. Maybe even offer it as a prize incentive Marketing opportunity.

People love to get involved with brands they use, love and admire etc. adds a personal touch to the process and product identity. Plus motivationally incentives work for this kind of thing, especially when we tech lovers are involved.

Would love to hear your thoughts on this.

What about the battery life? Seeing as it is relatively small and compact and uses several sensors, no matter what battery you'd choose, the battery life would be short... How do you plan to overcome that problem?

With deep Google+ integration this could be a social network game-changer in the making. - Hopefully this project sees the light of day...I'm very excited to see the outcome. -- Also, regarding the product; Hopefully there is a camera in the back of the frame-wear so that you can see backwards. Instant face recognition with names next to people in the street would be pretty cool too :) - Then I would wear the shit out of them 24 mother f'kin 7.

This could be a success, however, it is necessary to include people who really need glasses to create a device fully compatible with their mounts. So far is remarkable, but perhaps could be better if we also include the style and fashion. Perhaps allow international designers make some designs of frames?

The initial success can only be overcome by the success of continuity, why to do something just for the moment when you can do something that makes a definite trend?

First Promo (First 100 qualitatively selected for new comments, 10+ in last 400)

I can already see the idiots running around town waving their phones like they're holding swords while playing some new MMORPG... Or the guy's at McDonald's wearing them with a server informing them "now place the frozen fries in the oil and push the button located here: [circles the button on their display]" No skills required, let the computer do the thinking for you. People think of doctor's using augmented reality for work but I think it's more likely to be the minimum wage jobs. We've got a generation of video gamers not interested in real work so why not turn work into a game?

How does this work for people who already have glasses?

I think it would be great if the glasses acted as a sensory extension, and voice/vision based interface extension, of an Android phone. Have all the connectivity go from the glasses to the phone, which would do the majority of the work.

I really, really love every functional concept in the video - the Google+ integration is getting so exciting that I can't wait to see what comes next. I'd love to see more integration with Latitude, Places, and the unified messaging system that the video hinted at.

The product design shots are very strange. Using the models along with black & white photography reminds me of perfume advertising, not technology. It's like you're trying too hard to make the product appear "sexy." As long as they function correctly, you know most of us would wear these regardless of whether they look like Raybans or Nintendo Virtual Boys.

What I'd like to see? Some way of integrating this with my existing glasses - not all of us can wear contacts, and I don't think wearing 2 pairs of glasses at once is a real solution.

+ 12 more similar comments

What you have looks fine, but if it doesn't have some sort of simplified e-reader and mail client for times on the bus and a simple "shut down, I want to talk to real people" feature I'm a little leery. If you piped YouTube through, I'd be deliriously excited.

I am a performing musician who is getting old enough that I forget song words sometimes. If I had a pair of these linked to my android phone could I use them as a lyrics teleprompter, allowing me to see lyrics and see my audience at the same time? That would be a great thing!

needs pupil tracking so that you can look at a button for a few seconds and it'll select it (similar to Kinect).

there are some things I don't want to say out loud and I would prefer to type. Also, battery has to last all day - I can't have it be like my G.Nex on 4G where it dies after 6-7 hours. And finally, in the end, this thing has to be ad-free. Or the ads need to be relevant and valuable - like looking at a concert poster and details on dates and tickets pop up.

The only issue I don't like is talking to myself in public. Maybe this could be resolved with connecting to my android phone or something.

+ 11 more similar comments

Very slick idea, so many technologies and research projects converging into what could be the next technological revolution.

Heads up display, eye movement detection, blue tooth interface to phone, voice recognition, gps, mapping and the list goes on.

There will also be any hurdles to overcome, for example, glasses. Most people who wear glasses do so because their vision is bad.

Making this so they can actually focus on and see the displays will be challenging. Safety issues would also have to be a number 1 priority.

Whatever you do, don't limit your vision of this to just working with or replacing one's phone.

