

Jana Meisinger

Einsatzmöglichkeiten für Datenbrillen im geschäftlichen Umfeld. Eine Arbeitsplan-App für die Vuzix M100

Masterarbeit

BEI GRIN MACHT SICH IHR WISSEN BEZAHLT



- Wir veröffentlichen Ihre Hausarbeit, Bachelor- und Masterarbeit
- Ihr eigenes eBook und Buch - weltweit in allen wichtigen Shops
- Verdienen Sie an jedem Verkauf

Jetzt bei www.GRIN.com hochladen
und kostenlos publizieren



Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek:

Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de/> abrufbar.

Dieses Werk sowie alle darin enthaltenen einzelnen Beiträge und Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsschutz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlanges. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen, Auswertungen durch Datenbanken und für die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronische Systeme. Alle Rechte, auch die des auszugsweisen Nachdrucks, der fotomechanischen Wiedergabe (einschließlich Mikrokopie) sowie der Auswertung durch Datenbanken oder ähnliche Einrichtungen, vorbehalten.

Impressum:

Copyright © 2017 GRIN Verlag
ISBN: 9783668525924

Dieses Buch bei GRIN:

<https://www.grin.com/document/374412>

Jana Meisinger

Einsatzmöglichkeiten für Datenbrillen im geschäftlichen Umfeld. Eine Arbeitsplan-App für die Vuzix M100

GRIN - Your knowledge has value

Der GRIN Verlag publiziert seit 1998 wissenschaftliche Arbeiten von Studenten, Hochschullehrern und anderen Akademikern als eBook und gedrucktes Buch. Die Verlagswebsite www.grin.com ist die ideale Plattform zur Veröffentlichung von Hausarbeiten, Abschlussarbeiten, wissenschaftlichen Aufsätzen, Dissertationen und Fachbüchern.

Besuchen Sie uns im Internet:

<http://www.grin.com/>

<http://www.facebook.com/grincom>

http://www.twitter.com/grin_com

Hochschule Rosenheim
Fakultät für Informatik

Masterarbeit
Wintersemester 2016/2017

Jana Meisinger

Analyse von Einsatzmöglichkeiten für Datenbrillen im geschäftlichen Umfeld

Kurzfassung

Diese Arbeit beschäftigt sich mit der Frage, was Datenbrillen – und im weiteren Sinne auch ihre Vorgänger, die Head-Mounted Displays – sind und was bei ihrem Einsatz zu beachten ist. Dafür besteht diese Arbeit aus einem theoretischen und einem praktischen Teil.

Der theoretische setzt sich mit der Technik, dem Anwendungskontext und menschlichen Aspekten auseinander, die bei der Arbeit mit einer Datenbrille beachtet werden müssen, sowie Kriterien zu deren Auswahl. In diesem Teil geht die Arbeit zusätzlich auf Augmented Reality ein, welche oftmals zusammen mit Datenbrillen genannt wird. Hierzu wird der technische Hintergrund von Datenbrillen und Augmented Reality beleuchtet, der Stand der Technik untersucht, aktuelle Datenbrillen betrachtet und ihr allgemeiner Aufbau aufgezeigt. Die Vuzix M100, die im praktischen Teil dieser Arbeit verwendet wurde, wird dabei genauer vorgestellt. Auch aktuelle Anwendungsfälle werden beschrieben.

Anschließend werden Vorbedingungen und Einschränkungen für den Einsatz von Datenbrillen untersucht. Dabei liegt der Fokus zunächst auf dem Anwendungskontext, also der Umgebung, dem dargestellten Inhalt, der Steuerung sowie der Komplexität und der Usability der Anwendung. Auch werden an dieser Stelle Werbeversprechen der Hersteller auf ihren Wahrheitsgehalt überprüft.

Zuletzt wird auf die menschliche Komponente eingegangen. Es wird unter anderem untersucht, wie Datenbrillen in der Öffentlichkeit wahrgenommen werden und welche Einschränkungen sich für den Einsatz daraus ergeben. Auch rechtliche Vorgaben sowie physische und psychische Belastungen, welche durch Datenbrillen hervorgerufen werden können, werden dargestellt.

Im praktischen Teil der Arbeit wird auf die Konzeption und Entwicklung einer App eingegangen, welche für die Datenbrille Vuzix M100 erstellt wurde und dem Nutzer die Schritte eines Arbeitsplans anzeigt. Diese App wurde in einer Versuchsreihe mit 20 Personen evaluiert, welche die Aufgabe bekommen hatten, eine Origami-Figur nach Vorgabe zu falten. Dafür mussten sie die Anweisungen einmal auf einem Tablet und einmal auf der Vuzix M100 befolgen. Die Ergebnisse wurden statistisch ausgewertet.

Das Ergebnis der Evaluation wird im Hinblick auf die Ergebnisse des theoretischen Teils diskutiert und es wird versucht, daraus Empfehlungen für den App-Aufbau sowie die Anwendungsbereiche für Datenbrillen (mit und ohne Augmented Reality) abzuleiten.

Als Letztes wird ein Zukunftsausblick gegeben, der aktuell in der Forschung befindliche Projekte vorstellt, ehe ein abschließendes Fazit gezogen wird.

Schlagworte: Datenbrillen, Smart Glasses, Google Glass, Vuzix M100, Erweiterte Realität, Augmented Reality, AR, Mixed Reality, Head-Mounted Display, HMD

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis	viii
1 Hintergrund, Ziel und Aufbau der Arbeit	1
1.1 Hintergrund	1
1.2 Ziel und Aufbau	3
2 Definitionen	4
2.1 Augmented Reality/Erweiterte Realität	4
2.2 Head Mounted Displays und Datenbrillen	6
3 Technik	10
3.1 Augmented Reality	10
3.1.1 Stationäre Augmented Reality	11
3.1.2 Mobile Augmented Reality	16
3.2 Datenbrillen	18
3.2.1 Aktuelle Datenbrillen: Allgemeiner Aufbau	18
3.2.2 Unterschied zu anderen mobilen Endgeräten	20
3.2.3 Beispielhafte Vorstellung der Vuzix M100	21
3.2.4 Technische Beschränkungen	23
3.2.5 Aktuelle technische Entwicklungen	24
3.2.6 Anwendungsbeispiele	25
3.3 Zusammenfassung	26
4 Anwendungskontext	28
4.1 Umgebung und Umfeld	28
4.2 Dargestellter Inhalt	29
4.3 Steuerung	32
4.4 Usability	37
4.5 Werbeversprechen	40
4.6 Zusammenfassung	40
5 Menschlicher Aspekt	42
5.1 Wahrnehmung von Datenbrillen in der Öffentlichkeit	42
5.2 Rechtliche und gesellschaftliche Regelungen	45
5.3 Hilfe für Menschen mit Behinderung	48
5.4 Physische Belastung	49
5.5 Psychische Belastung	53
5.6 Zusammenfassung	56
6 Zwischenergebnis	58

7	Entwicklung einer App zur Darstellung eines Arbeitsplans auf der Vuzix M100	60
7.1	Hintergrund der praktischen Arbeit	60
7.2	Rahmenbedingungen: Android	60
7.3	Analyse, Konzeption und Implementierung	62
7.3.1	Analyse und Anforderungen	62
7.3.2	Konzeption und Implementierung	65
8	Evaluation der Datenbrille und der Arbeitsplan-App	77
8.1	Allgemeines Vorgehen	77
8.2	Aufbau	78
8.3	Durchführung	79
8.4	Ergebnisse der Evaluation	80
8.4.1	Verwendete Methoden der Statistik	80
8.4.2	Median-Zeiten je Endgerät	83
8.4.3	Auswirkung von Vorerfahrung mit Datenbrillen	84
8.4.4	Auswirkung der Empfindung bezüglich der Darstellung auf einem Auge	85
8.4.5	Auswirkung der gelesenen Werkzeugseite auf die Zeit	86
8.4.6	Als einfacher empfundene Figur in Abhängigkeit vom Endgerät	87
8.4.7	Einfluss des Alters und des Geschlechts	87
8.4.8	Gezeichnete Brille	89
8.4.9	Sonstige Ergebnisse	90
8.4.10	Allgemeine Antworten im Fragebogen	91
8.4.11	Hinweise zur Durchführung der Evaluation	95
8.5	Eigene praktische Erfahrungen mit der Datenbrille	96
8.6	Ergebnis	99
9	Zusammenfassung der Ergebnisse	101
10	Zukunftsaussichten	103
10.1	Tourismus	103
10.2	Mediated Reality	103
10.3	Medizin	105
10.4	Weitere Bereiche	108
11	Fazit	109
A	Steuerung Vuzix M100	111
B	Steuerungskonzepte	112
C	Fragebogen	117
D	Origami-Anleitungen	122
D.1	Schwan	122
D.2	Kiste	127
	Literatur	132
	Magazin	135

Sonstige schriftliche Quellen	137
Internetquellen	139

Abbildungsverzeichnis

1.1	Gartner Hype-Zyklus 2015	2
2.1	Sprühpistole als Beispiel für AR	5
2.2	Visualisierung des Reality-Virtuality-Kontinuums nach Milgram	6
2.3	Sutherlands Head-Mounted Display (HMD)	7
2.4	Optical See-Through (OST) (oben) und Video See-Through (VST) (unten) im direkten Vergleich	8
3.1	Zwei Beispiele für dreidimensionale Marker	11
3.2	Revi C/12D	12
3.3	Vergleich eines heutigen HUDs (links) mit einem AR-HUD der Zukunft (rechts)	13
3.4	Land Rovers AR-Ausstellungsraum	14
3.5	Lego Augmented Reality (AR)	14
3.6	Hatsune Miku (mitte) bei David Letterman (rechts) (Bildausschnitt)	15
3.7	Google Translate App mit AR-Übersetzung	17
3.8	Konzept für AR-Tastatur	21
3.9	Vuzix M100 grau auf Brillengestell	22
3.10	Vergleich zweier neuer Datenbrillen	24
4.1	Durch das AR-Menü der Microsoft HoloLens durchscheinender Hintergrund . .	30
4.2	Ungewollte Überlagerung der Realität mit einem AR-Objekt	31
4.3	Microsoft HoloLens Clicker	33
4.4	Controller der Epson Moverio BT-300 (Bildausschnitt)	34
4.5	Eigene Darstellung: Tastatur-Laufband der Vuzix M100	35
4.6	Vergleich Werbeversprechen (oben) – Realität (unten) anhand eines Drohnenfluges auf der Epson Moverio BT-300	39
5.1	Google Glass ban sign	45
7.1	MVC in Android nach Karpouzis	61
7.2	Eigene Darstellung: Schematischer Aufbau des Arbeitsplans	65
7.3	Eigene Darstellung: sieben mögliche Steuerungspfade	69
7.4	Eigene Darstellung: Finales Steuerungskonzept	70
7.5	Eigene Darstellung: Steuerungsrichtungen aus Sicht des Nutzers	71
7.6	Eigene Darstellung: Screenshot eines Arbeitsplanschrittes mit allen Icons erklärt	74
8.1	Eigene Darstellung: Altersverteilung der Testteilnehmer	79
8.2	Eigene Darstellung: Benötigte Faltzeit aller Teilnehmer	80
8.3	Eigene Darstellung: Faltzeiten im Durchschnitt und Median. Konfidenzintervalle wurden für Konfidenzniveau $1 - \alpha = 0,95$ ermittelt	83
8.4	Eigene Darstellung: Bewertung der einäugigen Darstellung im Verhältnis zur benötigten Zeit	86

8.5	Eigene Darstellung: Übersicht der verschiedenen Arten an gezeichneten Brillen	89
8.6	Eigene Darstellung: Verhältnis der Bewertung der Steuerung zur benötigten Faltzeit	90
8.7	Eigene Darstellung: Bewertung der Schärfe der Anzeige im Verhältnis zur benötigten Faltzeit für den Schwan	91
8.8	Weißer Farbverlauf	97
10.1	Idee von AdBlock Plus auf der Google Glass	104
10.2	Durch Brand Killer verdecktes Markenlogo	105
10.3	Virtual Mirror	106
A.1	Ausführbare Gesten der M100	111
B.1	Eigene Darstellung: Steuerungsvorschlag 1	112
B.2	Eigene Darstellung: Steuerungsvorschlag 2	113
B.3	Eigene Darstellung: Steuerungsvorschlag 3	114
B.4	Eigene Darstellung: Steuerungsvorschlag 4	115
B.5	Eigene Darstellung: Steuerungsvorschlag 5	116

Tabellenverzeichnis

3.1 Vergleich aktueller Datenbrillen	19
7.1 Muss-Anforderungen (MUST)	63
7.2 Soll-Anforderungen (SHOULD)	64
7.3 Könnte-Anforderungen (COULD)	64
8.1 Vergleich der Mittelwert- und Median-Faltzeiten	81
8.2 Vergleich der auf der Datenbrille benötigten Median-Zeiten im Verhältnis zu der Bewertung der einäugigen Darstellung	85
8.3 Übersicht, welche Origami-Figur auf welchem Gerät als einfacher empfunden wurde	87
8.4 Nach Geschlecht aufteilt auf welchem Gerät die Figur, die als einfacher empfunden wurde, gefaltet wurde	88
8.5 Verteilung der gezeichneten Brille dazu, ob der Zeichner vorher schon einmal eine monokulare Datenbrille gesehen hat	89
8.6 Verteilung der gezeichneten Brille dazu, ob der Zeichner vorher schon einmal eine monokulare Datenbrille getragen hat	89
8.7 Bewertung der Brillensteuerung	93
A.1 Gestensteuerung der Vuzix M100	111

Quellcodeverzeichnis

7.1 Vorauswahl eines Buttons	67
7.2 Einbindung der Gestensteuerung	70
7.3 Einbindung der Sprachsteuerung	72

Abkürzungsverzeichnis

API	Application Programming Interface
AR	Augmented Reality
AV	Augmented Virtuality
GPS	Globales Positionsbestimmungssystem
GUI	Graphical User Interface
HMD	Head-Mounted Display
HUD	Head-up-Display
MAR	Mobile Augmented Reality
MR	Mixed Reality
MVC	Model-View-Controller
MVP	Model-View-Presenter
nHD	Ninth High Definition
OST	Optical See-Through
QR	Quick Response
SDK	Software Development Kit
UMPC	Ultra-Mobile PC
USB	Universal Serial Bus
VR	Virtual Reality
VST	Video See-Through
WQVGA	Wide Quarter Video Graphics Array
XML	Extensible Markup Language

Einleitende Erklärung

Zur besseren Lesbarkeit wird in dieser Arbeit generell die maskuline Form verwendet. Sämtliche Personenbezeichnungen gelten gleichwohl für alle Geschlechter.

Anmerkungen, die keine Quelle darstellen, sondern nur weiterführende Quellen angeben, sind daran erkennbar, dass ihr Fußnotenanker in Klammern steht.

1 Hintergrund, Ziel und Aufbau der Arbeit

1.1 Hintergrund

Als Google am 4. April 2012 sein ‚Project Glass‘ in einem kurzen Konzept-Video vorstellte, erreichte die Idee der Datenbrille erstmals die breite Öffentlichkeit. In den darauf folgenden Tagen veröffentlichte Google weitere Informationen und Bilder. Ab dem 27. Juni 2012 konnte die ‚Google Glass Explorer Edition‘ für US\$ 1.500 vorbestellt werden. Etwa 2000 Reservierungen gingen zu diesem Zeitpunkt – kaum zwei Monate nach der ersten Vorstellung – ein. Ab dem 20. Februar 2013 nahm Google erneut Vorbestellungen entgegen. Und obwohl die ersten Kunden ihre Glass noch immer nicht erhalten hatten, war das Interesse so groß, dass Google die Vorbestellungen nicht einfach entgegennahm, sondern die Interessenten dazu aufforderte, in 50 Wörtern oder weniger zu beschreiben, was sie mit der Google Glass machen würden, und basierend auf diesen Texten entschied, wer für die nächste Vorbestellung ausgewählt wurde¹.

Seitdem finden sich regelmäßig Schlagzeilen in den Medien, in denen von der ‚Revolution‘ gesprochen wird, die Datenbrillen sowohl für die Arbeitswelt als auch das Privatleben bringen werden: „Erste Datenbrillen wie Googles ‚Glass‘ manifestieren die Speerspitze einer technologischen und sozialen Veränderung, die den Alltag von Menschen revolutionieren wird“², „Datenbrillen werden in naher Zukunft das Arbeiten im Lager nachhaltig verändern“³, „Die Datenbrille revolutioniert das Wirtschaftsleben“⁴ oder „Datenbrillen revolutionieren die Arbeitswelt“⁵.

Auch das Marktforschungsunternehmen Gartner behauptete 2013, dass der Einsatz von Datenbrillen 2017 im Außendienst eine Milliarde US-Dollar pro Jahr sparen könnte. Als generelle Einsatzgebiete prognostizierte Gartner damals Montage, Außendienst, Verkauf und das Gesundheitswesen. Gartners Forschungsdirektorin Angela McIntyre sagte in diesem Zusammenhang:

„Smartglasses with augmented reality (AR) and head-mounted cameras can increase the efficiency of technicians, engineers and other workers in field service, maintenance, healthcare and manufacturing roles. In the next three to five years, the industry that is likely to experience the greatest benefit from smartglasses is field service, potentially increasing profits by \$1 billion annually. The greatest savings in field service will come from diagnosing and fixing problems more quickly and without needing to bring additional experts to remote sites.“⁶

¹ vgl. Glass Almanac, *The History of Google Glass*.

² Schwenke, „Schnittstellen zum ‚Cyborgspace‘ – Erkenntnisse zu Datenbrillen nach Ende des ‚Google Glass“-Experiments“, S. 161.

³ KBU Logistik GmbH, „Die Zukunft des Kommissionierens“, S. 12.

⁴ Gillies, *Die Datenbrille revolutioniert das Wirtschaftsleben*.

⁵ KBU Logistik GmbH, *Datenbrillen revolutionieren die Arbeitswelt*.

1 Hintergrund, Ziel und Aufbau der Arbeit

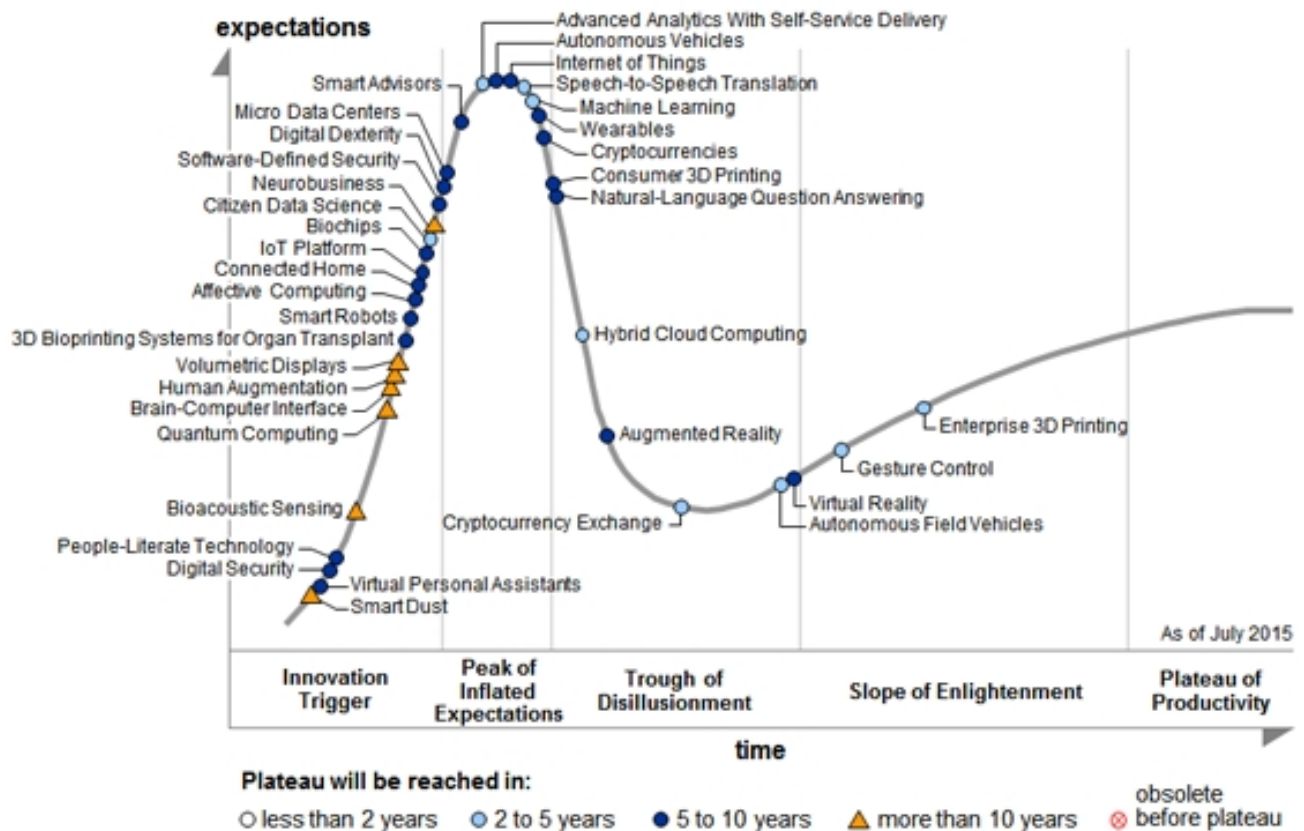


Abbildung 1.1 Gartner Hype-Zyklus 2015⁷

Im 2014 veröffentlichten Hype-Zyklus *Hype Cycle for Emerging Technologies* führt Gartner ‚Wearable User-Interfaces‘ als eigenen Punkt auf. Dort zeigt die Y-Achse die Höhe der Erwartung, während die X-Achse den zeitlichen Verlauf seit Bekanntgabe des jeweiligen Produkts/Themas darstellt. Dabei beginnen die Technologien im *Technischen Auslöser* (Innovation Trigger), von dort steigen die Erwartungen an die jeweilige Technologie steil an, ehe sie den *Gipfel der überzogenen Erwartungen* (Peak of Inflated Expectations) erreichen. Wenn klar wird, dass die in die Technologie gesetzten (überzogenen) Erwartungen nicht von ihr erfüllt werden können, fallen diese stark ab, bis sie ihren Tiefpunkt im *Tal der Enttäuschungen* (Trough of Disillusionment) erreichen. Von dort aus beginnen sie langsam wieder zu steigen, wobei sie den *Pfad der Erleuchtung* (Slope of Enlightenment) passieren, bevor sie das *Plateau der Produktivität* (Plateau of Productivity) erreichen, auf welchem die Technologie langsam ihre Marktfähigkeit erreicht.

Die bereits erwähnten Wearable User-Interfaces befanden sich 2014 auf dem Abstieg vom Gipfel der überzogenen Erwartungen, wobei Gartner vorhersagte, dass sie noch 5 bis 10 Jahre bis zum Plateau der Produktivität benötigen würden.

Augmented Reality als Technologie hatte damals die Schwelle zum Tal der Enttäuschung gerade überschritten.

⁶ Gartner, *Gartner Says Smartglasses Will Bring Innovation to Workplace Efficiency*

⁷ Gartner, *Gartner's 2015 Hype Cycle for Emerging Technologies Identifies the Computing Innovations That Organizations Should Monitor*

Dieses Bild änderte sich 2015 kaum, außer dass Gartner den Technologienamen auf ‚Wearables‘ kürzte⁸. Abbildung 1.1 zeigt diesen Hype-Zyklus.

2015 beendete Google seine ‚Explorer‘-Testphase offiziell⁹, doch das Interesse der Öffentlichkeit blieb. Die Begriffe ‚Datenbrille‘ und ‚Smart Glasses‘ waren allgemein bekannt geworden und andere Firmen hatten mit der Entwicklung und Produktion ihrer eigenen Datenbrillen begonnen. Auch Google gab noch 2015, kaum dass die Explorer-Phase beendet war, bekannt, unter der Bezeichnung ‚Project Aura‘ an einer neuen Datenbrille zu arbeiten¹⁰.

1.2 Ziel und Aufbau

In Hinblick auf diese rasante Entwicklung in der Branche und des öffentlichen Interesses, ist es das Ziel dieser Arbeit, einen Überblick über den aktuellen Stand zum Thema ‚Datenbrillen‘ zu geben und zu klären, ob die ‚Datenbrillen-Revolution‘ real ist und Datenbrillen allgemein für bereits existierende Aufgaben in der Industrie eingesetzt werden können, oder ob sie eher ein Werkzeug für spezielle Nischenanwendungen bleiben werden, die Revolution also nur ein Medien-Hype ist.

Den Schwerpunkt dieser Arbeit bilden Datenbrillen, Head-Mounted Displays werden aufgrund ihrer ähnlichen Form und Funktion mit eingeschlossen. Virtual Reality-Brillen werden bewusst nicht näher betrachtet, da ihr Fokus aktuell eher auf die private Spielebranche gerichtet ist, während sich diese Arbeit hauptsächlich mit Einsatzmöglichkeiten im geschäftlichen Umfeld auseinandersetzt.

Im ersten Teil der Arbeit wird der theoretische Hintergrund von Datenbrillen und ihren Anwendungsbereichen untersucht. Er beginnt, nach einführenden Definitionen in Kapitel 2, mit der Betrachtung der Technik in Kapitel 3. In Kapitel 4 wird auf den Anwendungskontext eingegangen, welcher Einfluss auf die Einsatzmöglichkeiten von Datenbrillen haben kann; etwa Umwelteinflüsse und Beschränkungen, welche durch Art und Form der Datenbrille selbst entstehen. Des Weiteren werden Werbeversprechen der Hersteller betrachtet. Den ersten Teil schließt Kapitel 5 ab, in welchem der menschliche Aspekt untersucht wird. Dabei geht es sowohl um die physische wie auch psychische Belastung, die durch den Einsatz von Datenbrillen und Head-Mounted Displays entstehen kann, sowie rechtliche Vorschriften und die Wahrnehmung von Datenbrillen in der Öffentlichkeit.

Für den zweiten Teil der Arbeit wurde eine App für die Datenbrille Vuzix M100 entwickelt, die dem Nutzer Schritte eines Arbeitsplans anzeigt. In Kapitel 7 wird auf die Entwicklung der App eingegangen, wobei der Fokus weniger auf der grundlegenden Android-Entwicklung liegt, sondern auf Details, die bei der Entwicklung für die M100 beachtet werden müssen. Ergänzend fand eine Evaluation der App statt, deren Durchführung in Kapitel 8 erläutert und deren Ergebnisse in Kapitel 9 dargelegt, statistisch ausgewertet und diskutiert werden. Abschließend wird in Kapitel 10 auf zukünftige Einsatzmöglichkeiten von Datenbrillen eingegangen, ehe ein Fazit gezogen wird.

⁸ Gartner, *Gartner's 2015 Hype Cycle for Emerging Technologies Identifies the Computing Innovations That Organizations Should Monitor*.

⁹ vgl. McGee, *Google Shuts Down Explorer Program, Reorganizes Glass Project*.

¹⁰ vgl. Peckham, *Project Aura is the confusing new name for Google Glass*.

2 Definitionen

2.1 Augmented Reality/Erweiterte Realität

Datenbrillen werden oft mit dem Begriff der Augmented Reality in Verbindung gebracht, da viel Potenzial in der Kombination der beiden Technologien gesehen wird. Der Begriff Augmented Reality muss daher vorab definiert werden, um Teilbereiche der Datenbrillen-Definition zu erleichtern.

Augmented Reality (AR), übersetzt *Erweiterte Realität*, bezeichnet eine Erweiterung der von menschlichen Sinnen wahrgenommenen Realität um von einem Computer generierte Elemente und/oder Eigenschaften in Echtzeit. Dabei handelt es sich in der Regel um visuelle Erweiterungen, wie das Hinzufügen von dreidimensionalen Objekten, welche die Realität überlagern.

Die heute allgemein anerkannte Definition stammt aus dem Jahr 1997. Damals definierte Ronald Azuma, der heute als Pionier im Feld der Augmented Reality gilt, sie in „A survey of augmented reality“ als:

- 1) „Combines real and virtual
- 2) Interactive in real time
- 3) Registered in 3-D“¹¹

Also als eine dreidimensional wahrgenommene Verbindung des Realen mit dem Virtuellen in Echtzeit, welche dem Nutzer die Möglichkeit zur Interaktion bietet.

Dr. Johannes Tümler definiert AR, sich ebenfalls auf Azuma berufend, in drei Begriffen als:

- „Abbildung virtueller Elemente auf eine reale Situation (Kontextabhängigkeit)
- Echtzeitinteraktion des Anwenders mit realen und virtuellen Inhalten (Interaktivität)
- Darstellung der AR-Inhalte über computergesteuerte Anzeigegeräte (Visualisierung)“¹²

In dieser Arbeit wird eine leicht abgewandelte Kombination dieser beiden Definitionen genutzt, da nach der originalen Definition Azumas Texte, die zu einem Objekt angezeigt werden, nicht unter AR fallen würden, da diese in der Regel nicht dreidimensional sind. Auch die Anzeige eines Bildes an einer Wand wäre keine erweiterte Realität, solange es nicht über einen dreidimensional wirkenden Rahmen verfügt. Nach der Definition von Tümler hingegen wären nur visuelle Erweiterungen AR, nicht aber andere künstlich erzeugte Sinneseindrücke wie beispielsweise Geräusche oder Gerüche.

¹¹ Azuma, „A survey of augmented reality“, S. 2

¹² Tümler, *Untersuchungen zu nutzerbezogenen und technischen Aspekten beim Langzeiteinsatz mobiler Augmented Reality Systeme in industriellen Anwendungen*, S. 7

2 Definitionen



Abbildung 2.1 Sprühpistole als Beispiel für AR¹³

Für diese Arbeit wird AR wie folgt definiert:

Eine Erweiterung der Realität durch eine künstlich erzeugte Virtualität, wobei die Erweiterung im relevanten Kontext zur Realität steht (Kontextabhängigkeit), für den Nutzer wahrnehmbar ist (Wahrnehmbarkeit) und bei Bedarf die Möglichkeit zur Interaktion bietet (Interaktivität).

Ein Text, der Informationen zur Frauenkirche zeigt, während die Frauenkirche betrachtet wird, wäre somit AR, nicht jedoch ein dreidimensionales Icon eines Briefumschlags, das vor der Frauenkirche erscheint, weil eine E-Mail eingegangen ist.

Abbildung 2.1 zeigt das klassische Verständnis der AR am Beispiel einer nur virtuell existierenden Sprühpistole.

Die Idee, die Realität computergestützt zu erweitern, geht allerdings weiter als bis Azuma zurück. 1965 schrieb Ivan Sutherland, der spätere Erfinder des erstens Head-Mounted Displays, in „The Ultimate Display“ davon, wie ein Computer-Display die Realität erweitern könnte. Er schließt damit, dass das „ultimate Display“ ein kompletter Raum wäre, dessen Materie von einem Computer kontrolliert wird. Ein darin ‚abgebildeter‘ Stuhl wäre real genug, um auf ihm zu sitzen und eine ‚abgebildete‘ Pistolenkugel könnte töten¹⁴.

In diesem Zusammenhang ist der Unterschied zwischen AR und Virtual Reality (VR) (deutsch: Virtuelle Realität) zu beachten. AR ist, wie der Namen bereits verdeutlicht, eine Erweiterung der bereits vorhandenen Realität. VR hingegen ist die Simulation einer „scheinbaren Welt“¹⁵, also einer komplett eigenen, virtuell erstellten Umgebung (auch als Virtualität

¹³ Chin, Now available: *eDrawings for iOS with Augmented Reality*

¹⁴ vgl. Sutherland, „The Ultimate Display“, S. 1 f.

¹⁵ ITWissen.info, *Virtuelle Realität*.

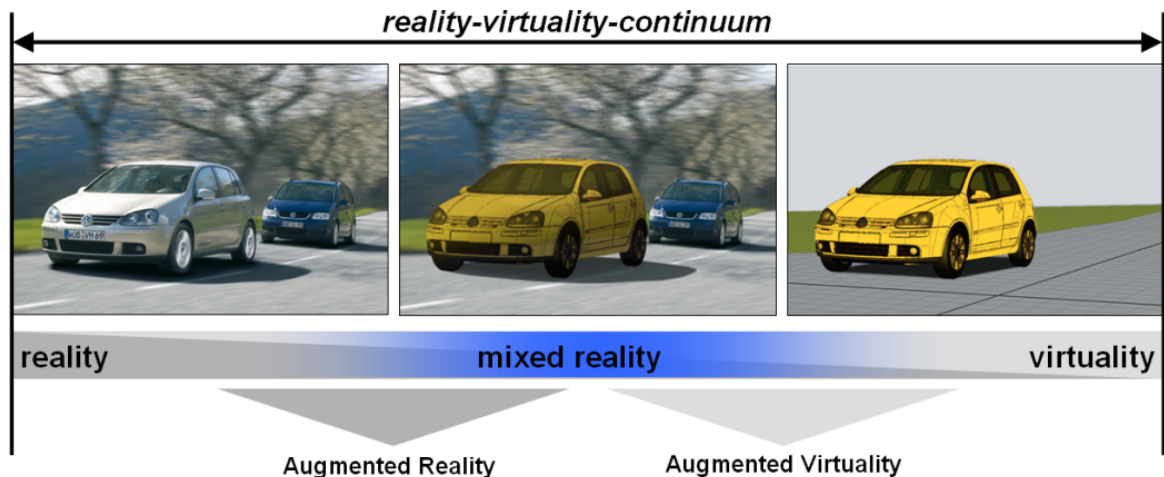


Abbildung 2.2 Visualisierung des Reality-Virtuality-Kontinuums nach Milgram¹⁶

bezeichnet), die keinerlei Bezug zur „echten“ Realität aufweist und unabhängig von dieser existiert.

Im 1994 von Prof. Paul Milgram et al. in „Augmented Reality: A Class of Displays on the Reality-Virtuality Continuum“ vorgestellten Reality-Virtuality-Kontinuum ist AR ein Teil der *Mixed Reality* (MR) und befindet sich eher auf der Seite der Realität als der Virtualität. Ebenfalls ein Teil dieses Kontinuums ist Augmented Virtuality (AV), bei welcher die Virtualität im Verhältnis zur Realität überwiegt. Die Übergänge zwischen allen Bereichen sind fließend. Abbildung 2.2 zeigt das Kontinuum an einem einfachen Beispiel auf.

2.2 Head Mounted Displays und Datenbrillen

Ein *Head-Mounted Display* (HMD) ist ein Gerät, welches der Nutzer wie eine Brille oder einen Helm auf dem Kopf trägt und welches ihn über ein Display mit Informationen versorgt¹⁷. „Im Vergleich zu den in der Vergangenheit bereits entwickelten [HMDs], die im Bereich der Virtuellen oder Erweiterten Realität eingesetzt wurden, zeichnen sich moderne Datenbrillen durch eine erhebliche Gewichtsreduktionen sowie verbesserte Nutzerschnittstellen zur Datenerfassung aus — bei gleichzeitiger Steigerung der Datenverarbeitungskapazität in der Brille“¹⁸. Anders ausgedrückt ist eine Datenbrille, im Englischen auch „Smart Glasses“ oder seltener „Data Glasses“ genannt, ein „mit Peripheriegeräten ergänzter Kleinstrechner, der am Kopf getragen und mit Augen und Händen sowie der Stimme gesteuert bzw. bedient wird“¹⁹.

Der Hauptunterschied zwischen einem HMD und einer Datenbrille besteht somit in der Computerhardware für Eingabe und Verarbeitung, welche nur in einer Datenbrille verbaut ist, während ein HMD nur ein reiner Bildschirm für die Ausgabe ist. Forschungsergebnisse, die aus HMD-Studien gewonnen werden, können daher auf Datenbrillen übertragen werden.

¹⁶ Nölle, *Augmented Reality als Vergleichswerkzeug am Beispiel der Automobilindustrie*, S. 4

¹⁷ vgl. Melzer, „Head-Mounted Displays“, S. 5-3 f.

¹⁸ Stocker et al., „Datenbrillengestützte Checklisten in der Fahrzeugmontage“, S. 1.

¹⁹ Bendel, *Definition »Datenbrille«*.

2 Definitionen

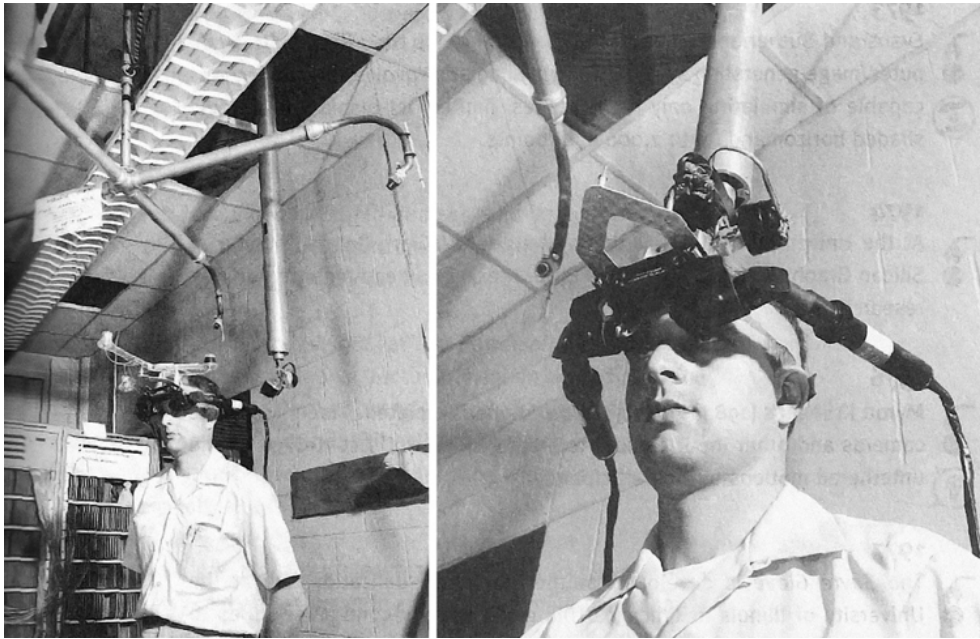


Abbildung 2.3 Sutherlands HMD²¹

Das erste HMD wurde bereits 1968 von Sutherland präsentiert und zeigte dem Nutzer ein perspektivisches, dreidimensionales Drahtgittermodell (englisch Wire-Frame) eines Würfels, welches sich passend zu den Kopfbewegungen des Trägers drehte. Bereits damals war es möglich, diese Grafik über halb-versilberte Spiegel über die Realität des Raumes zu legen²⁰. Abbildung 2.3 zeigt dieses erste, aufgrund seiner Befestigung an der Decke als ‚Damoklesschwert‘ bezeichnete HMD.

Im militärischen Bereich kann die Abkürzung HMD auch für Helmet-Mounted Display stehen, also ein Display, das nicht direkt am Kopf des Trägers befestigt ist, sondern an seinem Helm²². Für diese Arbeit wird jedoch nicht zwischen kopf- und helmgetragenen Displays unterschieden, da es keine relevanten Unterschiede in Aufbau und Funktionsweise gibt.

An dieser Stelle wird darauf hingewiesen, dass in Listen aktueller Datenbrillen immer öfter Modelle zu finden sind, die nur als zweites Display für ein verbundenes Smartphone gedacht sind. Bei diesen Geräten handelt es sich um keine Datenbrillen im Sinne dieser Arbeit, sondern um HMDs, da sie über keine eigene Rechenhardware verfügen und ohne gekoppeltes Smartphone funktionsunfähig sind.

Displays von Datenbrillen und HMDs sind entweder monokular oder binokular. *Monokular* bedeutet, dass nur ein Display existiert, welches der Nutzer vor einem Auge trägt. *Binokular* sagt hingegen aus, dass zwei Displays existieren, eines vor jedem Auge, die in der Lage

²⁰ vgl. Sutherland, „A Head-mounted Three Dimensional Display“, S. 757 ff.

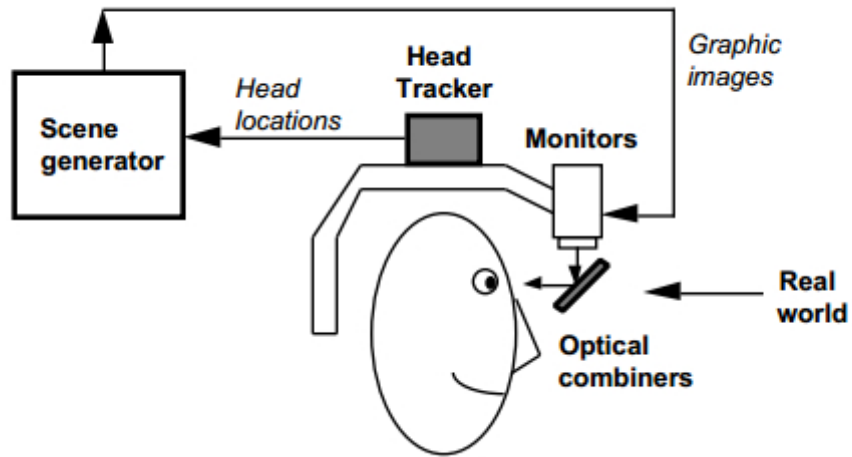
²¹ ebd., S. 760

²² vgl. Bayer, Rash und Brindle, „Introduction to Helmet-Mounted Displays“, S. 47.

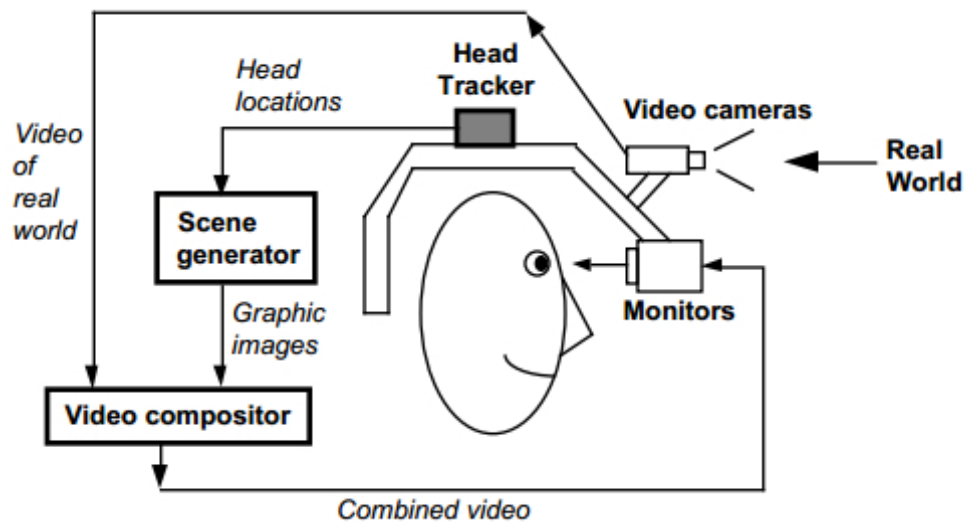
²³ Azuma, „A survey of augmented reality“, S. 11

²⁴ ebd., S. 11

2 Definitionen



(a) Optical See-Through nach Azuma²³



(b) Video See-Through nach Azuma²⁴

Abbildung 2.4 OST (oben) und VST (unten) im direkten Vergleich

2 Definitionen

sind, entweder beide das gleiche Bild oder ein Paar Stereobilder anzuzeigen²⁵. Wenn die beiden Anzeigen so zusammenwirken, dass sie scheinbar verschmelzen und einen dreidimensionalen Eindruck erwecken, werden binokulare Displays auch als stereoskopisch bezeichnet²⁶. Die ersten Datenbrillen verfügten nur über monokulare Displays, bei modernen Smart Glasses sind hingegen mehr und mehr binokulare Varianten vertreten.

Ein weiterer wichtiger Punkt für die Unterscheidung der verschiedenen Displays ist, wie die Realität durch sie weiterhin wahrgenommen werden kann. Hier existieren zwei unterschiedliche Ansätze: *Optical See-Through (OST)* (auch: Durchsichts-Modus) und *Video See-Through (VST)* (auch: Geschlossenen-Modus oder Lookaround). Diese beiden Definitionen gehen ebenfalls auf Azuma zurück. Erstere bedeutet, dass die Realität weiterhin direkt wahrgenommen wird, während ein „Combiner“ vor den Augen des Trägers platziert wird, welcher die sichtbare Realität um die AR erweitert. VST hingegen schneidet den Nutzer im Bereich des Displays, das dieser vor den Augen trägt, visuell von der Außenwelt ab. Die Umgebung wird von einer am Display angebrachten Kamera aufgenommen, um die AR erweitert und erst dann als komplette MR im Display angezeigt²⁷. Einfacher ausgedrückt ist ein OST-Display durchsichtig und der Träger kann auch durch das ausgeschaltete Display hindurchschauen und seine Umwelt wahrnehmen. Bei einem VST-Display hingegen hätte er einen kleinen, ausgeschalteten Bildschirm im Gesichtsfeld, welcher ihm den Blick auf die dahinter liegende Realität verwehrt. Abbildung 2.4 zeigt Azumas originale Grafiken zur Erklärung von OST und VST.

Beide Techniken haben Vor- und Nachteile. So kann der Nutzer in einem OST die Realität immer im Blick behalten, jedoch können Latenzzeiten dazu führen, dass die Virtualität zeitlich hinter der Realität zurück bleibt. VST hingegen kann die Realität nicht ‚live‘ zeigen, dafür jedoch eine bessere Übereinstimmung der MR erzeugen²⁸.

²⁵ vgl. Wilson, *Head-mounted Displays and New Technologies for Firefighting and Rescue in a Post 9/11 World*, S. 179.

²⁶ vgl. Tönnis, *Augmented Reality: Einblicke in die Erweiterte Realität*, S. 23 f.

²⁷ vgl. Azuma, „A survey of augmented reality“, S. 10 ff.

²⁸ vgl. Rolland und Fuchs, „Optical Versus Video See-Through Head-Mounted Displays in Medical Visualization“.

3 Technik

3.1 Augmented Reality

Eine einheitliche Definition eines AR-Systems und seiner technischen Komponenten existiert bisher nicht. Nach Dr. rer. nat. Marcus Tönnis besteht ein solches System aus drei Komponenten: Darstellung, Tracking und Interaktion²⁹. Dabei ist *Darstellung* die Anzeige der computergenerierten Grafiken, *Tracking* das Verfolgen der (Nutzer-)Bewegungen zur Erkennung der Position im Raum und *Interaktion* die Eingaben von Daten durch den Nutzer oder die Umgebung. Dr.-Ing. André Tegtmeier hingegen benennt in *Augmented Reality als Anwendungstechnologie in der Automobilindustrie* die vier Komponenten eines AR-Systems als: Anzeigegerät, Trackingsystem, Computer (Datenhaltungssystem) und Software (Szenengenerator)³⁰. Somit hat er, im Vergleich zu Tönnis, Generierung und Anzeige in zwei eigene Aspekte unterteilt sowie den zusätzlichen Aspekt der Datenhaltung hinzugenommen. Die Interaktion hingegen ist bei ihm entfallen.

Diese beiden Beispiele für sehr unterschiedliche Definitionen verdeutlichen, dass eine exakte Definition eines AR-Systems nicht ohne Weiteres möglich ist, sondern stark vom Einsatzzweck des jeweiligen Systems abhängt.

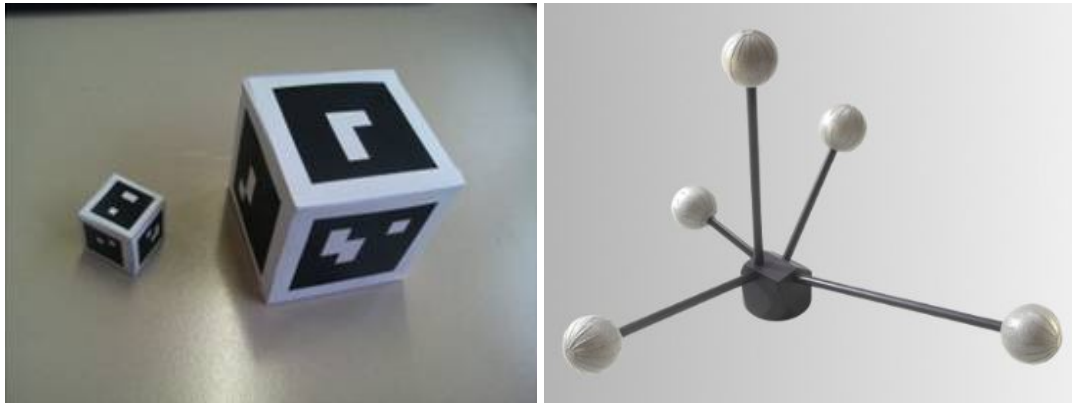
Vereinfachend kann festgestellt werden, dass fast jedes moderne AR-System über eine Kamera verfügt, welche die Realität aufnimmt, einen Computer, der die Aufnahmen verarbeitet und mit den Erweiterungen versieht, sowie ein Display, um die finale AR anzuzeigen. Eingaben können entweder über das Scannen von (QR-)Codes oder mithilfe von anderen Eingabegeräten erfolgen. Gegebenenfalls werden Marker benötigt, welche das System nutzt, um die Position von Gegenständen im Raum zu bestimmen. Diese Positionsbestimmung wird auch als Tracking bezeichnet³¹.

Der Vollständigkeit halber werden in diesem Kapitel alle soeben aufgezählten Punkte kurz angesprochen, auch wenn auf eine genauere Betrachtung aufgrund der technischen Komplexität leider verzichtet werden muss.

²⁹ vgl. Tönnis, *Augmented Reality: Einblicke in die Erweiterte Realität*, S. 4.

³⁰ vgl. Tegtmeier, *Augmented Reality als Anwendungstechnologie in der Automobilindustrie*, S. 14.

³¹ vgl. Färber, *Augmented Reality*, S. 1 ff.

(a) Würfel mit je einem Marker pro Seite³²(b) Marker mit reflektierenden Kugeln³³**Abbildung 3.1** Zwei Beispiele für dreidimensionale Marker

3.1.1 Stationäre Augmented Reality

Technische Abgrenzung

Heutzutage wird AR häufig mit den entsprechenden Apps auf Smartphones gleichgesetzt. Diese Anschauung ist jedoch nicht zutreffend. Es gibt AR-Systeme ganz ohne mobile Endgeräte, beispielsweise in Gebäuden oder fest eingebaut in Fahr- und Flugzeugen, aber auch Systeme, bei denen ein großer Teil des Systems stationär angebracht ist, auch wenn die Anzeige der AR durch ein Mobilgerät wie ein Smartphone erfolgt.

Stationäre beziehungsweise ortsgebundene AR-Systeme sind in der Regel für eine bestimmte Aufgabe vorgesehen und entsprechend für diese optimiert. Als solche sind sie fest im Raum oder im Fahrzeug verbaut und können nicht ohne Weiteres daraus entfernt werden. Ist eine genaue Positionsbestimmung innerhalb eines Raumes notwendig, kann dieser mit entsprechenden Sensoren (in der Regel Kameras, die im Raum verteilt angebracht sind) und alle relevanten Objekte mit passenden Markern versehen werden. Als Marker kann alles fungieren, was von den jeweiligen Sensoren als solcher erkannt wird. Für eine Kamera können das beispielsweise die reflektierenden Kugeln sein, die auch von Motion-Tracking im Film bekannt sind, oder einfache zweidimensionale Symbole, die vom Aussehen her mit QR-Codes vergleichbar sind. Aber auch nicht-visuelle Marker, wie der Bluetooth-basierte iBeacon, existieren³⁴. Zwei dreidimensionale Marker, welche durch ihre Form die Bestimmung der Objektausrichtung erleichtern, sind in Abbildung 3.1 zu sehen. Ein zweidimensionaler Marker wurde bereits in Abbildung 2.1 gezeigt.

Als Alternative zu diesem Marker-basierten Tracking existiert eine markerlose Variante. In diesem Fall muss das System in der Lage sein, sich beispielsweise nur anhand des Kamerabil-des zu orientieren, wobei in der Regel markante Punkte, sogenannte *Feature Points*, genutzt werden, welche von der Bilderkennungssoftware erkannt werden³⁵. Alternativ kann GPS für markerloses Tracking genutzt werden³⁶.

³² Korat, *Augmented Reality*

³³ Advanced Realtime Tracking GmbH, *Glasses Targets*

³⁴ vgl. iBeacon.com, *What is iBeacon? A Guide to Beacons*.

³⁵ vgl. Tönnis, *Augmented Reality: Einblicke in die Erweiterte Realität*, S. 51.

³⁶ vgl. Comport et al., „Real-Time Markerless Tracking for Augmented Reality“, S. 615.

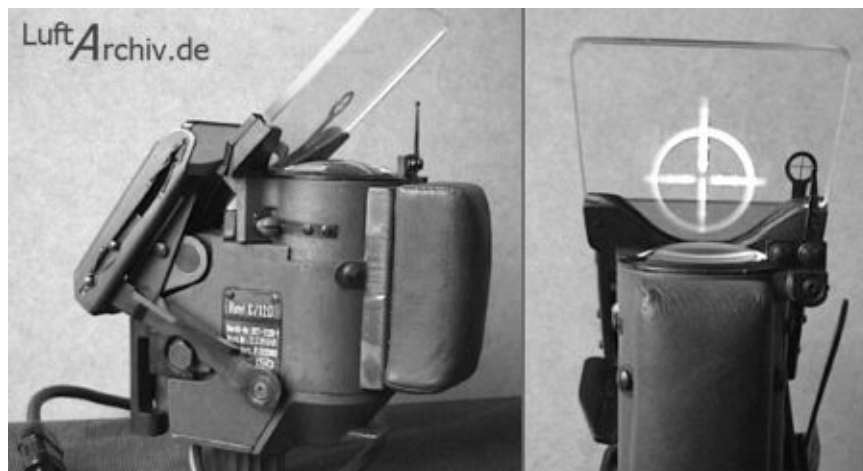


Abbildung 3.2 Revi C/12D³⁸

Es existiert keine einheitliche Definition, um Marker-Tracking von markerlosem Tracking zu unterscheiden. Auch eine Form, die per Bilderkennung erkannt wird, kann als Marker angesehen werden. Daher wird im Rahmen dieser Arbeit von einem Marker gesprochen, wenn dieser *zusätzlich* zu dem eigentlichen realen Objekt angebracht ist.

Die genauen Berechnungen für Positionen und Anzeigen werden auf einem Computer oder Server mit entsprechender Rechenleistung durchgeführt. Wird eine komplexe Anzeige gewünscht, kann ein normaler Bildschirm von beliebiger Größe genutzt werden, der an passender Stelle positioniert wird. Wird ein HMD benutzt, können dem Träger Positionen oder ergänzende Informationen sehr genau auf dem Objekt angezeigt werden³⁷.

Anwendungsbeispiele

Im Folgenden sollen einige beispielhafte Anwendungen vorgestellt werden, die entweder schon existieren oder sich aktiv in der Entwicklung befinden.

Eines der ältesten Beispiele für AR ist um einiges älter als die Möglichkeit, mit einem Computer Grafiken zu erzeugen. 1940 (ein Jahr vor Zuses Z3) wurde das Reflexvisier Revi C/12D entwickelt. Dieses kam unter anderem in Prototypen des Jagdflugzeugs Messerschmitt Bf 109 F zum Einsatz und „spiegelte ein ‚virtuelles‘ Fadenkreuz ins Sichtfeld des Piloten (Visualisierung). Die Position des Fadenkreuzes auf dem Display passte sich der Geschwindigkeit des Flugzeugs an (Kontextabhängigkeit), um eine optimale Zielsicherheit zu gewährleisten. Der Pilot konnte somit interaktiv die Visualisierung beeinflussen“³⁹. Abbildung 3.2 zeigt das Reflexvisier mit dem ‚eingblendeten‘ Fadenkreuz.

³⁷ vgl. Caudell und Mizell, „Augmented reality: an application of heads-up display technology to manual manufacturing processes“, S. 660.

³⁸ Hartmann, LuftArchiv.de – Das Archiv der Deutschen Luftwaffe

³⁹ Tümler, *Untersuchungen zu nutzerbezogenen und technischen Aspekten beim Langzeiteinsatz mobiler Augmented Reality Systeme in industriellen Anwendungen*, S. 8.

⁴⁰ BMW, *What is a BMW Head-Up Display and how can it support your driving?*, 00:17

⁴¹ Continental Automotive GmbH, *Continental Head-up Display Augmented Reality HUD*

(a) Heutiges HUD (Bildausschnitt)⁴⁰(b) AR-HUD der Zukunft (Bildausschnitt)⁴¹**Abbildung 3.3** Vergleich eines heutigen HUDs (links) mit einem AR-HUD der Zukunft (rechts)

Im automotiven Bereich nimmt der Einsatz von AR stetig zu. Immer mehr Fahrzeughersteller bieten heutzutage die Möglichkeit, Head-up-Displays (HUD) in ihre Fahrzeuge einzubauen. Diese projizieren wichtige Informationen auf die Frontscheibe des Fahrzeuges. Daraus ergibt sich der Vorteil, dass der Fahrer durch den „kontinuierlichen Blickkontakt zur Straße und zum Verkehrsgeschehen kritische Situationen und Gefahren früher erkennen [kann]“⁴². Damit kann die bis zu zwei Sekunden andauernde ‚Akkommodationsphase‘, die Zeit, welche die Augen benötigen, um von der Straßen-Fernsicht auf die Tacho-Nahsicht (oder zurück) umzuschalten, umgangen werden, da das HUD für den Fahrer etwa zwei Meter entfernt scheint⁴³. Die Zukunft des HUDs liegt jedoch im Bereich der AR, welche helfen soll, das Fahren noch sicherer und komfortabler zu gestalten, indem „die Hinweise quasi mit der Fahrsituation, die sich vor dem Fahrzeug abspielt, [...] verschmelzen. Bei der Navigation beispielsweise weist dem Fahrer an der Abbiegung vor dem Fahrzeug ein passgenau in die Außenansicht eingefügtes virtuelles Symbol, etwa in Form von Richtungspfeilen auf der entsprechenden Fahrbahn den Weg (bisher sind nur generelle Richtungspfeile möglich). Bei aktiviertem Abstandstempomaten (Adaptive Cruise Control, ACC) visualisiert eine Markierung im AR-HUD, welches vorausfahrende Fahrzeug vom Assistenzsystem erkannt wird“⁴⁴. Abbildung 3.3b zeigt, wie so ein AR-HUD in Zukunft für den Nutzer aussehen könnte, im Vergleich zu einem heutigen HUD eines modernen BMWs in Abbildung 3.3a.

Der Automobilhersteller Land Rover hat 2014 ein Video vorgestellt, in welchem gezeigt wird, wie ein Auto per AR in einem Ausstellungsraum einem Kunden vorgeführt wird, solange kein reales Fahrzeug vorhanden ist. Dazu dient ein großer, gemusterter Block, welcher an einer freien Stelle im Raum platziert ist, als Marker. Bewegt sich der Interessent mit dem zugehörigen mobilen Anzeigegerät um den Marker herum, erkennt die Kamera die unterschiedlichen Seiten des Blockes und das System kann infolgedessen genau berechnen, aus welcher Position der Träger das Auto gerade sehen würde⁴⁶. Abbildung 3.4 zeigt den Marker-Block im Einsatz.

⁴² Windemuth, „Mehr Sicherheit durch Anzeigen in der Windschutzscheibe?“, S. 20.

⁴³ vgl. ebd., S. 20.

⁴⁴ Continental Automotive GmbH, *Continental Head-up Display Augmented Reality HUD*.

⁴⁵ Collins, *Land Rover Is Using Augmented Reality To Sell Cars That Aren't There*

⁴⁶ vgl. ebd.



Abbildung 3.4 Land Rovers AR-Ausstellungsraum⁴⁵

Auch der Spielzeughersteller Lego hat bereits AR für Marketing genutzt. Die sogenannte ‚Digital Box‘ wurde in Läden platziert und bestand aus einem stationären System aus Kamera und Bildschirm. Kunden konnten die Verpackungen der Legobausätze vor die Kamera halten und bekamen dann auf dem Monitor den aufgebauten Bausatz auf der Packung stehend angezeigt. Wenn sie die Verpackung drehten, drehte sich das angezeigte Lego-Modell mit, sodass es die Kunden vor dem Kauf genau betrachten und sich so die Kaufentscheidung erleichtern konnten⁴⁷. Ein Beispiel für die Lego-AR zeigt Abbildung 3.5.

Eine ungewöhnliche Art, stationäres AR zu nutzen, zeigt sich in Live-Konzerten der von Yamaha Corporation entwickelten Gesangssoftware VOCALOID. Diese dient zur Synthese



Abbildung 3.5 LegoAR⁴⁸

⁴⁷ vgl. R/GA FutureVision, *LEGO Uses AR To Bring Toys To Life In Stores*.

⁴⁸ antjeverena, *augmented reality with LEGO*

⁴⁹ The Late Show With David Letterman, *Hatsune Miku Sharing The World* - David Letterman 2014 10 08, 03:39

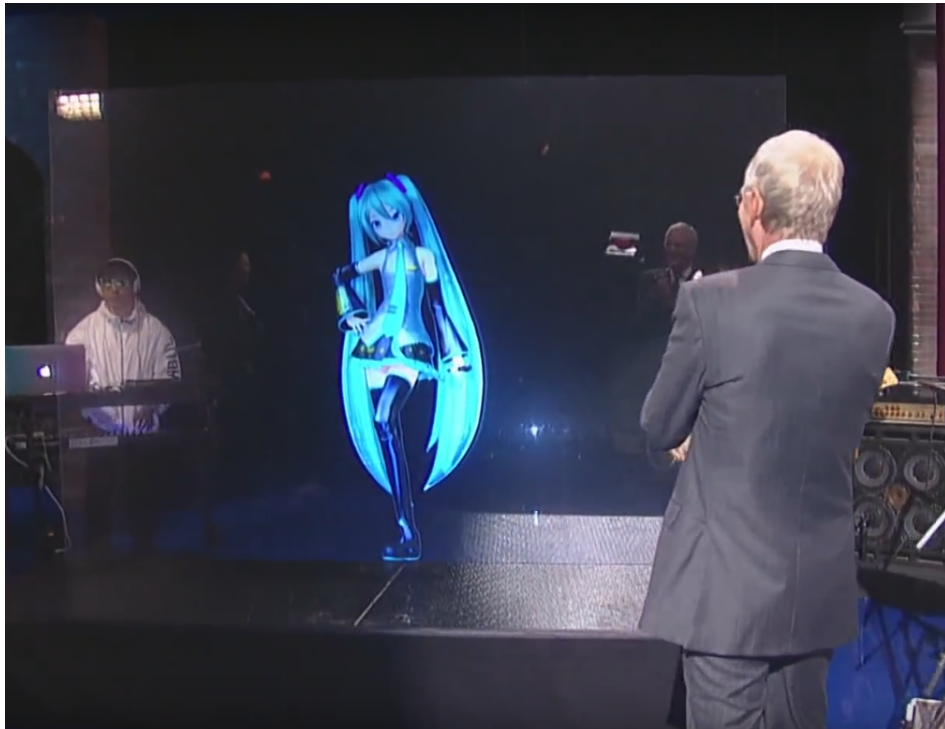


Abbildung 3.6 Hatsune Miku (mitte) bei David Letterman (rechts) (Bildausschnitt)⁴⁹

von Stimmen, um Gesang am Computer zu erzeugen⁵⁰. Jeder dieser Stimmen wird eine fiktive Figur zugeordnet, wobei die bekannteste Stimme/Figur Hatsune Miku sogar schon als Japans weltweit bekanntestes Idol bezeichnet wurde⁵¹. Die den Stimmen zugehörigen Figuren treten live als AR-Simulation auf, während ihr Gesang über die Lautsprecher eingespielt wird. Abbildung 3.6 zeigt Hatsune Miku 2014 bei einem solchen Live-Auftritt in *The Late Show With David Letterman*. Durch die auf den Moderator gerichteten Scheinwerfer ist die Projektionsfläche gut erkennbar, die ansonsten im Halbdunklen der Konzerte nicht sichtbar ist. Durch die Scheinwerfer wirken jedoch auch die Farben blasser, als sie in den Konzerten eigentlich sind.

⁵⁰ vgl. Yamaha Corporation, *What's VOCALOID?*

⁵¹ vgl. Anime News Network, *Hatsune Miku's 'Father' Hiroyuki Itō Receives Japan Medal with Blue Ribbon*.

3.1.2 Mobile Augmented Reality

Technische Abgrenzung

Da die Definition von Mobile Augmented Reality (MAR) stark mit der zugrundeliegenden Technik verknüpft ist, wird erst in diesem Kapitel auf sie eingegangen. MAR wird oft lediglich als AR auf Smartphones oder Tablets beschrieben⁵². Als einer der wenigen Autoren, die sich um eine vollständige Definition bemühen, definiert Tümler MAR wie folgt:

„MOBILE AUGMENTED REALITY beschreibt die situationsgerechte Anzeige rechnergenerierter Informationen auf im Sichtfeld positionierten, vom Benutzer mitführbaren Anzeigegeräten, die die Bearbeitung primärer Arbeitsaufgaben nicht behindern.“⁵³

Diese Definition wird jedoch, bezogen auf die vorhergehende Definition von stationärer AR, als ungenau empfunden, denn laut Tümler wäre Land Rovers AR-Ausstellungsraum ebenfalls mobil, da das Anzeigegerät mobil ist, obwohl es ohne den Marker-Block seine Aufgabe nicht erfüllen kann.

Eine reine Definition über die Etymologie des Begriffs ist ebenfalls nicht sinnvoll. Das Wort *mobil* hat seinen Ursprung im Lateinischen *mobilis*, was *beweglich* bedeutet. Somit wäre mobile AR nichts weiter als „bewegliche“ AR. Nach dieser Definition ist bereits ein Aufbau aus Kamera, Tower-PC und Monitor beweglich, sobald alle drei Komponenten auf einem beweglichen Roll- oder Werkswagen platziert sind. Nach der oben genannten Definition hingegen ist ein solches Rollwagen-System kein MAR, da es nicht im Sichtfeld des Benutzers positioniert ist. Das ist ein Smartphone jedoch die meiste Zeit auch nicht, da es in der Tasche getragen und nur orts- oder situationsbezogen hervorgeholt wird.

Für diese Arbeit wird AR nur als MAR klassifiziert, wenn alle ihre Bestandteile mobil sind, also ggf. auch die Marker.

Wichtig für MAR-Systeme ist, dass sie den Nutzer möglichst nicht behindern oder in seiner Mobilität einschränken. Sie dürfen also beispielsweise über keine fest verbundenen Kabel für Datenübertragung oder externe Stromversorgung verfügen. Nach dem aktuellen Stand der Technik lässt es sich in der Regel noch nicht komplett vermeiden, dass der Nutzer behindert wird, da Datenbrillen sich noch am Anfang der technischen Entwicklung befinden und es theoretisch bereits als ‚Behinderung‘ angesehen werden kann, wenn ein Smartphone oder Tablet in die Hand genommen und an die passende Stelle gehalten werden muss. HMDs fallen in der Regel nicht unter mobile Geräte, da sie kabelgebunden sind und selbst ohne Kabel würde ein Gewicht von bis zu einem Kilogramm⁵⁴ auf Dauer wohl die meisten Nutzer behindern.

Im Vergleich zur im vorangegangenen Kapitel vorgestellten stationären AR hat mobile AR sowohl Vor- als auch Nachteile. Ein Vorteil der MAR ist die Mobilität, ein Nachteil die Akkulaufzeit, welche ohne feste Stromverbindung stark begrenzt ist. Dafür kann sie

⁵² vgl. Taketomi, „Image-Based Geometric Registration for Zoomable Cameras Using Precalibrated Information“, S. 126.

⁵³ Tümler, *Untersuchungen zu nutzerbezogenen und technischen Aspekten beim Langzeiteinsatz mobiler Augmented Reality Systeme in industriellen Anwendungen*, S. 12

⁵⁴ vgl. Runde, *Head Mounted Displays & Datenbrillen – Einsatz und Systeme*, S. 9.



Abbildung 3.7 Google Translate App mit AR-Übersetzung⁵⁵

vielerorts ohne größeren Aufwand eingesetzt werden, während stationäre AR-Systeme an ihrem Einsatzort fest eingebaut sind und Ortswechsel somit mit größerem Aufwand verbunden sind.

Auch muss der Vollständigkeit halber an dieser Stelle darauf hingewiesen werden, dass es Grenzfälle gibt, die nicht eindeutig dem stationären oder mobilen Bereich zugeordnet werden können.

Anwendungsbeispiele

MAR, oder einfach AR-Apps, gibt es es bereits eine große Anzahl. Die meisten der im Google PlayStore gelisteten, können als Spielereien bezeichnet werden, da sie Effekte wie einen Tornado oder kleine Tiere in die Kamera-Umgebung einbetten. Eine Reihe haben japanische Titel und Beschreibungen, sodass die Autorin ihren faktischen Sinn nur vermuten kann. Auch gibt es kleine Services, die per AR-App angeboten werden: Neben den zu erwartenden AR-Navigationen auch solche, die beispielsweise helfen sollen, Sternbilder zu erkennen⁵⁶ oder Texte zu übersetzen und die in der MR den Originaltext direkt mit dem übersetzten ‚überschreiben‘⁵⁷. Abbildung 3.7 zeigt Googles AR-Übersetzung in Aktion. Dabei handelt es sich um ein Beispiel für MAR, da die App überall eingesetzt werden kann, um jeden beliebigen Text zu übersetzen, deren Sprache die App beherrscht. Ein Schild mag ortsgebunden sein, aber die App funktioniert überall. Die Schrift funktioniert dabei zugleich als Marker.

Bei den AR-Apps gibt es auch Angebote, die versuchen, bestehende Geschäftsmodelle zu erweitern. So bietet der Möbelhersteller IKEA an, Möbel per erweiterter Realität in den eigenen Raum zu stellen, um den Gesamteindruck vor Ort zu überprüfen⁵⁸. Dabei dient ein IKEA-Katalog als Marker, auf den das gewünschte Möbelstück projiziert wird. Dieses System ist trotz des Markers mobil, da sowohl das Anzeigegerät (Smartphone oder Tablet) als auch der Marker (ein IKEA-Katalog aus Papier) problemlos transportiert werden können.

⁵⁵ Turovsky, *Hallo, hola, olá to the new, more powerful Google Translate app*

⁵⁶ vgl. Terminal Eleven, *SkyView® Free*.

⁵⁷ vgl. Google, *Google Übersetzer*.

⁵⁸ vgl. Inter IKEA Systems B.V., *IKEA Katalog*.

Auch wenn AR im Gegensatz zu VR für Spiele in der Regel keine große Rolle spielt, soll Pokémon Go an dieser Stelle kurz erwähnt werden, da es dazu beigetragen hat, den Begriff der Augmented Reality allgemein bekannt zu machen⁵⁹. In Pokémon Go nutzt der Spieler die Kamera seines Smartphones dazu, sich AR-Pokémon in der realen Umgebung anzeigen zu lassen (hier dient das Smartphone-Display als VST-Display) und diese per Touch-Geste zu fangen.

3.2 Datenbrillen

3.2.1 Aktuelle Datenbrillen: Allgemeiner Aufbau

Der grundlegende Aufbau einer Datenbrille ähnelt stark dem eines HMDs. Beide sind am Kopf des Trägers befestigt und haben, wie bereits in Abschnitt 2.2 dargestellt, ein oder zwei Displays vor einem oder beiden Augen des Nutzers. Allerdings liegt der technologische Fokus von HMDs derzeit auf VR, während Datenbrillen auf AR spezialisiert sind.

Im Gegensatz zu HMDs sind Datenbrillen nicht dazu gedacht, nur als Display zu dienen. Wie der englische Name *Smart Glasses* andeutet, sind sie eher als eine Art *Smartphone* anzusehen, das der Nutzer wie eine Brille trägt. Entsprechend verfügen Datenbrillen über zusätzliche Hardware, die es ihnen erlaubt, vollständig unabhängig von anderen Computern/Systemen zu arbeiten. Datenübertragung wird über WLAN und Bluetooth ermöglicht. Die Hardware ist in der Regel im Brillen- oder Kopfbügel verbaut. Wie auch Smartphones verfügen Datenbrillen über ein eigenes Betriebssystem, bei welchem es sich in der Regel um Android handelt⁶⁰. Eine Ausnahme bildet hierbei die Microsoft HoloLens, welche Windows 10 als Betriebssystem nutzt⁶¹.

Was Display und Steuerung angeht, hat sich noch kein Standard etabliert. Bei den Displays existieren sowohl monokulare als auch binokulare Modelle, wobei Microsoft selbst die Anzeige der HoloLens mit zwei Displays als stereoskopisch bezeichnet⁶². Sowohl OST als auch VST finden sich, wobei VST jedoch mehr im Bereich der VR-Brillen angesiedelt ist.

Für die Steuerung stellen die meisten Brillen ein Touchpad bereit, aber auch Sprachsteuerung, Handgesten, Eyetracking, sowie Eingabe über externe Geräte oder AR-Menüs beziehungsweise AR-Tastaturen sind vertreten. Weitere Steuerungsmöglichkeiten wie Bilderkennung über QR-Codes, Marker, etc. sind möglich. Tabelle 3.1 zeigt einen Vergleich einiger aktueller Datenbrillen.

⁵⁹ vgl. Wharton School of the University of Pennsylvania, *How "Pokemon Go" Took Augmented Reality Mainstream*.

⁶⁰ vgl. Picavi, *Technology - Picavi Pick-by-Vision*.

⁶¹ vgl. Microsoft, *Microsoft HoloLens hardware*.

⁶² vgl. Microsoft, *Rendering*.

Tabelle 3.1 Vergleich aktueller Datenbrillen

Name	Glass ⁶³	M100 ⁶⁴	M300 ⁶⁵	HoloLens ⁶⁶	Moverio BT-300 ⁶⁷
Hersteller	Google	Vuzix	Vuzix	Microsoft	Epson
Verkaufsstart	April 2014 ⁶⁸	Dezember 2013 ⁶⁹	Voraussichtlich Ende 2016 ⁷⁰	März 2016 (Developer Kit) ⁷¹	Oktober 2016 ⁷²
Größe (L × B)	19 × 4,3 cm**	18 × 5 cm**	kA*	kA*	19,1 × 17,8 cm
Gewicht	36 g	50 g**	kA*	579 g	129 g
Betriebssystem	Android 4.4	Android 4.0.4	Android 6	Windows 10	Android 5.1
Displayart	OST, Monokular	VST, Monokular	VST, Monokular	OST, Binokular	OST, Binokular
Displayauflösung	640 × 360 Pixel	WQVGA (432 × 240 Pixel)	nHD (640 × 360 Pixel)	2,3 Mio. Lichtpunkte (1268 × 720 Pixel ⁷³)	1280 × 720 Pixel
Steuerungsarten	Sprache, Touchpad, Kopfbewegung	Sprache, Gesten, Knöpfe	Sprache, Touchpad, Knöpfe	Sprache, Gesten, Blick	Externer Controller (Touchpad, Knöpfe)
Arbeitsspeicher	2 GB	1 GB	2 GB	2 GB	2 GB
Prozessor	Dual-Core 1,2 GHz	Dual-Core 1 GHz	Intel Atom CPU	Quad-Core 1,04 GHz	Quad-Core 1,44 GHz
Interner Speicher	16 GB	4 GB	16 GB	64 GB	16 GB

* = keine Angabe durch den Hersteller verfügbar

** = selbst gemessen, da keine Angabe durch den Hersteller verfügbar. Maß jeweils ohne Brillengestell

⁶³ vgl. VRODO, *Google Glass*

⁶⁴ vgl. Vuzix Corporation, *Vuzix M100 Smart Glasses Hands-Free Mobile Computing*, S. 2

⁶⁵ vgl. Vuzix Corporation, *Vuzix M300 Smart Glasses Hands-Free Mobile Computing*, S. 2

⁶⁶ vgl. Microsoft, *Hardware details*

⁶⁷ vgl. Epson, *Moverio BT-300*

⁶⁸ vgl. Golem.de, *Google Glass in den USA am 15. April für jeden erhältlich*

⁶⁹ vgl. Fingasm, *Vuzix's Android-powered M100 Smart Glasses now available to pre-order for \$1,000*

⁷⁰ vgl. Vuzix, *M100/M300 Pre-Order Swap Program*

⁷¹ vgl. Gilbert, *Microsoft's ambitious HoloLens headset ships on March 30*

⁷² vgl. Epson, *Epson announces launch of world's lightest OLED binocular see-through smart glasses, the Moverio BT-300 in Southeast Asia*, S. 1 ff.

⁷³ vgl. Microsoft, *Rendering*

3.2.2 Unterschied zu anderen mobilen Endgeräten

Trotz ähnlicher Technologien unterscheiden sich Datenbrillen grundlegend von anderen aktuellen mobilen Geräten, wie in erster Linie Tablets und Smartphones, aber auch Laptops (Notebooks, Netbooks, Ultra-Mobile PCs (UMPC), etc.) oder Wearables wie Smartwatches⁷⁴. Da Smartwatches im Gegensatz zu Datenbrillen, welche auch auf sich allein gestellt einen großen Funktionsumfang bieten, rein als Ergänzung zu einem Smartphone gedacht sind⁷⁵, wird hier nicht weiter auf sie eingegangen.

Der grundlegende Unterschied zwischen Datenbrillen und den anderen oben genannten Geräten besteht darin, dass Smart Glasses dazu gedacht sind, dass ihr Bildschirm dauerhaft im Sichtfeld des Nutzers positioniert ist, ohne dass dieser ihn dabei aktiv festhalten muss. Somit hat der Träger bei der Nutzung einer Datenbrille beide Hände frei, während für Smartphones, Tablets und Laptops ein bis zwei Hände benötigt werden, um sie so mit sich zu führen, dass der Bildschirm einsehbar ist. Diese freihändige Bedienung („hands free“) wird als der größte Vorteil von Datenbrillen angepriesen, da sie effektiveres Arbeiten ermöglichen soll⁷⁶.

Durch die unterschiedliche Tragweise ergibt sich zwangsläufig ein erheblicher Unterschied in der Steuerung.

Bei den anderen, oben genannten Geräten gibt es einfache Möglichkeiten, auf dem Bildschirm angezeigte Objekte direkt auszuwählen. Befinden sich dort etwa sechs Schaltflächen, kann jede beliebige davon durch einen direkten Klick (durch Berührung der Touch-Oberfläche oder Klick mit einer Maus oder einem Touchpad) ausgewählt werden.

Diese direkte Art der Interaktion ist mit den allermeisten Datenbrillen nicht möglich, da bisher, außer bei der Blicksteuerung der Microsoft HoloLens, keine Möglichkeit existiert, direkt Objekte in einem Datenbrillendisplay auszuwählen. Eine Berührung von Anzeigen im Display ist nicht möglich, da das Display sowohl im Verhältnis zu Fingern zu klein ist, als auch so getragen wird, dass eine direkte physische Betätigung einer Schaltfläche nicht möglich ist. Mauszeiger existieren (bis auf den Cursor besagter Blicksteuerung) nicht. Ihre genaue Steuerung und Positionierung durch ein kleines, an der Seite der Brille befindliches Touchpad wäre sehr schwierig.

Daher werden, wie bereits in Abschnitt 3.2.1 erwähnt, andere Methoden der Steuerung verwendet. Die Auswahl des gewünschten Objektes muss hier anders erfolgen, als die Nutzer es bisher von ihren mobilen Endgeräten gewohnt sind. Die einfachste und direkteste Methode ist dabei, wenn Schaltflächen per AR in den Raum projiziert werden und der Brillenträger die gewünschte ‚in der Luft‘ berührt. Da er jedoch faktisch nur in der leeren Luft agiert, fehlt das haptische Feedback darüber, ob nun eine Schaltfläche ausgelöst wurde oder nicht, sofern die Schaltflächen nicht bewusst auf eine Oberfläche projiziert werden. Sollte dann nicht sofort optisches oder akustisches Feedback gegeben werden, kann das dazu führen, dass der Nutzer die gleiche Schaltfläche mehrmals auswählt. Ein ähnliches Problem besteht mit Handgesten im Generellen. Diese müssen zuerst vom System erkannt werden, bevor die Software auf sie reagieren kann. Lässt das Feedback zu lange auf sich warten, ist davon auszugehen, dass es zu Fehleingaben kommt, weil der Nutzer die Geste wiederholt oder eine andere versucht.

⁷⁴ vgl. Scholz, *Mobile Future: Mobile Endgeräte*.

⁷⁵ vgl. Golem.de, *Smartwatch*.

⁷⁶ Ancud IT-Beratung, *Hands — free mit Google Glass*.



Abbildung 3.8 Konzept für AR-Tastatur⁷⁹

Auch die Eingabe von Daten gestaltet sich schwieriger. Laptops verfügen über eine eingebaute Tastatur, Smartphones und Tablets blenden eine auf ihrem Touchbildschirm ein. Datenbrillen hingegen müssen wieder auf andere Methoden ausweichen. Hier besteht die Möglichkeit, eine AR-Tastatur für den Nutzer anzuzeigen, auf welcher er seine Eingaben tätigen kann⁷⁷, wie Abbildung 3.8 ein Konzept für eine zeigt. Alternativ besteht die Möglichkeit, die Datenbrille doch wieder mit einem Smartphone zu koppeln und auf diesem Eingaben über die Touch-Tastatur zu tätigen⁷⁸.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass sich Datenbrillen darin, wie sie getragen und bedient werden, grundlegend von anderen mobilen Endgeräten unterscheiden.

3.2.3 Beispielhafte Vorstellung der Vuzix M100

Nachfolgend wird die für den praktischen Teil der Arbeit verwendete Datenbrille Vuzix M100 genauer vorgestellt.

Dieses in Abbildung 3.9 gezeigte Gerät kam im Dezember 2013 auf den Markt⁸¹. Das verwendete Betriebssystem ist Android 4.0.4 (API 15, 'Ice Cream Sandwich') und kann nicht geändert werden. Das Display ist, wie auf dem Bild erkennbar, monokular und VST. Die Brille verfügt über ein WQVGA-Display, was einer Auflösung von 432 × 240 Pixeln entspricht. Verbaut ist ein ARM Cortex-A9 Dual-Core-Prozessor (OMAP4430) mit einer Taktfrequenz von 1 GHz, 1 GB RAM sowie 4 GB internem Flash-Speicher. Ferner besitzt die Brille eine 5 Megapixel Kamera, ein Störgeräusche herausfilterndes Mikrofon und einen Lautsprecher (mit Letzterem hebt sie sich von der bekannteren Google Glass ab, welche Töne per Knöchenschall überträgt). Für die Datenübertragung bietet die Vuzix M100 WLAN 802.11b/g/n, Bluetooth 4.0 sowie eine Kabelverbindung per USB an⁸². Um sie tragen zu können, muss sie auf dem Gestell einer gewöhnlichen Sehhilfe befestigt werden. Alternativ ist eine Befestigung

⁷⁷ vgl. NEC Corporation, *NEC develops new user interface that turns arm into virtual keyboard*.

⁷⁸ vgl. Vuzix Corporation, *M100 Smart Glasses Product Guide Enterprise Edition*, S. 45.

⁷⁹ Nikkei Asian Review, *Augmented reality: NEC turns arm into virtual keyboard with wearable tech*

⁸⁰ Vuzix Corporation, *Product Photos*, (Veränderte Darstellung)

⁸¹ vgl. Vuzix Corporation, *Vuzix M100 Production Model Shipping to Developers and Available for General Preorder – Vuzix M100 Smart Glasses serve up the digital world “hands free”*, S. 1.

⁸² vgl. Vuzix Corporation, *Vuzix M100 Smart Glasses Hands-Free Mobile Computing*, S. 2.

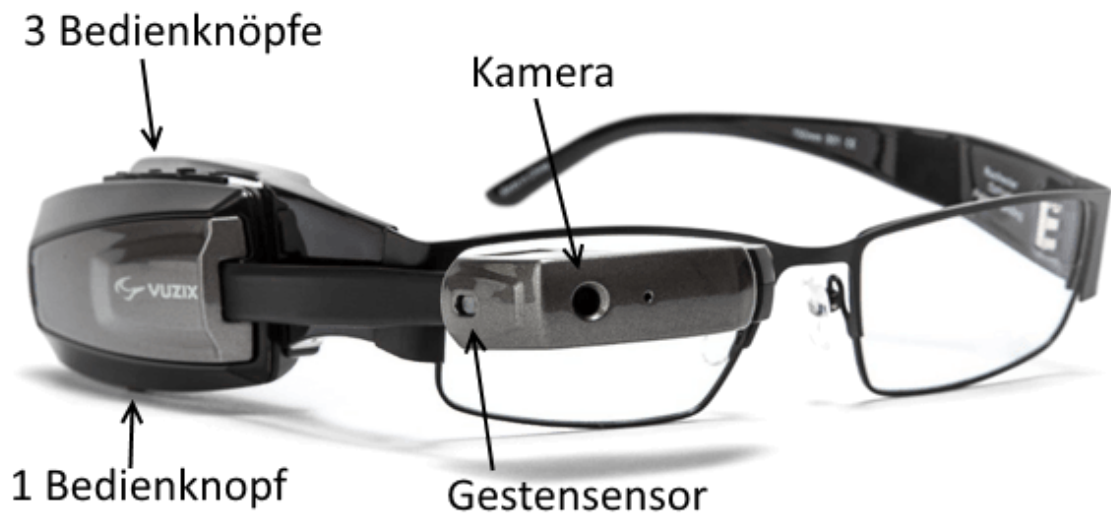


Abbildung 3.9 Vuzix M100 grau auf Brillengestell⁸⁰

auf einer beiliegenden Schutzbrille oder einem Kopfbügel, der aber extra bestellt werden muss, möglich. Sie kann sowohl vor dem linken als auch dem rechten Auge positioniert werden. Im Lieferumfang sind zwei Brillengestelle (eine normale Brille, die jedoch nicht die in Abbildung 3.9 gezeigte ist, und die bereits erwähnte Schutzbrille) enthalten. Beide können wahlweise mit Sehstärke bestellt werden, sodass die M100 auch für Fehlsichtige nutzbar ist. Ein externer Akku zählt ebenfalls zum Lieferumfang.

Für die Datenbrille stehen drei Steuerungsmöglichkeiten zur Verfügung: Sprachsteuerung, Gestensteuerung und Steuerung über vier Bedienknöpfe.

Der Gestensensor befindet sich seitlich auf dem Displaykopf der M100. Auf Abbildung 3.9 ist er als die linke der drei Vertiefungen erkennbar. Der Sensor identifiziert sechs Gesten: vor, zurück, hoch, runter, zum Sensor hin und vom Sensor weg.

Die Sprachsteuerung erkennt insgesamt 417 englische Begriffe (einige sind Varianten voneinander wie „move left“ und „move right“), die in mehreren, thematisch sortierten Sprachbibliotheken vorliegen. Ganze Sätze werden nicht erkannt. Neue, das heißt weitere, Begriffe können nur vom Hersteller selbst gegen Bezahlung hinzugefügt werden⁸³.

Die Bedienknöpfe befinden sich auf dem hinteren Teil der Brille, drei auf der Oberseite, einer auf der Unterseite. Wird die Brille links getragen, befinden sich die drei Bedienknöpfe folglich auf der Unterseite, der einzelne auf der Oberseite. Die drei Knöpfe sind mit jeweils zwei Funktionen (kurzer Knopfdruck und langer Knopfdruck) belegt, der einzelne mit dreien (kurzer Knopfdruck, langer Knopfdruck und 10-Sekunden-Druck). Die drei Knöpfe dienen primär der Steuerung (kurz gedrückt: vor/rechts, zurück/links, auswählen; lang gedrückt: Menü, Home, zurück), der einzelne ist der Aus-Knopf (kurz gedrückt: Stand-by; lang gedrückt: ausschalten; 10 Sekunden: Reset)⁸⁴.

⁸³ vgl. Vuzix Corporation, *Support: Product FAQs*.

⁸⁴ vgl. Vuzix Corporation, *M100 Smart Glasses Product Guide Enterprise Edition*, S. 19 ff.

Das Nachfolgemodell, die M300, sollte Ende November 2016 auf den Markt kommen⁸⁵. Anfang 2017 war sie auf der Webseite von Vuzix noch immer nicht erhältlich.

Neben generellen technischen Verbesserungen, die Tabelle 3.1 entnommen werden können, ist der auffallendste Unterschied zur M100, dass die M300 nicht mehr über einen Gestensensor verfügt. Vuzix verbaut stattdessen, wie die meisten anderen Hersteller auch, ein Touchpad, das sich an der Seite des Gehäuses befindet. Die Brille selbst ist fest mit ihrem Tragegestell verbunden.

3.2.4 Technische Beschränkungen

Eine der schwerwiegendsten Beschränkungen aller Datenbrillen ist die Akku-Laufzeit. Diese kann zwar durch die Nutzung von externen Akkus erheblich verlängert werden, dies bedeutet jedoch, dass ein zusätzliches Gerät mitgeführt werden muss. Ein weiteres, allerdings eher subjektiv empfundenes Problem entsteht, wenn eine Brille während des Ladevorgangs hörbar summt, da sie in direkter Nähe des Ohres getragen wird.

Die Problematik der Akku-Laufzeit lässt sich auch daran erkennen, dass diese auch bei heutigen Smartphones oftmals ein Problem darstellt, das bisher nicht lösbar ist⁸⁶. Der letzte bekannt gewordene Versuch, das Problem der kurzen Akku-Laufzeit zu lösen, führte zu explodierenden Smartphones⁸⁷.

Gewicht und Tragekomfort sind in diesem Zusammenhang weitere wichtige Faktoren, welche die Technik der Brille beschränken. Ein größerer Akku beispielsweise würde mehr Platz einnehmen und zusätzliches Gewicht bedeuten und so die Brille nicht nur unhandlicher machen, sondern auch den Tragekomfort durch die zusätzliche Gewichtsbelastung verringern. Eine zusätzliche externe Stromversorgung über Kabel wäre nur an stationären Arbeitsplätzen eine Lösung, bei einer mobilen Nutzung jedoch nicht praktikabel. Zudem sind einige Datenbrillen mit manchen verbreiteten Brillengestellen gewöhnlicher Sehhilfen nicht kombinierbar.

Speziell die Datenbrillen der ersten Generation, aber auch die neue Vuzix M300, weisen, wie Tabelle 3.1 entnommen werden kann, als weitere Beschränkung einen sehr kleinen Bildschirm mit geringer Auflösung auf. Größere oder detailreichere Bilder können darauf nicht vollständig angezeigt werden.

Durch die Vielzahl an Datenbrillen verschiedener Hersteller, welche in letzter Zeit auf den Markt gekommen sind, ergeben sich entsprechende Herausforderungen in der App-Entwicklung, beispielsweise die vielfältigen Unterschiede in der Steuerung und den dafür benötigten Bibliotheken. Die Google Glass besitzt ihr eigenes Software Development Kit (SDK), die unterschiedlichen Vuzix-Brillen haben jeweils ein eigenes SDK und auch neue Brillen wie die Epson Moverio BT-300 stellen jeweils ihr eigenes zur Verfügung. Somit müssen Apps für jede Datenbrille einzeln entwickelt werden. Hinzu kommen Brillen wie die HoloLens, deren Betriebssysteme nicht auf Android basieren.

Somit müssen Apps, die auf mehreren unterschiedlichen Brillen laufen sollen, jeweils angepasst und gegebenenfalls umgeschrieben werden und bei Apps, die für Smartphones

⁸⁵ vgl. Vuzix Corporation, *Vuzix Next Generation M300 Smart Glasses Nears Final Regulatory Approvals to Allow Volume Shipments to Commence in November*.

⁸⁶ vgl. Curved, *Die Smartphones mit der besten Akkulaufzeit 2016*.

⁸⁷ Kalenda, *Samsung ruft Note 7 wegen explodierender Akkus zurück*.



(a) Microsoft HoloLens⁸⁸

(b) Epson Moverio BT-300⁸⁹

Abbildung 3.10 Vergleich zweier neuer Datenbrillen

gedacht sind, muss damit gerechnet werden, dass sie auf den Brillen aufgrund der Steuerung überhaupt nicht bedienbar sind.

Ansonsten treffen die üblichen Beschränkungen, die bei anderen Elektrogeräten gelten, auch auf Datenbrillen zu.

3.2.5 Aktuelle technische Entwicklungen

Werden die 2016 angekündigten beziehungsweise auf den Markt gebrachten Datenbrillen betrachtet, fällt der erhebliche Sprung in der technischen Entwicklung auf, der im Vergleich zu den Smart Glasses der ersten Generation erfolgt ist. Es ist davon auszugehen, dass diese Entwicklung auch weiterhin andauern wird, denn für ein technisches Gerät, dessen primäre Funktion es ist, dem Nutzer Daten anzuzeigen, ist ein gutes Display ein wichtiges Verkaufsargument.

Die Bildschirme verfügen nicht nur über eine bessere Auflösung, sondern immer häufiger auch über binokulare Displays. Die bereits erwähnte HoloLens ist ein Beispiel für eine solche Brille⁹⁰. Bei den aktuell auf dem Markt befindlichen, sowie jenen Datenbrillen, die demnächst auf dem Markt kommen sollen, dominieren Optical See-Through-Displays⁹¹.

Es ist anzunehmen, dass sich die Art und Weise der Bedienung vereinheitlichen wird, sobald sich aufgrund einer größeren Anzahl verkaufter Brillen und damit steigender Erfahrungswerte herauskristallisiert hat, welche Art der Steuerung bevorzugt wird. Die Sprachsteuerung ist heute schon bei den meisten überprüften Datenbrillen verfügbar und wird vermutlich auch in Zukunft weiterhin eine Standard-Bedienungsart bleiben.

In diesem Zusammenhang besteht die Möglichkeit, dass sich Datenbrillen auf verschiedene Bereiche spezialisieren werden. Die Ansätze sind heute bereits erkennbar, wenn die Unterschiede zwischen der Microsoft HoloLens, deren Zielgruppe Unternehmen sind⁹², und der Epson Moverio BT-300, die sich an den privaten Nutzer richten soll⁹³, betrachtet werden. Das

⁸⁸ Microsoft, *Microsoft HoloLens hardware*

⁸⁹ S. Stein, *Epson's Moverio BT-300 borrows the best TV tech to create improved smart glasses*

⁹⁰ vgl. Charara, *Microsoft HoloLens: Everything you need to know about the \$3,000 AR headset*.

⁹¹ vgl. Dzyre, *10 Forthcoming Augmented Reality & Smart Glasses You Can Buy*.

⁹² vgl. Gulf South Technology Solutions, *HoloLens: Microsoft's Five Year Plan to Conquer Augmented Reality*.

⁹³ vgl. S. Stein, *Epson's Moverio BT-300 borrows the best TV tech to create improved smart glasses*.

spiegelt sich auch im Design der beiden Brillen wieder. Die in Abbildung 3.10a dargestellte HoloLens ist groß und wiegt 579 g, hat dafür aber vier Mikrophone, fünf Kameras und einen eigenen, neu entwickelten Grafikprozessor, die Holographic Processing Unit (HPU)⁹⁴. Die BT-300 hingegen ist kleiner und im Alltag unauffälliger. Des Weiteren wirbt Epson damit, dass die BT-300 mit ihren 129 g die leichteste binokulare Datenbrille am Markt ist⁹⁵.

3.2.6 Anwendungsbeispiele

Der Einsatz von Datenbrillen im Beruf oder Alltag ist derzeit noch als sehr gering zu bezeichnen. Auch nach längerer Suche konnte keine einzige Firma gefunden werden, die Datenbrillen im großen Stil in ihrem Unternehmen einsetzt. Zwar verkündete Volkswagen 2015, Datenbrillen nun im Serieneinsatz zu haben, schrieb jedoch in der gleichen Pressemitteilung, dass der Einsatz der Datenbrille auf freiwilliger Basis erfolge und „aktuell [...] 30 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter in verschiedenen Bereichen wie der Frontscheibe oder der Gelenkwellen mit der Datenbrille“⁹⁶ arbeiten. Seitdem gibt es keine weiteren Berichte mehr über den Einsatz von Datenbrillen bei Volkswagen.

Das bekannteste Einsatzgebiet für Datenbrillen ist Pick-by-Vision. Dabei handelt es sich nach Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wi.-Ing. Willibald Günthner et al. um AR-gestützte, „mobile, situationsabhängige Informationsbereitstellung in visueller Form zur Leistungs- und Qualitätssteigerung in der Kommissionierung“⁹⁷. Einfach ausgedrückt, hilft Pick-by-Vision bei der Kommissionierung (Pick), also der Zusammenstellung von Gütern oder Waren nach Vorgabe durch im Datenbrillen-Display angezeigte optische Signale (Vision), wie etwa Pfeile, die den Weg weisen (Wegoptimierung) oder die eingeblendete Stückzahl, die von einer Ware entnommen werden soll. Hierfür eignen sich Datenbrillen besonders gut, da ihr Display immer im Blickfeld des Nutzers ist, um Informationen anzuzeigen, der Nutzer trotzdem beide Hände für die eigentliche Kommissionierung frei hat und die Datenbrille ihn dabei nicht behindert. Die Waren verfügen über einen Strich- oder QR-Code, der von der Kamera der Brille erfasst und verarbeitet wird. Beispiele für den erfolgreichen Einsatz von Pick-by-Vision in Pilotprojekten finden sich mehrere. Entsprechende Software existiert bereits, etwa die von den in Deutschland ansässigen Unternehmen Picavi GmbH⁹⁸ und Ubimax GmbH⁹⁹, sowie der nach zwei Jahren Entwicklung fertiggestellte ‚Mobile App SAP AR Warehouse Picker‘, welcher von der Bechtle AG, in Zusammenarbeit mit der SAP SE, entwickelt wurde¹⁰⁰. All diese Software ist jedoch noch nicht die ‚perfekte‘ Pick-by-Vision-Software, wie sie oben beschrieben wurde. Statt dass etwa der Weg dem Träger direkt eingeblendet wird, wird nur „gehen Sie zum Lagerplatz X“ angezeigt und dem Träger die Wegfindung selbst überlassen¹⁰¹. Auch die Mitbewerber-Firma KBU-Logistik stellt in einer Veröffentlichung im November 2016 fest, dass die aktuellen Datenbrillen aufgrund verschiedener Hardwarebeschränkungen bei Pick-by-Vision noch nicht über eine Pilotphase hinausgekommen sind¹⁰².

⁹⁴ Microsoft, *Hardware details*.

⁹⁵ vgl. Epson America, Inc., *Epson Moverio BT-300 and BT-200 Smart Glasses*.

⁹⁶ Volkswagen AG, *Volkswagen bringt 3D-Datenbrille in den Serieneinsatz*.

⁹⁷ Günthner et al., *Pick-by-Vision*, S. 1.

⁹⁸ vgl. Picavi GmbH, *Lösungen: Smart und Pure - Picavi Pick-by-Vision*.

⁹⁹ vgl. Ubimax GmbH, *Ubimax GmbH – Portfolio — Smart Glasses standardisierte Lösungen wie xPick*.

¹⁰⁰ vgl. Bechtle AG, *Bechtle startet Einsatz von Smart Glasses*.

¹⁰¹ vgl. Picavi GmbH, *Picavi: Pick-by-Vision Kommissionierung mit Datenbrillen*, 02:02.

¹⁰² vgl. KBU-Logistik GmbH, *Pick by Vision – Software wartet auf Hardware*.

Anfang 2015 berichtete DHL in einer Pressemitteilung davon, eine 25 %ige Effizienzsteigerung bei einem testweisen Einsatz von Datenbrillen mit zehn Mitarbeitern erzielt zu haben. Ein weiterer Ausbau des Einsatzes von Datenbrillen würde überprüft¹⁰³. Es folgten allerdings keine weiteren Berichte über den Einsatz von Datenbrillen bei DHL, jedoch präsentierte Post-Chef Frank Appel im Juli 2016 die Idee, auch Briefträger mit Datenbrillen auszustatten. Diese sollen Briefträgern die Briefkasten- und Adressenfindung in unbekannten Zustellgebieten erleichtern¹⁰⁴. Auch hier erfolgte bisher keine weitere Meldung, was eventuell darin begründet sein könnte, dass Datenbrillen nach Herstellerangaben nicht regenfest sind.

Im privaten Bereich hat sich die Nutzung von Datenbrillen bisher kaum durchgesetzt. Der Bundesverband Informationswirtschaft, Telekommunikation und neue Medien e.V. (Bitkom) hat 2013 in einer repräsentativen Umfrage ermittelt, dass 7 % der Befragten sich damals schon sicher waren, dass sie eine Datenbrille nutzen werden, wobei unter den 14- bis 29-Jährigen sogar 12 % angaben, auf jeden Fall eine Datenbrille tragen zu wollen. Insgesamt konnten sich 19 % der Befragten vorstellen, eine Datenbrille zu nutzen¹⁰⁵. Eine weitere Studie kam 2015 zu einem ähnlichen Ergebnis. Hier gaben 17 % der Befragten an, auf jeden Fall eine Datenbrille nutzen zu wollen. Unter den 14- bis 29-Jährigen war die Zahl sogar auf 57 % gestiegen. 38 % aller Deutschen konnten sich nun vorstellen, eine Datenbrille zu nutzen¹⁰⁶. Dennoch findet sich in der Öffentlichkeit so gut wie niemand, der eine Datenbrille trägt.

3.3 Zusammenfassung

Die Idee hinter Datenbrillen ist nicht neu, auch wenn sie erst vor kurzem in den Fokus der öffentlichen Aufmerksamkeit gerückt sind. Aus technischer Sicht handelt es sich dabei eher um eine Weiterentwicklung der bereits seit Ende der 60iger Jahre bekannten Head-Mounted Displays, als um eine neue Erfindung. HMDs benötigen verbundene Endgeräte, denen sie lediglich als Display dienen, während Datenbrillen über eigene Rechenhardware und Eingabemöglichkeiten verfügen.

Somit sind sie in gewissen Teilen mit mobilen Endgeräten wie Smartphones und Tablets vergleichbar, auch wenn sie sich dadurch, wie sie vom Nutzer getragen und bedient werden, stark von diesen Geräten unterscheiden.