This could easily tie into the house computer, a car's network,

Your work computer, the baby monitor in the next room and replace having to watch TV on a big screen TV. Being Google don't forget he advertising revenue stream, like ads and coupon notifications for nearby businesses as he walks down the street.

Here's a thought I had when you were looking at the bookshelves - why not try and use OCR combined with the voice input to find and highlight the title of the book you're looking for? Would save so much time to be able to just look at the shelf and instantly know where the book you

want is.

While this looks like a fantastic project, I do have a concern This probably won't be deaf user-friendly. Perhaps you could incorporate some kind of hand gesture recognition - ie a virtual keyboard overlay (usable with eye tracking OR hand tracking) etc... I'm deaf and would be happy to work with you guys to figure this out.

+ 13 similar comments

Facial Recognition combined with contacts

Google Goggles integration

Barcode scan. Qr codes etc.

under \$200 please

Can it constantly run google goggles to bring up information on posters or signs you see?

Wired not play with the power of "ambient information", using subtle, constant feedback loops to help change behavior. I'd love to see something like this integrated in Project Glass: a small dot that changes color based on how much I've exercised, how many calories I've eaten, etc.

Here is my reaction:

- 1) The display should not interfere with normal vision.
- 2) The display should get out of your vision by using a very simple gesture. The glasses should also detect situations where the display should automatically turn off (for example in a car, or while walking on a road, or in an emergency)
- 3) It should blend into normal glasses. From the pictures of the current glasses, it looks like there's a separate "glass" screen on top. That doesn't feel comfortable...

I think all of the critical factors in the version 1.0 of this would be hardware related:

- 1) weight (pressure on head, nose)
- 2) resolution/display technology
- 3) battery life (going to be hard to balance this with 1)
- 4) wireless connectivity to phone (BT, WiFi?)

Use Google Translate to show HUD of words in user's native language. This would be fantastic for traveling!

Interaction and UI is the key..there must be a small red light when the camera is ON. Just to keep other people aware if they are being recorded

Like many of the others who have commented here, I'd be really curious to know if this was an extension of an Android phone, or a complete standalone device? I don't personally have

a preference, myself, but I would suspect if the device was standalone, the cost would be significantly higher than an accessory would be, and that could be prohibitive. I could see many uses for this device well beyond simple tasks such like “personal assistant” features or navigation. I work in the Education field - the uses there could be significant. Adaptive Technology for Special Education, distance learning, interactive content beyond a simple white/blackboard. I could go on and on... This is VERY exciting technology. Sign me up! :)

I have a very strong prescription for glasses and can't wear contact lenses for medical reasons. I would love to see a model of project glass that can attach to my existing glasses. That way I won't be left out of the party! I know that there needs to be a good deal of processing power going into this, so maybe there could be something that clips onto the arms of the glasses as well? Maybe in the future you can partner up with someone in the business of manufacturing glasses and build a pair of medical lenses with the OLED panel built in. Now THAT would be cool.

- Open API allowing others to implement features
 - Virtual meetings to replace conf calls giving the impression you're next to the other participants
 - In would certainly have to react on gestures. Personally I would prefer gestures better than talking
 - Detecting eye blinking as user input might be worth looking at as a feature
 - Connect via bluetooth to my car and replace most info I read from dashboard
 - Virtual keyboard displayed in front of you to work on google docs or other stuff
 - Propose manuals when looking for a long time at objects (especially the ones notoriously known for being not userfriendly such as thermostats and washing machines)
- And some fun stuff
- Remove people I don't want to see
 - Remove Google Glasses from other people wearing one to make the experience less geeky

What about trying Google NFC stations to the glasses so a person could buy something in a shop while holding the item in their hands, scan either its barcode or use the glasses equivalent of Google Goggles, get a receipt on their phone, show it to a member of staff and work out without queuing?

Seems like there is a fine line between utility and social awkwardness. I for one dismiss most people who use bluetooth headsets when not in a car. When they are jacked in they really bug people because they are off in their own little world. They trip over things, talk too loud and generally have no clue whats going on around them. I assume the Google team can nail bringing the internet in front of our eyes at all times; however, the harder challenge is whether they can do it without the stigma of bluetooth headsets, lest Project Glass will be relegated those who want to emulate Neal Stephenson's Gargoyles.

One could program interactive construction manuals which recognize all those little pieces necessary for assembling Ikea furniture, The glasses would track the pieces you are looking at and keep you from doing it wrong.

They should also recognize the sound of your keys and remember where you last put them. ;-)

Things I'd like to see in/know about the product:

- How is this going to work for those of us with prescription glasses?
- Assuming that this connects wirelessly to your cell phone: please make sure it works with all the big players (iphone, WinPhone) and not just android from day 1.
- Ability to store things like location, photos, check-ins for later review before they are loaded to a 3rd party app (I don't mind telling people where I've been, but don't like telling them where I am)
- API released pre-launch day so there's a ton of 3rd party support for it

PS:

Street detection. These should recognize that I'm crossing the street & hold ALL pop ups & message displays until I safely reach the other side. Cause you know the first person that stops to read a pop up in the middle of the street & gets run over will be suing you (yes it's their fault but it'll happen regardless)

A keyboard of some sort would be interesting. There is an existing product that projects a keyboard on to any flat surface and tracks your keystrokes through motion and distance sensors. Something like that built into these and I could see these as a great replacement to tablets.

+8 similar comments

I think one of the most important features is providing support for independent developers via a SDK. Google can build some great, solid applications for Project Glass, but the most creative and innovative uses are likely to arise from the community.

The "eye vision" spectrum might be different from the "camera vision" spectrum. In particular, the sides of our vision are blurry most of the times, for very simple physical reasons. In order to follow all the notifications, one might need an extra effort from the eyes muscles, which might result in fatigue. I would say that notifications need to be transparent and less invasive, but within the "clear view" area of our vision. I back that up with my PhD in Physics (even though nothing I said is really pertinent to physics, but just to brag about myself!!) xD

Marrying the Google art project with the glasses so that when you visit the real museum, you can pay for an audio tour file using Google Wallet, which helps the museum, and allows you to enjoy the tour without needing to queue up?

I cycle to commute and this for heads up display of: speed, direction, weather (warnings) would

be awesome. But best of all would a be reverse video PIP to replace my little helmet mirror and so I can record in both directions simultaneously!

I dunno. The advantages are obvious, but if you thought texting drivers were a hazard, just wait 'til the entire population is disengaged from reality. "Driving directions to Sacramento. Check in Highway 80. Launch Angry Birds."

Appendix III: Expertenkommentare zur Roadmap

7787

Zhou-Fei Hui

Expertin Technologie: Forscht seit 3 Jahren an Sensorik und AR Displays

- ein Punkt an dem es mir auch persönlich etwas liegt wäre Verwendungen von Eyeware im Bildungsbereich. Vielleicht Interessant für "Zukunftsmärkte und Anwendungsgebiete"

- Voice Recognition. Ich denke, dass Siri und die neuen Android Voice Recognition Suche schon aufzeigen, dass der Markt dafür reif ist, aber bestimmt noch stark ausbaufähig ist. Eyeware mit Voice Recognition würde eine höre Immersion erzeugen, allein schon wenn die nervige Tastatur verschwindet.

Unter Roadmap/Technologiefeld/Nano GPU:

- Retina-Auflösung: soweit ich weiß, ist Retina-Display oder Retina-Auflösung ein von Apple erfundenes Marketing Kunstwort. Eine Definition welche Auflösung oder wie groß die ppi sein muss, konnte ich nach kurzer Recherche im Netz nirgends finden. Hier evtl. schärfe definieren.

- Bei Image Scene Analysis würde ich den begriff Gesture Recognition noch irgendwo unterbringen.