Augmented Reality ist eine vergleichsweise junge Technologie, zumindest wenn der Begriff auf computergenerierte AR beschränkt wird. Dennoch finden sich breite Anwendungsgebiete, in denen sie heute erfolgreich eingesetzt wird – sowohl für stationäre wie auch mobile AR. Dabei gibt es nicht den einen Aufbau von AR-Systemen. Jedes System verfügt, je nach Bedarf, über Sensoren und Marker. Einzig über ein Ausgabegerät verfügen alle Varianten.

¹⁰³ vgl. Deutsche Post DHL Group, *DHL testet erfolgreich Augmented Reality-Anwendung im Lagerbetrieb*.

¹⁰⁴ vgl. WeltN24 GmbH, *Post-Chef will schlaue Datenbrillen für Briefträger*.

¹⁰⁵ vgl. Bundesverband Informationswirtschaft, Telekommunikation und neue Medien e.V. (Bitkom), *Datenbrillen finden schon vor Markteinführung Interesse*.

¹⁰⁶ vgl. Bundesverband Informationswirtschaft, Telekommunikation und neue Medien e. V. (Bitkom), *Großes Interesse an den Funktionen von Smart Glasses*.

Der Begriff der Datenbrille wird heute noch sehr unterschiedlich interpretiert: Regelmäßig werden HMDs, die als Anzeige für Smartphone-Bildschirme dienen sollen, als Datenbrillen bezeichnet und auch VR-Brillen fallen immer wieder unter die Sammelbezeichnung der Smart Glasses, obwohl auch sie nur als Ausgabegerät fungieren, für einen anderen Anwendungsbereich gedacht sind und ihr technischer Aufbau sich entsprechend unterscheidet. Die große Formenvielfalt der heutigen Brillen hilft nicht dabei, ein einheitliches Bild zu erzeugen. Auch wenn der Begriff ‚Brille‘ eine bestimmte Form impliziert, sind bei weitem nicht alle Datenbrillen binokulare OST-Displays – oder zumindest von außen nicht als solche erkennbar. Die Microsoft HoloLens etwa erinnert aufgrund des getönten Kunststoffvisieres, hinter dem das eigentliche Display verborgen ist, auf den ersten Blick eher an gängige VR-Brillen.

Wie alle mobilen Endgeräte unterliegen auch Datenbrillen technischen Beschränkungen, wie beispielsweise der Akku-Laufzeit oder der Auflösung des Displays.

In Zukunft können sich Design, Art der Befestigung am Kopf, Steuerungsmöglichkeiten und Hardware am Einsatzgebiet der jeweiligen Datenbrille orientieren, wenn die Vor- und Nachteile der verschiedenen Display- und Steuerungsarten besser mit der jeweiligen Aufgabe abgeglichen werden können. Allgemein kann davon ausgegangen werden, dass neben der Erhöhung der generellen Hardwareleistung weiterhin versucht werden wird, die Akku-Laufzeit zu verlängern, den Tragekomfort zu erhöhen und das Gewicht zu reduzieren.

4 Anwendungskontext

4.1 Umgebung und Umfeld

Die Verwendung von Datenbrillen bietet sich grundsätzlich überall da an, wo zusätzliche Informationen für gegebene Arbeitsprozesse benötigt werden. Dabei scheinen sie auf den ersten Blick nicht nur für den Innen-, sondern auch für den Außenbereich geeignet zu sein und sich für Arbeiten zu eignen, an denen keine große Ablagefläche zur Verfügung steht und für die beide Hände benötigt werden.

Bei näherer Überlegung schränken Umwelteinflüsse die Verwendung von Datenbrillen jedoch ein. Hier kann zum Beispiel das Wetter, speziell auch die Luftfeuchtigkeit, ein Problem darstellen. Auch wenn keine Untersuchungen zu diesem Thema gefunden werden konnten, muss davon ausgegangen werden, dass die Brillen keinen Regen vertragen. Outdoor-Datenbrillen sind, im Gegensatz zu den entsprechenden Smartphones, derzeit noch nicht auf dem Markt oder auch nur angekündigt. Zwar gibt es Berichte von einzelnen Nutzern, die ihre Google Glass sogar in der Dusche getragen haben¹⁰⁷, jedoch weisen die Sicherheitshinweise der Brillen (z. B. Vuzix M100¹⁰⁸, Epson BT-200¹⁰⁹, etc.) explizit darauf hin, dass die Brille keinen Kontakt mit Flüssigkeiten haben soll.

Dr.-Ing. Dennis Krannich listet in *Mobile System Design* zusätzlich zu der oben genannten Feuchtigkeit noch Staub, Geräusche, Lichtverhältnisse, Ort und Objekte (Verkehrsdichte, Personen) als relevante Umweltfaktoren auf¹¹⁰. Staub kann, wie auch Luftfeuchtigkeit, die Funktionalität der Datenbrille einschränken. Laute Geräusche können verhindern, dass der Nutzer akustisches Feedback wahrnimmt. Einschränkende Lichtverhältnisse sind bei Datenbrillen besonders Gegenlicht. Während Reflexionen auf dem Bildschirm durch die Nähe zum Auge eher kein Problem darstellen, kann speziell bei Optical See-Through (OST) nicht verhindert werden, dass Gegenlicht blendet. Da die Datenbrillen den Platz einer normalen Brille einnehmen, ist eine Kombination mit einer Sonnenbrille nur bedingt möglich. In dunklen Räumen kann der Bildschirm blenden, der Inhalt in sehr heller Umgebung hingegen, je nach Bildschirmqualität, schlecht erkennbar sein. Auch die Kamera benötigt entsprechende Lichtverhältnisse. Ebenso erschweren reflektierende Oberflächen, wie etwa Schnee, die korrekte Bilderkennung¹¹¹.

Zuletzt sind auch Aufenthaltsort und in der Umgebung befindliche Objekte relevant. Krannich spricht in diesem Zusammenhang davon, dass etwa die Anwesenheit anderer Personen stören kann oder eine erhöhte Verkehrsdichte die volle Aufmerksamkeit des Nutzers für sich beansprucht¹¹², sodass eine sichere Bedienung anderer Geräte nicht mehr möglich ist.

¹⁰⁷ vgl. Scoble, *Yes, Google Glass survives a wet shower*.

¹⁰⁸ vgl. Vuzix Corporation, *M100 Safety & Warranty*, S. 1 f.

¹⁰⁹ vgl. Epson, *Moverio BT-200 User's Guide*, S. 6.

¹¹⁰ vgl. Krannich, *Mobile System Design*, S. 78 ff.

¹¹¹ vgl. Höllerer und Feiner, „Mobile Augmented Reality“, S. 11 f.

¹¹² vgl. Krannich, *Mobile System Design*, S. 79.

Die Akku-Laufzeit von Datenbrillen ist in der Regel sehr kurz. Daher ist die Möglichkeit der Stromversorgung ein wichtiges Argument, wenn es darum geht, die Nutzbarkeit von Datenbrillen für einen Anwendungsbereich zu evaluieren. Die HoloLens gibt eine Akku-Laufzeit von zwei bis drei Stunden an¹¹³, die Moverio BT-300 sechs¹¹⁴. Vuzix hält sich bei seinen beiden neuen Datenbrillen M300¹¹⁵ und M3000¹¹⁶ sehr bedeckt und gibt eine Akku-Laufzeit von zwei bis zwölf Stunden, abhängig vom gewählten externen Akku, an. Mit einem externen Akku mag es möglich sein, eine Brille während eines normalen, achtstündigen Arbeitstages mit Strom zu versorgen, aber wie auch bei Smartphones und Tablets verbrauchen GPS und Kamera (für AR oder QR-Code-Leser), sowie rechenaufwendige Apps zusätzlichen Strom. Somit sind Datenbrillen zumindest aktuell nicht dafür geeignet, länger als einen halben Tag ohne neues Aufladen genutzt zu werden. Für längere Einsätze ohne Zugriff auf ein Stromnetz sind Datenbrillen somit nur nutzbar, wenn der Nutzer ein bis zwei externe Akkus pro Tag zur Verfügung hat.

Wird Internetzugriff benötigt (z. B. um Daten abzugleichen oder Kontakt mit dem Support aufzunehmen), ist auch die Verfügbarkeit von WLAN ein nicht zu vernachlässigender Faktor, der heutzutage jedoch an Bedeutung verliert, da inzwischen fast jedes Smartphone in der Lage ist, seinen eigenen Hotspot zu öffnen.

4.2 Dargestellter Inhalt

Speziell die Datenbrillen der ersten Generation verfügten über sehr kleine Displays, wodurch die Größe des dargestellten Inhalts stark beschränkt wurde. So hatte die Google Glass lediglich eine Anzeigengröße von 640×360 Pixeln. Die Auflösung der Vuzix M100 war mit 432×240 Pixeln sogar noch geringer. Neuere Datenbrillen haben die Anzahl an Pixel jedoch oftmals erheblich erhöht. Entsprechend verfügen sie über ausreichend Platz, um auch größere Bilder und längere Texte anzuzeigen. Hier kann jedoch die durchsichtige Qualität der OST-Displays ein Hindernis darstellen, da die virtuellen AR-Objekte die Realität zum Teil nicht vollständig überdecken. So zeigt Abbildung 4.1 das AR-Menü der Microsoft HoloLens. Der Hintergrund wird dabei aus einer weißen Wand und einem dunklen Poster gebildet. Die dunkle Kante des Posters ist auch durch das Menü hindurch noch erkennbar. Derartige teilweise Überlagerungen könnten sich speziell beim Lesen längerer Texte oder bei sehr detailreichen Bildern als störend erweisen.

Die Darstellung der AR ist eine besondere Herausforderung. Dazu ist nicht nur mindestens eine Kamera notwendig, welche das Blickfeld des Nutzers wahrnimmt, sondern auch die entsprechende Software für die Berechnung der korrekten und exakt platzierten AR-Anzeige im Display. In diesem Zusammenhang nennt Tönnis allerdings in *Augmented Reality: Einblicke in die Erweiterte Realität* Schwimmeffekte, Verdeckung und Jitter als Beispiele für Probleme. „Schwimmeffekte nennt man die Erscheinung, dass das reale Bild und die überlagerten virtuellen Bilder nicht exakt vom selben Zeitpunkt stammen und damit versetzt sein können. Im Allgemeinen entsteht dieser Effekt durch die Laufzeit der Signale durch das Trackingsystem,

¹¹³ vgl. Microsoft, *Hardware details*.

¹¹⁴ vgl. Epson, *Moverio BT-300*.

¹¹⁵ vgl. Vuzix Corporation, *Vuzix M300 Smart Glasses Hands-Free Mobile Computing*, S. 2.

¹¹⁶ vgl. Vuzix Corporation, *Vuzix M3000 Smart Glasses Advanced Waveguide Optics*, S. 2.

¹¹⁷ Bowden, *Microsoft HoloLens Start / UI*, 00:30



Abbildung 4.1 Durch das AR-Menü der Microsoft HoloLens durchscheinender Hintergrund¹¹⁷

die Verarbeitung im Computer und die zum Rendern benötigte Zeit.“¹¹⁸. Entsprechend tritt dieser Effekt nicht auf, wenn sowohl Kamera als auch Marker stillstehen. Ein Beispiel für Schwimmeffekte wäre ein virtuelles Objekt, das über einem QR-Code-Marker im Raum angezeigt wird. Wird der Marker bewegt (entweder direkt oder indirekt durch Bewegung der Kamera), folgt das virtuelle Objekt ihm erst mit leichter Verzögerung. Für den Träger der Datenbrille kann dies, vor allem bei Kippbewegungen des Kopfes wie Nicken oder seitlichem Neigen, zu einer Störung des Gleichgewichtssinnes und somit zu Schwindel und Übelkeit führen. Diese Auswirkungen werden auch Simulatorkrankheit genannt¹¹⁹. In diesem Zusammenhang wird auch von visuell induzierter Bewegungskrankheit (visually induced motion sickness) gesprochen, welche mit See- oder Reisekrankheit, also der Bewegungskrankheit auf Schiffen, im Auto oder in Flugzeugen, vergleichbar ist¹²⁰. Schwimmeffekte treten vor allem bei OST-Displays auf, da VSTs dadurch, dass die gesamte Anzeige computergeneriert ist, die Anzeige leichter korrigieren können. Prof. Jannick Rolland, Prof. Richard Holloway und Prof. Dr. Henry Fuchs begründen dies wie folgt:

„One of the major advantages of video see-through HMDs is the capability of enforcing registration of the real and synthetic images. In other words, because the system has access to both the real and synthetic images, it can manipulate them in space or in time in order to register them.“¹²¹

Das zweite von Tönnis angesprochene Problem ist die falsche Verdeckung, die entstehen kann, wenn sich reale und virtuelle Objekte überlagern, denn in der Regel wird das virtuelle Objekt vor alle realen Objekte projiziert, auch wenn das reale Objekt eigentlich vor dem

¹¹⁸ Tönnis, *Augmented Reality: Einblicke in die Erweiterte Realität*, S. 83.

¹¹⁹ vgl. Hellwig, *Interaktion mit ubiquitären User-Interfaces*, S. 18 f.

¹²⁰ vgl. Grasnick, *3D ohne 3D-Brille*, S. 78.

¹²¹ Rolland, Holloway und Fuchs, „A comparison of optical and video see-through head-mounted displays“, S. 5

¹²² Tönnis, *Augmented Reality: Einblicke in die Erweiterte Realität*, S. 85



Abbildung 4.2 Ungewollte Überlagerung der Realität mit einem AR-Objekt¹²²

virtuellen liegen sollte. „Das wirkt für den Benutzer irritierend und erschwert die Arbeit mit dem System. Es ist schwer, den richtigen Tiefeneindruck zu erhalten, da durch die falsche Verdeckung immer zusätzlich eingeschätzt werden muss, wo eigentlich welches Objekt gegenüber welchem liegt“¹²³. Abbildung 4.2 zeigt eine AR-Teekanne. Um den Marker zu überdecken, wird auch eine virtuelle Tischplatte erzeugt, die wiederum auch die den Marker haltende Hand überdeckt und somit den Eindruck erweckt, mitten im Raum zu schweben und nicht mehr auf dem eigentlichen Tisch zu stehen.

Zuletzt nennt Tönnis Jitter, ein ‚Wackeln‘ des virtuellen Objektes, welches auftreten kann, wenn die Software die Position falsch berechnet. Dies passiert vor allem, wenn „bei bildverarbeitenden Systemen [...] das reale Bild in Pixel gerastert [wird]. Liegt ein Punkt des Markers fast in der Mitte zwischen zwei Pixeln, reicht die kleinste Bewegung, um diesen Punkt von einem Pixel in den anderen springen zu lassen. Je nach Algorithmus wird die Position des Markers anders berechnet, ein Sprung kann entstehen“¹²⁴.

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass zum Zeitpunkt dieser Arbeit die Auflösung aktueller Datenbrillen weit genug fortgeschritten ist, um einfachen Inhalt wie einzelne Bilder oder Text darzustellen. Jedoch muss beachtet werden, dass die Realität durch die virtuellen Objekte einer OST-Brille durchscheinen kann und störende Effekte bei der Darstellung von AR-Objekten auftreten können. VST-Brillen können einige dieser Probleme besser lösen,

¹²³ Tönnis, *Augmented Reality: Einblicke in die Erweiterte Realität*, S. 84.

¹²⁴ Ebd., S. 88.

dafür weisen sie jedoch eine unvermeidbare Latenzzeit bei der Anzeige auf. Diese beträgt in der Regel 60 bis 180 Millisekunden¹²⁵.

4.3 Steuerung

Wie bereits in Abschnitt 3.2.2 angesprochen, unterscheiden sich Datenbrillen vor allem durch ihre Steuerung von anderen mobilen Geräten, da eine direkte Eingabe zum Beispiel per Maus, Tastatur oder Touch-Display nicht möglich ist. Zum Zeitpunkt dieser Arbeit hat sich noch keine einheitliche Steuerung herausgebildet.

Da eine Betrachtung aller Datenbrillen, die bereits auf dem Markt erhältlich sind oder es in Kürze sein werden, den Rahmen dieser Arbeit sprengen würde, sollen an dieser Stelle stellvertretend die vier Brillen, die bereits mehrmals in dieser Arbeit erwähnt wurden, untersucht werden: Die Microsoft HoloLens, die Epson Moverio BT-300, die Vuzix M100 und die Google Glass. Diese Auswahl erklärt sich damit, dass die meisten anderen Datenbrillen entweder vergleichbare Steuerungen haben oder noch keine technischen Spezifikationen bekannt gegeben wurden, sodass noch keine Details über die finale Steuerung bekannt sind.

Microsoft listet in den Hardware-Details der HoloLens unter „Human Understanding“ folgende Punkte auf: „Spatial sound, Gaze tracking, Gesture input, Voice support“¹²⁶, also Raumklang, Blickverfolgung, Gestensteuerung und Stimmunterstützung. Da Raumklang keine Steuerung, sondern nur eine Simulation von Geräuschen und Klängen im dreidimensionalen Raum und eher als Feedback für den Nutzer gedacht ist, wird er hier nicht weiter beachtet. Damit verfügt die HoloLens über drei Steuerungsmöglichkeiten: per Blick, Geste und Sprache.

Die Idee hinter der Blickverfolgung ist, dass Menschen auch im alltäglichen Leben Dinge anblicken, mit denen sie interagieren wollen. Das gilt auch für computergenerierte AR-Objekte. Microsoft empfiehlt, den Blick wie einen Mauszeiger zu nutzen. Dem Nutzer wird durch einen kleinen, kreisförmigen Cursor angezeigt, mit welchem Objekt er interagieren würde, sollte er den passenden Befehl dazu geben (vergleichbar mit dem Mauszeiger, der sich über einem Icon befindet, ohne dass jedoch darauf geklickt wurde). Für die eigentliche Auswahl des Objektes empfiehlt Microsoft jedoch, die Gesten- oder Sprachsteuerung zu nutzen¹²⁷.

Die Gestensteuerung erkennt zwei unterschiedliche Gesten, die ausgeführt werden können, solange sich die Hand an beliebiger Stelle im Fokus der Kamera befindet. Eine Ausführung der Gesten über dem auszuwählenden Objekt ist dabei nicht nötig, solange es über die Blicksteuerung ausgewählt wird. Die beiden Gesten sind ein ‚Tippen in der Luft‘ und die „Bloom“ genannte ‚Erbühen‘-Geste. Die Tippen-Geste besteht aus einem kurzen Abknicken des ausgestreckten Zeigefingers (nach unten und wieder zurück-Bewegung) bei ansonsten geschlossener Hand, die den Handrücken dem Nutzer zuwendet. Sie dient zur Auswahl von Objekten und ist mit dem Select-Befehl vergleichbar. Statt dieser kurzen Auswahl-Geste ist auch eine lange Halten-Geste möglich, indem die Tippen-Geste länger ausgeführt wird (der Finger also in der ‚gedrückten‘ Position belassen wird). Die Erblühen-Geste besteht aus einem Öffnen der geschlossenen Faust und dient dazu, ins Hauptmenü zurückzukehren¹²⁸.

¹²⁵ vgl. Rolland, Holloway und Fuchs, „A comparison of optical and video see-through head-mounted displays“, S. 5.

¹²⁶ Microsoft, *Hardware details*.

¹²⁷ vgl. Microsoft, *Gaze*.

¹²⁸ vgl. Microsoft, *Gestures*.

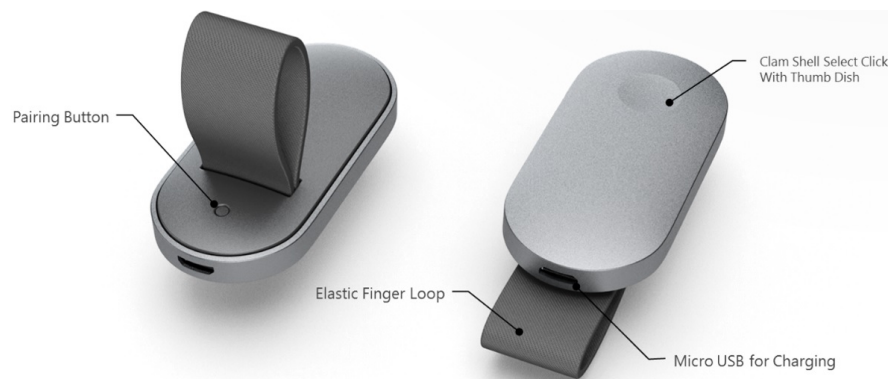


Abbildung 4.3 Microsoft HoloLens Clicker¹³¹

Zuletzt bietet die HoloLens eine Sprachsteuerung an. Die Sprachbefehle können ebenfalls mit der Blicksteuerung kombiniert werden, indem Befehle laut gesprochen werden, nachdem ein Objekt mit den Augen ausgewählt wurde. Der dafür genutzte Sprachbefehl „Select“ kann auch in Apps benutzt werden, die ansonsten über keine Sprachsteuerung verfügen. Weitere Befehle können über Cortana, die Spracherkennungssoftware von Microsoft, eingegeben werden. Dazu muss Cortana mit dem Befehl „Hey, Cortana“ gestartet werden. Mit dem Befehl „What can I say?“ werden alle Sprachbefehle aufgelistet. Hier gibt es einige HoloLens-spezifische Befehle, zu denen etwa „Take a picture“, „Increase/Decrease the brightness“, „Shut down/Restart the device“ und „Go to sleep“ gehören. Für die Menüsteuerung hält sich Microsoft an sein „See It, Say It“-Modell, welches vorsieht, dass der Nutzer Schaltflächen ebenfalls dadurch aufrufen kann, indem er ihre Beschriftung laut ausspricht. Um die Texteingabe zu erleichtern kann die Sprachsteuerung außerdem für Diktate genutzt werden¹²⁹. Zum aktuellen Zeitpunkt kann die HoloLens nur mit englischsprachigen Begriffen gesteuert werden¹³⁰. Ob in Zukunft auch andere Sprachen unterstützt werden, ist derzeit noch nicht bekannt. Da die Cortana-Software unter Windows 10 auf PCs oder Smartphones bereits jetzt Spracheingaben in anderen Sprachen zulässt, kann aber davon ausgegangen werden, dass Microsoft andere Sprachen nachreichen wird, sollte die HoloLens ein kommerzieller Erfolg werden.

Als Peripheriegerät liefert Microsoft zusätzlich den sogenannten HoloLens Clicker mit der Developer Edition der Brille aus. Dieses Gerät dient dazu, die Klick-Gesten zu ersetzen. Ein kurzer Klick entspricht der Auswahl-Geste, ein längeres Gedrückt-Halten des Clickers der Halten-Geste. Wird ein Objekt gehalten, kann der Clicker außerdem durch links/rechts- oder oben/unten-Drehungen dazu genutzt werden, durch die Anzeige zu schwenken oder zu scrollen. Abbildung 4.3 zeigt den Clicker.

Im Gegensatz zur HoloLens hat die Epson Moverio BT-300 nur eine Art der Steuerung: Einen Controller, der über ein USB-Kabel mit der Brille verbunden wird. Dieser verfügt über eine Enter-Taste für Auswahl-Befehle, ein mehrere Gesten unterstützendes Trackpad für die Steuerung, einen kreisförmigen, von Epson als ‚Cross-key‘ bezeichneten Touch-Sensor für die Navigation sowie Knöpfe für die Befehle Back (eine Seite zurück), Home (auf die Startseite der Brille zurück) und History (zeigt die zuletzt geöffneten Apps an). Ohne diesen

¹²⁹ vgl. Microsoft, *Voice input*.

¹³⁰ vgl. Microsoft, *Cortana on HoloLens*.

¹³¹ Microsoft, *Working with accessories*, S. 85



Abbildung 4.4 Controller der Epson Moverio BT-300 (Bildausschnitt)¹³⁴

Controller kann die Brille nicht benutzt werden, da er ebenfalls den Ein-/Ausschalter enthält, den Strom für die Brille zur Verfügung stellt und Rechenaufgaben wie etwa Bildverarbeitung übernimmt¹³². Controller und Brille bilden eine Einheit. Die einzige Steuerung, die an der Brille direkt vorgenommen werden kann, ist der „Mute Knock“, welcher nach zweimaligem Berühren alle ausgehenden Funktionen der Brille unterbindet, indem er aktuell wiedergegebene Töne stumm schaltet und Bilder versteckt¹³³. Abbildung 4.4 zeigt den Controller, wobei nicht alle Funktionalitäten darin vermerkt sind.

Trotz des Mikrofons, über welches die BT-300 verfügt, schreibt Epson zu der Frage, ob eine Sprachsteuerung für die Brille möglich ist, in den FAQs lediglich: „No, because there is no application software to support it“¹³⁵.

Die bereits in Abschnitt 3.2.3 vorgestellte M100 der Firma Vuzix hat, wie die HoloLens, mehrere Möglichkeiten der Steuerung: Direkt auf der Brille befestigte Hardwareknöpfe, eine auf vorgegebene Begriffe beschränkte Sprachsteuerung und eine Gestensteuerung. Die Gestensteuerung der M100 unterscheidet sich stark von der Gestensteuerung der HoloLens. Während Letztere komplexere Gesten wie das Öffnen einer Hand erkennt und Handpositionen zur Steuerung nutzen kann, versteht die M100 nur einfache Gesten. Diese werden außerdem auch nicht im Sichtfeld der Kamera durchgeführt, sodass eine Positionsbestimmung möglich wäre, sondern vor dem seitlich angebrachten Gestensensor. Eine so durchgeführte Geste ist eher mit einem Tastendruck vergleichbar, nur dass es nicht möglich ist, die Taste gedrückt zu halten. Diese sechs Gesten dienen, soweit von der jeweils genutzten App nicht überschrieben, der Navigation (hoch/runter, nach vorne/hinten) sowie der Auswahl- (hin zur Brille) und Zurück-Funktion (weg von der Brille).

Anders als Microsofts Cortana, welche einen großen Wortschatz beherrscht und Fragen entweder direkt per Text- und Sprachausgabe beantworten kann oder die Frage an die Such-

¹³² vgl. Epson, *Support & Downloads: Moverio BT-300*.

¹³³ vgl. Epson, *Moverio BT-300 User's Guide*, S. 12 ff.

¹³⁴ Epson, *BT-300 – Technical Information*

¹³⁵ Epson, *Moverio BT-300 Technical FAQ*.

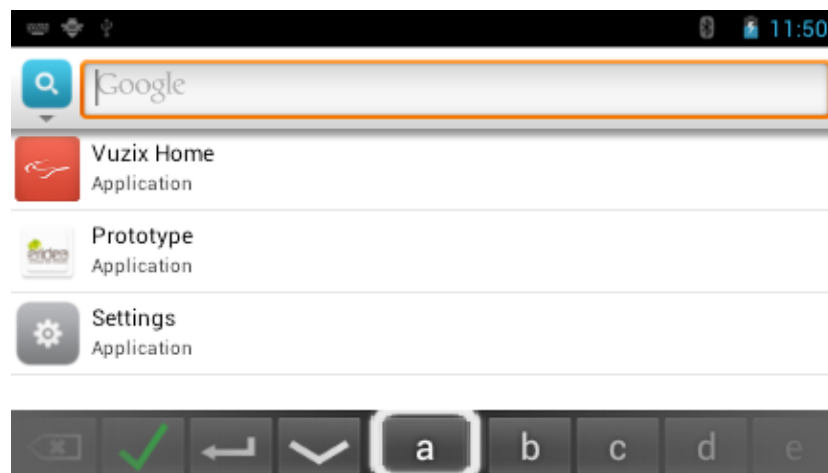


Abbildung 4.5 Eigene Darstellung: Tastatur-Laufband der Vuzix M100

maschine Bing weitergibt und die Ergebnisse präsentiert¹³⁶, ist die M100-Sprachsteuerung zu solchen Leistungen nicht fähig. Stattdessen verfügt sie über sechs Sprachbibliotheken, die insgesamt 417 Begriffe umfassen. Die meisten davon (265) sind Teil der Warehouse-Bibliothek¹³⁷. Die Brille ist nicht in der Lage, Sätze zu verstehen, sondern wird auf den ersten erkannten Ausdruck reagieren. Dabei handelt es sich in der Regel um einzelne Wörter, nur selten um Kombinationen aus zwei Worten wie „move left“. Standard-Befehle, die immer die gleiche Aktion ausführen, gibt es nicht. Neue Begriffe können nur von Vuzix gegen Bezahlung hinzugefügt werden¹³⁸.

Als letzte Steuerungsoption besitzt die M100 vier Hardware-Knöpfe, die jeweils mit einem langen und einem kurzen Druck mehrfach belegt sind. Kurzes Drücken dient der Steuerung (vor, zurück, Auswahl), sowie Stand-by, langes Drücken entspricht den Hardware-Tasten anderer Android-Geräte (Menü, Zurück, Home) und dem Ein- und Ausschalten der Brille¹³⁹. Anders als die beiden ersten vorgestellten Brillen verfügt die M100 über keine zusätzlichen Peripheriegeräte zur Bedienung, jedoch kann sie über Bluetooth mit einem Android-Partnergerät verbunden werden. Durch eine App ist es möglich, die Steuerung bis zu einem gewissen Grad auf dem Partner-Gerät durchzuführen. So sollen Apps, die Tastatur- oder Mauseingaben benötigen, auf der M100 steuerbar sein¹⁴⁰.

Für Texteingaben verfügt die M100 lediglich über die Möglichkeit, ein ‚Laufband‘ mit allen Buchstaben und Sonderzeichen am unteren Bildschirmrand einzublenden. Abbildung 4.5 zeigt dieses Laufband. Durch einen ‚Enter‘-Befehl (per Sprache, Geste oder Hardwareknopf) wird der hervorgehobene Buchstabe ausgewählt.

Zuletzt soll die Google Glass betrachtet werden. Im Gegensatz zu den bisher vorgestellten Brillen besitzt sie, ähnlich einiger Brillen, die demnächst auf den Markt kommen sollen, ein Touchpad zur Steuerung. Zusätzlich verfügt sie über eine Sprachsteuerung, die eher mit jener der Microsoft HoloLens vergleichbar ist, wenn auch in einer einfacheren Form. Die Sprachsteuerung wird mit den Worten „okay glass“ aktiviert, auf welches der Befehl folgt.

¹³⁶ Build HoloLens, *HoloLens: Asking Cortana Questions Part 1*, 00:10.

¹³⁷ vgl. Vuzix Corporation, *Voice Recognition Libraries*.

¹³⁸ vgl. Vuzix Corporation, *Support: Product FAQs*.

¹³⁹ vgl. Vuzix Corporation, *M100 Smart Glasses Product Guide Enterprise Edition*, S. 21.

¹⁴⁰ vgl. ebd., S. 25 ff.

Dadurch kann die Brille beispielsweise dazu aufgefordert werden, ein Photo zu schießen oder einen Begriff in der Google-Suchmaschine zu suchen¹⁴¹. Für weitere Befehle, etwa um Musik abzuspielen, wird zusätzliche Software in Form einer App benötigt¹⁴². Wie alle in diesem Kapitel vorgestellten Brillen versteht die Google Glass Spracheingaben nur auf Englisch.

Als zweite Steuerungsoption verfügt sie über ein Touchpad, welches sich wie der Gestensensor der Vuzix M100 seitlich am Brillenbügel befindet. Damit können sowohl Klicks als auch Navigation durchgeführt werden. Durch eine kurze Berührung wird die Brille aus dem Stand-by geweckt oder ein Objekt wie mit einem Mausklick ausgewählt. Im Menü der Brille kann durch eine wischende Geste nach vorne oder nach hinten navigiert werden. Wird dafür nur ein Finger benutzt, wird langsam von einem Element zum nächsten/vorherigen navigiert. Wird die gleiche Geste hingegen mit zwei Fingern ausgeführt, wird aus dem Menü herausgezoomt, um eine schnellere Navigation zu ermöglichen. Eine Wisch-Geste nach unten dient als Zurück-Befehl. Wird diese im Hauptmenü ausgeführt, kehrt die Brille in den Stand-by-Modus zurück. Dieser kann auch durch eine schnelle Kopfbewegung nach oben gestartet und beendet werden¹⁴³.

Spezielle Peripheriegeräte stehen für die Google Glass nicht zur Verfügung.

Für Datenbrillen existieren somit folgende Steuerungsmöglichkeiten: Sprachsteuerung, einfache Gestensteuerung (Google Glass Touch, Vuzix M100 Gesten), komplexere Gestensteuerung (Microsoft HoloLens Gesten), Blicksteuerung (nur in Kombination mit einer anderen Steuerungsart) und Peripheriegeräte (Controller oder Apps auf verbundenen Partnergeräten).

Weitere Steuerungsmöglichkeiten sind denkbar. Die eingebaute Kamera würde es beispielsweise erlauben, eine App auch über QR-Codes oder Bilderkennung zu steuern. Auch das Anschließen weiterer Peripheriegeräte wie z. B. einer USB-Tastatur ist grundsätzlich denkbar.

Die Steuerung ist einer der wichtigsten Faktoren, der bei der Auswahl einer Datenbrille zu beachten ist. Nicht jede Steuerung ist für jede Umgebung und jeden Einsatz gleich gut geeignet. Die Sprachsteuerung kann beispielsweise nicht in lauten Umgebungen verwendet werden. Auch mehrere Nutzer der gleichen Datenbrille mit derselben App in unmittelbarer Nähe zueinander machen den Einsatz von Sprachsteuerung unmöglich, da die derzeit auf dem Markt befindlichen Brillen nicht zwischen ihrem eigenen Träger und einer dritten Person unterscheiden können. Zum aktuellen Zeitpunkt wird von keiner Brille eine Stimmerkennung des Nutzers angeboten, sodass mehrere Brillenträger nahe beieinander ihre Sprachbefehle auch unweigerlich den anderen Brillen geben würden. Das gleiche Problem kann auch bei anwesenden Dritten auftreten, deren normale Gespräche Worte beinhalten können, die von der Datenbrille als Sprachbefehle interpretiert werden.

Die Firma Dr. Thomas + Partner hat dieses Problem auf der Vuzix M100 umgangen, indem sie Sprachbefehle und Gesten „in Kombination“ nutzen¹⁴⁴. Dies hat jedoch, wie alle anderen nicht rein sprachlichen Steuerungsmöglichkeiten den Nachteil, dass eine Hand benötigt wird, um die Brille bedienen zu können, unabhängig davon, ob diese Hand nun eine Geste ausführt oder einen Knopf drückt. Handschuhe können die Steuerung weiter verkomplizieren, wenn Touchpads mit ihnen nicht mehr bedient werden können oder Knöpfe zu klein und/oder zu dicht beieinander sind, um verlässlich betätigt zu werden. Direkt an der Brille

¹⁴¹ vgl. Google, *Voice actions – 'ok glass,'*

¹⁴² vgl. Google, *Voice actions – More voice actions.*

¹⁴³ vgl. Google, *Glass gestures.*

¹⁴⁴ vgl. Henkel, *Datenbrillen in der Intralogistik.*

befestigte Bedienelemente haben hier zusätzlich das Problem, dass der Nutzer sie nicht sehen, sondern nur erfühlen kann – was mit Handschuhen noch schwieriger ist. Auch das Ausführen komplexerer Gesten könnte durch Handschuhe behindert werden.

Einfache Gestensensoren, wie etwa jener der M100, laufen Gefahr, auf Bewegungen zu reagieren, die nicht von der Hand des Nutzers ausgeführt werden. Hier hat die eigene Erfahrung gezeigt, dass die Brille auf einen Türstock reagiert hat, als die Trägerin durch die Tür gegangen ist. Auch durch die Blätter einer Pflanze, die sich leicht im Wind bewegten, kam es zu einer Fehleingabe.

Externe Controller erlauben die beste Handhabung, da sie entsprechend groß gebaut werden können, um auch mit Handschuhen nutzbar zu sein und außerdem bei der Bedienung ins Sichtfeld des Nutzers gehalten werden können. Allerdings sind sie über ein Kabel mit der Brille verbunden, welches wiederum so geführt werden muss, dass es den Nutzer nicht bei seiner Arbeit stört. Die grundsätzliche Idee, ‚hands-free‘ mit der Brille arbeiten zu können, kann in diesem Fall nicht verwirklicht werden.

Eine Steuerung über QR-Codes oder Bilderkennung ist nur möglich, wenn die entsprechenden Marker und die zugehörige Software vorhanden sind. Für Lagerarbeiten, bei welchen jede Ware oder jeder Lagerplatz mit einem (QR-)Code versehen ist, bietet es sich an, den Code zu scannen, um die Einlagerung/Entnahme der Ware zu bestätigen. Aber um beim Zusammenbau oder der Reparatur eines Objektes korrekt zu erkennen, welchen Arbeitsschritt der Nutzer gerade ausführt, würde eine entsprechende Software mit den jeweiligen Daten über das genaue Aussehen der einzelnen Fertigungs-/Reparaturschritte benötigt werden. Diese Daten müssten erst erstellt werden. Für andere Anwendungsgebiete, wie etwa dem Schreiben eines Textes oder der Bestätigung einer Terminerinnerung, eignen sich QR-Codes und Bilderkennung nicht.

Steht die Aufgabe einer Datenbrille bereits am Anfang fest, sollte die Steuerung bei der Auswahl der geeigneten Brille auf jeden Fall beachtet werden. Fällt die Entscheidung auf eine Sprachsteuerung, sollte darauf geachtet werden, dass die Brille die gewünschten Begriffe auch verstehen und interpretieren kann. Bei händischen Steuerungen muss hingegen sichergestellt werden, dass der Nutzer nicht beide Hände für seine eigentliche Aufgabe benötigt, da es zu unnötigen Verzögerungen führen würde, wenn er seine eigentliche Tätigkeit jedes Mal unterbrechen muss, um eine Hand zur Bedienung der Brille frei zu bekommen.

4.4 Usability

Damit sich eine Technologie auf Dauer durchsetzen kann, muss sie nicht nur Mehrwert bieten, sondern auch vom Nutzer akzeptiert werden. Die Gebrauchstauglichkeit (Usability) von Geräten hat einen großen Einfluss auf diese Nutzerakzeptanz. Voraussetzung für die Usability von Datenbrillen ist ein Mindestmaß an Komfort bei der Benutzung. Dazu zählt bei den Brillen aber nicht nur die direkte Bedienung als Arbeitsgerät, also die Steuerung, sondern im Besonderen auch der Tragekomfort. Mit anderen Worten

- muss die Brille sicher sitzen um den Arbeiter nicht durch dauerndes Verrutschen von der eigentlichen Tätigkeit abzulenken,
- muss sie in der jeweiligen Arbeitsumgebung problemlos bedienbar sein,
- darf sie vom Gewicht her den Träger nicht beeinträchtigen und
- dessen Blickfeld aus Gründen der Arbeitssicherheit nicht zu sehr einschränken.

Hier können die nicht-durchsichtigen Bildschirme der VST-Brillen ein Hindernis darstellen, da ihr Bildschirm auch im inaktiven Zustand einen Teil des Blickfeldes des Nutzers verdeckt. Hinsichtlich des Tragekomforts bemängeln Tyler Brusie et al. in ihrer Usability-Untersuchung der Google Glass und Vuzix M100, dass beide Brillen nur auf einer Seite des Kopfes getragen werden, was eine ungleiche Gewichtsverteilung zur Folge hat. Dies wurde beim Tragen nach einiger Zeit als sehr unangenehm empfunden¹⁴⁵.

Als großer Vorteil von Datenbrillen wird in erster Linie die ‚hands-free‘-Bedienung herausgestellt¹⁴⁶. Das heißt, der Anwender hat beide Hände frei, um seine eigentliche Tätigkeit zu erledigen. Dieser Anspruch ließe sich allerdings nur durch eine reine Sprach- oder Blicksteuerung verwirklichen. Die Blicksteuerung wird erstmalig mit der HoloLens rudimentär eingesetzt. Die Sprachsteuerung hingegen funktioniert, wie bereits dargestellt, nur in ruhigen Umgebungen problemlos.

Prof. Ludwig John weist in *Augmented Reality* darauf hin, dass Nutzer anfangs Probleme damit hatten, sich an die korrekten Sprachbefehle zu erinnern. Er empfiehlt, möglichst mehrere Begriffe gleichberechtigt für einen Befehl zu verwenden, wie etwa ‚Okay‘, ‚Ja‘ oder ‚Auswählen‘, um eine Auswahl zu bestätigen¹⁴⁷.

Mit einem gesprochenen ‚Ja‘ sind jedoch nur sehr einfache Interaktionen möglich. Komplexere Aufgaben, wie beispielsweise das Ausfüllen eines vorgegebenen Formulars, erfordern die Möglichkeit, komplexere Eingaben zu tätigen. Dabei ist die Komplexität nicht auf die App und deren Code bezogen, sondern auf die Möglichkeit für den Nutzer, mit der Anwendung zu interagieren. Die Auswahl eines einzelnen Buttons, der sich allein in der Anzeige befindet, ist weniger kompliziert als die Auswahl eines bestimmten Buttons von mehreren, und auch dies wiederum einfacher als die Bedienung eines Dropdown-Feldes. Die Eingabe eines Textes gestaltet sich für den Nutzer aktueller Datenbrillen sehr kompliziert, da er jeden Buchstaben einzeln auswählen und bestätigen muss, was auf die Auswahl des richtigen Buttons unter mindestens 30 (26 Buchstaben, Shift, Leertaste, Rücktaste und Enter) hinausläuft. Auch durch komplexe Menüs zu navigieren, wie sie von Standardsoftware bekannt sind, wäre entsprechend aufwendig.

Ein Video des YouTube-Nutzers Jung-Taek zeigt, wie jemand auf der HoloLens-Tastatur mit Blickverfolgung und Gestensteuerung „It works well“ eingibt. Dieser Nutzer braucht für diese drei Worte über 20 Sekunden¹⁴⁸. Mit einer selbstgebauten Tastatur benötigt ein anderer YouTube-Nutzer, Matrix Inception, für das Wort „world“ sechs Sekunden, nachdem er anfänglich vier Sekunden brauchte, um die Blicksteuerung auf das W auszurichten. Für „I love Hololens“ braucht er 26 Sekunden¹⁴⁹. Das entspricht jeweils einer Schreibgeschwindigkeit von mehr als einer Sekunde pro Buchstabe. Im Selbstversuch wurden mit dem Tastatur-Laufband der Vuzix M100 im Schnitt 49 Sekunden für „Hello World“ benötigt (über vier Sekunden pro Buchstabe). Es kann davon ausgegangen werden, dass Nutzer diese langsame Eingabe schnell als störend empfinden würden, wenn sie öfter und/oder länger damit arbeiten müssten.

¹⁴⁵ vgl. Brusie et al., „Usability Evaluation of Two Smart Glass Systems“, S. 339.

¹⁴⁶ vgl. Shah, *Epson brings hands-free YouTube to smart glasses*.

¹⁴⁷ vgl. John, *Augmented Reality*, S. 44.

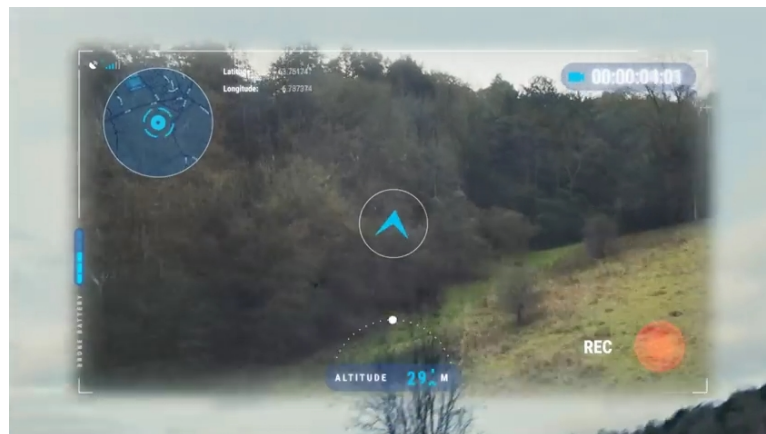
¹⁴⁸ vgl. Jung-Taek, *Keyboard HoloLens*.

¹⁴⁹ Matrix Inception, *HoloLens D3D Keyboard*.

4 Anwendungskontext

Krannich schreibt in diesem Zusammenhang, dass bei der Bedienung von Wearables – und damit auch Datenbrillen – die Interaktionsdauer so kurz wie möglich gehalten werden sollte. Als Art der Eingabe empfiehlt er natürliche Sprache¹⁵⁰, aber das ist, wie bereits dargestellt, nicht immer (oder nur in Kombination mit mit einer anderen Steuerungsmöglichkeit) möglich. Texteingaben sind jedoch von der Tastatur abhängig, die von der Brille zur Verfügung gestellt wird.

Die Usability aktueller Datenbrillen befindet sich somit, soweit die Verfasserin dies überblicken kann, nicht auf einem Niveau, das einen dauerhaften, professionellen Einsatz ermöglichen würde.



(a) Werbeversprechen der Epson Moverio BT-300¹⁵¹



(b) Realität auf der Epson Moverio BT-300¹⁵²

Abbildung 4.6 Vergleich Werbeversprechen (oben) – Realität (unten) anhand eines Drohnenfluges auf der Epson Moverio BT-300

4.5 Werbeversprechen

Verglichen mit den Aussagen der Marketingabteilungen sind die Leistungen der bisherigen Datenbrillen oftmals eher begrenzt. So zeigt ein Werbevideo von SAP und Vuzix aus dem Jahr 2013 eine monokulare Datenbrille, die aber Anzeigen im gesamten Blickfeld des Nutzers zeigt. Die in diesem Video gezeigte Brille existiert jedoch nicht und ähnelt der Vuzix M100 nur darin, dass diese ebenfalls nur vor einem Auge getragen wird und in einer dunklen Farbversion existiert¹⁵³.

Die ‚Entschuldigung‘, eine nicht existierende Brille zu zeigen, hat ein späteres Video, ebenfalls von SAP und Vuzix, nicht. Hier trägt der handelnde Elektriker eindeutig die M100, die ihm im Video Informationen auf transparentem Hintergrund direkt im Blickfeld anzeigt, als würden die Informationen auf einem OST-Display und nicht auf dem VST dargestellt werden, über welches die M100 verfügt. Auch hier werden die Informationen wieder über das gesamte Sichtfeld des Nutzers angezeigt, obwohl eine derartige Darstellung mit der vor nur einem Auge getragenen M100 schlicht unmöglich ist¹⁵⁴.

Epson wirbt im Werbevideo seiner BT-300 damit, dass ein Nutzer einen Film per Geste startet. Im User’s Guide der Brille wird Gestensteuerung jedoch nicht erwähnt. Auch blendet das Video in der Werbung die reale Umgebung fast vollständig aus. Ein weiteres offizielles Video von Epson zeigt dagegen vergleichbare Aufnahmen aus Sicht des Brillenträgers, welche eine verwirrende Überlagerung aus Video und Realität zeigen. Abbildungen 4.6a und 4.6b zeigen vergleichend einen Screenshot aus einem Werbefilm für die BT-300, in welchem ein Nutzer sich ein Video live aus seinem Quadrocopter anzeigen lässt, und einem Video, ebenfalls offiziell von Epson, welches zeigt, wie es faktisch aussieht, mit der BT-300 ein Video von einem Quadrocopter zu empfangen.

4.6 Zusammenfassung

Der Anwendungskontext ist der absolut entscheidende Faktor, wenn die Entscheidung getroffen werden muss, ob eine Datenbrille für eine Aufgabe eingesetzt werden kann oder nicht. Dabei gibt es zwei Faktorengruppen, welche den Einsatz beeinflussen: Extrinsische und intrinsische.

Extrinsische Faktoren wirken am Einsatzort selbst und beeinflussen den Einsatz von außen. Beispiele dafür sind Lichtverhältnisse oder Feuchtigkeit, welche den Einsatz negativ beeinflussen oder unmöglich machen können.

Genauso wichtig sind jedoch die von innen heraus wirkenden intrinsischen Faktoren der Hardware und der Anwendung. Die Steuerungsmöglichkeiten der Brille sind ein Beispiel für hardwarebezogene intrinsische Faktoren. Werden durch einen externen Faktor wie der Aufgabenstellung eines Lagerarbeiters oder Mechanikers beide Hände benötigt, um die Aufgabe auszuführen, bleibt offensichtlich keine Hand zur Steuerung frei. Besagte Steuerungsmöglichkeiten benötigen jedoch oftmals weiterhin eine Hand zur Eingabe, unabhängig

¹⁵⁰ vgl. Krannich, *Mobile System Design*, S. 65 f.

¹⁵¹ Epson Moverio, *Epson Moverio BT-300: A New Way Of Seeing The World*, 00:56

¹⁵² Epson Moverio, *Moverio BT-300 "behind the glasses" of the DJI GO app*, 00:20

¹⁵³ SAP Enterprise Mobile, *SAP & Vuzix Bring you Augmented Reality Solutions for the Enterprise*.

¹⁵⁴ SAP, *SAP and Vuzix bring you the future of Field Service*.

davon, ob diese Hand Gesten ausführt oder ein Touchpad bedient. Viele, jedoch nicht alle, Datenbrillen verfügen daher über die Möglichkeit einer Sprachsteuerung, um auch in Situationen bedienbar zu sein, in denen der Träger keine Hände zur Bedienung frei hat. Zusätzlich können Apps theoretisch über QR-Codes oder sogar Bilderkennung gesteuert werden, was jedoch aufgrund der ständig aktiven Kamera stark an der Batterie zehrt. Die Eingabe längerer Texte ist außerhalb von einem Sprache-zu-Text-Diktat nicht rentabel. Mit der Beschränkung der Steuerung geht auch eine Beschränkung der Komplexität einher, über welche die App verfügen kann, da die Eingabezeit sonst zu lang wird.

Als Fazit kann festgehalten werden, dass sich Datenbrillen eher für einfache Anwendungen eignen, die möglichst wenig Interaktion mit dem Nutzer benötigen, um einerseits die Arbeitszeit nicht unnötig zu verlängern und den Nutzer andererseits auch nicht von seiner eigentlichen Aufgabe abzulenken. Eine generelle Empfehlung für oder gegen monokulare oder binokulare Brillen sowie OST oder VST-Displays kann hier nicht gegeben werden. Für die Steuerung wird jedoch empfohlen, eine Brille zu wählen, die per Sprache gesteuert werden kann. Für den Fall, dass doch einmal eine komplexere Steuerung benötigt wird, wird ein externer Controller, der über mehrere Knöpfe (Richtungssteuerung, Auswahl, Zurück) verfügt, als zusätzliches Eingabegerät empfohlen. Dieser Controller sollte über eine Möglichkeit verfügen, ihn am Gürtel zu befestigen, um die Hände frei zu haben, wenn er nicht benötigt wird. Eine Kabelverbindung zur Brille würde verhindern, dass er leicht verloren werden kann und außerdem eine längere Laufzeit der Brille ermöglichen, wenn der Controller zusätzlich als externer Akku genutzt werden kann.

5 Menschlicher Aspekt

In diesem Kapitel wird untersucht, wie sich Datenbrillen auf den Träger und seine Umwelt auswirken, beziehungsweise wie der Träger der Datenbrille von seiner Umwelt wahrgenommen wird.

5.1 Wahrnehmung von Datenbrillen in der Öffentlichkeit

Noch vor Release der offiziellen Entwickler-Version der Google Glass im Februar 2013 wurde bereits der Begriff „Glasshole“ in einem Twitterpost geprägt:

„Glasshole - That know-it-all guy you've always hated, only now he's got 4G and Google+ connected to his face. Thanks Google.“¹⁵⁵

Der Begriff wurde jedoch sehr bald ausgeweitet und bezeichnete dann meist jene Personen, die ihre Google Glass ohne Rücksichtnahme auf ihre Umgebung nutzten. So betitelte etwa der bekannte Security-Experte Bruce Schneier, Chief Technology Officer bei der Anfang 2016 von IBM gekauften Firma Resilient, den Wagniskapitalgeber John Doerr als Glasshole, nachdem dieser in einem Interview angab, die Google Glass auch zu tragen, während er Scattergories (eine Art Stadt-Land-Fluss¹⁵⁶) mit seiner Familie spielt. Schneier bezeichnete Doerr deshalb als Cheater und verglich es damit, ein Computer-Wörterbuch während einer Runde Scrabble oder einen Schachcomputer während einer Schachpartie mit einem normalen Menschen zu nutzen. In solchem Verhalten sieht Schneier die Geburt des neuen Wortes Glasshole¹⁵⁷.

Google reagierte schließlich mit einer Liste von fünf ‚Do’s und vier ‚Don’t’s für Glass-Nutzer. Dabei rät Google, die Glass zu nutzen, um die Welt um sich herum zu erkunden, Sprachbefehle, aber auch die Bildschirmsperre zu nutzen, ein aktives Mitglied der Glass Explorer Community zu sein und außerdem um Erlaubnis zu fragen, bevor man Bilder oder Videos von anderen Personen aufzeichnet. Die ‚Don’t’s sind für Google, die Google Glass bei körperbetonten Sportarten („Water skiing, bull riding or cage fighting“) zu tragen, die Brille zu tragen und damit zu rechnen, nicht auf sie angesprochen zu werden, nicht die ganze Zeit auf die Brille zu starren („Glass-out“) und kein Glasshole zu sein. Tatsächlich nutzt Google hier selbst den Begriff Glasshole, mit welchem in diesem Fall generell unhöfliches oder unheimliches Verhalten bezeichnet wird. In Googles eigenen Worten: „Be creepy or rude (aka, a ‘Glasshole’)“¹⁵⁸.

Auch andere Bedenken bezüglich der Verletzung der Privatsphäre durch Datenbrillen wurden laut. Denn bereits die Google Glass – und entsprechend auch nachfolgende Datenbrillen

¹⁵⁵ Startup L. Jackson, *Glasshole*

¹⁵⁶ vgl. Steinwender, *Scattergories*.

¹⁵⁷ vgl. Schneier, *Google Glass Enables New Forms of Cheating*.

¹⁵⁸ vgl. Google, *Explorers*.

– verfügen über die Fähigkeit, Bilder, Ton und Videos aufzunehmen und unmittelbar in die Cloud zu speichern oder ins Internet zu stellen. Für Außenstehende ist dabei nicht feststellbar, ob die Brille gerade aktiv aufnimmt¹⁵⁹. Die Google Glass verfügt über keinerlei Anzeige nach außen, ob aufgenommen wird. Dagegen besitzt die Vuzix M100, wie die meisten Datenbrillen heutzutage, ein LED-Licht neben der Kamera, welches leuchtet, solange die Kamera aktiv ist¹⁶⁰. Das ist allerdings auch der Fall, wenn die Kamera für einen QR-Code-Leser aktiviert ist. Eine Anzeige für Tonaufnahme existiert auch hier nicht.

Prof. Matthias Kranz, Dr. rer. nat. Andreas Möller und Marion Koelle kommen im Zuge ihrer Untersuchung „Don’t look at me that way! – Understanding User Attitudes Towards Data Glasses Usage“ in einer Diskussion mit mehreren Teilnehmern unter anderem zu dem Schluss, dass die Benutzung einer Datenbrille während eines persönlichen Gespräches als unhöflich empfunden wird – jedoch nicht als unhöflicher als die Benutzung eines Smartphones oder eines anderen Gerätes. Gleichzeitig gaben einige der Teilnehmer an, dass sie sich wahrscheinlich davon eingeschüchtert fühlen würden, wenn andere in ihrer direkten Umgebung Datenbrillen nutzen würden. Einige vertraten sogar die Ansicht, dass die Nutzung von Datenbrillen in der Öffentlichkeit komplett verboten werden sollte. Aber selbst die weniger Besorgten drückten ihren Wunsch aus, zu wissen, was ein Träger einer Datenbrille in ihrer direkten Umgebung mit seinem Gerät gerade macht. An dieser Stelle betonten Koelle, Kranz und Möller noch einmal den Unterschied zu Smartphones, bei welchen man die aktuelle Tätigkeit (Aufnahme, Lesen eines Textes) oftmals bereits aus der Position und der Blickrichtung des Nutzers ableiten kann. Manche Teilnehmer gingen sogar davon aus, dass Datenbrillen grundsätzlich immer aufnehmen. Auch eine LED-Anzeige (wie die Vuzix M100 über eine verfügt) konnte die Sorgen der Befragten nicht ganz eliminieren. Einzig in einer reinen Arbeitsumgebung bestand dieses Besorgnis nicht. Hier wird die Datenbrille als reines Werkzeug angesehen, weswegen zusätzliche Angaben, welche Tätigkeit die Brille gerade ausführt, als unnötig angesehen werden. Daraus folgern die Autoren, dass Datenbrillen, die auch im privaten sozialen Kontext verwendet werden sollen, über Indikatoren für ihre aktuelle Aufgabe verfügen sollten, um Umstehenden die Angst vor einem Eingriff in ihre Privatsphäre zu nehmen und somit ihre Akzeptanz zu erhöhen¹⁶¹.

Der Journalist Jan-Keno Janssen, der 2013 die erste Google Glass für die c’t getestet hat, kam ebenfalls zu dem Ergebnis, dass viele Passanten, die ihm begegneten, davon ausgingen, dass er sie gerade filmen würde – selbst wenn sie noch nie zuvor von der Google Glass gehört hatten¹⁶².

Ähnliche Ergebnisse wurden auch in einem eigenen Versuch erzielt. Dazu wurde die Vuzix M100 auf dem Fußweg zum Bäcker und zurück getragen. Der Weg betrug einfach nur etwa 300 Meter und war ausreichend, um mehreren Passanten auf der Straße zu begegnen. Die Reaktion kann insgesamt als neugierig, aber auch eher negativ beschrieben werden. Die erste Person, die dem Brillenträger noch im Hausflur begegnete, blieb stehen und fragte nach: „Was ist das denn?“ Auf die Erklärung, dass es sich um eine Datenbrille, vergleichbar mit der Google Glass handle, folgte sofort die Frage: „Nimmt die gerade auf?“ Für den Test war die Brille zwar aktiviert, jedoch nicht im Aufnahmemodus. Das Display zeigte lediglich Datum

¹⁵⁹ vgl. Koelle, Kranz und Möller, „Don’t look at me that way! – Understanding User Attitudes Towards Data Glasses Usage“, S. 365 f.

¹⁶⁰ vgl. Vuzix Corporation, *M100 Smart Glasses Product Guide Enterprise Edition*, S. 8.

¹⁶¹ vgl. Koelle, Kranz und Möller, „Don’t look at me that way! – Understanding User Attitudes Towards Data Glasses Usage“, S. 367 ff.

¹⁶² vgl. Janssen, „Warum Glass (noch) nicht funktioniert“, S. 77.

und Uhrzeit an. Nachdem die Bedenken des anderen Hausbewohners zerstreut werden konnten, zeigte er sich sehr interessiert an der Brille und fragte unter anderem, ob er sie auch ausprobieren dürfe, was der Träger damit bezwecken würde und was Einsatzgebiete für Datenbrillen seien.

Interessant war auch das beobachtete Verhalten der Personen auf der Straße, da jeder die Datenbrille bemerkte und seine Aufmerksamkeit darauf richtete. Im unpersönlichen Umfeld der Straße fragte zwar niemand nach, worum es sich bei dem Gerät handelt, jedoch wechselten zwei Personen, die dem Träger auf dem Fußgängerweg entgegenkamen, spontan die Straßenseite. Auch auf dem gegenüberliegenden Fußgängerweg erregte die Brille noch Aufmerksamkeit.

Beim Bäcker selbst wurde ebenfalls sofort gefragt, was „das da“ sei und ob nun alle Anwesenden gefilmt und auf Facebook gestellt werden würden. Auch die Anwesenden (Verkäufer und Kunden) zeigten sich nach einer kurzen Aufklärung durchaus an der Brille interessiert, fragten jedoch noch zweimal nach, ob die Brille auch wirklich nicht aufnehme.

Für einen zweiten Versuch wurde die Brille während eines privaten Treffens mit Freunden getragen. Hier war die erste Reaktion ähnlich, auch wenn die meisten wussten, dass es sich bei dem getragene Gerät um eine Datenbrille handelt: „Hey, ist das eine Datenbrille? Cool. Aber du nimmst uns doch hoffentlich nicht gerade auf, oder?“ Es folgten, nachdem auch hier versichert worden war, dass die Datenbrille gerade nicht aufnimmt, Witze darüber, dass Geheimdiensten die Überwachung in Zukunft wohl leichter fallen würde.

Ein längerer Versuch in größeren Menschenmengen wurde nicht durchgeführt, da es doch ein unangenehmes Gefühl war, mit so viel Skepsis konfrontiert zu werden.

Bei diesen beiden Versuchen ist jedoch zu bedenken, dass die Vuzix M100 durch ihre Bauart auffälliger ist als die Google Glass, wobei auch diese schon auf 30 Meter Entfernung erkennbar sein soll¹⁶³.

Dass die Reaktionen auf Datenbrillen nicht immer so harmlos ausfallen, zeigen allerdings Reaktionen von Webseiten wie Stop The Cyborgs, die „Google Glass ban signs“ wie Abbildung 5.1 eines zeigt, zum Download anbieten¹⁶⁴, Geräten wie den Little Snipper von Cyborg Unplug, das unter anderem auch Datenbrillen im Netzwerk erkennen und ihre Internetverbindung trennen kann¹⁶⁵, bis hin zu tätlichen Übergriffen auf Träger von Google Glass oder ähnlichen Geräten. Zu Letzterem sind vor allem die Schlägerei um die Google Glass der technischen Autorin Sarah Slocum¹⁶⁷ sowie der Versuch, dem Journalisten Kyle Russell seine Brille direkt von der Nase zu stehlen¹⁶⁸, bekannt.

Auch der sogenannte „Father of The Wearable Computer“ und Informatiker Prof. Steve Mann, wurde schon in einem McDonald’s physisch angegriffen, weil er ein „computer vision system“ trägt, einer Art von vor dem Auge getragener Kamera¹⁶⁹.

¹⁶³ vgl. Janssen, „Warum Glass (noch) nicht funktioniert“, S. 76.

¹⁶⁴ Stop The Cyborgs, *Google Glass ban signs*

¹⁶⁵ vgl. ebd.

¹⁶⁶ vgl. Cyborg Unplug, *Cyborg Unplug*.

¹⁶⁷ vgl. Hussey, *Google Glass wearer attacked in San Francisco*.

¹⁶⁸ vgl. Russell, *I Was Assaulted For Wearing Google Glass In The Wrong Part Of San Francisco*.

¹⁶⁹ vgl. Mann, *Physical assault by McDonald’s for wearing Digital Eye Glass*.

Es hat den Anschein, dass die Menschen weniger auf die Datenbrille an sich negativ reagieren, als auf die eingebaute Kamera. Auf Thingiverse, einer Webseite für 3D-Druck-Modelle, wird als Antwort darauf ein „Glass privacy cover“ angeboten, also eine kleine Kappe, die über die Kamera der Google Glass gezogen werden kann, um so der Außenwelt zu signalisieren, dass sie von dieser Kamera nicht aufgenommen werden¹⁷⁰. Koelle, Kranz und Möller schlagen vor, bei dem Design von Datenbrillen minimalistisch vorzugehen und nur die Hardware zu verbauen, die für die jeweilige Aufgabe benötigt wird. Wird die Datenbrille also beispielsweise nur zur Anzeige genutzt, sollte keine Kamera verbaut werden. Ein modulares Design würde erlauben, die Brille für jede Anwendung eigens auszustatten¹⁷¹.



**Google Glass Is Banned
On These Premises**

stoptheyborgs.org © 11 11 11

Abbildung 5.1 Google Glass ban sign¹⁶⁴

Die Schuld für das oftmals negative Bild, das Datenbrillen anhängt, dürfte in großen Teilen bei Google und der Google Glass liegen. Google hat es verpasst, an der Brille für Umstehende deutlich sichtbar zu machen, ob sie aufnimmt. Zusätzlich hätte die genaue Funktionsweise der Glass (dass sie nicht immer aufnimmt) von Anfang an besser nach außen kommuniziert werden müssen.

Zum aktuellen Zeitpunkt muss, basierend auf diesen Ergebnissen, davon abgeraten werden, Datenbrillen in der Anwesenheit von Nicht-Firmenangehörigen zu nutzen. Darunter fallen auch Kunden, sodass ein Einsatz im Verkauf, um dem Verkäufer zusätzliche Informationen anzuzeigen, nicht empfohlen werden kann.

5.2 Rechtliche und gesellschaftliche Regelungen

Wichtige Aspekte, die bei der Nutzung von Datenbrillen ebenfalls zu beachten sind, sind gesellschaftliche Konventionen und Gesetze. Hier gelten für Datenbrillen die gleichen Vorschriften wie für alle anderen Aufnahmegeräte. Das deutsche Strafgesetzbuch spricht beispielsweise von „Bildaufnahmen“¹⁷², unabhängig davon, ob sie mit einem Fotoapparat, einem Smartphone oder einer Datenbrille erstellt worden sind.

Im Folgenden werden auch Beispiele aus den USA herangezogen, da es dort mehr Erfahrungen mit der Google Glass gibt. Es kann davon ausgegangen werden, dass die Reaktionen in Deutschland vergleichbar wären.

In den USA ereignete sich der Fall, dass ein Kinobesucher, der eine ausgeschaltete Google Glass trug, mitten im Film von Agenten des Department of Homeland Security (DHS) abgeführt wurde, weil er beschuldigt wurde, die Google Glass dazu zu nutzen, illegale

¹⁷⁰ vgl. rweaving, *Glass privacy cover*.

¹⁷¹ vgl. Koelle, Kranz und Möller, „Don’t look at me that way! – Understanding User Attitudes Towards Data Glasses Usage“, S. 9.

¹⁷² vgl. § 201a *Strafgesetzbuch (StGB)*.

Aufnahmen des Filmes zu machen. Der Mann wurde erst wieder freigelassen, nachdem kein verdächtiges Material auf seiner Datenbrille gefunden werden konnte. Das DHS hat diesen Vorfall später schriftlich bestätigt¹⁷³. Ein halbes Jahr später wurde Google Glass in den ersten Kinoketten in den USA¹⁷⁴ und Großbritannien¹⁷⁵ verboten.

Als weitere für Datenbrillen ‚verbotene‘ Orte nennt das Manager Magazin in dem Artikel *Google Glass kommt zurück* in der Fotostrecke *Wo Google-Glass-Träger draußen bleiben müssen* etwa Casinos, Kinos, Konzertveranstaltungen, Krankenhäuser, Umkleidekabinen, Nachtclubs sowie Banken und Schalterhallen von Kreditinstituten¹⁷⁶. Die meisten dieser Verbote kommen aus den USA, jedoch kann damit gerechnet werden, dass sie auch in Deutschland übernommen werden, sollten mehr Privatpersonen beginnen, Datenbrillen zu tragen.

Die Nutzung von Datenbrillen ist aber nicht nur an Örtlichkeiten verboten, an denen Bildaufnahmen untersagt sind, sondern auch in allen Situationen, in denen Massenspeichermedien oder generell externe Hilfsmittel unzulässig sind. Ein klassisches Beispiel wären Prüfungen, bei denen Datenbrillen zum Unterschleif genutzt werden könnten.

Darüber hinaus wird zumindest in Deutschland sowohl bei Film- und Foto-, als auch bei Sprachaufnahmen grundsätzlich das Recht des Einzelnen auf verschiedene Weise geschützt. Bei Tonaufzeichnungen ist es die Vertraulichkeit des Wortes gemäß §201 StGB¹⁷⁷. Bei visuellen Aufzeichnungen kann es zu Verletzung des höchstpersönlichen Lebensbereichs durch Bildaufnahmen¹⁷⁸ (§201a StGB) oder zu Verletzungen des Rechtes am eigenen Bild¹⁷⁹ (§22 KunstUrhG) kommen.

Durch ungenehmigte Aufnahmen kann auch das Recht auf informationelle Selbstbestimmung verletzt werden. Darunter wird das Recht des Einzelnen verstanden, grundsätzlich selbst über die Preisgabe und Verwendung seiner personenbezogenen Daten zu bestimmen¹⁸⁰.

Auch Rechtsanwalt Dr. Thomas Schwenke kommt zu dem Schluss, dass eine Beeinträchtigung der Privatsphäre Dritter durch Datenbrillen im Prinzip unvermeidbar ist, da diese „als visuelle Schnittstelle zwischen physischer und virtueller Realität“ bei der Erfassung und Verarbeitung von Informationen der physischen Welt zwangsläufig Abbildungen und Stimmen Dritter neben weiteren Informationen wie beispielsweise Ort und Zeit erfassen¹⁸¹. Für die Zukunft befürchtet er im öffentlichen Raum „Verletzungen der Menschenwürde Dritter im großen Umfang“¹⁸².

Von der Benutzung der Brille im öffentlichen Raum ist die Nutzung als Arbeitsmittel am Arbeitsplatz zu unterscheiden. Dieser Einsatz als Arbeitsmittel begegnet im Normalfall keinen über den allgemeinen Arbeitsschutz hinausgehenden Einschränkungen. Anders sieht

¹⁷³ vgl. Strietelmeier, *AMC movie theater calls "federal agents" to arrest a Google Glass user*.

¹⁷⁴ vgl. Kannenberg, *US-Kinokette verbietet Google Glass während Vorstellung*.

¹⁷⁵ vgl. Kannenberg, *Kinos in Großbritannien verbieten Google Glass*.

¹⁷⁶ vgl. Hecking, *Wo Google-Glass-Träger draußen bleiben müssen*.

¹⁷⁷ vgl. § 201 Strafgesetzbuch (StGB).

¹⁷⁸ vgl. § 201a Strafgesetzbuch (StGB).

¹⁷⁹ vgl. § 22 Gesetz betreffend das Urheberrecht an Werken der bildenden Künste und der Photographie (KunstUrhG).

¹⁸⁰ vgl. Bundesverfassungsgericht, „BVerfGE 65, 1 – Volkszählung“, S. 1.

¹⁸¹ vgl. Schwenke, „Schnittstellen zum „Cyborgspace“ – Erkenntnisse zu Datenbrillen nach Ende des „Google Glass“-Experiments“, S. 164.

¹⁸² Schwenke, *Private Nutzung von Smartglasses im öffentlichen Raum*, S. 188.

es bei der privaten Verwendung einer Datenbrille, insbesondere im öffentlichen Raum, aus. Hier stehen, wie bereits dargestellt, der Nutzung der verschiedenen Aufnahmefunktionen der Brille zahlreiche rechtliche Einschränkungen gegenüber.

Schwenke sieht ebenfalls wenig Gefahr im Einsatz von Datenbrillen im beruflichen Umfeld und fügt noch den räumlich-familiären Kontext zu den weniger gefährdeten Bereichen hinzu. In der Nutzung von Datenbrillen im öffentlichen Raum ohne vorherige Einwilligung aller Anwesenden, sieht er jedoch andauernde Verstöße gegen die Privatsphäre, die bis zu ihrem vollständigen Verschwinden führen können¹⁸³. Laut Schwenke müssen Dritte somit jederzeit damit rechnen, aufgenommen zu werden, sodass „die beeinträchtigende Wirkung von Datenbrillen sich auch ohne tatsächliche Aufnahmen entfalten kann“¹⁸⁴.

Neben den soeben genannten Verboten zum Schutz der Persönlichkeit gibt es zumindest in Deutschland noch weitere gesetzliche Vorschriften, die den Einsatz von Datenbrillen beschränken. So steht zum Beispiel in § 23, Absatz 1 der Straßenverkehrs-Ordnung:

„Wer ein Fahrzeug führt, ist dafür verantwortlich, dass seine Sicht und das Gehör nicht durch die Besetzung, Tiere, die Ladung, Geräte oder den Zustand des Fahrzeugs beeinträchtigt werden.“¹⁸⁵

Durch die Benutzung einer Datenbrille, während ein Kraftfahrzeug geführt wird, tritt eindeutig eine Beeinträchtigung der Sicht und gegebenenfalls des Gehörs des Fahrzeugführers auf. Das Tragen einer solchen durch den Fahrer während der Fahrt ist somit nicht zulässig.

Auch existieren Orte und Situationen, an denen Aufnahmen ebenfalls entweder verboten oder zumindest unangebracht sind. Etwa während privater Unterredungen oder firmeninterner Meetings, an Unfallstellen, in Kirchen und bei Beerdigungen.

Letztlich sei auch auf die Gefahr hingewiesen, dass Passworteingaben durch Datenbrillen – sowohl im geschäftlichen als auch privaten Umfeld – aufgenommen werden können, ohne dass der Eingebende die Aufnahme bemerkt. Forscher der University of Massachusetts Lowell konnten in einer Studie aus drei Meter Entfernung mit einer Google Glass 83 % aller eingegebenen vierstelligen Pincodes mithilfe einer eigens entwickelten Video-Erkennungs-Software erkennen, selbst wenn das Display nicht der Kamera zugewandt war. Mit der besseren Kamera eines iPhone 5 konnten sogar 100 % der Pins korrekt erkannt werden¹⁸⁶.

¹⁸³ Schwenke, „Schnittstellen zum „Cyborgspace“ – Erkenntnisse zu Datenbrillen nach Ende des „Google Glass“-Experiments“, S. 165.

¹⁸⁴ Ebd., S. 164.

¹⁸⁵ § 23 Straßenverkehrs-Ordnung (StVO), (Ausschnitt)

¹⁸⁶ vgl. Greenberg, *Google Glass Snoopers Can Steal Your Passcode With a Glance*.

5.3 Hilfe für Menschen mit Behinderung

Trotz aller negativen Wahrnehmung von Datenbrillen in der Öffentlichkeit und Verboten, gibt es sowohl bei Datenbrillen/Head-Mounted Displays im Speziellen als auch Wearables im Generellen positive Aspekte.

Als Beispiel kann die Datenbrille der Firma VA-ST, einem Start-Up-Unternehmen der University of Oxford, genannt werden, welches für sehr stark sehbehinderte Personen entwickelt wird. Die Idee dahinter ist, dass viele als ‚blind‘ geltende Personen noch einen Rest optischer Wahrnehmung haben und somit noch Bewegungen und Hell/Dunkel-Kontraste erkennen können. Das HMD nimmt die Umgebung über eine Kamera auf und gibt ein stark vereinfachtes Schwarzweiß-Bild aus, wobei abnehmende Leuchtkraft weiter entfernte Objekte symbolisiert. Alle sehgeschädigten Probanden konnten in einem ersten Test mit dem Gerät mehr als ohne erkennen¹⁸⁷. Als Folge dieses positiven Ersttestes wurde mit der Entwicklung eines markttauglichen Produktes begonnen¹⁸⁸. In einem im Juli 2016 veröffentlichten Bericht zu einer Studie, in welcher diese Datenbrillen für Blinde getestet wurden, wurde ein Markteintritt der Smart Glasses empfohlen, jedoch zugleich auf einige technische Schwächen des aktuellen Modells, etwa das Gewicht und die zu kleine Displaygröße, hingewiesen¹⁸⁹. Die Idee, Wearables als Hilfsmittel für Blinde zu nutzen, wurde auch von Toyota aufgegriffen. *Project BLAID* soll den Trägern bei der Indoor-Navigation helfen, indem es alltägliche Einrichtungen wie Toilettenschilder, Aufzüge, Treppen und Türen erkennt und den Nutzer durch Töne und Vibrationen an sein Ziel führt. Auch eine Mapping-Funktion, Objekterkennung und Gesichtserkennung sollen auf Dauer ermöglicht werden¹⁹⁰.

Die Firma Olive Devices verfolgt die Idee, Hörgeschädigten durch Datenbrillen das Leben zu erleichtern. Sie setzt dabei auf mehrere Mikrofone sowie Speech-to-Text-Software. Auf einem verbundenen Gerät soll die Sprache in Text umgewandelt werden, welcher auf einem Wearable wie beispielsweise einer Datenbrille zusammen mit einem Richtungspfeil ausgegeben wird, der angibt, aus welcher Richtung das Geräusch kommt (um etwa bei mehreren Gesprächen den Überblick nicht zu verlieren)¹⁹¹.

Im beruflichen Umfeld kann das in Abschnitt 3.2.6 kurz vorgestellte Pick-by-Vision (Anzeigen von Pick-Aufträgen in einem Lagerhaus auf der Datenbrille), hörgeschädigten und tauben Lagerarbeitern helfen, ihre Aufgabe besser zu erfüllen. Der Vorteil ist dabei, dass Informationen auf dem Display der Brille angezeigt werden können, sodass kein Bedarf für auditive Benachrichtigungen besteht. Wird der entnommene Artikel über einen QR-Code gescannt, entfällt außerdem die Notwendigkeit einer sprachlichen Bestätigung, die z. B. Taubstumme nicht geben können. Auch Hinweise, die über Lautsprecher bekannt gegeben werden, können dem Hörgeschädigten auf der Datenbrille angezeigt werden¹⁹².

¹⁸⁷ vgl. Hicks et al., *A Depth-Based Head-Mounted Visual Display to Aid Navigation in Partially Sighted Individuals*, S. 2 ff.

¹⁸⁸ vgl. VA-ST, *Smart Specs*.

¹⁸⁹ vgl. Alexander et al., *Smart Glasses Final Report*, S. 10 f.

¹⁹⁰ vgl. Toyota, *Wearable Mobility Device for the Blind and Visually Impaired Being Developed by Toyota*.

¹⁹¹ vgl. Olive Devices, *Our Product*.

¹⁹² vgl. A. v. Stein und Günthner, „Using Smart Glasses for the Inclusion of Hearing-Impaired Warehouse Workers into Their Working Environment“, S. 362 ff.

Dass Datenbrillen auch in anderer Hinsicht das Leben verbessern können, zeigt ein Beispiel aus den USA: Tammie Lou Van Sant, die seit einem Unfall vom Hals abwärts querschnittsgelähmt ist, nutzt Google Glass, um über die Sprachsteuerung Fotos zu schießen – eine einfache Beschäftigung, die ihr vorher aber unmöglich war. Ähnlich geht es der Studentin Alex Blaszczyk, ebenfalls seit einem Unfall ab der Brust abwärts gelähmt, die Google Glass sowohl für ihre Forschung nutzt als auch, um mit Freunden zu kommunizieren. Mit einer Weiterentwicklung der Spracherkennung erhofft sie sich wertvolle Hilfe für körperlich behinderte Menschen durch zukünftige Datenbrillen, etwa bei der Beantwortung von E-Mails oder Textnachrichten¹⁹³.

Besonderes Potenzial bieten Smart Glasses außerdem für Personen, die ein Auge verloren haben und damit über keine Tiefenwahrnehmung mehr verfügen. Hier stellten Dr. Masahiro Toyoura et al. bereits 2012 ihre ‚mono-glass‘- Lösung vor. Die Idee dahinter ist, dass eine betroffene Person ein VST-HMD trägt, welches über zwei Kameras verfügt, die direkt auf der Außenseite der Brille auf Augenhöhe des Trägers befestigt sind. Diese filmen stereoskopisch die Außenwelt aus Sicht des Nutzers und defokussieren Bildbereiche basierend auf ihrer vermuteten Entfernung zu den Kameras. Das so entstandene Bild wird vor dem gesunden Auge des Trägers angezeigt. Erste Tests waren bereits erfolgreich¹⁹⁴.

Diese Beispiele zeigen, wie HMDs und Datenbrillen eine erfolgreiche Inklusion von Menschen mit Behinderung unterstützen könnten.

5.4 Physische Belastung

Ein nicht zu vernachlässigender Aspekt, der sowohl bei HMDs als auch bei Datenbrillen zu beachten ist, ist die Ergonomie. Da Datenbrillen noch relativ neu sind, gibt es diesbezüglich nur wenige Untersuchungen. Daher werden in diesem und im nächsten Abschnitt auch Untersuchungen über HMDs miteinbezogen, da diese bereits seit längerem genutzt werden und entsprechend mehr Studien existieren. Dass Datenbrillen in ihrer Form HMDs stark ähneln können, zeigt die Microsoft HoloLens.

Im Jahr 2000 wurde von Herrn Clarence Rash et al. eine Studie durchgeführt, welche die Auswirkungen von HMDs bei 216 Piloten von Apache-Helikoptern AH-64 untersuchte. Der AH-64 verfügt über ein monokulares Optical See-Through-Display. Die Studie kam zu dem Ergebnis, dass etwa 92 % aller Piloten mindestens eine ‚Beschwerde‘ während oder nach dem Flug hatten. Das sowohl während als auch nach dem Flug am häufigsten gemeldete Symptom war „visual discomfort“, also ein generelles Unwohlsein der Augen. Während des Fluges berichteten 81,5 % aller Betroffenen davon, nach dem Flug 74,1 %. Als zweithäufigstes Symptom wurden Kopfschmerzen von 61 % während des Fluges und von 63 % nach dem Flug genannt. Als weitere Symptome, die durch die Benutzung des HMDs auftreten können, nennen Rash et al. Doppelsehen, ein Verschwimmen des Blickfeldes, Desorientierung und Nachbilder. Auch von Wahrnehmungsstörungen wie falsche Einschätzungen von Neigungswinkeln oder Höhen, sowie unentdeckte Driftbewegung berichteten viele der Piloten¹⁹⁵.

¹⁹³ vgl. Cava, *Beyond a gadget: Google Glass is a boon to disabled*.

¹⁹⁴ vgl. Toyoura et al., „Mono-glass for providing distance information for people losing sight in one eye“, S. 39 ff.

¹⁹⁵ vgl. Rash et al., *Visual Issues Survey of AH-64 Apache Aviators (Year 2000)*, S. 40 ff.

Beginnend 2011 wurde die mehrjährige Studie *Head-Mounted Displays — Bedingungen des sicheren und beanspruchungsoptimalen Einsatzes: Physische Beanspruchung beim Einsatz von HMDs* über die physischen Beanspruchungen beim Einsatz von HMDs von Frau Sabine Theis et al. im Auftrag der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAUA) durchgeführt. Teilgenommen haben 60 Personen, deren Aufgabe es war, Montagetätigkeiten an einem Automotor, Vergaser, Anlasser und einer Lichtmaschine auszuführen. Als Teil dieser Studie wurden die Teilnehmer vor, während und nach der Durchführung von Aufgaben mit Optical See-Through-HMDs, Video See-Through-HMDs sowie normalen Bildschirmen zu Schmerzen in und um ihre Augen befragt. Sowohl bei jüngeren als auch älteren Probanden zeigte sich bei der Nutzung des HMDs ein Anstieg der Symptome während des Versuchsverlaufes, während sie bei der Bildschirmnutzung nahezu gleich blieben bzw. bei den jüngeren Teilnehmern sogar abnahmen. Ein direkter Vergleich der beiden Display-Arten war aufgrund unterschiedlicher Ausgangssituationen in den Prä-Tests nicht möglich. Ein ähnliches, wenn auch weniger ausgeprägtes Bild fand sich bei dem Symptom ‚schwere Augen‘. Hier konnte sowohl bei OST-HMDs als auch VST-HMDs ein tendenzieller Anstieg der subjektiv empfundenen Symptome festgestellt werden, während diese bei der Durchführung der Aufgabe mit einem normalen Bildschirm tendenziell eher abnahmen.¹⁹⁶

Dr. Matthias Wille kam in der parallel durchgeführten Partnerstudie *Head-Mounted Displays — Bedingungen des sicheren und beanspruchungsoptimalen Einsatzes: Psychische Beanspruchung beim Einsatz von HMDs* ebenfalls zu dem Ergebnis, dass die Nutzer nach der Nutzung eines HMDs weit öfter ‚trockene Augen‘, ‚gereizte/trockene Augen‘ und ‚schwere Augen‘ meldeten, als nach der Nutzung eines als Bildschirm genutzten Tablets. Auch die Werte ‚Schwierigkeiten, scharf zu sehen‘ und ‚verschwommene Buchstaben‘ waren mit dem HMD signifikant höher als mit dem Tablet-Bildschirm. Interessant ist zusätzlich der Punkt ‚verschwommene Sicht‘. Sowohl Tablet als auch HMD begannen beide zu Testbeginn auf nahezu Null, doch während sich für das Tablet in der ersten Stunde kaum eine Steigerung zeigte, stieg er für das HMD sehr steil an und flachte über die restlichen drei Stunden Versuchszeit mehr und mehr ab. Am Ende war das Ergebnis für ‚Verschwommene Sicht‘ auf dem HMD erheblich höher als auf dem Tablet¹⁹⁷. ‚Schwere Augen‘ konnten von Wille auch mit der Google Glass nachgewiesen werden (der Google-Glass-Versuch wurde direkt nach den anderen Versuchen durchgeführt), während die Zunahme von ‚gereizte/brennende Augen‘ nur eine statistische Tendenz erreichte. Dabei sind ‚schwere Augen‘ zusammen mit ‚Schwierigkeiten, Linien zu folgen‘, ‚Schwierigkeit, scharf zu sehen‘ und ‚verschwommene Sicht‘ zusätzlich von Interesse, da diese Angaben über den Versuchszeitraum für die Tablet-Nutzer gleich blieben oder sogar absanken, während sie bei Glass-Nutzern weiter anstiegen¹⁹⁸.

Ebenfalls führte bei dieser Untersuchung die Nutzung des HMDs zu mehr Kopf- und Nackenschmerzen als das als Bildschirm verwendete Tablet¹⁹⁹. Bei dem Google-Glass-Versuch stiegen Kopf- und Nackenschmerzen hingegen im Vergleich zum Tablet nicht signifikant an, was Wille mit dem höheren Tragekomfort der leichteren Google Glass erklärt²⁰⁰.

Eine signifikante Zunahme der Symptome ‚Kopfschmerzen‘ und ‚Nackenschmerzen‘ wurde von Theis et al. ebenfalls festgestellt. Auch hier stiegen die Schmerzen durch die Benutzung

¹⁹⁶ vgl. Theis et al., *Head-Mounted Displays — Bedingungen des sicheren und beanspruchungsoptimalen Einsatzes*, S. 75 ff.

¹⁹⁷ vgl. Wille, *Head-Mounted Displays — Bedingungen des sicheren und beanspruchungsoptimalen Einsatzes*, S. 45 ff.

¹⁹⁸ vgl. ebd., S. 79 ff.

¹⁹⁹ vgl. ebd., S. 49 f.

²⁰⁰ vgl. ebd., S. 81 f.

beider untersuchter HMDs (OST und VST) stark an. Die Kopfschmerzen blieben während der Benutzung von Bildschirmen gleich oder nahmen sogar ab, während die Nackenschmerzen vergleichsweise leicht anstiegen. Die Angaben von Nackenschmerzen nach der Benutzung von VST-HMDs war höher als nach der Benutzung von OST-HMDs²⁰¹.

Eine Zunahme von Kopfschmerzen bei der Benutzung von HMDs im Vergleich zu normalen Bildschirmen konnte von Dipl.-Ing Barbara Odenthal et al. in „A Comparative Study of Head-Mounted and Table-Mounted Augmented Vision Systems for Assembly Error Detection“ ebenfalls nachgewiesen werden. Eine besondere Belastung der Nackenmuskulatur wurde dabei nicht festgestellt, so dass der Ursprung der Kopfschmerzen in dem Druck, welchen die Kopfhaltung ausübte, begründet sein könnte²⁰².

Bei den Montageaufgaben wurde in der Untersuchung von Theis et al. ein stark signifikanter Einfluss des Displaytyps auf die Anzahl der Kopfhaltungswechsel nachgewiesen. Je nach Aufgabe lag diese Anzahl insgesamt etwa bei 10 bis 20 bei jüngeren Probanden, beziehungsweise bei 15 bis 25 bei älteren Probanden, wenn ein HMD getragen wurde. Dabei gab es keine wesentlichen Unterschiede, unabhängig davon, ob es ein HMD mit OST- oder VST-Display war. Bei der Arbeit an Bildschirmen lag die Anzahl der Wechsel etwa zwischen 40 und 50 (bei Jüngeren) bzw. 45 und 55. Damit nehmen Träger von HMDs öfter eine statische Haltung ein, was zu einer höheren Belastung des Muskel-Skelett-Systems führt, jedoch gleichzeitig das Auftreten der Simulatorkrankheit verringert. Nichtsdestotrotz wurde ein erhöhtes Auftreten der Simulatorkrankheit, gekennzeichnet durch Übelkeit, Schwindel und Desorientierung, bei beiden Displaytypen festgestellt. Jüngere Probanden waren davon mehr beim Tragen von HMDs mit VST-Displays betroffen, ältere Probanden hingegen mehr bei OST-Displays²⁰³. Ferner haben Theis et al. die subjektive Beanspruchung untersucht. Auch hier fühlten sich jüngere Probanden von VST-HMDs mehr beansprucht als von den OST-HMDs, während es bei älteren Probanden umgekehrt war²⁰⁴.

In einem abschließend von Theis et al. durchgeführten Interview zur Qualität der Darstellung auf den HMDs gab es sehr unterschiedliche Meinungen: 23 der 60 der Befragten empfanden die Darstellung als ‚ok‘, während 15 sie als ‚schlecht‘ oder ‚störend‘ empfanden. Kritisiert wurden Spiegelungen und ein fehlendes Distanzgefühl. Auch gaben manche Probanden an, dass sie schielen mussten, um die Darstellung „adäquat erkennen zu können“. Diese Beschwerden wurden vermehrt über das OST-HMD geäußert. Auch beklagten 25 der Befragten das Gewicht der HMDs und berichteten außerdem von Nackenschmerzen, die jedoch in den Pausen, wenn das Gerät abgenommen werden konnte, in der Regel nachließen oder ganz aufhörten. Dieser Mangel an Tragekomfort führte auch dazu, dass die Akzeptanz für die HMDs im Verlauf der Studie nachließ²⁰⁵.

Auch Willes Probanden berichten in ihren abschließenden Interviews zur HMD-Nutzung davon, dass sie nicht immer alles scharf sehen konnten. Von 41 Befragten beantworteten nur 6 bzw. 9 (es wurden zwei Versuchsdurchgänge mit dem HMD durchgeführt) die Frage „Konnten Sie alles scharf sehen?“ mit ‚ja‘. Im Vergleich dazu antworteten 38 von 41 mit ‚ja‘ als die gleiche Frage für das Tablet gestellt wurde. Die anderen drei Probanden antworteten mit

²⁰¹ vgl. Theis et al., *Head-Mounted Displays — Bedingungen des sicheren und beanspruchungsoptimalen Einsatzes*, S. 77 ff.

²⁰² vgl. Odenthal et al., „A Comparative Study of Head-Mounted and Table-Mounted Augmented Vision Systems for Assembly Error Detection“, S. 114 f.

²⁰³ vgl. Theis et al., *Head-Mounted Displays — Bedingungen des sicheren und beanspruchungsoptimalen Einsatzes*, S. 94 ff.

²⁰⁴ vgl. ebd., S. 104 ff.

²⁰⁵ vgl. ebd., S. 111.

‚teilweise‘. Die restlichen Teilnehmer antworteten für das HMD mit ‚teilweise‘ (14 bzw. 15), ‚zeitweise‘ (8 bzw. 7), berichteten von einem verschobenen Kopfträger (6 bzw. 7) oder einfach mit ‚nein‘. Unschärf gesehen wurden zumeist der obere und untere Rand des Bildschirms. Auch justierten viele der Teilnehmer das HMD während der Versuchsdurchführung nach, obwohl der Autor betont, dass „am Beginn der Sessionen sich jeweils viel Zeit dafür genommen wurde, das HMD an die Probanden anzupassen“²⁰⁶. Der Tragekomfort der Google Glass wurde als besser bewertet, dafür wurde bei der Datenbrille jedoch kritisiert, dass sich das Display zu weit oben im Blickfeld befinde (eine manuelle Einstellung ist bei der Glass nicht möglich) und die Wärmeentwicklung, die sich im Dauerbetrieb einstellt²⁰⁷. Alle Probanden hätten die leichtere Google Glass dem schwereren HMD der ersten Testreihe vorgezogen.

Dass der Tragekomfort ein für den Nutzer wichtiger Aspekt ist, der aber durchaus zufriedenstellend lösbar ist, hat sich bei den VR-Brillen gezeigt, die für die Spiele-Branche entwickelt wurden. Die ersten Brillen, Oculus Rift und HTC Vive, wurden wie Taucherbrillen auf dem Gesicht getragen, was bei längerer Benutzung oftmals zu Druckstellen im Gesicht und Hitzestaus führte. Sonys erste VR-Brille, die Playstation VR, ist so gebaut, dass das gesamte Gewicht der Brille auf einem größenverstellbaren Kopfband ruht. Mit einer Latenzzeit von nur 18 ms und einer Framerate von bis zu 120 Hz versucht Sony außerdem die Simulatorkrankheit zu minimieren. Die Brille kann trotz ihres Gewichtes von 610 g einen hohen Tragekomfort vorweisen, da das Gewicht sehr gleichmäßig verteilt ist und sie durch das Kopfband eher wie ein Helm als wie eine Brille getragen wird²⁰⁸. Druck auf Ohren oder Nasenbein entfällt somit.

Ein weiteres Ergebnis der von Theis et al. durchgeführten Studie war, dass die Teilnehmer für die Montageaufgaben mit den HMDs im Schnitt länger brauchten, als mit Bildschirmen. Mit dem OST-HMD brauchten die Teilnehmer im Schnitt 6902 Sekunden (etwa 1 Stunde 55 Minuten) und mit dem VST-HMD 7309 Sekunden (etwa 2 Stunden 01 Minute). Wurden die Anweisungen hingegen auf einem Tablet angezeigt, benötigten die Probanden durchschnittlich nur 6275 Sekunden (etwa 1 Stunde 44 Minuten). Sollte diese zusätzliche Zeit bei HMDs einer Eingewöhnungsphase geschuldet sein, ist diese „deutlich länger als 3,5 Stunden“²⁰⁹. Während der Studie konnte beobachtet werden, dass die Teilnehmer die Informationen nicht etwa parallel zur Arbeit aufnahmen. Vielmehr unterbrachen sie ihre Tätigkeit um die Anweisungen zu lesen, ehe sie mit der Ausführung fortfuhren, was zu der bereits erwähnten starren Kopfhaltung führte²¹⁰.

Im Gegensatz dazu haben andere Studien²¹¹ ergeben, dass etwa Pick-Aufgaben durch die Nutzung von Datenbrillen beschleunigt werden können. Es kann also nicht in allen Fällen davon ausgegangen werden, dass die Nutzung von HMDs dazu führt, dass der Träger für seine Aufgaben länger braucht.

Mehrere Jahre zuvor führten Dr. Robert Laramee und Dr. Colin Ware bereits eine Studie über die Auswirkung des Hintergrundes bei OST- und VST-Displays durch, indem sie Nutzern Fragen, die diese auf einem Computer beantworten sollten, auf HMDs mit verschiedenen

²⁰⁶ vgl. Wille, *Head-Mounted Displays — Bedingungen des sicheren und beanspruchungsoptimalen Einsatzes*, S. 51 f.

²⁰⁷ vgl. ebd., S. 82 f.

²⁰⁸ vgl. Gieselmann, Herbig und Janssen, „VR fürs Wohnzimmer“.

²⁰⁹ vgl. Theis et al., *Head-Mounted Displays — Bedingungen des sicheren und beanspruchungsoptimalen Einsatzes*, S. 112.

²¹⁰ vgl. ebd., S. 114.

²¹¹ vgl. Baumann, *Order Picking Supported By Mobile Computing*, S. 40 ff.

Display-Typen anzeigen. Dabei wurden einmal ein ruhiges, unordentliches Bücherregal (statischer Hintergrund) und einmal ein laufender Fernseher (dynamischer Hintergrund) im Hintergrund platziert. Im Ergebnis kamen sie zu dem Schluss, dass bewegliche Hintergründe für Nutzer der durchsichtigen OST-Displays ablenkend wirken können. Monokulare VST-Displays führten außerdem zu einer längeren Reaktionszeit, was Laramée und Ware auf die binokulare Rivalität zurückführt, welche auftreten kann, wenn die beiden Augen einer Person stark unterschiedliche Dinge wahrnehmen (wie etwa die Realität auf dem einem Auge und eine Bildschirmanzeige auf dem anderen)²¹².

Auch Dr. Kiyoshi Kiyokawa schreibt in „Head-Mounted Display Technologies for Augmented Reality“, dass monokulare VST-Displays aufgrund der binokularen Rivalität für den Träger verwirrend sind. Das gleiche schreibt er über biokulare (ohne n!) OST-Displays – Displays, bei welchen beide Augen das gleiche Bild wahrnehmen, vergleichbar mit der zweidimensionalen Anzeige eines Fernsehers oder Computerbildschirms. In Kombination mit AR ist in diesem Fall jedoch laut Kiyokawa keine korrekte Wahrnehmung mit beiden Augen möglich. Er empfiehlt, soweit möglich, binokulare Displays einzusetzen, unabhängig davon, ob sie OST oder VST sind²¹³.

Aus all diesen Ergebnissen kann geschlussfolgert werden, dass die Benutzung von einem direkt vor den Augen platzierten Display für diese anstrengend und belastend ist. Symptome wie Schwindel und Übelkeit können als Simulatorkrankheit bedingt durch die Latenzzeit der Hardware auftreten. Dabei reagieren Personen verschiedenen Alters verschieden empfindlich auf die unterschiedlichen Display-Arten, sodass es hier kein generell ‚besseres‘ oder ‚empfehlenswerteres‘ Display gibt. Auch das Gewicht des HMDs kann auf Dauer belastend wirken, wobei dieses Problem, wie bereits gezeigt, durch eine Konstruktion, die eine gleichmäßige Gewichtsverteilung ermöglicht, stark reduziert werden kann. Bei dynamischen Hintergründen sollten durchsichtige OST-Displays vermieden werden.

5.5 Psychische Belastung

Der eigentliche Fokus der bereits erwähnten Studie Willes *Head-Mounted Displays — Bedingungen des sicheren und beanspruchungsoptimalen Einsatzes: Psychische Beanspruchung beim Einsatz von HMDs* lag auf der mentalen Beanspruchung bei längerem Einsatz von HMDs.

Hier sollten die 41 Probanden innerhalb von vier Stunden möglichst viele Schritte der Bauanleitung eines von mehreren Lego-Modellen durchführen. Der Versuch wurde pro Person einmal mit einem Tablet und zweimal mit einem HMD durchgeführt, insgesamt musste also jeder Teilnehmer dreimal Lego bauen. Die vier Stunden jedes Durchgangs waren in 4 Etappen à 60 Minuten (inklusive Pause) aufgeteilt.

Auch in dieser Studie schafften die Teilnehmer mehr Arbeitsschritte in der vorgegebenen Zeit, wenn sie die Anzeige der Aufgabenstellung auf einem Tablet-PC erhielten, als wenn die Anleitung auf einem HMD dargestellt wurde. Ein Gewöhnungseffekt zwischen dem ersten und dem zweiten HMD-Durchgang konnte nicht festgestellt werden, die gemessenen Zeiten unterschieden sich nicht signifikant.

In einer parallel zur Konstruktionsaufgabe durchgeführten Beobachtungsaufgabe ging es darum, mehrere am Rande des Bildschirms platzierten Balken zu beobachten und einen Wechsel der Farbe oder Länge zu bemerken. Hier war eine statistische Tendenz zu einer

²¹² vgl. Laramée und Ware, „Rivalry and Interference with a Head-mounted Display“, S. 229 ff.

²¹³ vgl. Kiyokawa, „Head-Mounted Display Technologies for Augmented Reality“, S. 64 f.

besseren Trefferquote auf dem Tablet erkennbar. Dies ist besonders hervorzuheben, da sich das Tablet, anders als das HMD, nicht immer zwingend im Blickfeld des Nutzers befand. Die Trefferquote des zweiten HMD-Durchgangs näherte sich jedoch sehr stark an die des Tablet-Versuches an. Anders war es mit der Reaktionszeit, bei welcher das Tablet immer die tendenziell kürzeren Zeiten aufwies. Ein Gewöhnungseffekt konnte dabei ebenfalls nicht erkannt werden²¹⁴.

Im Zuge der Untersuchung wurde von Wille auch die subjektive Beanspruchung durch Befragung der Teilnehmer ermittelt. Das Ergebnis war, dass die gefühlte Beanspruchung sowohl bei Verwendung des Tablets als auch des HMDs über den Zeitraum des jeweiligen Versuchs signifikant zunahm. Insgesamt war die Beanspruchung bei Verwendung des HMDs jedoch höher als bei Verwendung des Tablets²¹⁵.

Im Vergleich dazu wurde die objektive psychische Belastung durch Messung und Auswertung der Herzrate (Herzfrequenz) sowie der Herzratenvariabilität (wie häufig sich die Herzfrequenz ändert) ermittelt. Der Verlauf der Herzfrequenz ist in allen Durchgängen (HMD und Tablet) nahezu parallel, wobei die Herzfrequenz des ersten HMD-Durchgangs etwas über den beiden anderen Durchgängen lag, die bis auf die jeweils letzte Etappe nahezu identisch verliefen. In der letzten Etappe war die Herzfrequenz bei Nutzung des HMDs im Vergleich zum Tablet wieder etwas erhöht. Im gesamten Verlauf war die Herzfrequenz zu Beginn der ersten Etappe jeweils am höchsten, nahm in deren Verlauf jedoch ab. Wille führt das auf einen Rückgang der emotionalen Beanspruchung zurück, welcher dadurch entsteht, dass die Teilnehmer sich an die Versuchssituation gewöhnen. Während der zweiten Etappe blieb die Herzfrequenz ungefähr gleich, stieg aber während der dritten und vierten wieder an. Während der Pausen sank sie regelmäßig ab. Die höhere Herzfrequenz während des ersten HMD-Durchgangs erklärt Wille durch die höhere emotionale Beanspruchung, welche durch die anfangs mangelnde Gewöhnung an das HMD bedingt ist. Das Ergebnis der Herzratenvariabilität ist mit dem der Herzrate vergleichbar²¹⁶. Im Gegensatz zur Herzfrequenz, tritt eine hohe Herzratenvariabilität unter Ruhebedingungen auf. Eine niedrigere Herzratenvariabilität ist hingegen ein Anzeichen von starker Beanspruchung, Stress oder Krankheit²¹⁷. In diesem Fall kann davon ausgegangen werden, dass die niedrige Herzratenvariabilität ein Zeichen der mentalen Beanspruchung ist, die aus der ersten Nutzung des HMD entstanden ist. In Willes Untersuchung ist die Herzratenvariabilität des zweiten HMD-Durchgangs und des Tablet-Durchgangs nahezu identisch. Im ersten HMD-Durchgang ist die Herzratenvariabilität jedoch deutlich niedriger²¹⁸.