- Ich frage mich noch nach der technischen Möglichkeit zur Erhöhung der Kommunikationsfähigkeit von Eyeware. Mir fällt da spontan bessere Netzabdeckung einerseits, aber andererseits auch kleinere Antennen, neue Netzwerkprotokolle...

7702

Michell Zappa

Experte Innovationsforschung: Michell Zappa veröffentlichte bereits verschiedene Studien zu soziotechnischer Transformation, Gründer envisioningtech.org

I consider building an exciting Augmented Reality cloud the most important market driver for the perceived use of "Eyeware". This is the single thing that it is especially well suited to do.

Another market driver is the availability of a network structure necessary for such an immense load of data. Imagine the regular consumer streaming video all the time over mobile broadband connections.

On the technological side, I agree with most of what you write, except "Eyeware Ecosystem". I also think that it has overlap with "Semantic Outernet".

And "Nano GPU" seems a bit indefinite. What do you mean by that?

Further, you should consider the effects of technologies like "Galileo", the EU satellite system, which will enable localisation within less than 4 meters range.

Also, consider the difference between commercial or public AR and private AR. For the former, there is a clear push to create more content. For the latter, there still needs to be an incentive for tagging places, events or yourself in an AR fashion. The maximum you would get if you were plugging into this sea of data today with glasses is exactly what Google showed in their

Project Glass video: location check-in stats in your eye. Which is the opposite of what most people consider a real killer use case for EyePhones. But if people would start leaving pictures of themselves in real space or wear digital stickers on their back that strangers can grab and look at like public photos on a facebook profile, it would be a true EyePhone use case. I guess this is really dependent on generation and culture. I can imagine these kind of things very well with Gen Y in 10 years or SE Asians, but not really with the middle-aged US/EU population.

7761

Sam Geuter

Experte Wirtschaft: arbeitet im Marketing für innovative und disruptive Internet startups im Bereich AR und Gamification.

Hi Frederik, Thanks for the invitation. Here are my five cents on your speculations.

I don't think advances in image scene analysis are playing such an important role in driving the evolution of Eyeware Smartphones (3rd product milestone). Correct me if I seem to misunderstand: in my opinion it is creating more use cases for "Eyephones", but it is not a technological necessity as much as high-resolution displays are...

I think you should correct this in your roadmap. Maybe consider making advances in see-through OLED displays a more prominent milestone around 2015?

7716

Nick de Mey

Experte Wirtschaft: Gründer einer LinkedIn Gruppe zu Innovationsthemen von über 7000 Mitgliedern. AR ist in dieser Gruppe ein grosses Thema.

Dear Fred. My comment is: an increase in the diffusion of wearable devices (like Pebble or Nike wristbands) might be likely in the future, but why should it play a central role in the diffusion of Eyeware smartphones? Isn't it more important to look at market drivers like the consumer cloud for navigational, location-based and AR services? You seem to be close to describing that with your Milestone "Semantic Outernet".

7702

Dominik Tränklein

Experte Webtechnologien: forscht seit 2001 an der Zukunft des Web, Gründer der Webagentur bleech.de

I consider building an exciting Augmented Reality cloud the most important market driver for the perceived use of "Eyeware". This is the single thing that it is especially well suited to do. Another market driver is the availability of a network structure necessary for such an immense load of data. Imagine the regular consumer streaming video all the time over mobile broadband connections.

On the technological side, I agree with most of what you write, except “Eyeware Ecosystem”. I also think that it has overlap with “Semantic Outernet”.

And “Nano GPU” seems a bit indefinite. What do you mean by that?

Further, you should consider the effects of technologies like “Galileo”, the EU satellite system, which will enable localisation within less than 4 meters range.