Wille kommt, basierend auf diesen Messergebnissen, zu dem Schluss, dass aus psychologischer Sicht das Arbeiten mit einem HMD nach einer ersten Eingewöhnungszeit mental gleich beanspruchend wie die Arbeit mit einem Tablet ist²¹⁹.

Somit ergibt sich ein relevanter Unterschied zwischen der subjektiven und der objektiven Belastung. Objektiv sind die Probanden bereits ab dem zweiten Durchgang an das HMD

²¹⁴ vgl. Wille, *Head-Mounted Displays — Bedingungen des sicheren und beanspruchungsoptimalen Einsatzes*, S. 28 ff.

²¹⁵ vgl. ebd., S. 33 ff.

²¹⁶ vgl. ebd., S. 35 ff.

²¹⁷ vgl. Leithäuser, *Herzfrequenzvariabilität – eine Begriffserklärung*.

²¹⁸ vgl. Wille, *Head-Mounted Displays — Bedingungen des sicheren und beanspruchungsoptimalen Einsatzes*, S. 35 ff.

²¹⁹ vgl. ebd., S. 41 f.

gewöhnt, subjektiv ist die Arbeit mit dem HMD jedoch anstrengender als das Tablet. Auch zeigen die subjektiven Beanspruchungsparameter keine Gewöhnung, während die objektiven Parameter eindeutig eine Gewöhnung zeigen. Die Versuchsteilnehmer fühlen sich also durch das HMD mehr belastet, als sie es – rein körperlich betrachtet – sind.

Auch in dieser Studie wurde nach jedem Versuchsdurchgang eine Befragung der Probanden vorgenommen. Dabei berichteten, wie bereits in Abschnitt 5.4 erwähnt, viele Teilnehmer, davon, dass sie das Display zumindest teil- oder zeitweise nicht scharf erkennen konnten. Auch der Tragekomfort des Kopfbügels wurde bemängelt, nicht einmal ein Fünftel der Befragten jeden Durchganges fanden, dass er ‚ganz ok‘ war. Die meisten kritisierten das zu hohe Gewicht oder den zu starken Druck. Auf die Frage, wie sie die Darstellung des HMD auf einem Auge fanden, antworteten über beide Befragungen gerechnet im Schnitt gleich viele Probanden mit ‚anstrengend‘ und ‚Gewöhnung über Zeit‘. Die beiden Antworten machten zusammen etwa 75 % der gesamten Antworten aus. Die meistgewählte Antwort auf die Frage, ob die Teilnehmer mit fortlaufender Zeit während der Versuchsdurchführung eine Veränderung ihres Empfindens und/oder Sehens bemerkt hätten und/oder ob Änderungen nach den Pausen erkennbar waren, war, dass das Befinden bei beiden HMD-Durchgängen ‚nach der Pause besser‘ war. Bei dem Tablet-Durchgang hingegen war die meistgewählte Antwort ‚keine Veränderung‘. Des Weiteren empfanden die meisten der Befragten den zweiten HMD-Durchgang als angenehmer als den ersten, jedoch würde nur ein Proband von 41 das HMD dem Tablet gegenüber vorziehen²²⁰.

Die Untersuchung wurde mit einer per Sprachsteuerung gesteuerte Google Glass statt einem HMD im Zuge einer kürzeren Replikationsstudie (30 Minuten statt 4 Stunden) wiederholt. Die Ergebnisse waren ähnlich. In der Konstruktionsaufgabe konnten in der gleichen Zeit mit dem Tablet 33 % mehr Schritte abgearbeitet werden als mit der Glass. In der zuvor beschriebenen Reaktionsaufgabe war die Trefferquote auf dem Tablet signifikant höher als auf der Datenbrille, wenn es darum ging, Farbwechsel zu erkennen. Wird zudem verlangt, dass die Probanden gleichzeitig etwas konstruieren und die Reaktionsaufgabe bearbeiten, sind die Einbußen in der Performance bei der Glass höher als auf dem Tablet, woraus Wille schließt, dass HMDs und Datenbrillen für paralleles Monitoring im Vergleich zu anderen Bildschirmen weniger gut geeignet sind. Wechselt der Balken seine Position statt seiner Farbe, ist die Trefferquote auf der Datenbrille nur tendenziell höher als auf dem Tablet. In der Tendenz ist auch die Reaktionszeit bei beiden Aufgaben mit dem des Hauptversuchs HMD langsamer, jedoch muss dabei beachtet werden, dass die Google Glass in dieser Studie per Sprache bedient wird und eine Spracheingabe aktuell immer länger benötigten wird, als die Touch-Steuerung, mit welcher das Tablet bedient wurde²²¹.

Die objektive Beanspruchung wurde für die Google Glass nicht gemessen. Eine Befragung für die subjektive Beanspruchung ergab jedoch, dass die Belastung während der Nutzung der Glass ebenfalls signifikant höher ist als während der Nutzung des Tablets. Zudem wird ein Einfluss des Alters sichtbar. Ältere Probanden fühlen sich signifikant mehr belastet als jüngere²²². Andere Ergebnisse waren mit dem HMD der Hauptstudie vergleichbar und wurden bereits in Abschnitt 5.4 dargestellt.

²²⁰ vgl. Wille, *Head-Mounted Displays — Bedingungen des sicheren und beanspruchungsoptimalen Einsatzes*, S. 52 ff.

²²¹ vgl. ebd., S. 71 ff.

²²² vgl. ebd., S. 76 ff.

Basierend auf den Ergebnissen äußert Wille die Vermutung, dass „durch die monokulare Informationsaufnahme beim HMD Leistungseinbußen im Vergleich zur binokularen Informationsaufnahme beim Tablet-PC entstehen“. Die schlechtere Leistung der Google Glass im Vergleich zum HMD in der Konstruktionsaufgabe (33,9 % Leistungseinbußen zu 22,5 %) könnte daran liegen, dass der Glass-Bildschirm nur peripher im Blickfeld ist und nicht wie das HMD zentral, oder auch an der Tatsache, dass die Glass über ein OST-Display verfügt, während das Display des HMDs VST war²²³.

Leider ist Willes Untersuchung die einzige Studie, welche zur psychischen Belastung durch Datenbrillen/HMDs gefunden werden konnte, sodass sich dieses Kapitel auf seine Ergebnisse beschränken muss.

Auch hier zeigt sich, dass Gewicht und Tragekomfort sehr wichtig für das Wohlbefinden der Nutzer sind und ein leichteres Display die Akzeptanz durch den Endnutzer sehr erhöhen kann. Die Nutzer müssen sich mit dem zu tragenden Gerät wohl fühlen, da ansonsten verstärkt mit subjektiven Belastungserscheinungen zu rechnen ist, die sich auf Leistung und Motivation auswirken können.

Bezugnehmend auf Wille und Theis et al. muss festgehalten werden, dass Konstruktions-/Montageaufgaben durch HMDs oder Datenbrillen nicht beschleunigt werden. Im Gegenteil brauchten die Studienteilnehmer mit HMDs im Schnitt länger als mit einem externen Bildschirm.

5.6 Zusammenfassung

Auch in diesem Bereich existieren intrinsische und extrinsische Faktoren, wobei in diesem Fall die intrinsischen überwiegen.

Extrinsisch sind lediglich die Wahrnehmung von Datenbrillen – und ihren Trägern – in der Öffentlichkeit sowie rechtliche Regelungen und gesellschaftliche Konventionen. Während der Einsatz in abgegrenzten Unternehmensbereichen, also nur in der Anwesenheit von Mitarbeitern, unproblematisch sein sollte, ist ein Gebrauch nicht zu empfehlen, sobald sich nicht zur Firma gehörige Dritte gestört fühlen könnten, beispielsweise Kunden, die nicht genau über die Aufgabe und Funktionsweise der Brille informiert sind. Auch rechtliche Regelungen und gesellschaftliche Konventionen sind zu beachten. So kann die Benutzung einer Datenbrille im öffentlichen Raum schon jetzt unter gewissen Umständen für den Träger zu strafrechtlichen Konsequenzen führen. Das Tragen einer Datenbrille während des Führens eines Fahrzeugs im öffentlichen Straßenverkehr ist verboten, da sie – besonders im Fall von VST-Displays – die Sicht behindern würde. Ein Einsatz als Navigationsgerät entfällt somit. Auch in Kinos, Banken und Kasinos sollte der Träger damit rechnen, dazu aufgefordert zu werden, die Brille abzulegen. Bei einer weiteren Verbreitung ist eine rechtliche Kodifizierung nicht auszuschließen.

Intrinsisch existieren die vielfältigen Faktoren der physiologischen und psychologischen Belastung, die einen erfolgreichen Einsatz von Datenbrillen ebenso leicht verhindern können wie rechtliche Vorschriften. Die häufigsten Symptome sind Unwohlsein der Augen und Kopfschmerzen, welche beide von einer Vielzahl an Faktoren ausgelöst werden können, wie

²²³ vgl. Wille, *Head-Mounted Displays — Bedingungen des sicheren und beanspruchungsoptimalen Einsatzes*, S. 85.

etwa eine aus ungleichmäßiger Gewichtsverteilung resultierende Belastung oder binokulare Rivalität bei einseitig getragenen HMDs. Bei OST-Displays kann es der durchscheinende Hintergrund schwieriger machen, die Anzeige korrekt zu erkennen.

Bei Konstruktionsaufgaben, die sowohl mit Datenbrillen als auch Tablets durchgeführt wurden, musste zudem festgestellt werden, dass die Nutzer durch die Datenbrille nicht schneller wurden, was eigentlich zu erwarten wäre, weil sie nicht mehr von ihrer eigentlichen Arbeit aufblicken müssen, um die Anleitung für den nächsten Schritt zu lesen. Im Gegenteil benötigten in mehreren Studien die Probanden mit Datenbrillen im Schnitt länger für die gleiche Aufgabe oder bewältigten in der gleichen Zeit ein geringeres Arbeitspensum. Die Belastung, welche die Nutzung einer Datenbrille hervorruft, hat also einen negativen Effekt auf die Arbeitsgeschwindigkeit. Auch eine Parallelisierung von Informationsaufnahme und Durchführung der Arbeit findet nicht statt. Stattdessen wird die Arbeit weiterhin unterbrochen, um die Informationen für den nächsten Schritt aufzunehmen. Eine Gewöhnung an die psychische Belastung, die durch HMDs entsteht, konnte nur auf objektiver Ebene, nicht aber auf subjektiver nachgewiesen werden. Bei der physischen Belastung konnte überhaupt keine Gewöhnung festgestellt werden.

6 Zwischenergebnis

Datenbrillen und deren Einsatzmöglichkeiten sind seit Markteinführung der Google Glass in aller Munde.

Wie die vorhergehenden Kapitel dieser Arbeit gezeigt haben, gibt es eine Vielzahl von Aspekten, die vor deren Einsatz im geschäftlichen Umfeld zu beachten sind. Bereits vor Auswahl einer bestimmten Brille muss in die Überlegungen miteinbezogen werden, dass es nicht ‚die Datenbrille‘ gibt, sondern eine Vielzahl unterschiedlichster Geräte, deren einzige Gemeinsamkeit es ist, dass sie auf dem Kopf getragen werden. Bereits die Displays, die vor einem oder beiden Augen getragen werden, unterscheiden sich, genauso wie die Steuerungsmöglichkeiten, in ihrer Technik.

Je nach Anwendungsbereich muss darauf geachtet werden, ob der Nutzer für die Tätigkeit sinnvollerweise eine oder beide Hände benötigt, also zum Beispiel eine Gesten- oder eine Sprachsteuerung zu bevorzugen ist. Ähnlich verhält es sich mit einer Kamera, die für beispielsweise Pick-by-Vision zwingend eingesetzt werden muss, bei der Darstellung von Arbeitsplänen dagegen nicht. Jede technische Anwendung, die seitens der Brille benötigt wird, wirkt sich auch auf die grundsätzlich zu kurze Akku-Laufzeit aus.

Der menschliche Faktor darf bei Überlegungen, eine Datenbrille zu nutzen, nicht vernachlässigt werden. Wie Untersuchungen zeigten, sind schmerzende Augen, Kopfschmerzen und Übelkeit häufige Folgen der längeren Nutzung von Datenbrillen, die sich negativ auf die Arbeitsmoral und -leistung auswirken können.

Während beim Einsatz in einer firmeneigenen Arbeitsumgebung (z. B. Lager) der Nutzung von Datenbrillen grundsätzlich nur arbeitsschutzrechtliche Beschränkungen entgegenstehen, sind beim – auch geschäftlichen – Einsatz im öffentlichen Raum sowohl gesellschaftliche Konventionen als auch rechtliche Aspekte wie der Persönlichkeitsschutz unbeteiligter Dritter zu beachten.

Bei Überlegungen, Datenbrillen im geschäftlichen Umfeld zu nutzen, sollten also nachfolgende Punkte vorab geklärt werden:

- Erwartete Verbesserungen, die durch den Einsatz von Datenbrillen entstehen sollen
- Art und Menge/Größe der anzuzeigenden Daten, um die benötigte Art und Größe des Displays zu bestimmen
- Häufigkeit und Komplexität von Nutzereingaben, um die Steuerung festzulegen
- Umgebung des Einsatzgebietes (Feuchtigkeit, Licht, Umgebungslautstärke, Akku-Lademöglichkeiten), um weitere Anforderungen an die Hardware und Steuerung zu identifizieren
- Ausgeführte Tätigkeiten, um zu verhindern, dass der Träger gegen geltendes Recht verstößt

6 Zwischenergebnis

- Anwesenheit nicht zum Unternehmen gehörender Dritter, die sich von der Datenbrille beobachtet fühlen könnten
- Dauer des Einsatzes, um Maßnahmen zu ergreifen, damit die Belastung des Trägers minimiert werden kann

Auch sollten die Mitarbeiter, welche mit der Datenbrille arbeiten sollen, in den Auswahlprozess miteinbezogen werden, um beispielsweise eine einzelne Brille im Vorfeld zu testen. Ergeben hier Messungen, dass die Durchführungszeit ansteigt oder klagen die Mitarbeiter vermehrt über Kopfschmerzen, sollte die Einführung noch einmal überdacht werden.

7 Entwicklung einer App zur Darstellung eines Arbeitsplans auf der Vuzix M100

7.1 Hintergrund der praktischen Arbeit

Als praktischer Teil dieser Arbeit wurde bei der Eridea AG in Kolbermoor in Zusammenarbeit mit der dmc-ortim GmbH eine Beispiel-App für die Vuzix M100 entwickelt, die dem Träger einen Arbeitsplan in Einzelschritten auf dem Display anzeigt. Dabei handelt es sich nicht um eine AR-App, sondern nur um die Anzeige statischer Daten. Da der Markteintritt des M100-Nachfolgemodells, der M300, bereits zu Projektbeginn absehbar war, lag der Fokus darauf, bis zum Ende des Projektes einen präsentationsfähigen Prototypen zu entwickeln, mit dem die generelle Einsatzmöglichkeit von Datenbrillen in der Produktion demonstriert werden kann.

7.2 Rahmenbedingungen: Android

Die Arbeitsplan-App wurde in Java mit der Android-SDK programmiert. Auch wenn der programmiertechnische Teil nicht Fokus dieser Arbeit ist, soll zum besseren Verständnis an dieser Stelle eine kurze Einführung in Android gegeben werden.

Android ist ein von Google entwickeltes Open-Source-Betriebssystem für mobile Geräte. Seit Markteintritt 2008 sind bisher 25 Versionen (Plattformen oder APIs) von Android veröffentlicht worden²²⁴. Die aktuelle Version ist Android 7.1 (API 25). Als Grundlage für Android dient ein Linux-Kernel und die Dalvik Virtual Machine als Laufzeitumgebung. Dabei läuft jedes Programm (die sogenannten Apps) in seiner eigenen virtuellen Umgebung, um den Zugriff von Schadsoftware zu verhindern²²⁵.

Die Programmierung der Android-Apps basiert auf Java. Dabei ist zu beachten, dass Android das oft vorgefundene MVC-Programmierschema (Model-View-Controller) leicht abändert. MVC ist die strikte Trennung der Daten (Model), der Anzeige oder Präsentation (View) und der die Nutzereingaben auswertenden Steuerung (Controller). Die in Android genutzten Activities vereinigen oftmals View und Controller in sich. Eine Activity ist, vereinfacht ausgedrückt, eine Oberfläche einer Android-App: Eine für den Nutzer unmittelbar sichtbare, elementare Funktionalität. Das kann vom Wählen einer Rufnummer über das Schreiben eines Textes bis hin zur Aufnahme eines Fotos alles sein. Mehrere Activities zusammen bilden eine App. Das Layout einer Activity wird in der Regel in einer XML-Datei gespeichert, die Funktionen in einer eigenen Java-Klasse²²⁶. Somit sind zwar View und Controller noch immer in zwei einzelne Dateien aufgeteilt, für Android sind beide Dateien jedoch miteinander

²²⁴ vgl. Google, *Android ist für alle da* | Wissenswertes.

²²⁵ vgl. Android User, *Unterschiede und Gemeinsamkeiten zwischen Android und Linux*.

²²⁶ vgl. Google, *Activities*.

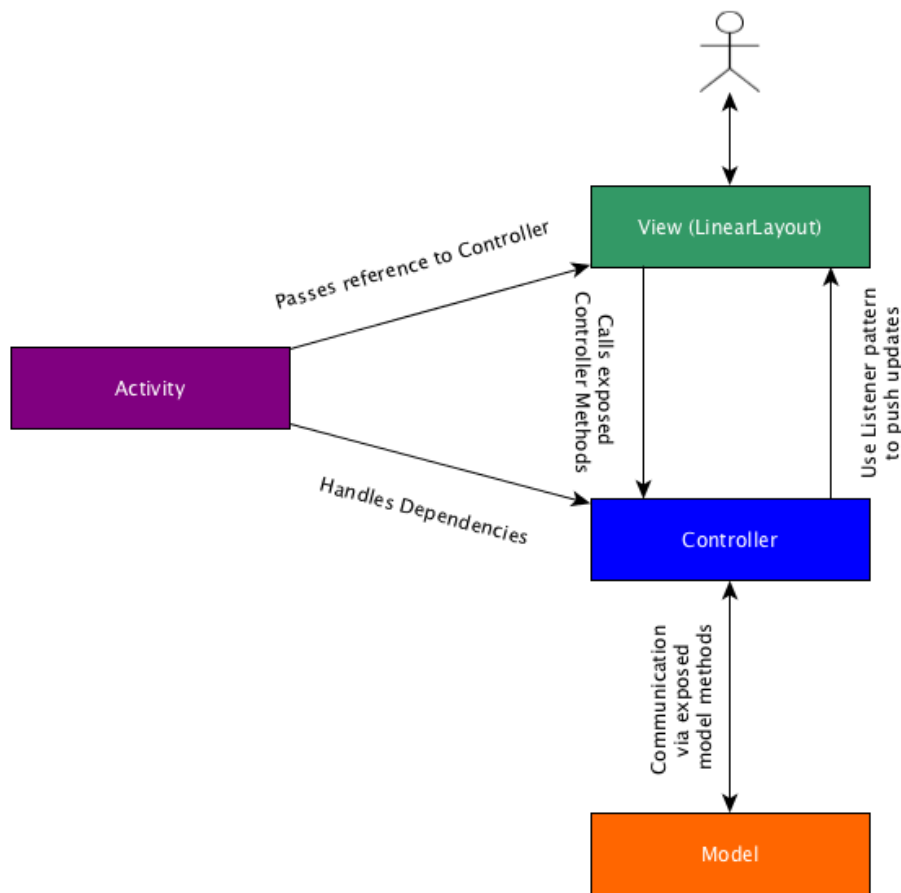


Abbildung 7.1 MVC in Android nach Karpouzis²²⁸

verbunden und bilden die Einheit einer Activity. Die Java-Klasse verfügt über die Methoden, welche die Darstellung erst bereitstellen und ihr Verhalten vorgeben. Basierend darauf findet sich oftmals die Schlussfolgerung, dass Android nicht dem MVC-Muster, sondern einem ähnlichen Muster, wie etwa Model-View-Presenter (MVP) folgt. Der Presenter ist dabei unter anderem für die Darstellung des Inhalts der View zuständig²²⁷.

Android Chefentwickler Thanos Karpouzis hingegen schreibt, dass es ein oft gesehener Ansatz ist, die Activity in ihre Klassen zu unterteilen, um eine MVC-Aufteilung zu erreichen. Die Layout-Datei wird dabei als View und die Java-Datei als Controller betrachtet. Er unterstützt diese Ansicht, schreibt jedoch auch: „The controller class should not extent any android class“ um so den Controller von der Activity zu entkoppeln²²⁹. Abbildung 7.1 zeigt die Grafik, mit der er die Implementation des MVC-Musters in Android erklärt. Jedoch wird auch hier ersichtlich, dass die Einheit der Activity eigentlich mehrere Rollen beinhaltet.

²²⁷ vgl. JustDanyul, *Which design patterns are used on Android?*

²²⁸ Karpouzis, *Android Architecture*

²²⁹ Ebd.

Eine Einschränkung, die in der Android-SDK beachtet werden muss, ist die sehr beschränkte Datenmenge, die zwischen zwei Activities übertragen werden kann. Somit wurde es nötig, Bilder auf der Datenbrille zwischenspeichern und erst zu laden, wenn sie benötigt wurden.

7.3 Analyse, Konzeption und Implementierung

Da das Projekt hauptsächlich von einer einzelnen Person durchgeführt wurde und sich inhaltlich nur an einer Stelle mit einem parallel laufenden Projekt zur Erstellung einer Android-Bibliothek für die M100 überschneidet, wurde das Projektmanagement auf das Nötigste beschränkt, um der Projektumgebung gerecht zu werden. So wurde von Lasten- und Pflichtenheften abgesehen, da die Durchführung des Projektes eher agilen Charakter hatte und von Firmenseite immer wieder neue Ideen oder Änderungswünsche kamen. Ein komplett agiles Projektmanagement wie Scrum, wurde, da die App von einer einzelnen Person entwickelt wurde, ebenfalls als übertrieben angesehen.

Für die Terminplanung wurde ein einfacher Meilensteinplan erstellt, welcher mit anfallenden Aufgaben gefüllt wurde. Zu Beginn jedes Meilensteins wurde der Zeitpunkt, bis zu welchem die einzelnen Aufgaben fertiggestellt werden sollten, festgelegt. Im Abstand von zwei bis vier Wochen erfolgte ein Meeting mit Vertretern der Firma sowie dem Bacheloranden des Parallelprojektes, um den Fortschritt beider Arbeiten zu besprechen. Außerhalb dieser erfolgte ein reger Gedanken- und Wissensaustausch mit dem Kommilitonen, da in beiden Projekten oft vergleichbare Schwierigkeiten auftraten.

Die genutzte Entwicklungsumgebung war Eclipse; entwickelt wurde, wie bereits erwähnt, in Java mit der Android-SDK. Als zusätzliche Bibliothek wurde das von Vuzix bereitgestellte SDK der M100 verwendet, die für die Gesten- und Sprachsteuerung der Brille benötigt wird.

Anfänglich war geplant, die Oberfläche der App im Zuge eines Usability-Tests zu entwickeln. Dafür wären jedoch mehrere Endnutzer benötigt worden (in diesem Fall Arbeiter aus der Produktion/Montage), die über die gesamte Projektdauer immer wieder zur Verfügung stehen. Da diese Voraussetzung nicht erfüllt werden konnte, wurde die Idee eines mehrstufigen Oberflächentests ab der Papier-Prototypen-Phase verworfen und stattdessen ein vergleichender Test der App auf der M100 sowie einem Tablet durchgeführt.

7.3.1 Analyse und Anforderungen

Die Analyse der M100-spezifischen Gegebenheiten lief in vielen Bereichen parallel zur Ermittlung der Anforderungen oder wurde in einigen Fällen auch erst im Nachhinein ersichtlich. So war die Beschränkung auf Android 4.0.4 (API 15, Ice Cream Sandwich) von Anfang an durch die Hardware vorgegeben, während die Begrenzung der Sprachbibliotheken auf die durch Vuzix vorgegebenen Begriffe erst im Laufe der Arbeit bekannt wurde.

Da das Projekt eher agil durchgeführt wurde, haben sich die Anforderungen immer wieder geändert. Die in Tabellen 7.1, 7.2 sowie 7.3 aufgezählten Muss (M)-, Soll (S)- und Könnte (C)-Anforderungen standen somit nicht am Anfang des Projektes fest, sondern entstanden nach und nach und sind hier in einer MoSCoW-Priorisierung aufgelistet. Entsprechend wurden sie auch nicht in Form eines Anforderungsdokumentes niedergeschrieben, sondern in Gesprächen erarbeitet. Die hier vorliegende Form fasst lediglich den relevanten Teil einer Mischung aus Gesprächen, Notizen, E-Mails und abfotografierten Skizzen zusammen.

Tabelle 7.1 Muss-Anforderungen (MUST)

Muss-Anforderungen (MUST)	
M-1	Die App muss, um auf der Vuzix M100 lauffähig zu sein, maximal Android API 15 benötigen
M-1	Die App muss die M100-Bibliothek einbinden
M-3	Die App muss in der Lage sein, einen in seine Schritte aufgeteilten Arbeitsplan anzuzeigen
M-4	Die App muss in der Lage sein, Bilder aus dem Arbeitsplan anzuzeigen
M-5	Die App muss in der Lage sein, Texte aus dem Arbeitsplan anzuzeigen
M-6	Ein Schritt muss über Unterschriften verfügen können, um mehr Bilder oder Texte anzuzeigen
M-7	Ein Schritt muss aus mindestens einem Titel/einer Überschrift bestehen, welche die Aufgabe in dem Schritt wiedergibt
M-8	Offline-Demo-Daten müssen vorhanden sein, um die Funktionsweise der App auch ohne Internet-/SAP-Anbindung vorführen zu können
M-9	Text und Bild eines Schrittes müssen nebeneinander unter der Überschrift angezeigt werden. Dabei ist der Text links und das Bild rechts. Beide sind maximal halb so breit wie die Seite
M-10	Die App muss über alle drei Steuerungsarten (Sprache, Geste, Knöpfe) steuerbar sein
M-11	Es muss die Möglichkeit geben, für jeden Schritt die erlaubte Steuerung in den Daten zu hinterlegen
M-12	Eine Verbindung der App mit dem SAP-System der Eridea muss möglich sein
M-13	Die App muss in der Lage sein, Daten aus dem SAP-System anzufragen
M-14	Die von dem SAP-System zurückgesendeten Daten müssen von der App entgegengenommen werden können
M-15	Die von dem SAP-System entgegengenommenen Daten müssen von der App ausgewertet werden können
M-16	Der Beispielarbeitsplan muss mindestens ein Beispiel für einen Schritt nur mit Überschrift, mit Überschrift und Bild, Überschrift mit Text sowie Überschrift mit Bild und Text enthalten
M-17	Die Nummer des aktuellen Schrittes/Unterschrittes sowie die Gesamtzahl an Schritten/Unterschritten muss auf jedem Schritt/Unterschrift erkennbar sein
M-18	Die Eingabe der SAP-Kennung muss über einen QR-Code erfolgen

Tabelle 7.2 Soll-Anforderungen (SHOULD)

Soll-Anforderungen (SHOULD)	
S-1	Die App soll Textdaten aus SAP empfangen können
S-2	Die App soll Bilder aus SAP empfangen können
S-3	Zusätzlich soll jeder Arbeitsplan bei Bedarf am Anfang Sicherheitshinweise und/o-der benötigte Werkzeuge anzeigen
S-4	Animationen sollen zur Verständlichkeit der Gestensteuerung beitragen und dem Nutzer damit die Orientierung im Arbeitsplan erleichtern
S-5	Die App soll eigene Sprachbefehle unterstützen können
S-6	Die Oberfläche der App soll auf Deutsch und auf Englisch zur Verfügung stehen
S-7	Wenn ein Schritt nur über ein Bild oder einen Text verfügt, soll das jeweilige Element zentriert werden und die maximale Breite auf die gesamte Seitenbreite erhöht werden
S-8	Es soll drei Icons geben, die anzeigen, welche Steuerungsoptionen im aktuellen Schritt erlaubt sind (Knopf, Geste, Sprache)
S-9	Wenn ein Schritt über einen Unterschrift verfügt, soll das durch ein eigenes Icon angezeigt werden
S-10	Die App soll über ein eigenes Icon verfügen
S-11	In den Schritten des Arbeitsplans soll eine Hilfeseite aufgerufen werden können, welche die Sprachbefehle auflistet
S-12	Der Aufruf der Testdaten soll unauffällig und ohne Mehraufwand für den Präsentierenden erfolgen können

Tabelle 7.3 Könnte-Anforderungen (COULD)

Könnte-Anforderungen (COULD)	
K-1	Als Alternative dazu, dem Nutzer alle Schritte einzeln nacheinander anzuzeigen, könnte die App dem Nutzer die Titel aller Schritte in einer Liste anzeigen, aus welcher der Nutzer die einzelnen Schritte nach Bedarf aufrufen kann
K-2	Die allgemeine Hilfeseite könnte individuell überschrieben werden, um eine schrittspezifische Hilfe anzeigen zu können
K-3	Wenn ein Schritt über eine gesonderte Hilfe verfügt, könnte das durch ein eigenes Icon angezeigt werden
K-4	Neben Bildern könnte die App auch Videos anzeigen
K-5	Statt einem Bild und einem Text könnte ein Schritt auch zwei Bilder anzeigen

Auf das W der MoSCoW-Priorisierung (WON'T), wurde bewusst verzichtet, da zu Projektbeginn keine Anforderungen direkt ausgeschlossen worden sind. Einige der Anforderungen stellten sich während der Projektdurchführung als nicht realisierbar heraus, diese werden jedoch im Zuge dieser Arbeit noch betrachtet und sollen hier nicht den Eindruck erwecken, von Anfang an als WON'T/„nicht gewünscht“ geplant worden zu sein²³⁰.

7.3.2 Konzeption und Implementierung

Da die Datenbrillen-Technologie noch relativ jung ist und HMDs eher in Nischen angewendet werden, konnten für diese Arbeit – und im speziellen für die Konzeption der GUI – nur bedingt Styleguides, Richtlinien oder Entwicklungsempfehlungen herangezogen werden. Die für mobile Endgeräte existierenden Styleguides sind für „normale“ Smartphones oder Tablets ausgelegt, welche alle über Touch bedient werden. Entsprechend wurden für die Entwicklung der App eher allgemeine Regeln wie Prof. Larry Constantines und Lucy Lockwoods *User Interface Design Principles*²³¹ herangezogen. Auch der von Google speziell für Android-Apps bereitgestellte Styleguide⁽²³²⁾ richtet sich an normale Touch-Android-Geräte und eher neuere APIs. Zusätzlich wurde der Package Index⁽²³³⁾ als Hilfestellung genutzt, welcher eine Übersicht darüber bietet, welche Klassen und Funktionalitäten in welchen Android-APIs enthalten sind.

Datenschema

Das Datenschema wurde nicht am Anfang der Arbeit festgelegt, sondern entstand in einem dynamischen Prozess. Zur besseren Verständlichkeit der nächsten Abschnitte soll das finale Datenschema bereits an dieser Stelle erklärt werden.

Jeder Arbeitsplan verfügt zwingend über einen Titel. Optional kann er außerdem Sicherheitshinweise und Werkzeuge enthalten, die zur Ausführung der Anweisungen notwendig



Abbildung 7.2 Eigene Darstellung: Schematischer Aufbau des Arbeitsplans

²³⁰ vgl. Clegg und Barker, *CASE method fast-track - a RAD approach*.

²³¹ vgl. Constantine und Lockwood, *Software for Use*, S. 51 ff.

²³² <https://developer.android.com/design/index.html>

²³³ <https://developer.android.com/reference/packages.html>

sind. Titel, Sicherheitshinweise und Werkzeuge sind im String-Format angelegt. Um sinnvoll mit Inhalten gefüllt zu werden, besteht jeder Arbeitsplan aus mehreren Schritten. Jeder dieser Schritte verfügt wiederum über mindestens seinen Titel (String), der die Aufgabe des Schrittes angibt. Weiterer Text (String), ein Bild (Bitmap) sowie Detail-Unterseiten und eine eigene Hilfeseite sind optional. Besitzt der Schritt eine eigene Hilfeseite, wird die Standard-Hilfe (Liste der Sprachbefehle) für diesen überschrieben. Detail-Unterseiten erlauben mehr Text und/oder Bilder auf einer eigenen, dem Schritt zugeordneten Activity anzuzeigen. Abbildung 7.2 verdeutlicht diesen Aufbau, wobei optionale Eingaben in eckige Klammern gefasst sind.

Layout und Eingaben

Basierend auf der Tatsache, dass der Bildschirm der M100 nur sehr wenig Platz bietet, musste das Layout entsprechend minimalistisch gewählt werden. Die Nutzereingaben sollten so gering wie möglich gehalten werden, ohne aber dem Nutzer die Kontrolle zu entziehen. Eingaben, die keine Navigation in der App darstellen, sollten soweit wie möglich über QR-Codes erfolgen, da Eingaben mit der Vuzix-eigenen Tastatur (bereits in Abbildung 4.5 gezeigt) viel zu lange gedauert hätten. Somit werden sowohl der kodierte SAP-Login sowie die SAP-Abfrage für den jeweiligen Arbeitsplan als QR-Codes eingelesen. Letztere liefert die Daten des gewählten Arbeitsplans im XML-Format zurück. Dieses wurde als Datenaustauschformat gewählt, da es die persönliche Präferenz der Autorin aus den von SAP unterstützten Formaten war.

Nach dem Start der App wird dem Nutzer eine einfache Activity angezeigt, auf welcher er durch die Betätigung eines vorausgewählten Buttons den Scan-Vorgang für den SAP-Login (QR-Code) startet. Nach erfolgreichem Scan wird der gesamte Vorgang (Button auswählen, scannen) für die SAP-Abfrage wiederholt. Diese Nutzerinteraktion könnte noch weiter minimiert werden, indem der Scan direkt mit der App gestartet würde. Das gewählte Vorgehen hat jedoch den Vorteil, dass dem Nutzer angezeigt werden kann, welchen QR-Code er bereithalten soll. Muss der Nutzer den passenden Code erst suchen, läuft er zudem nicht Gefahr, einen anderen QR-Code in das Sichtfeld der aktiven Kamera zu bringen, während er sich den eigentlich benötigten Code zurechtlegt.

Nach erfolgreichem Empfang der SAP-Daten hat der Nutzer die Auswahl, entweder alle Schritte im Detail zu durchlaufen oder sich die Schritte als Liste anzeigen zu lassen, aus welcher er nach Bedarf einzelne Positionen auswählen kann. Auch hier wurde ein sehr minimalistisches Design gewählt, um den Bildschirm nicht mit Informationen zu überladen und eine gute Übersichtlichkeit zu gewährleisten. Der Bildschirm zeigt lediglich den Titel des Arbeitsplans, um dem Nutzer die Möglichkeit zur Kontrolle zu geben, den richtigen Arbeitsplan geladen zu haben, sowie zwei Schaltflächen, welche, wie bereits erwähnt, entweder den Durchlauf aller Schritte starten oder eine Liste mit den Schritttiteln öffnen.

Im Rahmen der Programmierung von Activities mit Schaltflächen auf der M100 war zu beachten, dass eine Schaltfläche programmiertechnisch vorausgewählt werden muss, da der Nutzer ansonsten nicht in der Lage ist, eine Schaltfläche auszuwählen. Eine alternative Lösung wäre, dass die Vorauswahl der ersten Schaltfläche erst durch ein Event des Nutzers ausgelöst wird (Druck eines Knopfes, Geste oder Sprachbefehl), dies erschien jedoch kontraintuitiv und widersprach der Minimierung der Nutzerinteraktion. Ist bereits eine

Schaltfläche ausgewählt, ist eine Navigation zwischen allen weiteren möglich, indem der Objektfokus geändert wird. Codeblock 7.1 zeigt den für die Vorauswahl benötigten Code. Zuerst wird ein Button – in diesem Fall der mit der Id `buttonLoginScan`, welcher den Scan des Login-QR-Codes beginnt – ausgewählt. Danach wird er fokussierbar gestellt und zuletzt der Fokus auf den Button gesetzt.

Quellcode 7.1 Vorauswahl eines Buttons

```
Button button = (Button) findViewById(R.id.buttonLoginScan);  
button.setFocusable(true);  
button.setFocusableInTouchMode(true);  
button.requestFocus();
```

Steuerung

Nachfolgend werden die Entscheidungen dargestellt, die zum finalen Steuerungskonzept der App geführt haben. Dabei wird bei der Gestensteuerung der Vuzix M100 bewusst auf die englischen Bezeichnungen der Gesten-Funktionen verzichtet, da diese teils irreführend sind. So wird die Funktion, welche die von hinten nach vorne ausgeführte Geste erkennt, als „onBackSwipe“ bezeichnet, die der von vorne nach hinten ausgeführte Geste hingegen „onForwardSwipe“. „onUp“ ist hingegen, wie zu erwarten, eine Geste von unten nach oben. Eine Auflistung aller unterstützten Gesten, sowie ihre Ausführung können Tabelle A.1 in Anhang A entnommen werden.

Einer der wichtigsten Punkte in der Konzeption und Entwicklung der App war die Steuerung innerhalb des Arbeitsplans, deren Konzept sich im Laufe der Arbeit immer wieder änderte. Nachdem die Steuerung der M100 sich als nicht so detailreich wie erhofft herausgestellt hatte, war die erste Idee, dass Navigation zwischen den einzelnen Schritten nur vorwärts möglich ist, also von Schritt 1 zu Schritt 2 und von dort zu Schritt 3, nicht aber zurück zu Schritt 1. Dieses Konzept wurde verworfen, da dem Nutzer damit die Korrektur eines einfachen Bedienfehlers nicht möglich gewesen wäre. Stattdessen hätte er, um wieder auf die gewünschte Seite zu gelangen, den Arbeitsplan beenden und von Anfang an neu durchlaufen müssen.

Weitere Ideen, welche teils mehrere Gesten und Knöpfe der gleichen Aufgabe zuwiesen, wurden später verworfen, als die Detailseite hinzukam. Der Gedanke dahinter war, dass dort zusätzliche Bilder und/oder Texte angezeigt werden könnten, die auf der Hauptseite des Schrittes aufgrund der geringen Bildschirmgröße keinen Platz mehr fanden. Dabei sollte es sich um zusätzliche Texte oder Bilder handeln, die für die Ausführung des Schrittes nicht unbedingt benötigt werden, aber unsicheren Mitarbeitern zusätzliche Informationen über die korrekte Durchführung geben könnten. Dabei kann ein Schritt nicht nur über eine einzelne, sondern über beliebig viele Unterseiten verfügen.

An dieser Stelle musste eine finale Entscheidung über die ‚Richtung‘ des Arbeitsplans getroffen werden, also in welche Richtung Gesten ausgeführt werden sollten, um zur nächsten bzw. zur vorherigen Seite zu gelangen – die Detailseiten sollten in eine der übriggebliebenen Richtungen geöffnet werden. Die Entscheidung wurde auf Basis realer Arbeitspläne gefällt, in welcher die einzelnen Schritte in einer Liste untereinander angeordnet sind. Dies wurde für das mentale Modell des Arbeitsplans übernommen. Schritt 1 steht somit über Schritt 2

und dieser wiederum über Schritt 3. Dabei galt es zu beachten, dass die Gestensteuerung der M100 über die Richtungen hoch/runter, vor/zurück und zum Sensor hin/vom Sensor weg verfügt. Ein Bildschirm hingegen verfügt, wie auch ein Blatt Papier, über vier Seiten: oben, unten, links, rechts. Jede dieser vier Seiten sollte mit einer der Gesten verbunden werden und es wurde überlegt, Animationen zur Verdeutlichung der Bewegungsrichtung zu nutzen, indem der Schrittwechsel durch eine entsprechende Scrollanimation verdeutlicht wird. Als Basis für die Ausrichtung wurden andere mobile Endgeräte herangezogen. Dort bedeutet eine Wischbewegung nach oben, dass der ausgewählte Punkt nach oben geschoben wird und somit neuer Inhalt am unteren Ende sichtbar wird. Das unterscheidet sich vom Scrollen auf den Touchpads einiger Laptops, auf denen ein Scrollen nach oben den oberen Bildschirminhalt wieder sichtbar macht, entspricht jedoch mehr der Vorstellung davon, Dinge zu packen und zu ziehen beziehungsweise zu schieben. Vuzix nutzt diese Steuerung in vertikalen Listen ebenfalls.

Entsprechend wurde beschlossen, dass eine von unten nach oben ausgeführte ‚hoch‘-Geste der M100, dem Nach-Oben-Schieben von Bildschirminhalt auf mobilen Geräten entspricht und entsprechend den nächsten Schritt anzeigt (Schritt 1 → Schritt 2), während eine von oben nach unten ausgeführte ‚runter‘-Geste zum vorherigen Schritt zurückkehrt (Schritt 2 → Schritt 1). Für die Hardwareknöpfe wurde die vor-/zurück-Navigation der M100 übernommen: Der vordere Knopf ist ‚nächster Schritt‘, der Mittlere ‚vorheriger Schritt‘. Die Sprachsteuerung wurde erst zu einem späteren Zeitpunkt implementiert.

Dieser Entschluss ließ entweder die linke oder die rechte Seite für die Zuordnung der Details. Hier wurde die Entscheidung für die rechte Seite getroffen, da es in Deutschland üblich ist, dass sich Details/Untermenüs nach rechts öffnen, wenn der Platz es zulässt. Ein einfaches Beispiel dafür ist das Rechtsklick-Menü, das sich in der Regel rechts unter dem Mauszeiger öffnet, wenn dort genügend Platz ist.

Abbildung 7.3 zeigt eine Übersicht über alle theoretisch möglichen Steuerungspfade, die zwischen den einzelnen Schritten und ihren Unterschriften existieren können. Wie der Grafik entnommen werden kann, sind es jedoch mehr Pfade als mögliche Steuerungen. Die Steuerung durch die Hardware-Knöpfe schränkt hier am meisten ein, da von den vier Knöpfen einer als Ein-/Aus-Knopf dient und somit komplett entfällt. Entsprechend konnte er nicht überschrieben werden. Auch das lange Drücken des hinteren Knopfes musste erhalten bleiben, da es das Schließen der aktuellen Activity veranlasst. Damit ist es möglich, den Arbeitsplan bei Bedarf zu beenden, ohne ihn bis zum letzten Schritt zu durchlaufen.

Für die Lösung wurden fünf potentielle Steuerungsmuster entwickelt, die Anhang B entnommen werden können. Dabei muss an dieser Stelle darauf hingewiesen werden, dass zu diesem Zeitpunkt vorgesehen war, alle Details ‚rechts‘ anzuordnen und auch die Animation entsprechend zu gestalten. Ebenfalls geplant war eine Möglichkeit, aus den Details eines Schrittes direkt in den nächsten Schritt zu navigieren (Pfad 4 in Abbildung 7.3). Der Gedanke war, Rückwege zu vermeiden und dadurch die Geschwindigkeit der Nutzung zu optimieren.

In diesem Zusammenhang stellte sich die Frage, welche der Gesten ‚nach rechts‘ entspricht. Dazu wurde als erstes die Steuerung der M100 bezüglich der links/rechts-Navigation untersucht. Diese ist jedoch über die gesamte Brille hinweg uneinheitlich. So entspricht im Hauptmenü die ‚nach vorne wischen‘-Geste der Navigation nach rechts, während die ‚nach hinten wischen‘-Geste nach links navigiert. In der vorinstallierten Uhr-App wurde vom

Hauptpfad

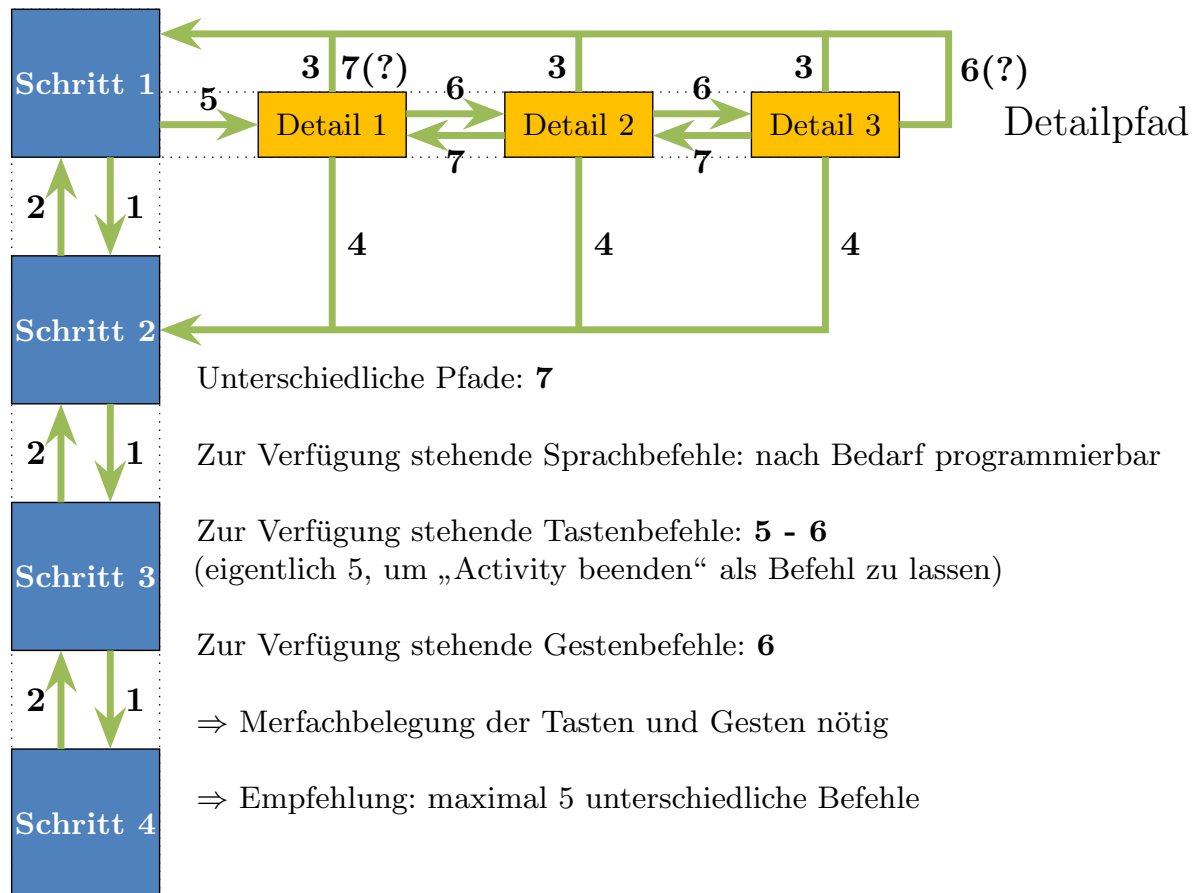


Abbildung 7.3 Eigene Darstellung: sieben mögliche Steuerungspfade

ersten Bildschirm zum zweiten (den die Animation von rechts erscheinen ließ) gewechselt, indem eine Wischgeste nach unten ausgeführt wurde.

Die ‚runter‘-Geste für ‚nach rechts‘ wurde von allen Beteiligten als verwirrend empfunden und abgelehnt, auch basierend darauf, dass hoch/runter bereits für die Navigation zwischen den Schritten des Arbeitsplans vergeben waren. Gewünscht waren eigentlich Gesten, die in ihrer Bewegung zum Bildschirm entsprechend ausgeführt werden konnten. So wurde beschlossen, die ‚nahe hin‘-Geste zum Öffnen der Detailseiten zu nutzen. Die Entscheidung lag auch darin begründet, dass die M100 die ‚nach oben‘- und ‚nach hinten‘-Gesten bei ungenauer Ausführung verwechselte. Somit bewegt der Nutzer die Hand nun aus seiner Sicht die Hand nach links, um den ganzen Bildschirminhalt nach links zu schieben und somit die rechts liegenden Details zu öffnen – genau wie er es auf einem Smartphone tun würde.

Durch die Idee, auch eine Hilfeseite zur Verfügung zu stellen, musste das Steuerungsschema erweitert werden. Es wurde beschlossen, die letzte freie Richtung (aus Sicht des Bildschirms links, durch die ‚vom Sensor weg‘-Geste geöffnet) für die Hilfe zu nutzen.

Abbildung 7.4 zeigt das finale Steuerungskonzept, das als Grundlage für die Gesten- und Knopfsteuerung verwendet wurde. Die Details sind einem Schritt zugeordnet, werden jedoch,

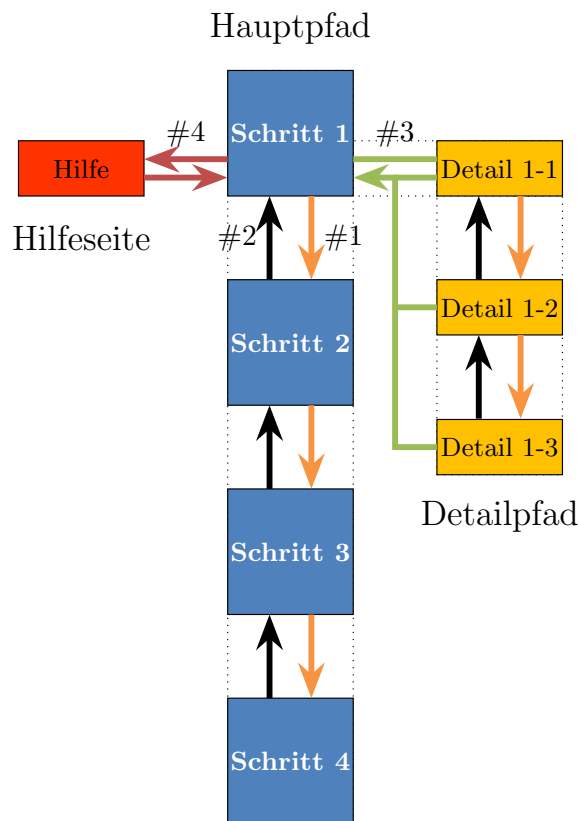


Abbildung 7.4 Eigene Darstellung: Finales Steuerungskonzept

genau wie die Schritte selbst, in einer Liste von oben nach unten dargestellt, sodass sie – ebenfalls wie die Schritte selbst – mit den ‚hoch‘- und ‚runter‘-Gesten gesteuert werden können. Abbildung 7.5 zeigt einen älteren Screenshot der App mit den vier Steuerungsrichtungen aus Sicht des Nutzers. Codeblock 7.2 zeigt den Code für die Gestensteuerung. Um die Übersichtlichkeit zu bewahren wurde Code, der für die Gestensteuerung nicht relevant ist, entfernt. Auch die bei jeder erkannten Geste erfolgende Überprüfung, ob Gestensteuerung zugelassen ist, wurde in diesem Fall zugunsten der Leserlichkeit weggelassen.

Quellcode 7.2 Einbindung der Gestensteuerung

```
public class ExampleActivity extends Activity {

    private GestureSensor gs;

    @Override
    protected void onCreate(Bundle savedInstanceState) {

        gs = new GestureSensor(this) {

            @Override
            protected void onBackSwipe(int arg0) {
                nextStep();
            }
        }
    }
}
```

```
@Override
protected void onForwardSwipe(int arg0) {
    previousStep();
}

@Override
protected void onFar() {
    openDetails();
}

@Override
protected void onNear() {
    openHelp();
}

@Override
protected void onDown(int arg0) {
    previousStep();
}

@Override
protected void onUp(int arg0) {
    nextStep();
}
};
gs.register();
}
```



Abbildung 7.5 Eigene Darstellung: Steuerungsrichtungen aus Sicht des Nutzers

Bei der Sprachsteuerung war ursprünglich gewünscht, deutsche Befehle nutzen zu können. Allerdings wären damit zusätzliche Kosten angefallen, da Begriffe, die nicht bereits in den Sprachdateien enthalten sind, nur von der Firma Vuzix selbst gegen Bezahlung hinzugefügt werden können²³⁴. Auf der offiziellen Webseite finden sich keine Preisangaben mehr, im archivierten RSS-Feed des nicht mehr vorhandenen Vuzix-Forums konnte jedoch die Angabe von US\$ 200 für die ersten 20 Begriffe, danach US\$ 5 pro weiterem Begriff, gefunden werden²³⁵. Basierend auf diesen Informationen wurde die Entscheidung getroffen, keine eigenen Befehle einzubauen, sondern mit den bereits vorhandenen Begriffen zu arbeiten. Entsprechend konnte die Sprachsteuerung nur auf Englisch gestaltet werden.

Die Sprachsteuerung wurde als innere Klasse der jeweiligen Activity erstellt. Dieser Aufbau wurde basierend auf den Vorgaben des von Vuzix zur Verfügung gestellten Beispielcodes gewählt. Codeblock 7.3 zeigt den Code, der für die Benutzung einer beispielhaften Sprachsteuerung notwendig ist. Um die Übersichtlichkeit zu bewahren wurde auch hier Code, der für die Sprachsteuerung nicht relevant ist, entfernt.

Quellcode 7.3 Einbindung der Sprachsteuerung

```
public class ExampleActivity extends Activity {

    private ExampleVoiceControl vc;

    @Override
    protected void onCreate(Bundle savedInstanceState) {
        vc = new ExampleVoiceControl(this);
        vc.addGrammar(com.vuzix.speech.Constants.GRAMMAR_MEDICAL);
        vc.on();
    }

    public class ExampleVoiceControl extends VoiceControl {
        public ExampleVoiceControl(Context context) {
            super(context);
        }
        @Override
        protected void onRecognition(String res) {
            if (res.startsWith("next")) {
                nextStep();
            } else if (res.startsWith("previous")) {
                previousStep();
            } else if (res.startsWith("back")) {
                previousStep();
            } else if (res.startsWith("help")) {
                openHelp();
            } else if (res.startsWith("select")) {
                openDetails();
            }
        }
    }
}
```

²³⁴ vgl. Vuzix Corporation, *Support: Product FAQs*.

²³⁵ vgl. *Reply To: Voice Recognition with SDK 1.4, M100 (Firmware 2.0) and custom grammar file*.

In Codeblock 7.3 wurde mit `addGrammar(com.vuzix.speech.Constants.GRAMMAR_MEDICAL)` eine zusätzliche Grammar-Datei geladen. Die sechs im Format `.lcf` abgespeicherten Dateien enthalten die Sprachbibliotheken, also die Begriffe, welche von der M100 verstanden werden können, wobei nur die mit `addGrammar` geladenen genutzt werden. Trotz des Namens handelt es sich bei diesen Grammar-Dateien nicht um faktische Grammatik-Dateien, sondern nur um eine Liste von Begriffen. Wäre eine Kombination als Satz gewünscht, müssten in der `onRecognition` die `if`-Anweisungen entsprechend ineinander geschachtelt werden. Die sechs Grammar-Dateien sind Basic, Camera, Media, Medical, Navigation und Warehouse. Basic wird mit Instanziierung der `VoiceControl` automatisch geladen. Alle anderen müssen von Hand geladen werden. Die medizinische Grammar-Datei wurde in Codeblock 7.3 hinzugefügt, da sie das Wort „back“ für Rücken enthält. In der App wird das Wort jedoch als „zurück“ verwendet, da im Zuge eines Meetings beschlossen worden war, wenn möglich eine Alternative zu dem relativ schwierig auszusprechenden „previous“ zu bieten, um die App auch für Personen nutzbar zu machen, deren englische Aussprache weniger gut ist.

Sprach- und Gestensteuerung wurden nicht durch je eine einzige Klasse realisiert, sondern mussten für jede Activity individuell implementiert werden, da jede dieser Funktionen in den verschiedenen Activities verschiedene Rollen einnimmt. So öffnet etwa das Wort ‚select‘ die Details eines Schrittes in den entsprechenden Activities und setzt zugleich in anderen Activities ein Click-Event auf den ausgewählten Button ab. Das mag auf den ersten Blick wie ein Verstoß gegen Constantines und Lockwoods Wiederverwendungs-Prinzip (*Reuse Principle*) erscheinen, welches besagt, dass Komponenten und Verhaltensweisen eines Designs konsistent sein sollen, damit der Nutzer sich für die Handhabung möglichst wenig merken muss²³⁶. Jedoch sind die mehrfach verwendeten Sprachbefehle und Gesten im diesem Zusammenhang mehr wie Mausklicks beziehungsweise Touch-Gesten anzusehen, deren Verhalten kontextabhängig ist. Ein solches Auswahl-Event – wenn konsistent – klickt immer die Schaltfläche unter dem Mauszeiger an, das darauf folgende Verhalten ist jedoch rein von der ausgewählten Schaltfläche abhängig. Wird hingegen nicht auf eine Schaltfläche, sondern in ein Textfeld geklickt, ist die Reaktion eine vollkommen andere. Entsprechend ist auch die Reaktion der Arbeitsplan-App auf den ‚select‘-Sprachbefehl und die ‚hin‘-Geste abhängig von der Gestaltung der aktiven Activity anders. Sind Buttons vorhanden, wird der ausgewählte geklickt. Ist ein Schritt offen, werden die Details geöffnet. Ansonsten ist keine Interaktion hinterlegt.

Es wäre bevorzugt worden, das Wort ‚select‘ nicht doppelt zu belegen, aber in Anbetracht der stark beschränkten Auswahl an Begriffen, die Vuzix zur Verfügung stellt, wurde es als die beste Wahl angesehen.

Beschränkung der Steuerung für einzelne Schritte

Eine weitere Anforderung war, dass die Steuerung in den Daten des Arbeitsplans für jeden Schritt eingeschränkt werden kann. Die Idee dahinter war, z. B. die Sprachsteuerung zu deaktivieren, wenn der Schritt an einer lauten Maschine erfolgt, um zu verhindern, dass die Brille Umgebungsgeräusche als Sprachbefehle interpretiert. Werden hingegen beide Hände bei einem Arbeitsschritt benötigt, sollen sowohl Knopf- als auch Gestensteuerung deaktiviert werden. Dafür wurden in den Daten des Arbeitsplans für jeden Schritt und jede Steuerung

²³⁶ vgl. Constantine und Lockwood, *Software for Use*, S. 61 ff.



Abbildung 7.6 Eigene Darstellung: Screenshot eines Arbeitsplanschrittes mit allen Icons erklärt

als `true` oder `false` hinterlegt, ob diese Steuerungsart für den jeweiligen Schritt erlaubt ist, oder nicht. Ist sie nicht erlaubt, werden entsprechende Eingaben ignoriert und nicht ausgewertet. Untersritte übernehmen dabei die Steuerungsvorgaben ihres Hauptschrittes. Um für den Nutzer erkennbar zu machen, was im aktuellen Schritt erlaubt ist, wird für jede erlaubte Steuerungsart ein Icon an der oberen Seite des Bildschirms angezeigt. Ist eine Steuerungsart nicht erlaubt, wird das Icon ausgeblendet. Zwischenzeitlich wurde überlegt, nicht erlaubte durch ein durchgestrichenes Symbol darzustellen. Aufgrund der geringen Auflösung des Displays wurde diese Idee jedoch verworfen. Die Icons werden auf dem Bildschirm sehr klein angezeigt (15 px Höhe je Icon) und entsprechend waren die nicht erlaubten entweder nicht gut als durchgestrichen erkennbar, oder so deutlich durchgestrichen, dass das originale Icon dahinter nicht mehr identifizierbar war.

Die Icons für vorhandene Detail-Seiten und schrittspezifische Hilfe verhalten sich entsprechend. Verfügt der Schritt über Details beziehungsweise eine eigene Hilfe, werden sie angezeigt, ansonsten nicht. Positioniert sind sie ebenfalls am oberen Bildschirmrand, jedoch ihrer jeweiligen Seite zugeordnet (Hilfe links, Details rechts).

Auch die Form der meisten Icons war nicht von Anfang an festgelegt. Lediglich für Sprach- und Knopfsteuerung existierten prägnante Symbole, die eindeutig mit diesen Funktionen assoziiert werden. So wurde für die Sprachsteuerung ein Mikrophon gewählt und für die Steuerung über die Hardwareknöpfe ein stilisierter Druckknopf. Das Icon für die Gestensteuerung war zunächst unklar. Die erste Idee war, sechs Pfeile so zu kombinieren, dass sie den Eindruck eines dreidimensionalen Koordinatensystems erwecken und durch Grau-Schwarz-Schattierungen anzeigen sollten, welche Richtungen ansteuerbar sind (aktive schwarz, alle anderen grau). Dieser Gedanke wurde verworfen, da aus dem Symbol allein nicht hervorging, welche Steuerungsart es darstellen sollte. Auch die Idee der Grau-Schwarzen Schattierung wurde verworfen, da das Icon zu klein war, um Graustufen darauf deutlich zu erkennen. Erschwerend kam hinzu, dass unterschiedliche Grautöne auf dem Display der Vuzix M100 grundsätzlich schwierig zu unterscheiden waren. Außerdem wäre

es ein eigentlich überflüssiger Mehraufwand gewesen, da bereits durch andere Symbole erkennbar war, wann die ‚hin‘- und/oder ‚weg‘-Gesten ausgeführt werden können (Hilfe- bzw. Detail-Icon in Kombination mit dem Gestensteuerungs-Icon), die ‚vor‘- und ‚zurück‘-Gesten keine Funktion haben und die ‚hoch‘- und ‚runter‘-Gesten auf jeden Fall eine Funktion haben (Navigation durch die Schritte) sobald die Gestensteuerung aktiv ist.

Die nächste Überlegung war, das einfarbig schwarze Sechshalbachsen-Icon mit einem Brillen-Icon zu kombinieren. Dabei sollte das Sechshalbachsen-Icon auf der rechten Seite der Brille angezeigt werden, um so die Steuerung des rechts befindlichen Gestensensors anzudeuten. Auch diese Idee wurde wieder verworfen, da das aus zwei Symbolen bestehende Icon im Gegensatz zu den bereits vorhandenen, die jeweils nur aus einem Symbol bestanden, wie zwei einzelne Icons mit unterschiedlichen Funktionen wirkte. Außerdem war auch dieses Icon nicht wirklich verständlich. Abbildung 7.5 zeigt diesen Versuch. Dabei muss erwähnt werden, dass die dortige Darstellung ein Mock-Up ist. Ein Versuch, das Icon einzubinden, hatte eine viel schlechtere Erkennbarkeit des Achsensymbols zur Folge.

Die finale Entscheidung fiel auf das Symbol einer Hand. Es ist auch bei der geringen Bildschirmgröße noch erkennbar und insoweit verständlich, dass die Gesten mit der Hand ausgeführt werden.

Als Icon, welches auf das Vorhandensein einer Detail-Seite hinweist, wurde eine Lupe gewählt, nachdem kein eindeutigeres Symbol gefunden werden konnte. Der Gedanke dabei war, dass die Details mehr Informationen zu dem einzelnen Arbeitsschritt beinhalten, er also „genauer unter die Lupe genommen wird“. Für die schrittsspezifische Hilfe wurde das allgemein übliche Fragezeichen gewählt. Abbildung 7.6 zeigt einen Screenshot des finalen Arbeitsplans mit einer Bestimmung aller Icons.

Testdaten und Beispielarbeitsplan

Im ersten Schritt, als noch keine Anbindung an das SAP-System möglich war, wurden Testdaten erstellt, um die Funktionstüchtigkeit der App zu testen. Als Dateiformat wurde, wie bereits erwähnt, XML gewählt, da auch SAP seine Daten in diesem Format übergibt. Basierend auf dem Testdaten-Dokument wurde auch das eigentliche Datenschema entwickelt, das als Grundlage für die SAP-Tabellen diente.

Die Testdaten wurden im Verlauf des Projekts zum Beispielarbeitsplan erweitert, dessen Daten in einer XML-Datei direkt in der App liegen und somit auch offline verfügbar sind. Sollen diese Offline-Daten geladen werden, muss anstatt des QR-Codes, der die SAP-Abfrage enthält, ein spezieller QR-Code eingescannt werden, der wahlweise die deutschen oder die englischen Offline-Daten lädt.

Bei der Erstellung der finalen Beispieldaten wurde darauf geachtet, ein sinnvolles Beispiel zu entwickeln, das alle Möglichkeiten der App aufzeigt: Dass verschiedene Schritte nur mit bestimmten Steuerungen bedienbar sind, der Arbeitsplan über Werkzeuge und Sicherheitshinweise verfügt und mindestens ein Schritt zusätzlich Details und eine eigene Hilfe enthält. Gewählt wurde letztendlich eine Anleitung zum Wechseln eines Autoreifens, da es eine relativ einfache, leicht verständliche Tätigkeit ist. Der erste Schritt verfügt über mehrere Details sowie eine eigene Hilfe, sodass diese Eigenschaften der App bereits zu Beginn präsentiert werden können. Die Steuerungsmöglichkeiten wurden anfangs so gewählt, dass sie einerseits für die jeweilige Arbeitsaufgabe Sinn ergeben und andererseits die Beschränkungen gut präsentiert werden können. Auf Wunsch des Präsentierenden wurde die Knopfsteuerung jedoch nachträglich für jeden Schritt wieder aktiviert.

Erfüllte Anforderungen

Fast alle der in Abschnitt 7.3.1 gelisteten Anforderungen konnten erfüllt werden.

Alle Muss-Anforderungen konnten erfolgreich eingearbeitet werden.

Bei den Soll-Anforderungen konnten lediglich S-2 („Die App soll Bilder aus SAP empfangen können“) und S-5 („Die App soll eigene Sprachbefehle unterstützen können“) nicht komplett erfüllt werden. S-2 scheiterte, da sich die SAP-seitige Implementierung des Datenschemas als sehr komplex erwies und in der Kürze der Zeit nicht umgesetzt werden konnte. Die App selbst ist jedoch in der Lage, Bilder sowohl direkt als auch Base64-kodiert entgegenzunehmen und zu verarbeiten. S-5 erwies sich als nicht umsetzbar, da, wie bereits in den Abschnitten 3.2.3 und 7.3.2 erwähnt, neue Sprachbefehle nur von Vuzix selbst erstellt werden können, was für diese Arbeit nicht erwünscht war.

Bei den Könnte-Anforderungen wurden alle bis auf K-4 „Neben Bildern könnte die App auch Videos anzeigen“ und K-5 „Statt einem Bild und einem Text könnte ein Schritt auch zwei Bilder anzeigen“ erfüllt. Für K-4 wurde das Grundgerüst gelegt, indem Schritte auch Videos beinhalten könnten. Jedoch besteht noch keine Möglichkeit, Videos entgegenzunehmen oder auszugeben. Für K-4 und K-5 blieb am Ende des Projekts leider keine Zeit mehr, sodass diese Anforderungen unerfüllt bleiben mussten. Die App-seitige Implementierung sollte jedoch keine größere Probleme bereiten.

Zusammen mit der App wurde bei Projektabschluss eine technische Dokumentation übergeben.

8 Evaluation der Datenbrille und der Arbeitsplan-App

Um die erstellte App zu evaluieren, wurde eine Befragung durchgeführt und ausgewertet. Diese Evaluation wird im Folgenden näher beschrieben.

8.1 Allgemeines Vorgehen

Vor Beginn der eigentlichen Evaluation wurden zwei Haupt-Fragestellungen festgelegt, die untersucht werden sollten:

- „Kommen Nutzer mit der App auf der Datenbrille zurecht?“
- „Kann mit den Einsatz von Datenbrillen, wie z. B. der Vuzix M100, zur Anzeige von Arbeitsanweisungen ein Mehrwert geschaffen werden?“

Die erste Frage ist auf die eigentliche Entwicklung und Anwendbarkeit der App bezogen, die zweite hingegen ist für die im Zuge dieser Arbeit durchgeführten theoretischen Untersuchungen interessant und daher im Folgenden auch tiefergehend untersucht. Für die zweite Fragestellung wurden einige Hypothesen, das Ergebnis betreffend aufgestellt. Diese sind:

1. Die Nutzung der Datenbrille erleichtert die Durchführung des Tests, da der Teilnehmer nicht von seiner eigentlichen Arbeit aufblicken muss
2. Entsprechend wird mit ihnen ein schnelleres Arbeiten möglich (die benötigte Zeit mit der Datenbrille ist also geringer als mit dem Tablet)
3. Wenn ein Teilnehmer zuvor schon mit einer Datenbrille gearbeitet hat, wird er noch einmal effizienter arbeiten
4. Alter und Geschlecht haben keine Auswirkung auf die Performanz der Probanden
5. Die meisten Probanden haben eine Datenbrille (vermutlich die Google Glass) zumindest bereits auf Bildern gesehen
6. Die wenigsten Probanden haben hingegen schon eine Datenbrille getragen
7. Basierend auf den Ergebnissen der in Abschnitt 3.2.6 vorgestellten Bitkom-Studie sollten mehrere Teilnehmer Interesse daran haben, sich eine eigene Datenbrille zuzulegen

Im nächsten Schritt wurde die Durchführung der Evaluation näher geplant. Im Zuge dessen wurden die Aufgabenstellung für den praktischen Test gewählt, sowie die Fragebögen erstellt, die vor und nach dem praktischen Test vom Testteilnehmer ausgefüllt werden sollen. In dieser Phase wurden auch die Anzahl an Teilnehmern auf 20 festgelegt und die ersten Probanden gesucht.

Nach der Durchführung der 20 Befragungen wurden die Ergebnisse empirisch untersucht, ausgewertet und die so gewonnenen Ergebnisse interpretiert.

Nachfolgend wird genauer auf den Aufbau der Evaluation eingegangen.

8.2 Aufbau

Die Evaluation beinhaltet zwei Fragebögen sowie zwei praktische Aufgaben. Eine der praktischen Aufgaben wird mit Hilfe eines Tablets ausgeführt, die andere mit der Datenbrille. Da nur eine Datenbrille vorhanden war, konnte immer nur eine Person gleichzeitig befragt werden. Die Fragebögen wurden ausgedruckt und in Papierform vorgelegt. Die erste Seite wurde vor der praktischen Aufgabenstellung ausgefüllt, die anderen drei danach. Die Fragebögen können Anhang C entnommen werden.

Die praktischen Aufgaben bestanden darin, anhand von Vorgaben auf dem Tablet bzw. der M100, eine von zwei Origami-Figuren zu falten. Bei diesen Figuren handelte es um einen Schwan sowie eine Kiste. Beide wurden nach dem Kriterium ausgewählt, dass sie relativ einfach und somit auch für Personen geeignet sind, die noch nie Origami gefaltet haben. Beide Faltanleitungen können Anhängen D.1 und D.2 entnommen werden.

Die Entscheidung, die App anhand eines Arbeitsplans für Origami-Figuren zu testen, kam daher, dass Origami-Falten eine Aufgabe ist, welche oftmals beide Hände beschäftigt, jedoch kein spezielles Vorwissen benötigt. Somit wurde versucht, einen Arbeitsplan zu emulieren, den der Arbeiter vorher noch nie gesehen hat und der potenziell Schritte enthält, die er noch nie durchgeführt hat. Außerdem konnte bei Origami davon ausgegangen werden, dass die Basis der meisten Teilnehmer gleich ist. Die Teilnehmer haben in ihrer Kindheit vielleicht Papierflieger oder -boote gefaltet, eventuell auch ein Himmel-und-Hölle. Diese Basteleien liegen jedoch viele Jahre zurück und liefern keine Grundlage für die gewählten Figuren. Origami-Falten selbst ist ein eher seltenes Hobby, sodass die Chance gering ist, jemanden mit tieferen Vorkenntnissen unter den Probanden zu finden.

Die Beschränkung der Steuerung war in dieser Version der Arbeitsplan-App, mit welcher die Versuche durchgeführt wurden, deaktiviert, sodass alle Steuerungen in allen Schritten zur Verfügung standen. Dies war an dieser Stelle notwendig, um die Ergebnisse besser mit dem Tablet vergleichen zu können, welches als Steuerung nur Wisch-Gesten auf dem Touchscreen anbietet und um zu überprüfen, ob Probanden eine Steuerung gegenüber einer anderen bevorzugen. Die Steuerungs-Icons der offiziellen Arbeitsplan-App waren in beiden Versionen (Datenbrille und Tablet) ausgeblendet, indem ihre Sichtbarkeit im Code auf `INVISIBLE` gesetzt wurde.

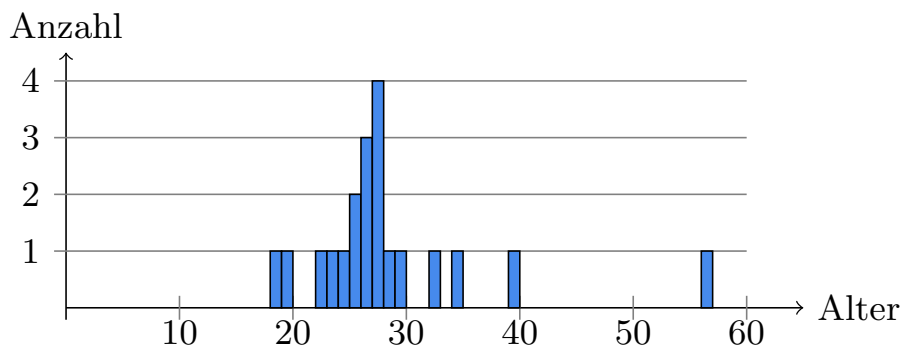


Abbildung 8.1 Eigene Darstellung: Altersverteilung der Testteilnehmer

8.3 Durchführung

In einem ersten Schritt wurde den Probanden – deren einzige Information zu diesem Zeitpunkt war, dass es sich um eine Befragung für eine Masterarbeit zum Thema Datenbrillen handelt – der erste Fragebogen vorgelegt, der darauf abzielte, das Vorwissen der Teilnehmer über Datenbrillen zu ermitteln. Hier wurden sie allgemein nach ihrer Meinung sowie ihrem Wissensstand zu diesem Thema befragt und aufgefordert, eine Datenbrille nach ihrer Vorstellung zu zeichnen. Die M100 wurde zu diesem Zeitpunkt außerhalb der Sichtweite der Probanden in einer undurchsichtigen Schutzhülle aufbewahrt, um zu verhindern, dass ihr Aussehen die Vorstellung der Befragten beeinflusst.

Anschließend wurden die beiden Faltaufgaben durchgeführt. Um die Teilnehmer langsam an die Thematik des Origami-Faltens heranzuführen, wurde die erste Figur stets mit einem Arbeitsplan auf dem Tablet gefaltet. So sollte verhindert werden, dass die Unerfahrenheit im Origami-Falten sich mit der Unerfahrenheit in der Bedienung einer Datenbrille addiert und das Ergebnis verfälscht.

Bevor mit der jeweiligen Faltaufgabe begonnen wurde, wurde den Probanden eine Miniatur-Version der fertigen Figur gezeigt, damit sie eine ungefähre Vorstellung von dem Ergebnis erhalten konnten. Fragen der Teilnehmer während des Versuchs wurden sofort beantwortet, da sie in der Regel nur mit dem Origami-Falten zusammenhingen. Meistens wurde gefragt, ob sie die Kante auch wirklich falten oder nur leicht ‚anknicken‘ sollten.

Vor Beginn des Falttests mit dem Arbeitsplan auf der Brille wurden die Probanden in die Bedienung der Datenbrille eingewiesen und ihnen dabei geholfen, die Brille für sich passend einzustellen. Trug der Proband eine eigene Brille, wurde versucht, die M100 auf deren Gestell zu befestigen, was zum Teil nur provisorisch möglich war. Ein Teilnehmer steckte Papierschnipsel zwischen die Halterung der M100 und seinen Brillenbügel, ein anderer zog seine eigene Brille ab und arbeitete mit dem dioptrienlosen Gestell, das Vuzix mitlieferte. Diese Einweisungs- und Einstellungszeit floss nicht in die gemessene Zeit ein. Eine Liste mit den Sprachbefehlen wurde bereitgestellt.

Nach Beendigung beider Faltaufgaben wurde den Probanden der zweite Fragebogen vorgelegt, wobei auch angehört wurde, was sie sonst zu sagen hatten.

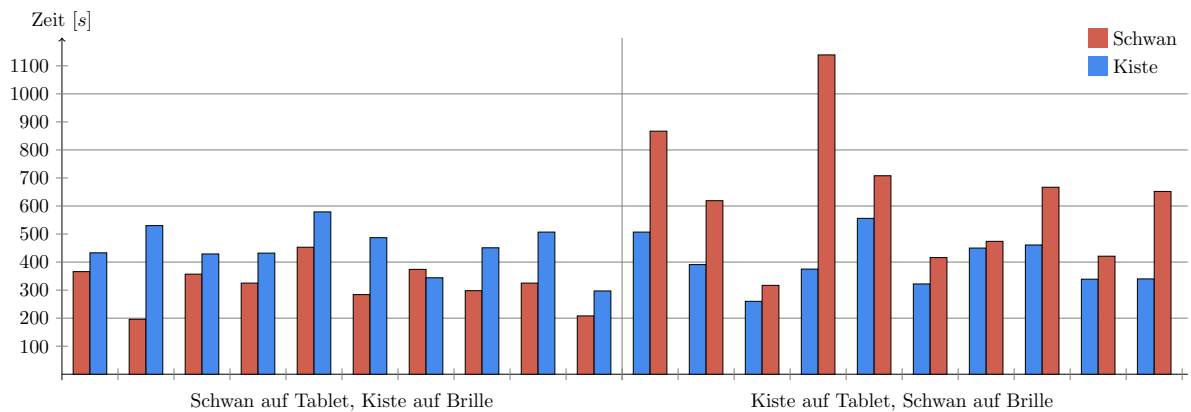


Abbildung 8.2 Eigene Darstellung: Benötigte Faltzeit aller Teilnehmer

Die meisten Versuchsteilnehmer äußerten nach Beendigung des Versuches den Wunsch, beide Origami-Figuren zu behalten, was gestattet wurde. Ein nachträglicher Vergleich, wie sauber und ordentlich die unterschiedlichen Teilnehmer gearbeitet hatten, war dadurch jedoch nicht mehr möglich.

Der Versuch wurde mit insgesamt 20 Teilnehmern durchgeführt. Davon waren 14 männlich. Das Durchschnittsalter war 28. Der jüngste Proband war 18, der älteste 56. Abbildung 8.1 zeigt die genaue Altersverteilung. Die meisten Teilnehmer (70 %) kamen zumindest im weiteren Sinne aus dem Bereich der (Wirtschafts-)Informatik, wobei knapp über die Hälfte von ihnen noch Studenten waren. An Berufsgruppen waren sowohl Angestellte als auch Geschäftsführer vertreten. Die Teilnehmer stammten entweder aus dem Bekanntenkreis der Autorin oder wurden in der Mensa der Hochschule Rosenheim zufällig ausgewählt. Alle Teilnehmer nahmen ohne Belohnung oder Vergütung teil, da sie von sich aus daran interessiert waren, eine Datenbrille auszuprobieren.

50 % der Teilnehmer falteten den Schwan auf dem Tablet und die Kiste auf der Datenbrille, die anderen 50 % beide Figuren auf dem jeweils anderen Gerät. Auch auf die Geschlechter waren die Figuren-Geräte-Kombinationen gleichmäßig verteilt.

8.4 Ergebnisse der Evaluation

8.4.1 Verwendete Methoden der Statistik

Der idealtypische empirische Forschungsprozess beginnt mit „Idee und Erkundung“, also einer Sammlung bereits verfügbaren Wissens, auf welche die Formulierung der Fragestellungen und Hypothesen folgt. Basierend darauf wird die empirische Untersuchung geplant, durchgeführt und ausgewertet und ihre Ergebnisse zuletzt interpretiert²³⁷. Idee und Erkundung wurden bereits im ersten Teil dieser Arbeit durchgeführt und Hypothesen in Abschnitt 8.1 formuliert.

In der nun folgenden Auswertung wird die Zeit (t) als Prüfgröße verwendet, beispielsweise als $t(\text{Brille})$, $t(\text{Tablet})$ für die Zeiten, die mit der Brille bzw. dem Tablet benötigt wurden.

²³⁷ vgl. Eid, Gollwitzer und Schmitt, *Statistik und Forschungsmethoden*, S. 26 ff.

Tabelle 8.1 Vergleich der Mittelwert- und Median-Faltzeiten

Gerät	Figur	Mittelwert	Median
Tablet	Kiste	400 Sek	383 Sek
Brille	Kiste	449 Sek	442 Sek
Tablet	Schwan	319 Sek	325 Sek
Brille	Schwan	628 Sek	636 Sek

Da es beim Falten des Schwans auf der Datenbrille zu Ausreißern in der benötigten Zeit kam, werden im Folgenden die Zeiten mit dem Median η aggregiert, da dieser weniger sensitiv auf Ausreißer reagiert als der (arithmetische) Mittelwert. Mittelwerte und Mediane beider Figuren auf beiden Geräten können der Tabelle 8.1 entnommen werden.

Wie in Abbildung 8.2 erkennbar, gibt es bei beiden Figuren deutliche Unterschiede in der benötigten Zeit, abhängig vom verwendeten Endgerät. Um die Aussagekraft dieser Unterschiede bewerten zu können, wurden Signifikanztests durchgeführt. Die Professoren Michael Eid, Gollwitzer und Schmitt empfehlen in *Statistik und Forschungsmethoden* in diesem Fall den Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test und Mann-Whitney-U-Test (auch Wilcoxon-Mann-Whitney-Test, Wilcoxon-Rangsummentest oder U-Test genannt). Zudem erfordern diese Tests weniger Annahmen über die vorausgesetzten Wahrscheinlichkeitsverteilungen, als die entsprechenden Signifikanztests des Mittelwertes. Weitere statistische Zusammenhänge wurden untersucht, indem Korrelationen von Prüfgrößen nach Pearson (auch Bravais-Pearson-Korrelation oder Produkt-Moment-Korrelation) und Spearman (auch Spearmans Rho) berechnet wurden. Erste wurde gewählt, weil sie die häufigste berechnete Korrelation ist²³⁸, zweite um auch nichtlineare Korrelationen auffinden zu können. Die Anzahl der Testteilnehmer betrug in allen Fällen $n = 20$.

Der Vollständigkeit halber soll an dieser Stelle kurz das Ziel eines Signifikanztests (auch: Nullhypotheseentests) erklärt werden: Ein Signifikanztest gibt an, mit welcher Sicherheit von den Ergebnissen der ermittelten Stichprobe auf die Grundgesamtheit geschlossen werden kann²³⁹. Bei der Grundgesamtheit handelt es sich um die „Menge aller Elemente, auf die ein Untersuchungsziel in der Statistik gerichtet ist“²⁴⁰, hier die Menge aller potenziellen Nutzer einer Datenbrille.

In dieser Arbeit werden Null- und Alternativhypothesen verwendet. Eine Nullhypothese (H_0) (ursprünglich nach Fisher) ist eine (bestehende) Annahme, die statistisch überprüft und mithilfe eines Signifikanztests gegebenenfalls mit einer gewissen Sicherheit abgelehnt werden kann. Die Alternativhypothese (H_1) ist nach dem Entscheidungskonzept von Neyman und Pearson die eigentliche Forschungshypothese und mathematisch die Negation der Nullhypothese. Null- und Alternativhypothesen schließen sich gegenseitig aus und überschneiden sich in ihren abgedeckten Bereichen nicht. Wird H_0 verworfen, wird H_1 angenommen. Ergibt der Signifikanztest keine Ablehnung von H_0 , können weder H_0 noch H_1 mit Sicherheit angenommen oder verworfen werden.

²³⁸ vgl. Eid, Gollwitzer und Schmitt, *Statistik und Forschungsmethoden*, S. 537 f.

²³⁹ vgl. ebd., S. 48.

²⁴⁰ Kamps, *Definition »Grundgesamtheit«*.

Die ursprüngliche Annahme war, dass die Vorteile der Datenbrille (Träger muss nicht wegschauen, mit Sprache bedienbar) eine kürzere Falt-/Arbeitszeit ermöglichen. Die Daten widersprechen dieser Annahme jedoch (vgl. Abbildung 8.2), da die Brillenzeiten merklich über den Tabletzeiten lagen.

Grundsätzlich gibt es keine festen Vorgaben, wie die Null- und Alternativhypothesen zugeordnet werden²⁴¹. Im Folgenden werden daher die beiden Bezeichnungen so vergeben, dass die Signifikanz dieser Beobachtung überprüft werden kann.

Ein wichtiger Parameter jedes Signifikanztests ist das Signifikanzniveau α mit $0 < \alpha < 1$. Dabei gilt, je kleiner das Signifikanzniveau α , also die Irrtumswahrscheinlichkeit, desto größer die Signifikanz, d. h. die Gewissheit, dass sich die Ergebnisse des Tests auf die Grundgesamtheit verallgemeinern lassen. α wird a priori definiert und gibt an, mit welcher Wahrscheinlichkeit die Nullhypothese H_0 verworfen wird, obwohl sie gültig ist. Die geeignete Wahl von α hängt stark vom Anwendungsgebiet ab. So wird wohl bei der Bewertung der Wirksamkeit von Medikamenten ein kleinerer Wert für α sinnvoll sein als bei Produkten der Unterhaltungsindustrie. Da sich in der Literatur zu Datenbrillen noch kein einheitliches Kriterium etabliert hat, wurden die Tests mit den gebräuchlichen Signifikanzniveaus $\alpha \in \{0,1; 0,05; 0,01\}$ (10 %, 5 % bzw. 1 %) durchgeführt, was bedeutet, dass in höchstens 10 von 100, 5 von 100 bzw. 1 von 100 Untersuchungen H_0 aufgrund eines Fehlers in der Stichprobe fälschlicherweise abgelehnt wird. Die Konfidenzintervalle in Abbildung 8.3 wurden für das Konfidenzniveau $1 - \alpha = 0,95$ berechnet, d. h. mindestens 95 % der so ermittelten Konfidenzintervalle erhalten den wahren Durchschnitt bzw. Median der Faltzeiten der Grundgesamtheit.

Wie signifikant der Unterschied der gemessenen Bearbeitungszeit ist, wird auf zwei Arten ermittelt:

Da pro Proband jeweils ein ‚abhängiges Datenpaar‘ (hier ein ‚Zeitenpaar‘, zwei gemessene Zeiten, eine auf dem Tablet, eine auf der Datenbrille) vorliegt, können diese untereinander verglichen werden. Dafür wird der Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test verwendet.

Auch Zeiten verschiedener Gruppen (z. B. Tablet-Gruppe und Brillen-Gruppe) können untereinander verglichen werden. Dafür wird der Mann-Whitney-U-Test verwendet. Dieser setzt die Annahme voraus, dass die Wahrscheinlichkeitsverteilungen der Zeiten zwischen beiden Gruppen die gleiche Verteilungsform aufweisen, sie sich also nur um eine Verschiebung voneinander unterscheiden²⁴². Intuitiv lässt sich hier diese Annahme damit begründen, dass sich die Faltzeit bei einem Probanden zusammensetzt aus der Zeit, die Arbeitsschritte zu verstehen, der Zeit, das Papier zu falten und der Zeit, welche der Bedienung des Tablets bzw. der Brille geschuldet ist. Es wird angenommen, dass sich Brille und Tablet nur bei letzterer Zeit unterscheiden, weil die auf beiden Geräten gezeigte Anleitungen für eine Figur identisch sind. Auf eine genaue Aufschlüsselung der Berechnung muss leider verzichtet werden, da diese den Rahmen dieses Kapitels sprengen würde.

²⁴¹ vgl. Eid, Gollwitzer und Schmitt, *Statistik und Forschungsmethoden*, S. 221 ff.

²⁴² vgl. ebd., S. 343.

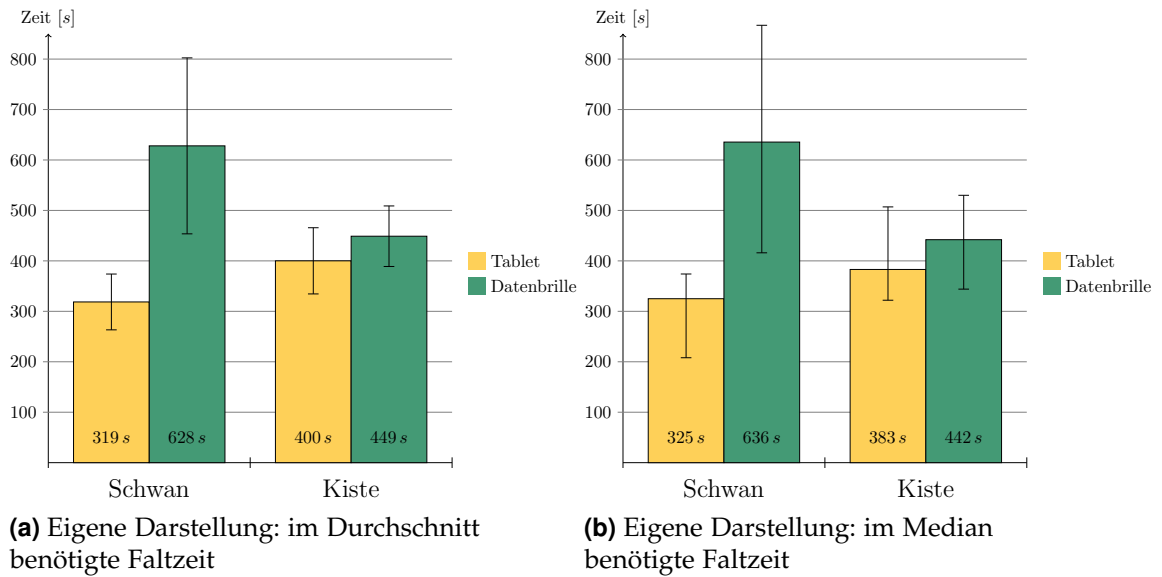


Abbildung 8.3 Eigene Darstellung: Faltzeiten im Durchschnitt und Median. Konfidenzintervalle wurden für Konfidenzniveau $1 - \alpha = 0,95$ ermittelt

8.4.2 Median-Zeiten je Endgerät

Im Test lag der Median der Zeiten der Brillennutzer für den Schwan 96 % über dem Median der Tabletutzer. Der Median der Zeit zum Falten der Kiste auf der Brille war hingegen nur 15 % größer als auf dem Tablet.

Folgende Hypothesen wurden für die benötigte Zeit auf beiden Endgeräten aufgestellt:

$$H_0 : \eta_{t(\text{Brille})} \leq \eta_{t(\text{Tablet})}$$

$$H_1 : \eta_{t(\text{Brille})} > \eta_{t(\text{Tablet})}$$

In Worten ausgedrückt steht die Nullhypothese (H_0) dafür, dass das Falten von Origami-Figuren im Median (η) mithilfe der Datenbrille weniger oder gleich lang benötigt, als mithilfe des Tablets. Die Alternativhypothese (H_1) hingegen steht dafür, dass die Median-Faltzeit mit der Datenbrille größer ist, als mit dem Tablet.

Abbildung 8.2 zeigt die gemessene Zeit aller Testteilnehmer danach geordnet, ob sie den Schwan oder die Kiste auf der Datenbrille gefaltet haben. Der erste Balken stellt jeweilig die Figur des Tablets, der zweite die der Datenbrille dar. Durchgeführt wurden die Tests in zufälliger Reihenfolge der Figuren, die Sortierung wurde hier nur der besseren Übersichtlichkeit halber gewählt. Abbildung 8.3a zeigt zudem die durchschnittlichen Faltzeiten jeder Figur nach Endgerät geordnet. Abbildung 8.3b zeigt das Gleiche für die Median-Zeiten.

H_0 und H_1 werden nun jeweils für die Kiste und den Schwan getrennt formuliert und der Mann-Whitney-U-Test durchgeführt.

Selbst die Hypothese, der Median der Brillen-Zeit läge höchstens 28 % über dem Median der Tablet-Zeit kann mit einem Signifikanzniveau von $\alpha = 0,01$ für den Schwan zurückgewiesen werden. (Das heißt, dass Unterschiede auch dann noch signifikant sind, wenn man den Median der Tablet-Zeit um 28 % erhöht ansetzt: $H'_0 : \eta_{t(\text{Brille})} \leq 1,28 \cdot \eta_{t(\text{Tablet})}$). Für die Kiste hingegen können weder H_0 noch H_1 selbst für $\alpha = 0,1$ zurückgewiesen werden.

Für den Schwan kann die Nullhypothese (H_0) verworfen und die Alternativhypothese (H_1) somit angenommen werden. Ihn zu falten dauert also länger, wenn der Arbeitsplan auf einer Datenbrille angezeigt wird, als wenn der Nutzer ihn auf einem Tablet erhält. Für die Kiste kann H_0 nicht verworfen werden. Hier kann also keine Aussage darüber getroffen werden, ob sie zu falten im Allgemeinen mit einer Datenbrille länger dauert als mit einem Tablet oder dies nur bei dieser Stichprobe zufällig aufgetreten ist.

8.4.3 Auswirkung von Vorerfahrung mit Datenbrillen

Auch wurde untersucht, ob vorangegangene Erfahrungen mit Datenbrillen sich auf die Zeit auswirken, welche die Probanden zum Falten der Origami-Figur benötigen. Probanden mit Vorerfahrungen wurden danach bestimmt, dass sie angegeben hatten, bereits mindestens einmal eine Datenbrille getragen zu haben:

$$H_0 : \eta_{t(\text{Vorerfahrung})} \geq \eta_{t(\text{keine})}$$

$$H_1 : \eta_{t(\text{Vorerfahrung})} < \eta_{t(\text{keine})}$$

Die Alternativhypothese H_1 sagt aus, dass Personen, die Vorerfahrung mit einer Datenbrille haben, weniger lange zum Falten einer Origami-Figur nach Anleitung auf der Datenbrille benötigen als Personen ohne Vorerfahrung. Laut der Nullhypothese H_0 würden die Personen mit Vorerfahrung hingegen länger benötigen, als die ohne vorherige Erfahrung.

In den Daten lag die Median-Zeit der Testteilnehmer mit Vorerfahrung 14,8 % (75 Sekunden) unter der Zeit der Teilnehmer ohne. Statistisch betrachtet kann die Nullhypothese jedoch selbst bei einem Signifikanzniveau von $\alpha = 0,1$ (10 %) nicht zurückgewiesen werden, sodass die weniger benötigte Zeit nicht statistisch signifikant ist.

Tabelle 8.2 Vergleich der auf der Datenbrille benötigten Median-Zeiten im Verhältnis zu der Bewertung der einäugigen Darstellung

	Einäugige Darstellung gut	Einäugige Darstellung schlecht
Schwan	474 Sek	652 Sek
Kiste	507 Sek	433 Sek
Beide zusammen	491 Sek	533 Sek

8.4.4 Auswirkung der Empfindung bezüglich der Darstellung auf einem Auge

Als nächstes wurde eine Untersuchung durchgeführt, ob die Antwort der Probanden auf die Frage, wie sie mit der einäugigen Darstellung zurechtkamen, zu ihren Zeiten korreliert. Dazu wurde den im Fragebogen genannten Adjektiven (z. B. „brauchbar“, „unangenehm“) jeweils eine Gewichtung von -1 (schlecht) bis 1 (gut) zugeteilt und für jeden Probanden die gewichtete Summe seiner verwendeten Adjektive gebildet.

Die Pearson- und Spearman-Korrelationen zeigen für den Schwan eine Antikorrelation zwischen der Zeit und der Bewertung. Je besser also die subjektive Bewertung, desto weniger Zeit wurde benötigt. Bei der Kiste verhält es sich genau andersherum. Eine gute Bewertung korreliert hier mit mehr benötigter Zeit:

Pearson _{Schwan}	-0,53
Spearman _{Schwan}	-0,44
Pearson _{Kiste}	0,43
Spearman _{Kiste}	0,22
Pearson _{Beide zusammen}	-0,15
Spearman _{Beide zusammen}	-0,12

Um einen Signifikanz-Test durchzuführen, wurden die Probanden in Abhängigkeit von ihrer guten oder schlechten Bewertung (nicht-negative bzw. negative gewichtete Summe) in zwei Gruppen unterteilt.

Folgende Hypothesen wurden dazu aufgestellt:

$$H_0 : \eta_{t(\text{Problemlos})} \geq \eta_{t(\text{Furchtbar})}$$

$$H_1 : \eta_{t(\text{Problemlos})} < \eta_{t(\text{Furchtbar})}$$

Tabelle 8.2 zeigt die im Median benötigten Zeiten in Relation zur Bewertung der einäugigen Darstellung.

Der Mann-Whitney-U-Test ergab, dass die Nullhypothese für $\alpha = 0,1$ nicht widerlegt werden kann.

Abbildung 8.4 zeigt das Verhältnis der benötigten Zeit zur Bewertung der einäugigen Darstellung.

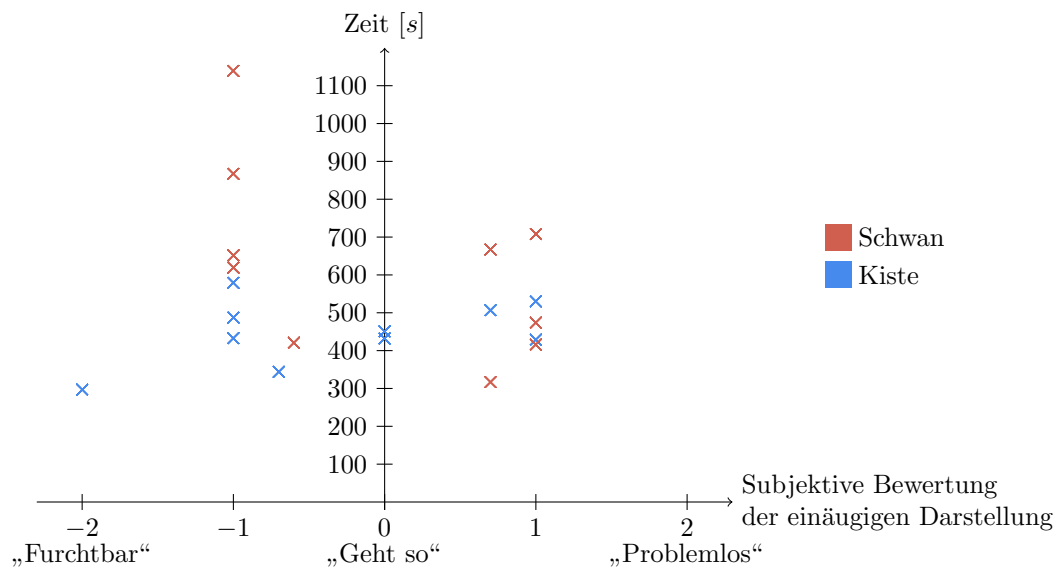


Abbildung 8.4 Eigene Darstellung: Bewertung der einäugigen Darstellung im Verhältnis zur benötigten Zeit

8.4.5 Auswirkung der gelesenen Werkzeugseite auf die Zeit

An der Schwan-Figur konnte überprüft werden, ob die Probanden die erste Seite (Werkzeuge) gelesen hatten, da die Anleitung des Schwans in einem Schritt verlangt, mit einem Stift Augen und Schnabel aufzumalen. Legten die Probanden sich auf der Werkzeugseite (also gleich zu Beginn des Tests) einen Stift zurecht oder fragten nach einem, hatten sie die Werkzeuge gelesen. Fragten sie erst mitten im Faltprozess, hatten sie die Werkzeuge nicht gelesen.

Als Hypothesen wurden aufgestellt:

$$H_0 : \eta_{t(\text{Werkzeuge gelesen})} \leq \eta_{t(\text{Werkzeug nicht gelesen})}$$

$$H_1 : \eta_{t(\text{Werkzeuge gelesen})} > \eta_{t(\text{Werkzeug nicht gelesen})}$$

Das Ergebnis der Median-Zeiten war:

$t_{\text{Werkzeuge gelesen}}$	515 Sek
$t_{\text{Werkzeuge nicht gelesen}}$	411 Sek

Der Mann-Whitney-U-Test ergab, dass H_0 bei $\alpha = 0,1$ (10 %) abgelehnt werden kann, nicht jedoch bei $\alpha = 0,05$ und $\alpha = 0,01$ (1 %), wobei $\alpha = 0,05$ die Signifikanzgrenze nur knapp verfehlte.

Eine mögliche Interpretation für die Ablehnung der Nullhypothese liefert die Vermutung, dass Probanden, welche die Werkzeugliste lesen, gründlicher vorgehen und daher langsamer sind.

Allgemein wird davon ausgegangen, dass ein Vorteil gründlicherer Arbeit die höhere Qualität des Endprodukts ist. Ob die Figuren der gründlicher arbeitenden Probanden auch eine bessere Qualität aufwiesen, wurde nicht untersucht, da zum einen die Qualität von Origami-Figuren schwierig zu evaluieren ist und die Probanden zum anderen, wie bereits erwähnt, ihre Figuren größtenteils behalten wollten.

Tabelle 8.3 Übersicht, welche Origami-Figur auf welchem Gerät als einfacher empfunden wurde

	Figur auf Brille einfacher	beide gleich	Figur auf Tablet einfacher
Schwan	2	2	6
Kiste	3	2	5

8.4.6 Als einfacher empfundene Figur in Abhängigkeit vom Endgerät

Die bisher präsentierten Ergebnisse könnten vermuten lassen, dass eine der Figuren schwieriger zu falten ist und daher im Verhältnis zu der anderen nach Anleitung auf dem gleichen Gerät länger benötigt.

Um zumindest einen groben Einblick zu bekommen, ob eine der beiden Figuren von den Probanden tatsächlich als schwieriger empfunden wurde als die andere, wurden die Teilnehmer nach den Faltaufgaben gefragt, welche sie als einfacher empfanden:

Schwan einfacher gefunden: 7 (35 %)
 Beide gleich gefunden: 4 (20 %)
 Kiste einfacher gefunden: 9 (45 %)

Die ähnliche Verteilung der Nennungen des Schwans und der Kiste lässt darauf schließen, dass erste Figur nicht viel schwieriger zu falten war als zweite.