Also, consider the difference between commercial or public AR and private AR. For the former, there is a clear push to create more content. For the latter, there still needs to be an incentive for tagging places, events or yourself in an AR fashion. The maximum you would get if you were plugging into this sea of data today with glasses is exactly what Google showed in their Project Glass video: location check-in stats in your eye. Which is the opposite of what most people consider a real killer use case for EyePhones. But if people would start leaving pictures of themselves in real space or wear digital stickers on their back that strangers can grab and look at like public photos on a facebook profile, it would be a true EyePhone use case. I guess this is really dependent on generation and culture. I can imagine these kind of things very well with Gen Y in 10 years or SE Asians, but not really with the middle-aged US/EU population.

PS “Eyeware Ecosystem” should be in the category “Market Drivers” and not “Tech Milestones”.

7753

Marcel Knust

Experte Innovationsforschung: hat umfassende Mindmap zu AR erstellt <http://www.mindmeister.com/de/42848315/augmented-reality-ar> und ist Berater für AR Lösungen

I think the ecosystem is a very important part, but except from its technological basis with an OS and connectors, I would also place it in the market drivers column. If you mean the user relevant and contextual content, which the ecosystem should provide, then this is attracting the users and probably creating a market share.

For key technologies, I also thought of the european Galileo system. All technologies that optimize the mapping of the user and the surrounding objects will help the eyeware to get more precise and relevant. You can also cite the milestones of flexible display development in advance to the lenticular display.

Other technologies with connections to the semantic outernet can be RFID and NFC. Mobile broad band solutions, more stable and capable then the current development, will certainly be necessary.

For wearable computing there are also some technological improvements needed to reduce production costs. Even not programmable luminous led textiles are still to expensive: <http://shop.cutecircuit.com/>

In contrast to my commentator I am replying to, I would say that there already is a lot of data that only needs to be transformed into consumable content and perceivable real-world object connections. The AR browsers, in Apps like Wikitude, are a good example for this. Furthermore, I agree that the adoption depends a lot on culture but would not necessarily see 10 years for this transformation. This can go faster even in the US/EU, when the adoption starts

by technical geeks.

In my opinion, the mobile advertisement market is missing in your roadmap. Take a look at the current stats and predict how much this can drive the market.

7720

Michael Miller

Experte Technologie: Helmet Mounted Display Design Engineer at Rockwell Collins

Hi Frederic, After building several HMDs and seeing the reaction of pilots using HMD cueing, night vision and 360 degree distributed aperture system I understand that once you have a viable system it is priceless. with the proper combination of optics, camera and computing put together this will become the next boom industry. Every pilot I have ever fit with an HMD says that they will not fly without it. Soon the same can be said about driving. I predict this will be the next walkman or iPhone in the next few years. My efforts are being directed into building a combiner with an integrated projector and camera that can be integrated with future iphones.

7742

Nicholas Diakomihalis

Experte Technologie: Webentwickler und Science Fiction Autor

I am not sure I can comment on the technical side of your roadmap, but I can write something about use cases:

I see a future where you touch physical and digital objects the same way. Imagine you are holding a piece of paper in your hands – but digital. A guitar – but digital. A photo collection – but digital. A candle – but digital. A ball – but digital. You place the movie on the wall in your front, fold the paper into a ball, throw it into the digital bin, write a letter to your friend with your eyes but leave it as a draft on your desk that automatically pops back up there in 5 days. Walk out through the city and discover a note that your friend has left for you: a recording of a musician who played there yesterday. You listen to his digital 3d copy and enjoy it. Then you notice a strange tree and wonder what is so odd about it. You klick on that tree and it shrinks back to it's size 5 years ago and you suddenly see that it has mutated. You wonder what caused that mutation and find out that it toxic exhaust fumes made it mutate. Those fumes, the screen tells you, are typically found in radioactive waste and that makes you suspicious about a certain company that was dealing with nuclear energy in that area a while ago. You find it's address and get an arrow leading you there. You get there and find more comments of people who did research on the company. The attached digital graffiti to the building saying "nuclearcorp must leave, we have no tolerance".

That's what AR looks like to me in a real and collaborative sense.

The most interesting aspect of this world is "having the internet float in front of your eyes". Do away with the 2D screen and imagine the opportunities. When imagining that the internet will become more a set of objects than a set of pages, the question arises how we interact with the

future web in three dimensions of space. If we imagine the entire knowledge body and different types of media on the web spread out in 3d space in front of our eyes, then the experience of browsing, interacting and creating with those will be taken to a completely new level. Gestures like drag and drop, expand and collapse, combine, copy and paste will resemble very closely how we interact with physical objects today.

7770

Hannes Kaufmann

Experte Technologie: Autor trackingreality.com / PhD Computer Science

In my opinion resolution is definitely not the key to wide spread HMD usage. Resolution is good for the specs, inexperienced users believe in it, because they're used to it from desktop monitors, but it's not the most important factor concerning HMD quality.

Btw. the optical design for an HMD is one of the most expensive and critical parts with costs ranging between 10K-40K for a prototype (from what I've been told), but that's another story. There are very few experts in HMD optics worldwide.

The first impression is not created by resolution or image quality but by the field of view. The iGlasses (pictured above) had a field of view (FOV) of about 30-40 degrees horizontally, current HMD models (those below 5000 EUR) offer about the same FOV.

Nevertheless, as soon as people see images in front of their eyes, they usually focus and concentrate on what's ahead. If the application and its content is compelling, users typically get immersed after a few minutes. They forget that they have lost peripheral vision.

7701

Pete Wassell

Experte Technologie: Gründer AR Glasses Gruppe auf LinkedIn

Hi Frederik. My most valuable feedback is probably this: you should split Tech Milestones into these fields: GPU, Tracking, Input und HMD. Otherwise it all seems a bit confusing as to why products like "Eyeware Smartphone" or "Holographic Smartphone" should emerge...

7785

Gerben Harmsen

Experte Wirtschaft: Gründer der Agentur twinkl.com die sich mit AR in E-Commerce beschäftigt

I agree and want to add the following. In the column MARKET DRIVERS I don't see the three by far most relevant ones to the evolution of Eyeware:

- Connectivity
- Cloud Computing

- AR Platforms

Well, I do see AR Platforms in there (you could argue that Eyeware Content and Semantic Outernet have something to do with this), but right now that all looks a bit confusing. By Connectivity and Cloud Computing I mean the degree to which Eyeware is independent from the CPU because it can outsource computing power to the internet. These two developments (the computing power of “the cloud” and the evolution of stationary and mobile networks) are key to how Eyeware fits into the whole ecosystem.

7723

Lukas Egger

Experte Technologie: Computergrafiker für Zukunftskonzepte im Bereich CGI und Bildszenenanalyse

Hi Frederik. I have something to add in the area of markers: you could add depth sensors for gesture recognition and object recognition somewhere in your roadmap and it would instantly become more clear how those interfaces are different :-)

7767

Geoffrey Irving

Experte Technologie: Ph.D. Computer Science, Stanford + B.S. Mathematics and Computer Science, Caltech

It would be nice to see the computing power of those devices in the roadmap somehow to be able to judge if those evolution stages do actually make sense. If they cannot compete with a smartphone, why would they be called a competitor to a smartphone...? This depends a lot on their computing power, amongst other things.



Demnächst:

Übermorgen ohne Wachstum?

Die Enquete-Kommission „Wachstum, Wohlstand, Lebensqualität“
des Deutschen Bundestages als implizites Zukunftsforschungsprojekt

Frederike Strunk

iF · SCHRIFTENREIHE | 03/14

Sozialwissenschaftliche Zukunftsforschung

Fragen und Anregungen

Institut Futur
Freie Universität Berlin
Arnimallee 9
14195 Berlin

Tel.: +49-(0)30-838-53054 /
Fax.: +49-(0)30-838-52729
E-Mail: sekretariat@institutfutur.de
Web: www.institutfutur.de