In Tabelle 8.3 wird verglichen, welche Angabe die Probanden auf die Frage „Welche Figur fandest du einfacher zu falten?“ machten und auf welchem Gerät (Tablet oder Datenbrille) sie diese Figur gefaltet hatten. Hieraus wird ersichtlich, dass die Figur, die als einfacher empfunden wurde, nicht in erster Linie Schwan oder Kiste war, sondern diejenige, die nicht auf der Brille gefaltet wurde.

8.4.7 Einfluss des Alters und des Geschlechts

Eine Korrelation zwischen dem Alter der Testteilnehmer und der Zeit, die sie auf dem Tablet oder der Datenbrille benötigt haben, besteht nicht.

Werden die gemessenen Zeiten in Korrelation zu den Geschlechtern untersucht, zeigt sich eine Pearson- und Spearman-Korrelation von 0,7 bzw. 0,8 zwischen dem Geschlecht „weiblich“ und der Zeit beim Falten des Schwanes auf dem Tablet. Diese Korrelation kann nicht erklärt werden, soll hier jedoch der Vollständigkeit halber erwähnt werden. Die Verteilung der gefalteten Figuren pro Gerät war gleich.

Eine überraschende Erkenntnis liefert die geschlechtsabhängige Betrachtung. Tabelle 8.4 zeigt auf, wie sich die bevorzugten Figuren auf die Geräte aufteilen, wenn sie nach Geschlechtern getrennt werden. Für den nächsten/dazugehörigen Signifikanztest wurde die ordinale Prüfgröße Brillenbevorzugung B eingeführt:

$$B(\omega) = \begin{cases} -1, & \text{wenn } \omega \text{ das Tablet bevorzugt,} \\ 0, & \text{wenn } \omega \text{ keine Präferenz hat, und} \\ 1, & \text{wenn } \omega \text{ die Brille bevorzugt.} \end{cases}$$

Tabelle 8.4 Nach Geschlecht aufteilt auf welchem Gerät die Figur, die als einfacher empfunden wurde, gefaltet wurde

	Figur auf Brille einfacher	gleich	Figur auf Tablet einfacher
Männlich	1	2	11
Weiblich	4	2	0

$$H_0 : \eta_{B(\text{Männer})} \geq \eta_{B(\text{Frauen})}$$

$$H_1 : \eta_{B(\text{Männer})} < \eta_{B(\text{Frauen})}$$

H_0 besagt, dass der Wert der Bevorzugung der Faltanleitung auf der Datenbrille (B) der Männer größer oder gleich der Brillenbevorzugung der Frauen ist.

Die Nullhypothese H_0 kann nach dem Mann-Whitney-U-Test mit einem Signifikanzniveau $\alpha = 0,1$ (1 %) zurückgewiesen werden. Mit anderen Worten: Die Hypothese, dass Männer die Faltanleitung auf der Datenbrille gleich stark oder stärker bevorzugen, als die Frauen, kann also zurückgewiesen werden.

Ob diese Korrelation ein Zufall ist, kann basierend auf dem Wissen der Autorin nicht geklärt werden. Theis et al. *Head-Mounted Displays — Bedingungen des sicheren und beanspruchungsoptimalen Einsatzes: Physische Beanspruchung beim Einsatz von HMDs* gibt im Vergleich an, Alter und Geschlecht in der Analyse berücksichtigt zu haben²⁴³, trifft jedoch keine Aussage darüber, relevante Korrelationen gefunden zu haben. Daher wird hier keine Aussage dazu getroffen, ob dieser gefundene Zusammenhang ein Zufall ist, oder tatsächlich Frauen affiner dafür sind, Origami nach Anleitungen auf Datenbrillen zu falten.

²⁴³ vgl. Theis et al., *Head-Mounted Displays — Bedingungen des sicheren und beanspruchungsoptimalen Einsatzes*, S. 114.

Tabelle 8.5 Verteilung der gezeichneten Brille dazu, ob der Zeichner vorher schon einmal eine monokulare Datenbrille gesehen hat

	Monokular	Binokular	Visor
Brille nicht gesehen	2	2	0
Brille gesehen	7	6	3

Tabelle 8.6 Verteilung der gezeichneten Brille dazu, ob der Zeichner vorher schon einmal eine monokulare Datenbrille getragen hat

	Monokular	Binokular	Visor
Brille nicht getragen	4	8	3
Brille getragen	5	0	0

8.4.8 Gezeichnete Brille

Auf die Frage (Mehrfachnennungen möglich), ob die Probanden schon einmal eine Datenbrille gesehen haben, gaben 16 die Google Glass (15) und/oder Vuzix M100 (7) an. Ein Proband gab zudem an, eine Datenbrille von Apple gesehen zu haben, was jedoch unmöglich ist, da Apple zum Zeitpunkt dieser Arbeit keine Datenbrillen herstellt. Nur fünf davon haben jedoch bisher eine der beiden Brillen getragen (Google Glass: vier, Vuzix M100: drei). Beides sind monokulare Brillen. Diese persönliche Erfahrung scheint zu beeinflussen, wie die Probanden sich Datenbrillen vorstellen (vgl. Tabellen 8.5 und 8.6). Diejenigen, die schon einmal eine der monokularen Brillen getragen haben, haben ausschließlich ebenfalls monokulare Brillen gezeichnet. Von denjenigen, welche die Brille nur gesehen, nicht jedoch getragen haben, haben lediglich zwei eine monokulare Brille gezeichnet, wobei einer davon es sich nicht nehmen ließ, die Brille mit einem Okular-Implantat der Borg (Lebensform aus der Fernsehserie Star Trek: The Next Generation) zu vergleichen und darauf bestand, seiner Zeichnung einen roten Borg-Laser hinzuzufügen. Drei weitere Teilnehmer zeichneten ein

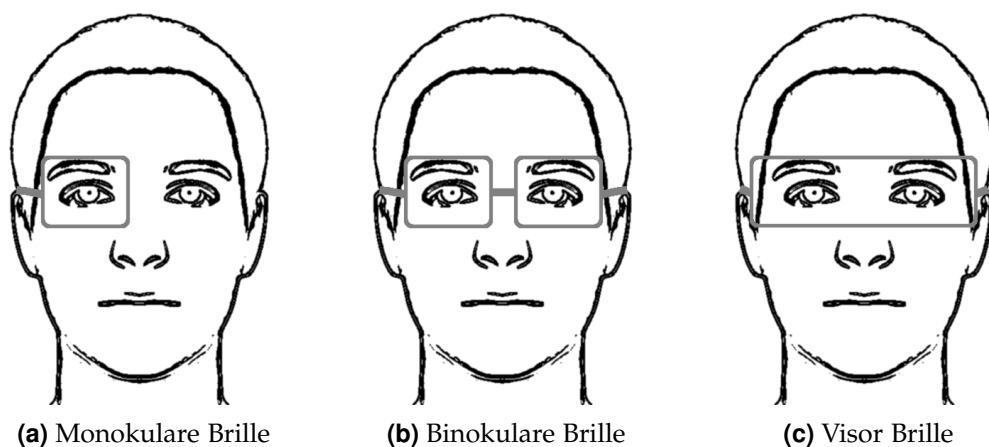


Abbildung 8.5 Eigene Darstellung: Übersicht der verschiedenen Arten an gezeichneten Brillen

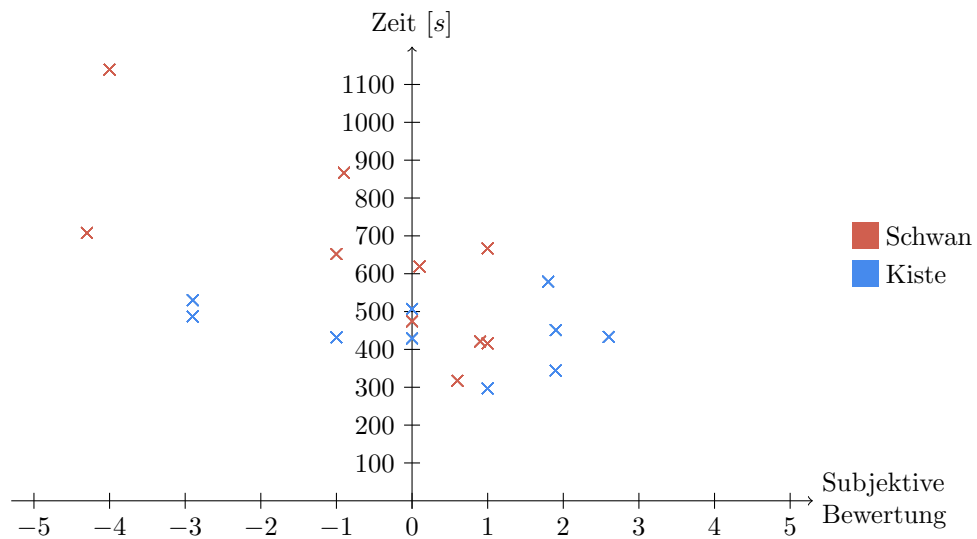


Abbildung 8.6 Eigene Darstellung: Verhältnis der Bewertung der Steuerung zur benötigten Faltzeit

großes Display, welches vor beiden Augen getragen wird, wobei zwei davon es ebenfalls mit Star Trek verglichen – diesmal mit dem Visor, den der Charakter Geordi La Forge trägt. Die meisten Probanden, die eine der monokularen Brillen gesehen, nicht jedoch getragen haben, zeichneten binokulare Brillen und begründeten es in der Regel damit, dass es ja ‚Datenbrille‘ heiße und deswegen wohl wie eine Brille aussehen müsste. Diejenigen, die noch keine Brille gesehen hatten, verteilten sich bei ihren Zeichnungen gleichmäßig auf monokulare und binokulare Brillen.

8.4.9 Sonstige Ergebnisse

Um zu ermitteln, ob die Steuerung der Brille einen negativen Einfluss auf die benötigte Faltzeit hat, wurden die steuerungsrelevanten Angaben der Probanden in den Freitextfeldern gewichtet und mit den Antworten auf die Fragen, wie sie die Tasten-, Gesten- und Sprachsteuerung fanden, verrechnet. Da es sich bei den Antworten um Freitext handelte, wurde auf einen Test der Signifikanz verzichtet. Eine gewisse Korrelation konnte jedoch sowohl nach Pearson (0,59) als auch nach Spearman (0,52) festgestellt werden. Abbildung 8.6 zeigt grafisch das Verhältnis der Bewertung der Steuerung zur benötigten Zeit auf der Datenbrille aus.

Eine generelle Untersuchung auf (Anti-)Korrelation zwischen den Antworten des zweiten Fragebogens und der benötigten Zeit wurde durchgeführt. Dabei existierte die stärkste Anti-Korrelation zwischen der Faltzeit für den Schwan und der Antwort auf die Frage 21 „Die Anzeige war scharf“ (1 = „stimme gar nicht zu“, 5 = „stimme sehr zu“). Probanden, die angaben, die Anzeige auf der Brille als scharf empfunden zu haben, benötigten also weniger lang zum falten des Schwans auf ebendieser (siehe Abbildung 8.7). Bei der Kiste trat diese Anti-Korrelation nicht auf.

Die restlichen (Anti-)Korrelationen waren entweder nicht ausgeprägt genug, um näher untersucht zu werden oder ergaben sich aus Kontrollfragen, sodass sie für diese Aufführung nicht von Relevanz sind.

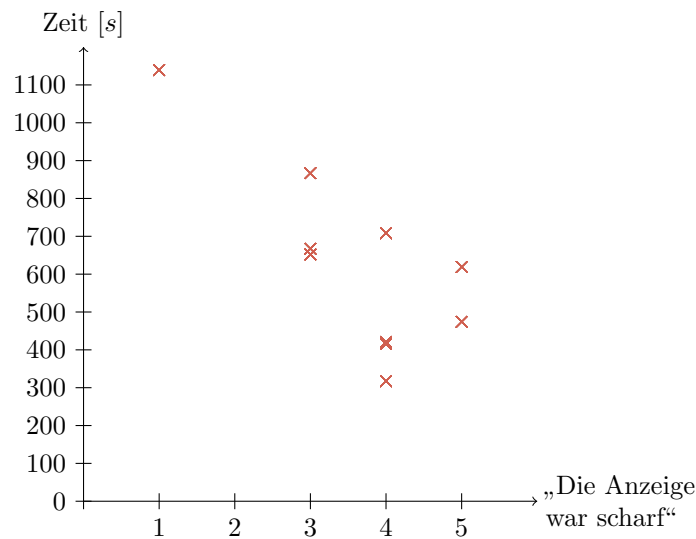


Abbildung 8.7 Eigene Darstellung: Bewertung der Schärfe der Anzeige im Verhältnis zur benötigten Faltzeit für den Schwan

8.4.10 Allgemeine Antworten im Fragebogen

Wie Abschnitt 8.3 und Anhang C zu entnehmen ist, wurden die Probanden in zwei Schritten befragt, einmal vor der Faltaufgabe und einmal danach. Dabei mussten sie mehrmals ankreuzen, wie sehr sie einer Aussage zustimmten. Die Skala reichte von 1 („stimme gar nicht zu“) bis 5 („stimme sehr zu“) und enthielt zudem noch „Weiß nicht“ als alternative Antwort. Im folgenden sollen einige der interessanteren Antworten vorgestellt werden. Dabei wird jeweils die Fragennummer in Klammern hinter der Beschreibung angegeben. Prä-X bezieht sich dabei auf die Multiple Choice-Fragen aus dem Prä-Test (Seite 1 des Fragebogens im Anhang), Post-X auf die Multiple Choice-Fragen, die nach dem Faltest ausgegeben wurden (Seite 2 des Fragebogens im Anhang). X steht dabei jeweils für die Nummer der Frage. Die App-spezifischen Aspekte, die am Ende des Post-Tests abgefragt wurden (Seiten 3 und 4 im Anhang), werden später diskutiert.

Kontrollfragen werden im Folgenden ignoriert, wenn sie die gleichen Stimmverteilungen als Ergebnis haben. Angaben von 1 und 2 wurden für die Auswertung generell als ‚stimmt der Aussage nicht zu‘ gezählt, 4 und 5 als ‚stimmt der Aussage zu‘. 3 wurde dabei als neutrales Element gewertet, auf das nur bei Bedarf näher eingegangen wird.

Nur drei der Befragten (15 %) fühlten sich über Datenbrillen gut informiert, 14 (70 %) hingegen gaben an, sich weniger gut über Datenbrillen informiert zu fühlen (Prä-1). Ebenfalls nur drei glaubten, die heutigen Einsatzgebiete von Datenbrillen zu kennen (einer davon hatte auf die erste Frage hingegen angegeben, sich nicht gut über Datenbrillen informiert zu fühlen) (Prä-2). Über die Hälfte (13, 65 %) schätzte Datenbrillen zudem als teuer ein (Prä-5). 13 (65 %) stimmten außerdem der Aussage weniger bis gar nicht zu, dass Datenbrillen in Zukunft Smartphones ersetzen könnten (Prä-6). Zehn Probanden (50 %) waren außerdem der Ansicht, dass Datenbrillen heute nur für Nischenanwendungen geeignet sind (Prä-8). Vier (20 %) von ihnen glaubten, dass Datenbrillen auch in Zukunft nur für Nischenanwendungen genutzt werden (Prä-9).

Die Aussage, dass bald jeder privat eine Datenbrille besitzen wird (Prä-10), lehnten sogar 75 % (15) der Befragten ab. Dass Datenbrillen bald aus dem Alltag nicht mehr wegzudenken sind (Prä-14) glaubte die Hälfte der Teilnehmer nicht, auch wenn elf Probanden (55 %) der Meinung waren, dass Datenbrillen den Alltag erleichtern können (Prä-15). 13 Probanden (65 %) gaben zudem an, dass sie sich von der Kamera in der Datenbrille beobachtet fühlen würden (Prä-13).

Zuletzt überlegte kein Teilnehmer ernsthaft, sich eine Datenbrille zuzulegen. Die höchste hier gegebene Antwort darauf, ob sie planen würden, sich eine Datenbrille zuzulegen, war zweimal der Wert 3 (10 %). Zwei Teilnehmer kreuzten „Weiß nicht“ an (10 %) und zwei weitere den Wert 2 (10 %). Die überwiegende Mehrheit (14 Probanden, 70 %) wählte 1.

Im Post-Test fand mit zwölf Stimmen die Mehrheit (60 %) die Brille nicht bequem zu tragen (Post-1). Über die Hälfte (jeweils elf (55 %)), fand jedoch, dass Text auf der Brille gut lesbar (Post-3) und Bilder klar erkennbar (Post-4) waren. 13 (65 %) fanden die Steuerung der M100 verständlich (Post-6), jedoch nur sechs (30 %) von ihnen empfanden sie auch als einfach (Post-7). 55 % fanden die Anzeige scharf (Post-21).

Eine Papieranleitung hätten lediglich drei (15 %) bevorzugt. Ebenfalls positiv wurde vermerkt, dass die Brille fast nie unangenehm warm wurde (Post-16) oder gesummt (Post-17) hat. Wärmeentwicklung meldeten zwei Testteilnehmer (10 %), Summen sogar nur einer (5 %). Die Aufgabenstellung empfanden 16 der Befragten (80 %) als verständlich (Post-18) und gaben an, dass sie ihr gut folgen konnten (Post-19). Die restlichen vier bewerteten beide noch immer mit 3 Punkten, sodass nahezu ausgeschlossen werden kann, dass jemand länger zum Falten benötigt, weil er nicht wusste, was zu tun war.

Insgesamt gaben 15 der 20 Probanden an (75 %), mit dem Tablet besser klargekommen zu sein, als mit der Datenbrille (Post-8, Post-14). Das die M100 über zu viele Steuerungsoptionen verfügt, fanden hingegen nur zwei (10 %) der Befragten (Post-13). Der Aussage, dass die Konzentration auf die Anzeige schwierig gewesen sei (Post-20), widersprachen zehn Teilnehmer (50 %), sechs (30 %) stimmten ihr jedoch zu. Im Vergleich dazu widersprachen jedoch 19 Probanden (95 %) der Aussage, dass die Konzentration auf die Anzeige des Tablets schwierig gewesen sei. Acht (40 %) gaben an, das andere Auge geschlossen zu haben, um sich besser auf die Anzeige der Datenbrille konzentrieren zu können (Post-23). Elf (55 %) weitere Teilnehmer widersprachen dieser Aussage.

Von der Datenbrille beim arbeiten behindert (Post-25) fühlten sich sechs der Befragten (30 %), während elf (55 %) damit keine Schwierigkeiten hatten. Die Antworten auf die Frage, ob die Bedienung der Datenbrille ihnen Schwierigkeiten bereitet hätte (Post-27), fielen sehr gleichmäßig aus. Jeweils acht Teilnehmer (40 %) gaben an, Schwierigkeiten gehabt zu haben bzw. keine Schwierigkeiten gehabt zu haben. Genauso viele meldeten, anfangs Schwierigkeiten mit der Bedienung gehabt zu haben (Post-28). Fünf von ihnen gehörten zu den elf (55 %), die fanden, dass die Bedienung mit der Zeit leichter wurde (Post-29). 13 (65 %) fanden die Arbeit mit der Datenbrille anstrengender als mit dem Tablet (Post-30), trotzdem hielten mit zwölf Stimmen die Mehrheit (60 %) aller Befragten Arbeitsanweisungen für ein passendes Einsatzgebiet für Datenbrillen (Post-32).

Tabelle 8.7 Bewertung der Brillensteuerung

	gut	ungenau	nicht genutzt
Tastensteuerung	12	2	6
Gestensteuerung	1	16	3
Sprachsteuerung	8	6	6

Insgesamt hielt sich die Begeisterung der Probanden für Datenbrillen auch nach dem Test eher in Grenzen, auch wenn von einer direkten Ablehnung nur bedingt gesprochen werden kann. Auf die Frage, ob sie gerne wieder mit einer Datenbrille arbeiten würden (Post-26), äußerten sich nur vier (20 %) positiv, jedoch auch nur sechs (30 %) negativ.

Als Letztes wurden die Probanden zu der App und ihrer Nutzung befragt. Die relevanten Ergebnisse sollen im Folgenden betrachtet werden.

Tabelle 8.7 zeigt auf, wie die einzelnen Steuerungsarten der Brille bewertet wurden. Dabei fällt auf, dass die Gestensteuerung von 85 % der Testteilnehmer ausprobiert, jedoch von fast allen (94 %) als „ungenau“ empfunden wurde. Die Sprach- und Tastensteuerungen wurden nur von 70 % der Probanden ausprobiert, dafür jedoch besser bewertet. Die Sprachsteuerung wurde von 57 % derjenigen, die sie ausprobiert hatten, als „gut“ empfunden, die Tastensteuerung sogar von 86 %.

Die Darstellung auf einem Auge wurde von zehn der Teilnehmer (50 %) als negativ empfunden, von zwei (10 %) eher neutral und von acht (40 %) positiv.

An der M100 selbst wurde die Möglichkeit der freihändigen Bedienung gelobt, sowie die Tatsache, dass der Träger die Anzeige immer direkt vor Augen hat. Außerdem wurde das Design mehrmals lobend erwähnt.

Negativ wurden Gestensteuerung, Gewicht und der zu kleine Bildschirm gewertet. Zwei Probanden klagten nach dem Versuch über Kopfschmerzen, einer von diesen sowie ein dritter über Augenschmerzen. Ein weiterer Proband gab an, nach Nutzung der Datenbrille Probleme damit zu haben, den Text des Post-Fragebogens zu lesen, obwohl er den Prä-Bogen noch problemlos lesen konnte. Ein Teilnehmer konnte zudem den auf der Brille dargestellten Text nicht lesen, selbst als die generelle Textgröße in den Android-Einstellungen größer gestellt wurde. Anwesende Dritte, die den Versuch beobachteten, setzten daraufhin die M100 ebenfalls einmal auf, hatten jedoch keinerlei Probleme, den Text zu erkennen. Der Versuch wurde auf Wunsch des Teilnehmers trotzdem nicht abgebrochen – er arbeitete dann ausschließlich nach den Bildern. Trotzdem war er nicht langsamer als der Durchschnitt.

Nach den Faltversuchen wurden die Teilnehmer noch einmal explizit gefragt, ob sie sich eine Datenbrille kaufen würden. 18 kreuzten ‚Nein‘ an, ein einzelner sowohl ‚Ja‘ als auch ‚Nein‘ und schrieb dazu. ‚Ja‘ für sein Unternehmen, ‚Nein‘ für sich privat. Ein Teilnehmer kreuzte ‚Weiß nicht‘ an. Als Gründe nannten 15 Probanden, dass sie für sich keine Anwendungsfälle sehen würden bzw. es keine passenden Apps für sie gibt. Drei nannten den Preis als (zusätzlichen) Hinderungsgrund. Nicht ausgereifte Technik, unscharfes Display und fehlende gesellschaftliche Akzeptanz wurden jeweils einmal genannt.

Um ihr Kaufinteresse zu steigern, wünschten sich die Nutzer vor allem sinnvolle Anwendungen, einen größeren Bildschirm, einen höheren Tragekomfort, eine längere Akku-Laufzeit, einen niedrigeren Preis sowie eine bessere Kompatibilität zu normalen Brillen. Einige würden die Brille außerdem gerne wie eine Smartwatch mit ihrem Smartphone verbinden, um sie als alternatives Display zu nutzen. Auch die Steuerungsmöglichkeiten sollten verbessert werden. Zwei Probanden wünschten sich zudem eine binokulare Darstellung und ein weiterer wollte eine Datenschutzerklärung des Herstellers, dass seine Daten auf der Brille auch sicher sind.

Einsatzgebiete sahen die Teilnehmer vor allem bei der Anzeige von Anleitungen, seien es nun Reparaturanleitungen für den KFZ-Mechaniker, Kochrezepte in der Küche, Bauanleitungen oder sonstige Anleitungen in der Produktion oder Fertigung oder für Techniker im Außendienst. Auch der Einsatz im Lager (Pick-by-Vision), als Navigationsgerät, zur Überwachung und Steuerung von Maschinen sowie als Anzeigegerät für allgemeine Notizen wie Einkaufszettel wurden mehrmals genannt. Jeweils einmal genannt wurden Videochat, die Anzeige genereller Informationen und Retoure.

Ob ein Proband die Werkzeug-Seite gelesen hatte, konnte, wie bereits erwähnt, an der Figur des Schwans überprüft werden. Insgesamt nahmen sich nur 12 der Teilnehmer (60 %) die Zeit, diese erste Seite zu lesen.

Auf dem Tablet wurde zudem beobachtet, ob die Probanden die Details nutzten oder nicht. Auf der Datenbrille konnte das leider nicht überprüft werden, da die Nutzer durch Probleme mit der Gestensteuerung oftmals ungewollt in die Details navigierten und außerdem von außen nicht nachvollziehbar war, auf welcher Seite sie sich gerade befanden. Auf dem Tablet hingegen war eine Beobachtung möglich. Das Ergebnis war, dass von den 20 Testteilnehmern elf (55 %) die Details auf dem Tablet nicht genutzt haben. Wurden sie nach dem Ende des Tests darauf angesprochen, begründeten sie es entweder damit, kein Bedarf an genaueren Anleitungen gehabt zu haben oder vergessen zu haben, dass die Details überhaupt existierten, selbst wenn sie das Symbol in der Ecke wahrgenommen haben.

Sowohl auf dem Tablet als auch der Datenbrille konnte zudem beobachtet werden, dass die Nutzer zu Beginn jedes Schrittes kurz innehielten, um die Anleitung zu lesen und erst danach begannen, sie auszuführen. Auch waren sie mit dem Tablet ‚gesprächiger‘ und lasen beispielsweise einzelne Schritte laut vor oder kommentierten die Anweisungen. Sobald sie die Brille trugen, wurden die Probanden jedoch merklich schweigsamer. Wenn sie nach Beendigung beider Versuche danach gefragt wurden, konnten sie sich nicht daran erinnern, ‚mit dem Tablet‘ mehr gesprochen zu haben als ‚mit der Brille‘, vermuteten jedoch, dass ihr Schweigen an der Sprachsteuerung der M100 liegen könnte.

Auch die Meinung der Probanden zu den einzelnen Teilbereichen der App wurde abgefragt. Wenn die angekreuzten Angaben als Punkte gewertet würden, würde die Arbeitsplan-App auf ihre verschiedenen Bereiche die folgenden Punkte bekommen:

Allgemeiner Aufbau der Ansicht:	3,9
Möglichkeit, zwischen mehreren Steuerungen zu wählen:	3,9
Detail-Unterseite:	3,5
Detail-Icon:	2,9
Bildgröße:	3,1
Textgröße:	3,5

„Weiß nicht“-Angaben wurden dabei herausgerechnet. Das mögliche Maximum war jeweils 5 Punkte.

Die Probanden schienen insgesamt also zufrieden mit der App zu sein. Einzig die Icons und Bilder würden sie gerne größer haben. Das hat sich auch in den Antworten auf die Frage, was an der App noch verbessert werden könnte, widerspiegelt.

Zuletzt wurden die Probanden gefragt, was sie davon halten würden, wenn die Steuerung für einzelne Schritte beschränkt wäre (wie in der realen App, bei welcher in den Daten festgelegt wird, welche Steuerungsmöglichkeiten für den jeweiligen Schritt zugelassen sind). Sieben (35 %) fanden die Idee, bezugnehmend auf Ausnahmefälle, beispielsweise Arbeiten an lauten Maschinen, gut. Fünf (25 %) äußerten sich neutral, fanden es „vom Anwendungsfall abhängig“ oder knüpften es an die Bedingung, dass alle Steuerungsarten gleich gut funktionieren müssten. Die restlichen acht (40 %) waren dagegen, entweder mit der Begründung, dass der Anwender selbst entscheiden können sollte, welche Steuerung er bevorzugt (6), oder nannten gegenläufige Ausnahmefälle (z. B. eine laute Maschine unabhängig vom eigenen Arbeitsschritt, welche den erfolgreichen Einsatz der Sprachsteuerung verhindert), aufgrund derer sie es für eine schlechte Idee hielten.

8.4.11 Hinweise zur Durchführung der Evaluation

Im Idealfall wäre es möglich gewesen, jeden Probanden beide Figuren sowohl auf dem Tablet als auch der Brille falten zu lassen, um bei einem Probanden die Zeiten der gleichen Figur auf beiden Geräten vergleichen zu können. Jedoch würden die Lerneffekte, die beim zweiten Falten der gleichen Figur auftreten würden, das zweite Messergebnis stark verfälschen. Für das Falten des Schwans und der Kiste kann die Befürchtung eines Lerneffekts jedoch entkräftet werden, da beide Figuren in etwa gleich schwer zu falten sind und die konkreten Arbeitsschritte sich deutlich unterscheiden. Somit geht die Autorin davon aus, dass der Erfahrungsgewinn durch das Falten der ersten Figur nur einen sehr geringen Effekt auf das Falten der zweiten Figur hat. Prinzipiell ist kann auch hier nicht ausgeschlossen werden, dass bereits das zweite Falten einer anderen Figur den Probanden wesentlich leichter fällt und entsprechend in einer kürzeren Bearbeitungszeit resultiert. Auf eine Gegenprobe zur Elimination dieses potenziellen Einflusses des Lerneffekts, indem eine weitere Gruppe von Probanden die erste Figur mithilfe der Brille und die zweite mithilfe des Tablets faltet, konnte jedoch verzichtet werden, da das Resultat dadurch nur noch mehr zu Ungunsten der Datenbrille ausgefallen wäre.

Die statistische Analyse wurde in dieser Arbeit exemplarisch vorgeführt. Für aussagekräftigere Ergebnisse würden unter anderem mehr zufällig ausgewählte Probanden, mehr Zeit, sowie ein Doppelblindtest und psychologische Modelle benötigt. Dies hätte jedoch den Rahmen dieser Arbeit gesprengt.

Die Methodologie wäre jedoch auch bei einer größeren Stichprobe gleich geblieben.

Es sei an dieser Stelle außerdem noch einmal darauf hingewiesen, dass die fehlende Möglichkeit H_0 abzulehnen nicht die Ablehnung von H_1 impliziert.

Es muss beachtet werden, dass Korrelation keine Kausation impliziert. Zwei korrelierende Zufallsgrößen sind nicht notwendig direkt kausal verbunden, sondern könnten auch eine gemeinsame dritte Ursache haben²⁴⁴. Die voreilige Unterstellung eines kausalen Zusammenhangs aufgrund der Korrelation wird auch als der logische Fehlschluss *cum hoc ergo propter hoc* (lateinisch für: mit diesem, folglich deswegen) bezeichnet. Dennoch ist man in allen Anwendungsbereichen, die sich nicht allein auf zugrundeliegende Gesetzmäßigkeiten zurückführen lassen, sondern stark mit dem Menschen zu tun haben, auf das Heranziehen von statistischen Zusammenhängen als Bewertungsgrundlage angewiesen. Dies trifft insbesondere auf den Bereich der Mensch-Maschine-Interaktion zu.

8.5 Eigene praktische Erfahrungen mit der Datenbrille

Die Steuerung der M100 ist verbesserungsbedürftig. Es war viel Übung nötig, um zu verstehen, wie die Gestensteuerung am besten bedient werden kann. Auch dann funktionierte die Steuerung nicht problemlos, denn von den sechs theoretisch vorhandenen Gesten (hoch-/runter, vor/zurück, hin/weg) wurden nur vier halbwegs sicher erkannt. Die hoch- und runter-Gesten werden trotz langsamer, gezielter Bewegung von der Brille regelmäßig als zurück- bzw. vor-Geste interpretiert. Dafür reagierte der Gestensensor manchmal auch auf Bewegungen im Hintergrund, die nur zufällig stattfanden. Beispielsweise wurden die sich bewegend Blätter einer Topfpflanze und ein Türrahmen, durch den der Träger ging, als Gesten interpretiert. Festzuhalten ist allerdings, dass der Gestensensor auch im dunklen funktioniert (fensterloser Raum, Licht ausgeschaltet und Tür geschlossen).

Zwischen den einzelnen Modellen der M100 existieren qualitative Unterschiede. Eine der beiden bei der Eridea vorhandenen Brillen wurde aufgrund eines defekten Gestensensors ausgetauscht. Im Vergleich zwischen dem Austauschmodell und der zweiten Brille konnten ebenfalls erhebliche Unterschiede in der Funktionsfähigkeit des Gestensensors festgestellt werden.

Das Haupthindernis der Sprachsteuerung ist die begrenzte Anzahl an verstandenen Begriffen und dass die Brille diese Worte teils zu gut versteht. Hierzu wurde ein Versuch durchgeführt, um zu testen, wie gut die Brille mit Umgebungslärm umgehen kann. Ein Rasenmäher mit 70 Dezibel behinderte die Brille nicht, auch wenn der Träger das Geräusch als unangenehm und störend empfand. Mit der deutschsprachigen Tagesschau als Störgeräusch im Hintergrund hatte die Brille hingegen mehr Probleme. Die ersten traten bei gemessenen 50 Dezibel auf und ab 70 Dezibel verstand die Brille Befehle regelmäßig nicht mehr oder griff einzelne Wörter aus dem Fernsehbericht auf, die sie interpretierte. In einem Versuch mit einem englischsprachigen CNN-Bericht als Störgeräusch war die Sprachsteuerung bei 50 Dezibel schon unzuverlässig und ab 65 Dezibel hat sie regelmäßig fälschlich auf Worte aus dem Bericht reagiert.

²⁴⁴ vgl. Eid, Gollwitzer und Schmitt, *Statistik und Forschungsmethoden*, S. 94 f.



Abbildung 8.8 Weißer Farbverlauf

Dass die Brille nicht weiß, auf wessen Stimme sie reagieren soll, fiel auch auf, als ein Kollege während eines Tests der App der Brille von außen Befehle gab, indem er sich etwa einen Meter entfernt hinter den Träger stellte und mit etwas lauterer Stimme ein paar willkürlich gewählte Befehle sprach.

Hinzu kommt, dass Vuzix kontaktiert werden musste, um eine Liste der unterstützten Sprachbefehle zu erhalten. Doch die erhaltene Liste war nicht korrekt. So wurden beispielsweise die Worte „up“, „down“, „left“ und „right“ nicht von der *Navigation*-Sprachbibliothek unterstützt, obwohl sie in der Liste stehen.

Um den Bildschirm zu testen wurden Grafiken auf die Brille geladen, die verschiedene, heller werdende Schattierungen der gleichen Farbe darstellten. Hierbei fiel auf, dass speziell helle Farben, die auf einem normalen Bildschirm mit bloßem Auge problemlos unterscheidbar sind, auf der Vuzix M100 nicht differenzierbar sind. Gelb und Hellgrau/Weiß sind hier besonders anfällig. Abbildung 8.8 zeigt beispielhaft den hellgrau/weißen Farbverlauf, der auf der Brille einheitlich weiß erschien. Die hier sichtbare schwarze Umrandung war nicht Teil der originalen Grafik, sondern dient lediglich der Abgrenzung des weißen Teils vom umgebenden Papier. Auch der in den Abbildungen 7.5 und 7.6 erkennbare grau-weiße Farbverlauf im Hintergrund der App war auf der M100 absolut nicht erkennbar. Dies deckt sich auch mit den Beobachtungen mancher Probanden, die Probleme hatten, die hellgelben Pfeile auf dem dunkelgelben Origami-Papier in der Anleitung der Kiste (Anhang D.2) zu erkennen. Wurde die Bildschirmhelligkeit manuell heruntergesetzt, war der Bildschirm so dunkel, dass Arbeiten für die Augen anstrengend wurde. Positiv muss allerdings angemerkt werden, dass der Bildschirminhalt auch bei schwierigeren Lichtverhältnissen (Gegenlicht, Dunkelheit) gut erkennbar bleibt.

Da die Bildschirmauflösung relativ gering ist, waren die einzelnen Pixel bei vertikalen, 1-Pixel-dicken Linien wahrnehmbar.

Schrift ist auf dem Display ab einer Größe von 9 Pixeln erkennbar. Das ist für die Augen jedoch anstrengend, da sie nicht sonderlich scharf erscheint. Problemlos lesbar wird sie speziell bei längeren Texten erst ab einer Schrifthöhe von 11 Pixeln oder mehr.

Laut Vuzix beträgt die Laufzeit der M100 2 Stunden bei aktivem Display und 1 Stunde bei aktivem Display mit laufender Kamera und hoher CPU-Belastung²⁴⁵. Um ersteres zu testen, wurde die Brille getragen und per Sprachbefehl das Hauptmenü dauerhaft durchrotiert, um ein Ausschalten des Bildschirms zu verhindern (dafür wurde der Sprachbefehl „Scroll left“ genutzt, der das Menü endlos nach links durchscrollt). Nach annähernd 1:45 Stunden erschien eine Warnmeldung, dass nur noch 20 % Akkuladung vorhanden sei. Schon Minuten später erschien die Meldung, dass die Akkuladung nur noch 5 % betragen würde, woraufhin sich die Brille herunterfuhr. Die Akku-Laufzeit wurde außerdem bei aktivem Display und aktiver Kamera getestet. Hier ergab sich lediglich eine Laufzeit von genau 30 Minuten, bevor sich die Brille aufgrund der niedrigen Akkuladung selbstständig ausschaltete. Mit dem mitgelieferten externen Akku konnte die Laufzeit erheblich verlängert werden. Wurde nur durch das Menü gescrollt hielt der Akku etwa 5:55 Stunden, bei aktiver Kamera lieferte er immerhin noch für fast 1:40 Stunden Strom.

Aufgrund des erheblichen Zeitaufwandes, den diese Tests darstellten (Brille und ggf. Akku mussten geladen werden und konnten während der Entladung nicht anderweitig genutzt werden) wurden sie jeweils nur einmal durchgeführt.

Der Tragekomfort der Brille muss als schlecht bezeichnet werden. Da sich die M100 nur auf einer Seite des Brillengestells befindet, wird diese Seite stärker belastet, sodass sowohl der Nasenbügel als auch der Ohrbügel auf dieser Seite zu drücken beginnen. Im Eigenversuch wurde der Druck auf das Trägerohr nach vier Stunden als schmerzhaft empfunden. Nach sechs Stunden musste der Versuch abgebrochen werden, weil der Druck zu schmerzhaft wurde. Für Personen mit kleinerem Kopf kommt hinzu, dass das mitgelieferte Brillengestell zu groß ist, sodass ihnen die Brille dauerhaft leicht schief vor dem Auge hängt. Darüber hinaus besteht die Gefahr, dass die M100 durch ihr Eigengewicht herunterrutscht, wenn der Träger den Kopf nach unten hält. Gleiches gilt, wenn sich der Träger der Brille viel bewegt, etwa beim Gehen. Die mitgelieferte Schutzbrille konnte in dieser Hinsicht nicht getestet werden, da sie mehreren ausgewählten Personen zu groß war. Wurde die M100 auf dieser befestigt, war der Bildschirm nicht mehr zu erkennen, da er sich außerhalb des Sichtfeldes befand.

Eine Befestigung auf anderen Brillen ist nur dann möglich, wenn diese über entsprechend breite Bügel verfügen, sodass die Haltevorrichtung der M100 darauf befestigt werden kann. Ansonsten rutscht sie während der Benutzung und läuft Gefahr, herunterzufallen, wenn der Träger den Kopf senkt.

Im ausgeschalteten Zustand ist die M100 kein großes Sichthindernis, da der Bildschirm sich eher am oberen Rand des Sichtfeldes befindet und somit die meiste Zeit problemlos darunter durchgeschaut werden kann. Das Lesen längere Texte an einem Bildschirm wird nicht behindert.

Beim Programmieren fiel auf, dass von den sechs Funktionen der Gestensteuerung (vgl. Quellcode 7.2) von Android Studio nur vier per Autovervollständigung geladen wurden, während Eclipse alle sechs dem Code hinzufügte.

Dass die alte Android-Version ein Hindernis darstellt, zeigte sich am Ende der Entwicklungsphase, als die Arbeitsplan-App auf einer zweiten M100 installiert werden sollte. Da die App

²⁴⁵ Vuzix Corporation, *Vuzix M100 Smart Glasses Hands-Free Mobile Computing*.

ZXing als Barcodeleser verwendet wurde, sollte diese zuerst auf der Brille installiert werden. Der Google PlayStore, aus welchem ZXing für die erste Brille geladen und installiert worden war, hatte zwischenzeitlich jedoch die Unterstützung für die auf den Brillen installierte Version des Android-Browsers eingestellt. Eine neuere Version des Browsers gab es für die M100 nicht und andere Browser konnten zwar installiert werden, stürzten aber entweder beim Start ab oder waren nicht bedienbar. Die PlayStore-App ließ sich zwar installieren, startete jedoch – wie auch alle anderen Google Dienste – auf der Brille nicht.

8.6 Ergebnis

Als Datenbrille der ersten Generation hat die Vuzix M100 noch viele Schwächen. Durch die ungleiche Gewichtsverteilung drückt die Brille auf die Nase und das tragende Ohr, was bei längerer Nutzung zu Schmerzen führen kann. Kopf- und Augenschmerzen können sogar schon nach wenigen Minuten der Nutzung auftreten. Die Steuerung ist oftmals unzuverlässig. Das trifft insbesondere auf die Gestensteuerung zu, mit der auch fast alle Testpersonen Probleme hatten. Dabei kam es vor, dass die gleiche Geste dreimal problemlos funktionierte, beim vierten Mal jedoch plötzlich nicht mehr, ohne dass der Träger sie erkennbar anders ausgeführt hätte.

Die getestete Arbeitsplan-App selbst kam bei den Nutzern insgesamt gut an. Der größte Kritikpunkt war die Größe der einzelnen Elemente, jedoch ist es aufgrund des kleinen Bildschirms nicht möglich, sowohl den Platz für die Grafiken als auch die Icons zu vergrößern. Mit der nächsten Generation der Datenbrillen, die alle über größere Displays als die M100 verfügen, wird sich dieses Problem allerdings von selbst lösen. Ob diese neuen Displays auch Fortschritte bei der Darstellung von Farbunterschieden bringen werden, ist zum aktuellen Zeitpunkt nicht bekannt. Auf Dauer ist aber davon auszugehen, dass zumindest VST-Displays sich in diesem Zusammenhang verbessern werden.

Dabei bleibt jedoch das fundamentale Problem erhalten, dass das Display einer Datenbrille – vor allem die VST-Displays – mit der Realität um das Gesichtsfeld des Trägers konkurrieren.

Bei der Frage, was die Probanden davon halten würde, wenn ihnen für jeden Schritt eine Steuerungsoption vorgegeben würde, teilten sich die Meinungen relativ gleichmäßig. Sieben waren dafür, fünf neutral und acht dagegen. Einer der fünf Neutralen meinte, dass es eine gute Idee wäre, jedoch voraussetzen würde, dass alle drei Steuerungen gleich gut funktionieren.

Die Gestensteuerung wurde von den meisten Testteilnehmern ausprobiert, jedoch in fast allen Fällen als ‚ungenau‘ bewertet. Eine generelle Beobachtung der Probanden während der Versuchsdurchführung kam außerdem zu dem Ergebnis, dass diese sich in der Regel auf zwei Steuerungsmöglichkeiten beschränkten, selbst wenn sie alle drei ausprobierten. Eine davon etablierte sich als die persönlich bevorzugte, in der Regel die Gesten- oder Sprachsteuerung, die andere als Alternative, wenn die erste nicht funktionierte. Ein Proband, dessen Alternative die Knöpfe waren, bezeichnete diese als die „Notfall-Knöpfe“, die er eigentlich nicht nutzen wollte, da Datenbrillen ja freihändig bedienbar sein sollen, auf die er jedoch immer zurückgriff, wenn er mit seiner bevorzugten Steuerung, der Sprachsteuerung, nicht weiter kam.

In Abschnitt 3.2.6 wurde bereits das Ergebnis der Bitkom-Befragungen bezüglich des Interesses an Datenbrillen aus den Jahren 2013 und 2015 vorgestellt. Danach hätte es viele private Interessenten für Datenbrillen gegeben. Dieses Ergebnis konnte nicht bestätigt werden. Von den 20 Probanden war kein einziger daran interessiert, sich privat eine Datenbrille zuzulegen. 75 % begründeten es damit, für sich keine Anwendungsmöglichkeiten zu sehen.

Dieses Ergebnis ist im Fall dieser Befragung besonders schwerwiegend, da die Stichprobe überdurchschnittlich viele Informatik-Studenten (relativ jung, männlich, Technik-affin) enthielt, die bei vergleichbaren Technologien eher als die Early Adopters angesehen werden²⁴⁶.

Dafür konnten die Ergebnisse der in den Abschnitten 5.4 und 5.5 vorgestellten BAUA-Studien *Head-Mounted Displays — Bedingungen des sicheren und beanspruchungsoptimalen Einsatzes: Physische Beanspruchung beim Einsatz von HMDs* und *Head-Mounted Displays — Bedingungen des sicheren und beanspruchungsoptimalen Einsatzes: Psychische Beanspruchung beim Einsatz von HMDs* bestätigt werden. Auch im Versuch dieser Arbeit benötigten die Probanden auf der Datenbrille im Schnitt länger für die gleiche Aufgabe, als auf dem Tablet. Basierend auf all diesen Ergebnissen kann nicht empfohlen werden, Datenbrillen wie die M100 für die Anzeige von Arbeitsplänen zu nutzen.

Die Ergebnisse zu den Hypothesen aus Abschnitt 8.1 sind:

1. Die Nutzung der Datenbrille hat den Teilnehmern die Aufgabe nicht erleichtert, sondern durch die Steuerung und den kleinen Bildschirm eher behindert
2. Entsprechend war ein schnelleres Arbeiten nicht möglich. Die benötigte Zeit mit der Datenbrille war höher als mit dem Tablet
3. Vorerfahrungen mit einer Datenbrille führten nicht zu einer verkürzten Arbeitszeit
4. Das Alter hat keine Auswirkung auf die Performanz. Die Auswirkung des Geschlechts ist unklar
5. Die meisten Probanden hatten schon einmal eine monokulare Datenbrille gesehen
6. Die wenigsten Probanden hatten zuvor eine Datenbrille getragen
7. Niemand war daran interessiert, sich privat eine Datenbrille zuzulegen

Von den sieben in Abschnitt 8.1 aufgestellten Thesen mussten vier zurückgewiesen (1, 2, 3, 7) und eine als fragwürdig angesehen werden (4). Die verbleibenden zwei (5, 6) konnten im Zuge der Evaluation bestätigt werden.

²⁴⁶ vgl. Bopp, *Medialphysische Wirklichkeiten*, S. 51 f.

9 Zusammenfassung der Ergebnisse

Wie in dieser Arbeit bisher darlegt wurde, sind die Einsatzmöglichkeiten von Datenbrillen zum aktuellen Zeitpunkt noch stark beschränkt.

Dies begründet sich zum einen in der Technik, welche in der neuen Generation der Datenbrillen zwar erheblich verbessert wurde, aber noch immer darauf ausgelegt ist, im Innenbereich getragen zu werden. Somit kann ein Einsatz in Außenbereichen – oder auch in Innenbereichen, in denen vergleichbare Umweltbedingungen herrschen, wie eine hohe Staubbelastung, Luftfeuchtigkeit oder Temperatur – nicht empfohlen werden. Auch wenn damit gerechnet werden muss, dass die Datenbrille Schlägen und stärkeren Erschütterungen ausgesetzt ist, ist ihr Einsatz nicht empfehlenswert, da es noch keine speziellen ‚Outdoor-Smart Glasses‘ gibt. Hinzu kommt die Akku-Laufzeit, die durch eine aktive Kamera (ggf. auch mit der zusätzlichen Belastung einer AR-Berechnung) noch einmal verkürzt wird. Hier dürften auch bei den neuen Modellen externe Akkus unumgänglich sein.

Die Steuerung hängt ebenfalls stark mit der Umgebung zusammen. Laute Geräusche können die Sprachsteuerung unmöglich machen, Arbeitshandschuhe hingegen können die Verwendung von Touchpads und das Erfühlen kleiner Hardware-Knöpfe verhindern. Auch filigrane Handgesten können mit Handschuhen eventuell nicht mehr ausgeführt werden.

Generell sollte versucht werden, die benötigte Nutzerinteraktion auf ein Minimum zu beschränken, um den Träger nicht unnötig von seiner eigentlichen Aufgabe abzulenken. Die Eingabe längerer Texte sollte komplett vermieden werden. Was den Inhalt der Anzeige betrifft, sollte berücksichtigt werden, dass die Träger wahrscheinlich ihre Tätigkeit unterbrechen werden, während sie ihn aufnehmen. Das kann, speziell bei längeren Inhalten, zu einer Ablenkung von der Dauer von mehreren Sekunden führen, während der die Träger nicht auf ihre Umgebung achten, sondern nur auf Dinge, die nur sie sehen. Dieser Effekt kann unter Umständen zu einer ernsten Gefährdung führen.

Es darf zudem nicht vergessen werden, dass die Datenbrille auch direkte Auswirkungen auf ihren Träger hat, die durchaus schwerwiegend sein können. Sowohl die Untersuchungen von Theis et al. und Wille als auch die im Zuge dieser Arbeit durchgeführte Studie konnten belegen, dass Datenbrillen bei ihren Trägern Kopf- und Augenschmerzen sowie zumindest ein leichtes Verschwimmen des Blickfeldes bewirken können.

In Zukunft könnten spezialisierte Brillen ein weiteres Mittel zur Inklusion von Menschen mit Behinderung in Unternehmen sein.

Für die Aufteilung der Anzeige einer Arbeitsplan-App kann keine generelle Empfehlung ausgesprochen werden. In der Evaluation wurden Text und Bilder in etwa gleich stark beachtet, auch wenn manche Probanden persönliche Präferenzen hatten. Existieren einzelne Hinweis-Seiten vor Beginn der eigentlichen Aufgabe, im Fall dieser Evaluation die Werkzeug-Seite, sollten diese hervorgehoben werden, damit die Nutzer sie nicht übersehen oder einfach überspringen. Alternativ wäre zu überlegen, eine solche Seite nicht als Extra zu sehen, sondern sie direkt in den eigentlichen Ablauf zu integrieren. Im Fall der Arbeitsplan-App sollte anstelle einer eigenen Werkzeug-Seite, welche die Werkzeuge auflistet, der ersten Schritt

zu „Werkzeuge bereitlegen“ geändert und nach Möglichkeiten mit einem passenden Bild versehen werden. Für die Sicherheitshinweis-Seite wäre genauso zu verfahren.

Spezielle Detail-Seiten können bei Bedarf vorgesehen werden, wobei in diesem Zusammenhang sichergestellt werden sollte, dass die Details wirklich nur Zusatzinformationen sind, ohne welche die Aufgabe ebenfalls erfüllt werden kann, da sie zumindest in dieser Evaluation von über der Hälfte der Probanden nicht genutzt wurden.

Sollen in bestimmten Teilen der App nicht alle Steuerungsarten zur Verfügung gestellt werden, muss auf jeden Fall sichergestellt werden, dass die gewählten Steuerungsarten entweder genauso gut funktionieren wie die deaktivierten, und dass mindestens eine nutzbare Alternative zur Verfügung steht, wenn die ‚empfohlene‘ Steuerungsart nicht genutzt werden kann.

Fragestellungen, die vor dem Einsatz von Datenbrillen geklärt werden sollten, wurde bereits in Kapitel 6 vorgestellt. Diese Liste wird um die Punkte ‚Gefährdungspotenzial‘ und ‚Stromversorgung‘ erweitert:

- Erwartete Verbesserungen, die durch den Einsatz von Datenbrillen entstehen sollen
- Art und Menge/Größe der anzuzeigenden Daten, um die benötigte Art und Größe des Displays zu bestimmen
- Häufigkeit und Komplexität von Nutzereingaben, um die Steuerung festzulegen
- Umgebung des Einsatzgebietes (Feuchtigkeit, Licht, Umgebungslautstärke, Akkulademöglichkeiten), um weitere Anforderungen an die Hardware und Steuerung zu identifizieren
- Bedarf an längerer Kameraaktivität und/oder starker Rechenleistung, um zu überprüfen, wie Lademöglichkeiten/Stromversorgung (direkte Versorgung über Ladekabel bzw. externer Akku) bereitgestellt werden können
- Ausgeführte Tätigkeiten, um zu verhindern, dass der Träger gegen geltendes Recht verstößt
- Gefährdungspotenzial, sollte der Nutzer sich voll auf die Datenbrille konzentrieren und etwa ein Auge schließen
- Anwesenheit nicht zum Unternehmen gehörender Dritter, die sich von der Datenbrille beobachtet fühlen könnten
- Dauer des Einsatzes, um Maßnahmen zu ergreifen, damit die Belastung des Trägers minimiert werden kann

Aufgrund der im Rahmen dieser Arbeit durchgeführten Untersuchung, der von Theis et al. und Wille vorgestellten Ergebnisse, sowie der derzeit gegebenen, technischen Beschränkungen, kann eine Empfehlung für bestimmte Einsatzbereiche von Datenbrillen zum aktuellen Zeitpunkt nicht ausgesprochen werden.

Eine Weiterentwicklung der Technik vorausgesetzt, könnten sich folgende Einsatzgebiete in Zukunft ergeben:

- Pick-by-Vision
- Wartung und Inspektion von Maschinen
- Tourismus
- Fernwartung
- Telemedizin
- Inklusion von Behinderten

10 Zukunftsaussichten

10.1 Tourismus

Ein Versuch, AR in Museen zu nutzen, wurde im Louvre bereits erfolgreich durchgeführt. Dafür wurde eine AR-App entwickelt, die den Nutzer durch das Museum führt und Informationen zu den Gemälden einblendet. Für dieses Projekt wurde eine Art von einfachem, selbstgebauten Tablet-PC und kein HMD verwendet, da „existing Head Mounted Displays and the requirement to avoid the feeling of a science museum do not go well together“²⁴⁷. Datenbrillen existierten zu Projektbeginn 2005 noch nicht und standen somit nicht zur Auswahl.

Für den Einsatz in Außenbereichen wurde bereits 2001 Archeoguide vorgestellt. Dieses auch mit HMDs funktionierende System wurde für AR-Touren entwickelt und in den Ruinen von Olympia getestet. Da HMDs jedoch nur Anzeigegeräte sind, mussten die Touristen einen Rucksack mit einem Laptop mit sich führen, der die GPS-Ortung, die Berechnung der Anzeige sowie das Abspielen von Audiodaten übernahm. Wenn ein Nutzer nun durch das HMD auf eine Ruine blickte, wurde diese aufgrund von GPS und Bilderkennung von dem System identifiziert und mit einer computergenerierten AR-Simulation des originalen Gebäudes überlagert²⁴⁸.

Dies sind nur zwei Beispiele, die das Potenzial von Datenbrillen in der Tourismus-Branche aufzeigen sollen. Museen, egal ob Ausstellungen in Gebäuden oder außenliegende, historische Schauplätze, nutzen schon seit Jahren diverse Möglichkeiten, um ihren Besuchern mehr Informationen zukommen zu lassen, sei es in Form von Informationstafeln oder Audio-Guides. Datenbrillen hätten hier das Potenzial, eine weitere, visuelle Komponente hinzuzufügen, ohne dass der Nutzer den Blick vom eigentlichen Objekt abwenden oder ein Tablet oder vergleichbares Display am ausgestreckten Arm vor sich halten muss. Ein externer Akku wäre für längere Einsätze notwendig sowie eine einfache Steuerung, wenn der Nutzer zu einem bestimmten Teil eines Gemäldes oder Gebäudes nähere Informationen wünscht.

10.2 Mediated Reality

Während AR in der Regel darin besteht, die Realität durch die Virtualität zu erweitern, also zu ihr hinzuzufügen, liegt der Idee der Mediated Reality (vermittelte Realität) zugrunde, dass die Realität auch auf andere Weise verändert werden kann, indem etwa Bereiche daraus verändert oder ganz entfernt werden²⁴⁹. Das reine Entfernen wird oftmals auch als Diminished Reality, also verminderte Realität, bezeichnet.

²⁴⁷ Miyashita et al., „An Augmented Reality museum guide“, S. 104.

²⁴⁸ vgl. Vlahakis et al., „Archeoguide: An Augmented Reality Guide for Archaeological Sites“, S. 52 ff.

²⁴⁹ vgl. Mann, *Mediated Reality*, S. 1 f.



Abbildung 10.1 Idee von Adblock Plus auf der Google Glass²⁵²

Ein Beispiel für Mediated Reality ist Googles Übersetzungs-App, welche bereits in Abschnitt 3.1.2 kurz vorgestellt wurde. Mediated Reality könnte noch weiter gehen, wenn sie mit Datenbrillen kombiniert direkten Einfluss auf das Sichtfeld des Nutzers hat. So twitterte Adblock Plus im April 2013 noch als Witz die Meldung, dass Adblock Plus auch auf der Google Glass funktionieren würde und hängte das in Abbildung 10.1 gezeigte Bild an²⁵⁰. Im Oktober 2016 folgte auf viele, nicht enden wollende Tweets von Nutzern, dass diese Art der Werblockierung Realität sein sollte, ein weiterer Post: „It might be one day! We are thinking about it now. :)“²⁵¹.

Während Adblock Plus noch darüber nachdenkt, einen Werblocker für das echte Leben zu entwickeln, sind andere schon weiter. 2015 präsentierten vier Studenten ihren ‚Brand Killer‘, der Marken-Logos identifiziert und unkenntlich macht. Als Anzeige diente damals ein selbstgebautes HMD, das die Studenten aus einer Schutzbrille und einem 7-Zoll-Display zusammengebaut hatten²⁵⁴. Abbildung 10.2 zeigt den Brand Killer in Aktion.

Auch wenn die Implikation, die gesamte optische Wahrnehmung jedes Einzelnen bestimmen zu können, gerne als Vision einer dystopischen Zukunft genutzt wird, ist dies aktuell jedoch nicht zu befürchten. Die Technik ist bei Weitem nicht ausgereift genug, um eine derartige Veränderung überzeugend gestalten zu können. Somit dürfte der Einfluss, den die Mediated Reality auf das Leben des Einzelnen hat, auf absehbare Zeit eher gering bleiben. Potenzielle Anwendungsfälle wären eher die bereits erwähnte automatische Übersetzung oder eine Erweiterung einer Einrichtungs-App (wie etwa der in Abschnitt 3.1.2 vorgestellten IKEA-

²⁵⁰ vgl. Adblock Plus, *We’re very happy to see that @AdblockPlus for @projectglass works!*

²⁵¹ Adblock Plus, *It might be one day! We are thinking about it now. :)*

²⁵² Adblock Plus, *We’re very happy to see that @AdblockPlus for @projectglass works!*

²⁵³ Cuthbertson, *Brand Killer: Augmented reality goggles create real-world AdBlock*

²⁵⁴ vgl. Biederbeck, *Sehen wir bald nur noch, was wir sehen wollen? Augmented-Reality-Brille verbannt Werbung aus unserem Alltag.*



Abbildung 10.2 Durch Brand Killer verdecktes Markenlogo²⁵³

App). Ältere, noch im Raum befindliche Möbel könnten ‚gelöscht‘ und durch die AR-Möbel ersetzt werden, um einen besseren Eindruck für eine neue Einrichtung zu bekommen. Erste einfache Erfolge im Bereich der Diminished Reality wurden an der TU Ilmenau bereits 2010 erzielt. Auch hier wird hauptsächlich von einer Anwendung für Neuplanungen, zum Beispiel private Inneneinrichtung oder Stadtplanung, ausgegangen²⁵⁵.

Für den Einsatz von Mediated Reality sind Datenbrillen nicht zwingend notwendig, würden jedoch den Effekt verbessern, da es nicht notwendig wäre, ein Smartphone oder Tablet als Zwischendisplay zu nutzen.

10.3 Medizin

Seit 2006 beschäftigt sich Prof. Nassir Navab der TU München mit mehreren Projekten, die zum Ziel haben, Ärzte mittels AR bei Operationen zu unterstützen. Ein solches Projekt, das Navigations- und Visualisierungssystem NARVIS, diente dazu, Computertomographie-Aufnahmen dem operierenden Arzt über ein HMD als AR direkt auf dem Patienten anzuzeigen²⁵⁶. Das NARVIS-Projekt wurde 2007 erfolgreich beendet²⁵⁷. Im Zuge dessen wurde auch ein virtueller Spiegel entwickelt, der Chirurgen während einer Operation unterstützen soll. In der Realität ist es lediglich ein dünner Stab, dessen Griff mit Markern versehen ist, in der Virtualität aber ein Spiegel, der genutzt werden kann, um die Rückseite der AR-Anzeige der Aufnahme (z. B. von Organen) zu betrachten²⁵⁸. Abbildung 10.3a zeigt den mit Markern versehenen Griff, Abbildung 10.3b den virtuell erzeugten Spiegel inklusive Spiegelung.

²⁵⁵ vgl. Broll, *Weltneuheit: Videotechnologie lässt Objekte verschwinden*.

²⁵⁶ vgl. Technische Universität München, *Der Blick in den Körper – Erweiterte Realität in der computergestützten Chirurgie*.

²⁵⁷ vgl. NARVIS, *Navigations- und AR - Visualisierungssystem für den Einsatz bei minimalinvasiven, unfallchirurgischen Operationen (NARVIS)*.

²⁵⁸ vgl. Bichlmeier et al., „The Virtual Mirror“, S. 1498 ff.

²⁵⁹ ebd., S. 1506

²⁶⁰ Technische Universität München, *Der Blick in den Körper – Erweiterte Realität in der computergestützten Chirurgie*

10 Zukunftsaussichten



(a) Virtual Mirror in der Realität²⁵⁹



(b) Virtual Mirror im Einsatz²⁶⁰

Abbildung 10.3 Virtual Mirror

An der Idee, Chirurgen während einer Operation durch Datenbrillen zu unterstützen, wird weiterhin aktiv geforscht. 2015 hat die Firma Vital Enterprises US\$ 925.000 von Investoren erhalten, um Datenbrillen-Technologien für Krankenhäuser zu entwickeln – darunter ebenfalls eine Möglichkeit, dem operierenden Arzt Daten direkt auf seiner Brille anzuzeigen²⁶¹. In einer Studie der Stanford University bemerkten Ärzte, die an einer simulierten Bronchoskopie teilnahmen, 8,8 Sekunden eher, dass die Vitalzeichen der Patienten kritisch wurden, wenn sie diese auf einer Datenbrille angezeigt bekamen, als wenn sie auf einen externen Monitor schauen mussten. Abfallender Blutdruck wurde sogar 10,5 Sekunden früher bemerkt. In einer danach durchgeführten Befragung stimmten 64 % der Teilnehmer der Aussage zu, dass die genutzte Google Glass ihr Situationsbewusstsein gesteigert hätte. 84 % empfanden die Brille als hilfreich. 85 % fanden, dass die Google Glass das Potenzial hätte, die Patientensicherheit zu erhöhen. Und obwohl nur 35 % glaubten, dass Datenbrillen traditionelle Vitalzeichenmonitore in Zukunft ersetzen könnten, würden es 86 % in Betracht ziehen, sie in Zukunft in der klinischen Praxis einzusetzen²⁶².

Eine weitere, 2016 durchgeführte Simulations-Studie ließ Urologen (Studenten, Urologen in Ausbildung und Fachärzte) ebenfalls während einer Operation die Vitaldaten ihrer Patienten mit einer Google Glass überwachen. Auch hier war das Ergebnis, dass mit 84 % eine

²⁶¹ vgl. Eldritch, *VitalMedicals Announces Seed Funding, Accelerating the Smart Hospital of the Future*.

²⁶² vgl. Liebert et al., „Novel Use of Google Glass for Procedural Wireless Vital Sign Monitoring“, S. 369 ff.

signifikante Menge der Teilnehmer schneller auf abnormale Vitalparameter reagierte. Hier waren die Ärzte im Schnitt sogar 16 Sekunden schneller, wenn sie die Datenbrille trugen. Ein Großteil der Teilnehmer (darunter 100 % der Fachärzte) gaben in einer Befragung nach der Studie an, dass sie die Google Glass generell in Zukunft wieder nutzen wollen würden. 68 % würden die Brille in der durchgeführten Prozedur wieder nutzen. Negative Auswirkungen für den Patienten durch das Tragen der Brille konnten nicht festgestellt werden²⁶³.

Eine Erklärung dafür, dass Ärzte durch den Einsatz von Datenbrillen bei einer Beobachtungsaufgabe schneller reagieren, während die Probanden der bereits in Abschnitt 5.5 vorgestellten BAUA-Studie mehr Zeit benötigten, ist nicht auf den ersten Blick ersichtlich. Die Vermutung liegt jedoch nahe, dass Ärzte daran gewohnt sind, die Vitalzeichen ihrer Patienten regelmäßig zu überprüfen und diese Überprüfung öfter durchführen, wenn sie dafür nicht von ihrer eigentlichen Aufgabe wegblicken müssen.

Speziell auf die Bedürfnisse von Ärzten zugeschnittene Datenbrillen sind bereits auf dem Markt erhältlich. Ein Beispiel für eine solche Brille ist die Eyes-On Glasses 3.0, welche über eingebaute Multispektral-Lichtquellen zur Venenfindung verfügt und außerdem direkt an ein Ultraschall-Messgerät zur Auffindung tieferliegender Venen angeschlossen werden kann. Diese Messung kann direkt auf der Brille angezeigt werden²⁶⁴.

Wie stark sich Datenbrillen in der Medizin in den nächsten Jahre durchsetzen werden, ist aktuell schwer vorherzusagen. Die eben vorgestellten Studien weisen darauf hin, dass sie sich als Anzeigegeräte für Live-Sensordaten eignen würden, jedoch ist es in der Regel nicht Aufgabe des operierenden Arztes, Vitalzeichen zu überwachen, sondern eines Anästhesisten/Assistenten²⁶⁵. Zusätzlich geben die Monitore automatisch Alarm, wenn die Vitalzeichen des Patienten gewisse, vorher eingestellte Parameter über- oder unterschreiten.

AR zur Unterstützung minimalinvasiver Operationen wird vermutlich noch länger in der Entwicklung sein, würde jedoch für die Ärzte definitiv Vorteile bringen, wenn sie ‚Anzeigen‘ direkt auf dem Patienten sehen können und nicht mehr auf anderweitig angebrachten Monitoren. Allerdings muss beachtet werden, dass Gewebe und Organe in ihrer Position nicht fix sind, sondern durch die Atmung des Patienten und auch die Operation selbst leichten Lage- und Formveränderungen unterworfen sind. Diese Veränderungen müssen vom System erkannt und bei der Berechnung der AR-Anzeige berücksichtigt werden²⁶⁶. Gleiches gilt auch für Veränderungen, welche durch die Operation selbst am Organ hervorgerufen werden, wie die Entfernung eines Tumors.

In den USA nutzten Ärzte Datenbrillen zum Erfassen von Patientendaten, indem die Datenbrille das Gespräch aufzeichnet und an Dritte weiterleitet, die basierend auf diesen Aufzeichnungen die Patientendaten live aktualisieren. Eine Anwendung in dieser Form ist in Deutschland aufgrund des Patientengeheimnis/Datenschutzes allerdings nicht vorstellbar²⁶⁷.

Ein weiteres Einsatzgebiet, in dem AR-Datenbrillen eine Zukunft haben könnten, ist in der Telemedizin. Wenn etwa in einem Kriegsgebiet kein Spezialist vor Ort vorhanden ist,

²⁶³ vgl. Iqbal et al., „The effectiveness of Google GLASS as a vital signs monitor in surgery: A simulation study“, S. 294 ff.

²⁶⁴ vgl. Evena Medical, *EYES-ON SMART GLASSES — Point Of Care Ultrasound Has Never Looked So Good*.

²⁶⁵ vgl. Kierblewski, *Deutschlandpremiere: Roboter assistiert bei Operation*.

²⁶⁶ vgl. Suthau, *Augmented Reality*, S. 40 f.

²⁶⁷ vgl. Albrand, *Augmented Reality: Google Glass soll Ärzten die Arbeit erleichtern*.

kann ein weit entfernter Spezialist die Untersuchung oder Operation durch die Kamera mitverfolgen und den ausführenden Arzt mit seinem Wissen unterstützen²⁶⁸.

Des Weiteren gibt es erste Untersuchungen, dass per AR erzeugte Gliedmaßen im Zuge einer verbesserten Spiegeltherapie gegen Phantomschmerzen nach Amputationen helfen können. Die virtuelle Gliedmaße wird dabei durch die Nervenimpulse gesteuert, die von Sensoren am Stumpf der Amputation registriert werden²⁶⁹. Die Nutzung von Datenbrillen wäre dabei nur der nächste logische Schritt, damit der Patient die Gliedmaße wie bei der Spiegeltherapie aus seiner eigenen Sicht sehen kann.

10.4 Weitere Bereiche

Weitere, zukünftige Einsatzmöglichkeiten für Datenbrillen existieren unter anderem in der Kommissionierung, besonders in Bezug auf Pick-by-Vision. Pick-by-Vision wurde bereits in Abschnitt 3.2.6 als visuelle Unterstützung der Kommissionierung vorgestellt. Wie dort ebenfalls erwähnt, existiert es in der dort vorgestellten perfektionierten Form noch nicht, weil etwa die Wegfindung dem Träger noch immer selbst überlassen wird.

Das dürfte sich jedoch in absehbarer Zeit ändern. Dann wäre Pick-by-Vision das ideale Einsatzgebiet für Datenbrillen, da Kommissionierung Mobilität und die Benutzbarkeit beider Hände voraussetzt. Die Nutzerinteraktion könnte vollständig über Sprache erfolgen. Auf Dauer könnte auch Bilderkennung genutzt werden, um auch ohne expliziten Scanvorgang zu überprüfen, ob der Nutzer die richtige Ware entnimmt.

Viele Studien belegen, dass visuelle Unterstützung bei Kommissionierungsaufgaben zu einer signifikant verbesserten Durchführungszeit und einer signifikanten Fehlerreduktion führt. Beispiele dafür sind die Untersuchungen von Dr. Hannes Baumann²⁷⁰, Frau Kimberly Weaver et al.²⁷¹ und Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wi.-Ing. Willibald Günthner et al.²⁷². Jedoch fehlt es zum aktuellen Zeitpunkt noch an Hardwareleistung, um effizientes und effektives Pick-by-Vision zu ermöglichen²⁷³.

Mit besserer Technik wären auch weitere Anwendungsmöglichkeiten bei der Reparatur und Wartung von Maschinen denkbar. Dabei würden sich Vorteile besonders auch dann ergeben, wenn es sich bei der Maschine um ein Unikat handelt, das genau nach den Anforderungen des Kunden produziert wurde, sodass keine allgemeine Reparaturanleitung existiert, sondern jede Maschine ihre eigenen, für den Mechaniker relevanten Besonderheiten aufweist. Auch Fernwartung wäre eine Möglichkeit, die bereits von manchen Firmen angeboten wird. Hier ist, wie bei der Telemedizin, der Spezialist nicht mehr selbst vor Ort, sondern gibt nur noch einem ausführenden Mechaniker Anweisungen. Die Reparatur verfolgt er über die Kamera der Datenbrille und bei Bedarf schickt er Daten an das Display.

²⁶⁸ vgl. Hellomint, *Wie verändert Augmented Reality die Gesundheitsbranche?*

²⁶⁹ vgl. Ortiz-Catalan et al., „Treatment of phantom limb pain (PLP) based on augmented reality and gaming controlled by myoelectric pattern recognition: a case study of a chronic PLP patient“, S. 2 ff.

²⁷⁰ vgl. Baumann, *Order Picking Supported By Mobile Computing*, S. 92.

²⁷¹ vgl. Weaver et al., „An Empirical Task Analysis of Warehouse Order Picking Using Head-mounted Displays“, S. 1699 f.

²⁷² vgl. Günthner et al., *Pick-by-Vision*, S. 123 ff.

²⁷³ vgl. KBU-Logistik GmbH, *Pick by Vision – Software wartet auf Hardware*.

11 Fazit

Wie schon viele Technologien vor ihnen werden auch Datenbrillen als Revolution bezeichnet²⁷⁴. Von der „Revolution auf der Nase“²⁷⁵ und der „gläsernen Revolution“²⁷⁶ wurde gesprochen. Der Zukunftsforscher Thomas Strobel prophezeite sogar, dass bereits 2020 Datenbrillen dazu genutzt werden, Privatpersonen beim Einkaufen anzuzeigen, welche Lebensmittel selbstgewählten Kriterien wie Allergen-Freiheit oder regionaler Herkunft entsprechen, indes alle anderen ausgeblendet werden. Auch Hinweise auf in der Nähe befindliche Freunde und Bekannte, Kochanleitungen und animierte Reparaturanleitungen sollen Datenbrillen 2020 bieten²⁷⁷.

Solche Aussagen dürfen jedoch in Zweifel gezogen werden, denn aktuell sind Datenbrillen eher die Ausnahme als die Regel, sei es nun im privaten oder geschäftlichen Bereich.

Fakt ist, dass Datenbrillen nicht für alle Aufgaben gleich gut geeignet sind. Während mehrere Studien ergeben haben, dass Pick-Aufgaben mit Datenbrillen oder HMDs schneller ausgeführt werden können, ist das – zumindest mit den aktuellen Technologien – bei Montageaufgaben nicht unbedingt der Fall. Speziell bei komplexeren Aufgaben fallen Datenbrillen und HMDs hinter anderen Anzeigemöglichkeiten zurück. Des Weiteren lassen Tragekomfort und Akku-Laufzeit noch zu wünschen übrig. Einige der Anwendungsgebiete scheinen eher dem Wunsch, Datenbrillen zu nutzen, entsprungen zu sein, als der Erkenntnis, dass Datenbrillen für diesen Anwendungszweck auch geeignet sind.

Es ist anzunehmen, dass Datenbrillen in den nächsten Jahren im geschäftlichen Bereich eher für verschiedene Nischenanwendungen genutzt werden. Das könnte zur Folge haben, dass nicht mehr nur eine Art von Datenbrille existieren wird, sondern eine Vielzahl von mehr oder weniger smarten Glasses, die für ihr jeweiliges Einsatzgebiet optimiert sind.

Faktisch sollte überlegt werden, ob überhaupt Datenbrillen im Sinne einer Google Glass oder Vuzix M100 benötigt werden, oder ob es nicht doch reicht, ein gutes HMD mit einer geeigneten Rechnerhardware – und sei es ein Smartphone – zu verbinden, anstatt die gesamte Hardware am Kopf tragen zu wollen. Ein Smartphone würde dabei ebenfalls eine bessere Steuerung ermöglichen und seine Tastatur könnte zum Verfassen von Texten genutzt werden. Für die Zukunft kann davon ausgegangen werden, dass die Grenzen zwischen eigenständigen Datenbrillen und von externer Hardware abhängigen HMDs verschwimmen werden. Ein erstes Indiz dafür ist die Epson Moverio BT-300, die zwar eine Datenbrille ist, bei welcher Akku und Steuerung aber nicht am Kopf, sondern am Gürtel getragen werden.

Auch kann davon ausgegangen werden, dass die Entwicklung der Datenbrillen-Technik nicht stehenbleiben wird. Mit besserer Technik werden sich nicht nur neue Anwendungsbereiche eröffnen, sondern voraussichtlich auch die Nutzerakzeptanz ansteigen, sobald bessere Tragevorrichtungen und Anzeigegeschwindigkeiten die Auslöser für Kopf- und Augenschmerzen

²⁷⁴ vgl. Bohn, „Die Datenbrillen-Revolution“, S. 40.

²⁷⁵ Rüchmair, *Datenbrillen*.

²⁷⁶ Management Circle AG, *Die gläserne Revolution*.

²⁷⁷ vgl. Kammler, *Shopping 2020*.

reduzieren. Unter diesen Bedingungen würde auch der Einsatz aufwändiger AR-Anzeigen und Objekterkennung bei längeren Einsätzen, seien es nun Konstruktionen oder Operationen, häufiger werden.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass der Begriff ‚Revolution‘ im Zusammenhang mit Datenbrillen zu hoch gegriffen ist. Zwar ermöglicht die immer leistungsfähigere Hardware Einsätze in immer mehr Bereichen, die entsprechende Grundlagenforschung, auch hinsichtlich AR (z. B. in der Logistik oder Montage im automotiven Bereich), wurde jedoch bereits während des letzten Jahrzehnts mit HMDs durchgeführt. Aktuelle Datenbrillen bauen lediglich darauf auf. Es ist also von einer fortwährenden Evolution, nicht aber einer Revolution, zu sprechen.

A Steuerung Vuzix M100

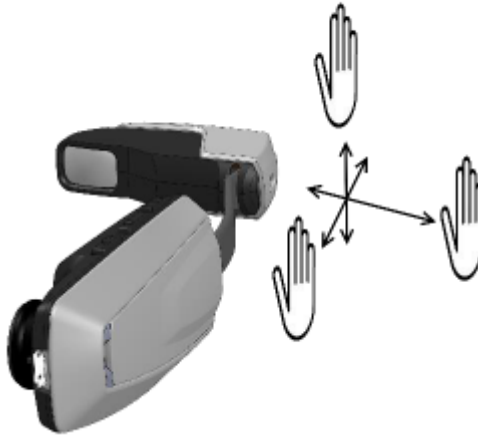


Abbildung A.1 Ausführbare Gesten der M100²⁷⁸

Tabelle A.1 Gestensteuerung der Vuzix M100

Funktions-Name	Ausgeführte Bewegung
onBackSwipe	Von hinten nach vorne
onForwardSwipe	Von vorne nach hinten
onFar	Von dem Sensor weg
onNear	Von fern zu dem Sensor hin
onDown	Von oben nach unten
onUp	Von unten nach oben

²⁷⁸ Vuzix Corporation, *M100 Smart Glasses Product Guide Enterprise Edition*, S. 33

B Steuerungskonzepte

Hauptpfad

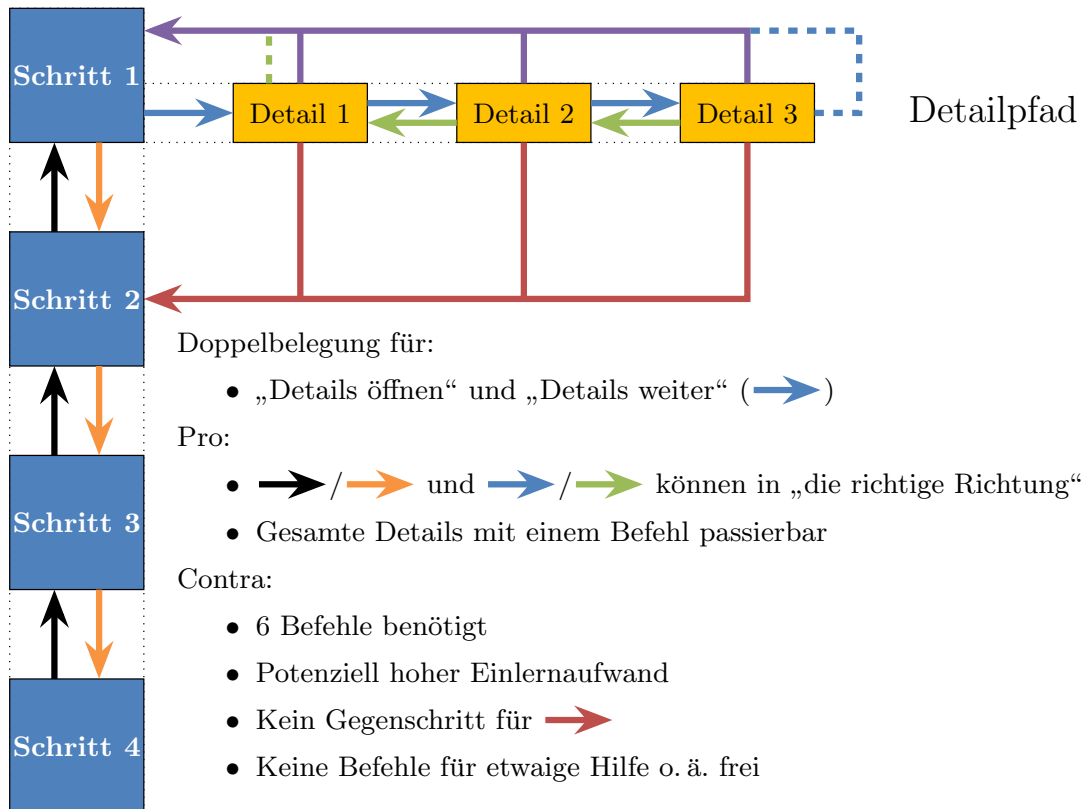


Abbildung B.1 Eigene Darstellung: Steuerungsvorschlag 1

Hauptpfad

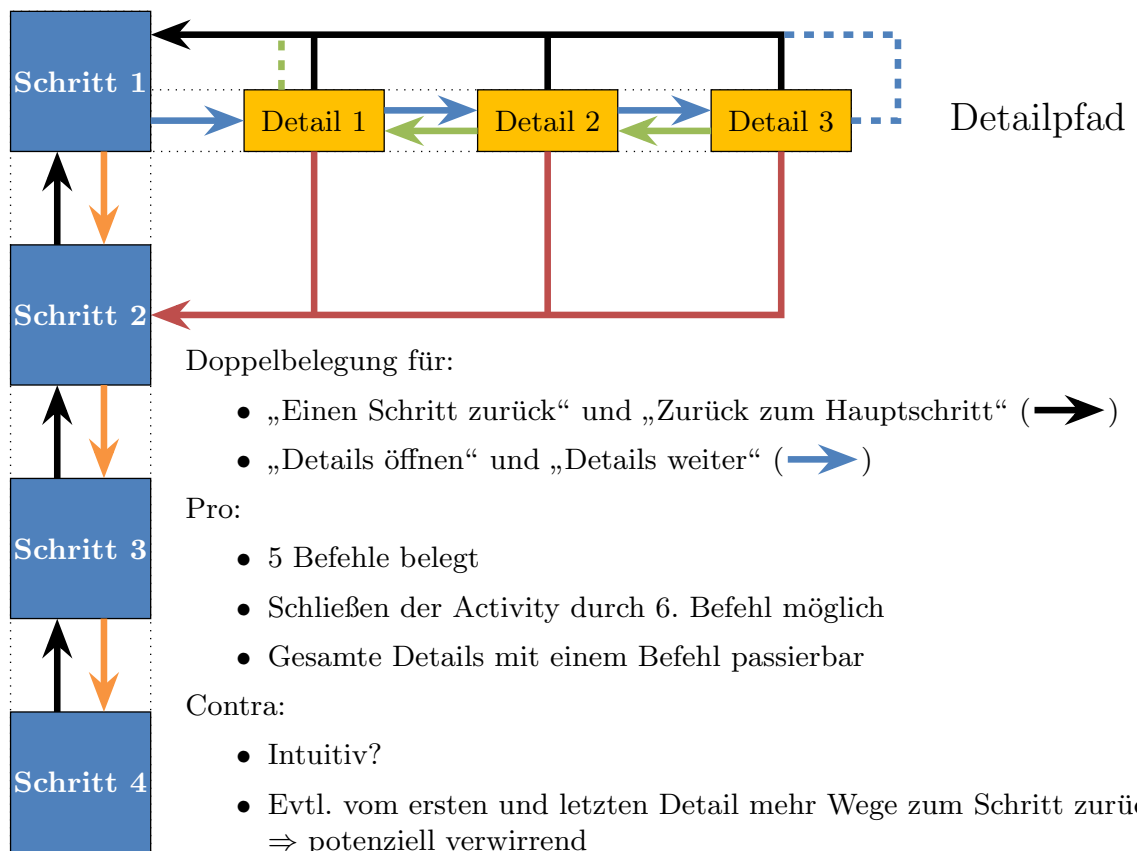


Abbildung B.2 Eigene Darstellung: Steuerungsvorschlag 2

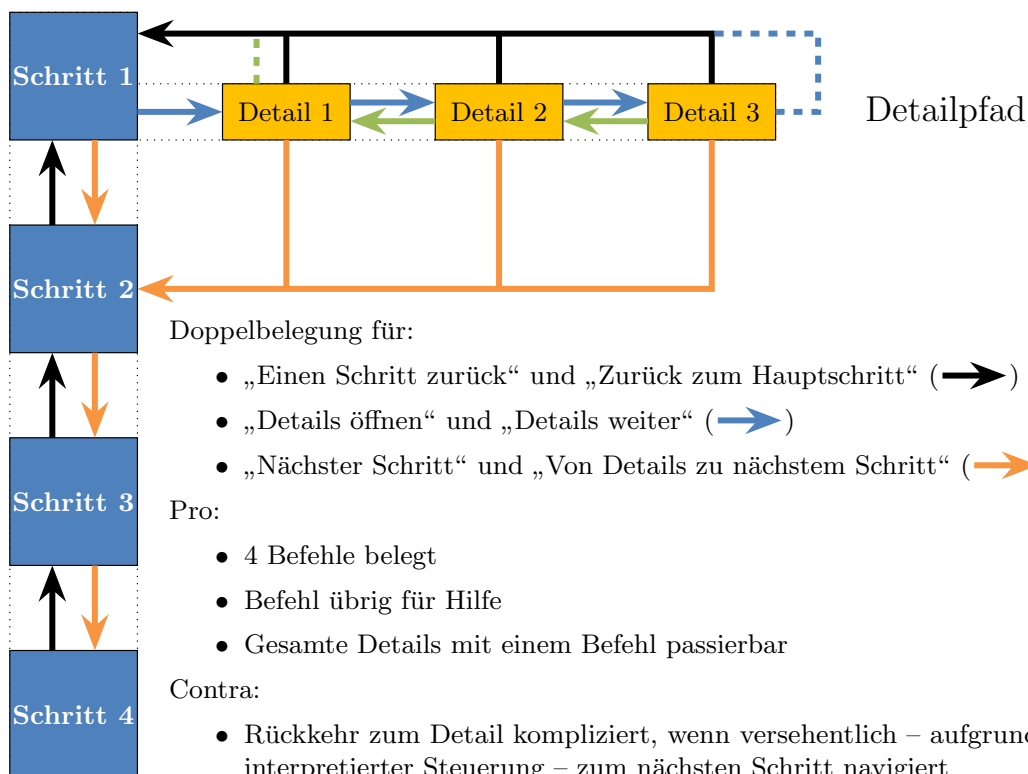


Abbildung B.3 Eigene Darstellung: Steuerungsvorschlag 3

Hauptpfad

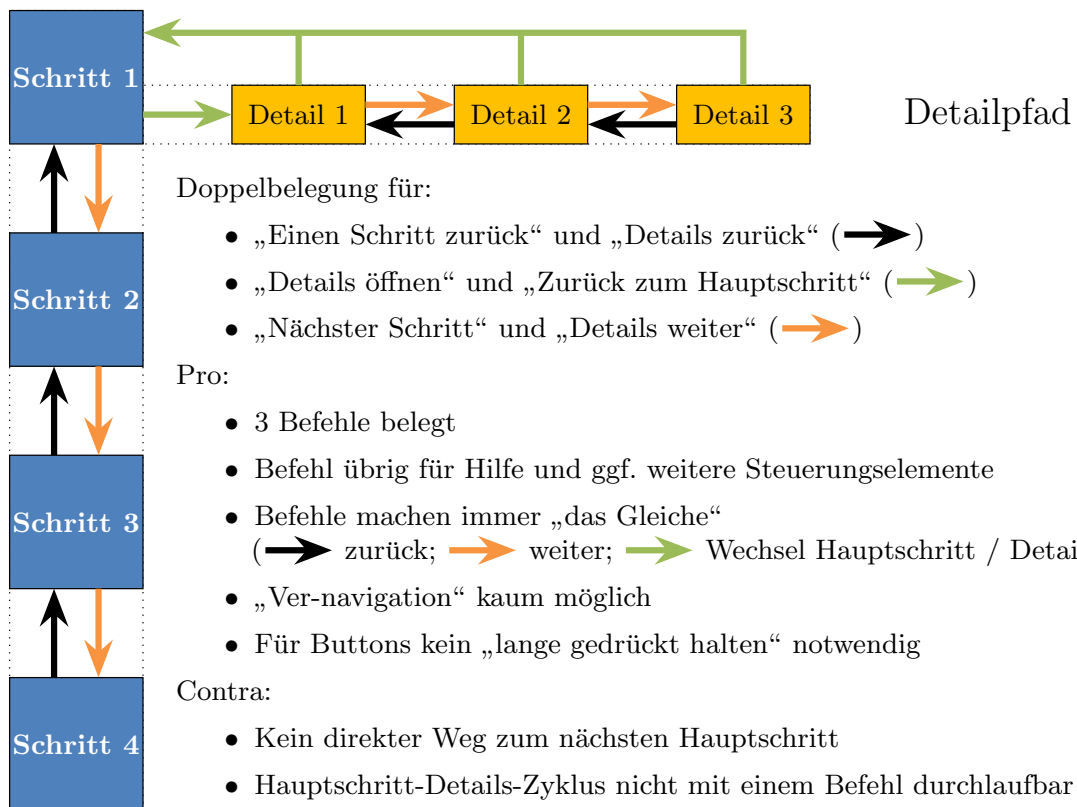
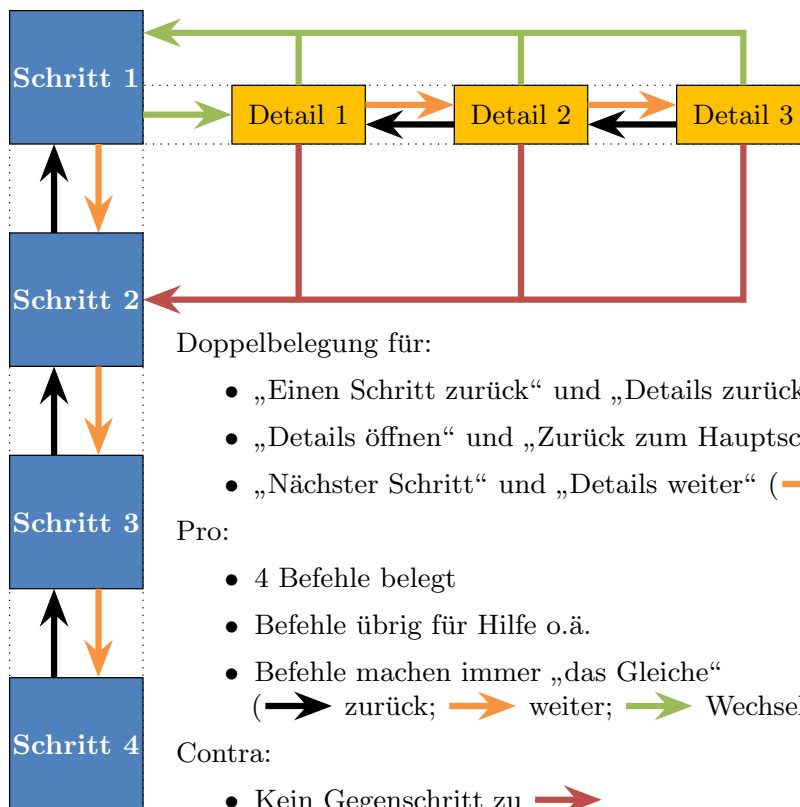


Abbildung B.4 Eigene Darstellung: Steuerungsvorschlag 4

Hauptpfad



Detailpfad

Doppelbelegung für:

- „Einen Schritt zurück“ und „Details zurück“ (→)
- „Details öffnen“ und „Zurück zum Hauptschritt“ (→)
- „Nächster Schritt“ und „Details weiter“ (→)

Pro:

- 4 Befehle belegt
- Befehle übrig für Hilfe o.ä.
- Befehle machen immer „das Gleiche“
(→ zurück; → weiter; → Wechsel Hauptschritt / Detail)

Contra:

- Kein Gegenschritt zu →
- Hauptschritt-Details-Zyklus nicht mit einem Befehl durchlaufbar
- → / → -Gesten können evtl. nicht „in die richtige Richtung zeigen“

Abbildung B.5 Eigene Darstellung: Steuerungsvorschlag 5

C Fragebogen

Die folgenden vier Seiten enthalten die beiden Fragebögen, die im Zuge der Evaluation genutzt wurden. Die erste Seite wurde vor der eigentlichen Evaluation ausgefüllt, die anderen drei (Zusammengehörigkeit an 1/3 – 3/3 in der unteren linken Ecke erkennbar) danach.

Die Fragebögen wurden ursprünglich in einem anderen Dokument erstellt und mussten für die Darstellung in dieser Arbeit im Layout leicht angepasst werden. So musste der linke Seitenrand vergrößert werden, um zu gewährleisten, dass der Fragebogen auch noch in der gebundenen Version dieser Arbeit lesbar ist. Auch in der Höhe musste der Fragebogen leicht angepasst werden, um in das Layout der Arbeit zu passen. Im Original gab es mehr freien Raum bei den Freitext-Fragen. Auch die verwendete Schriftart wurde angepasst, um dem restlichen Stil dieser Arbeit zu entsprechen.

Somit sind Unterschiede im Vergleich zum originalen Fragebogen nicht vermeidbar. Diese Unterschiede betreffen jedoch nur die Optik und nicht den Inhalt. Das zum Zeichnen benutzte Gesicht ist eine in eine Liniengrafik umgewandelte Version eines von Hamer computergenerierten, geschlechtsneutralen Gesichtes²⁷⁹.

²⁷⁹ Hamer, *My Facial Feminisation Thesis*.

Geschlecht: _____

Test-Nr: _____

Alter: _____

Höchste Ausbildung: _____

Beruf: _____

Hast du schon einmal eine Datenbrille gesehen? ☐ Ja ☐ Nein

Wenn ja, welche: _____

Hast du schon einmal eine Datenbrille getragen? ☐ Ja ☐ Nein

Wenn ja, welche: _____

Zeichne auf diesem Gesicht bitte ein, wie du dir eine Datenbrille vorstellst:



Wie sehr stimmst du den folgenden Aussagen zu?

(1 = stimme gar nicht zu, 5 = stimme sehr zu)

	1	2	3	4	5	Weiß nicht
1. Ich fühle mich über Datenbrillen gut informiert	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
2. Ich kenne die heutigen Einsatzmöglichkeiten von Datenbrillen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
3. Datenbrillen werden sich durchsetzen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
4. Es gibt viele Anwendungsbereiche für Datenbrillen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
5. Datenbrillen sind sehr teuer	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
6. Datenbrillen und andere Wearables werden in Zukunft Smartphones ersetzen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
7. Datenbrillen werden hinter anderen Wearables zurückbleiben	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
8. Datenbrillen sind heute nur für Nischenanwendungen geeignet	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
9. Datenbrillen werden in Zukunft nur für Nischenanwendungen benutzt werden	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
10. Bald wird jeder privat eine Datenbrille besitzen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
11. Datenbrillen eignen sich nicht für private Benutzer	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
12. Träger werden von ihrer Datenbrille abgelenkt	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
13. Ich würde mich von der Kamera in der Datenbrille beobachtet fühlen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
14. Bald werden Datenbrillen aus dem Alltag nicht mehr wegzudenken sein	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
15. Datenbrillen können den Alltag erleichtern	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
16. Ich überlege, mir eine Datenbrille zuzulegen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Wie sehr stimmst du den folgenden Aussagen zu?

(1 = stimme gar nicht zu, 5 = stimme sehr zu)

	1	2	3	4	5	Weiß nicht
1. Die Datenbrille war bequem zu tragen	0	0	0	0	0	0
2. Der Bildschirminhalt der Datenbrille war gut erkennbar	0	0	0	0	0	0
3. Text war auf der Datenbrille gut lesbar	0	0	0	0	0	0
4. Bilder waren auf der Datenbrille klar zu erkennen	0	0	0	0	0	0
5. Die Brille war einfach zu bedienen	0	0	0	0	0	0
6. Die Steuerung der Brille war verständlich	0	0	0	0	0	0
7. Die Steuerung der Brille war einfach	0	0	0	0	0	0
8. Ich kam mit der Brille besser klar als mit dem Tablet	0	0	0	0	0	0
9. Die Anweisungen auf der Brille waren einfacher zu befolgen	0	0	0	0	0	0
10. Die Datenbrille hat das Arbeiten erleichtert	0	0	0	0	0	0
11. Ich habe mehr auf die Bilder als auf den Text geachtet	0	0	0	0	0	0
12. Ich kam mit der Steuerung der Brille gut klar	0	0	0	0	0	0
13. Es gab zu viele Steuerungsoptionen	0	0	0	0	0	0
14. Ich kam mit dem Tablet besser klar	0	0	0	0	0	0
15. Ich hätte die Anleitung lieber auf Papier gehabt	0	0	0	0	0	0
16. Die Datenbrille wurde unangenehm warm	0	0	0	0	0	0
17. Die Datenbrille hat unangenehm gesummt	0	0	0	0	0	0
18. Die Aufgabenstellung war verständlich	0	0	0	0	0	0
19. Ich konnte den Anweisungen gut folgen	0	0	0	0	0	0
20. Die Konzentration auf die Anzeige der Datenbrille war schwierig	0	0	0	0	0	0
21. Die Anzeige war scharf	0	0	0	0	0	0
22. Die Konzentration auf die Anzeige des Tablets war schwierig	0	0	0	0	0	0
23. Ich habe bei der Arbeit mit der Datenbrille das andere Auge geschlossen, um mich besser auf die Anzeige konzentrieren zu können	0	0	0	0	0	0
24. Die Datenbrille hat beim Arbeiten gestört	0	0	0	0	0	0
25. Die Datenbrille hat mich beim Arbeiten behindert	0	0	0	0	0	0
26. Ich würde gerne wieder mit einer Datenbrille arbeiten	0	0	0	0	0	0
27. Die Bedienung der Datenbrille hat mir keine Schwierigkeiten bereitet	0	0	0	0	0	0
28. Ich tat mir Anfangs mit der Bedienung der Brille schwer	0	0	0	0	0	0
29. Die Bedienung wurde mit der Zeit leichter	0	0	0	0	0	0
30. Die Arbeit mit der Datenbrille war anstrengender als mit dem Tablet	0	0	0	0	0	0
31. Die Arbeit mit dem Tablet war anstrengender als mit der Datenbrille	0	0	0	0	0	0
32. Ich halte Arbeitsanweisungen für ein passendes Einsatzgebiet für Datenbrillen	0	0	0	0	0	0

Test-Nr:

	war gut	war ungenau	habe ich nicht genutzt
Die Tastensteuerung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Die Gestensteuerung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Die Sprachsteuerung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

	zu klein	genau passend	zu groß
Der Bildschirm war	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Die Tasten waren	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Wie fandest du die Darstellung auf nur einem Auge?

Was fandest du an der Datenbrille gut?

Was fandest du an der Datenbrille schlecht?

Würdest du dir eine Datenbrille kaufen? ☐ Ja ☐ Nein ☐ Weiß nicht
Warum (nicht)?

Was müsste an der Datenbrille verbessert werden (damit du dir eine kaufen würdest)?

Welche Einsatzgebiete könntest du dir für eine solche Datenbrille vorstellen?

Test-Nr:

Welche Figur hast du auf der Datenbrille gefaltet? _____

Welche Figur hast du auf dem Tablet gefaltet? _____

Welche Figur fandest du einfacher zu falten? _____

Wie gut haben dir folgende Aspekte der App auf der Datenbrille gefallen?

(1 = gar nicht, 5 = sehr gut)

	1	2	3	4	5	Weiß nicht
1. Der allgemeine Aufbau der Ansicht	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
2. Die Möglichkeit, zwischen mehreren Steuerungen zu wählen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
3. Die Details-Unterseite bei manchen Schritten	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
4. Das Detail-Icon (Lupe)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
5. Bildgröße	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
6. Textgröße	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Was könnte ich an der App noch verbessern?

Was würdest du davon halten, für jeden Schritt nur bestimmte Steuerungsoptionen zur Auswahl zu haben (z.B. keine Sprache, wenn der Schritt an einer lauten Maschine erfolgt)?

D Origami-Anleitungen

Zum Test der Arbeitsplan-App wurden Arbeitspläne zum Falten von Origami-Figuren vorgestellt. Die Bilder zum Falten des Schwans²⁸⁰ und der Kiste²⁸¹ wurden von Anleitungen im Internet übernommen. Die Texte wurden selbst geschrieben.

D.1 Schwan

Werkzeuge

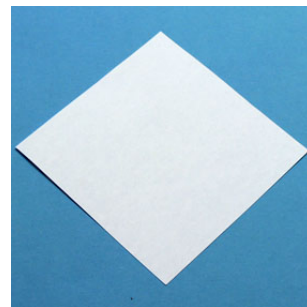
Origami-Papier

Stift

Schritt 1

Papier positionieren

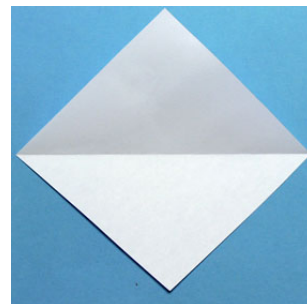
Papier mit einer Spitze nach unten positionieren



Schritt 2

Über Diagonale falten und entfalten

Papier an der horizontalen Diagonalen falten und wieder entfalten



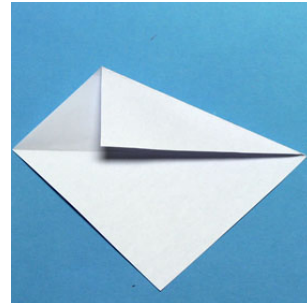
²⁸⁰ BesserBasteln.de, *Faltanleitung: Origami Schwan*.

²⁸¹ make-origami.com, *Origami Box*.

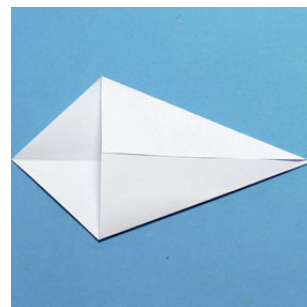
Schritt 3

Seiten rechts falten

Obere und untere Seite von rechts zur
Mittellinie hin falten



Detail 3-1



Schritt 4

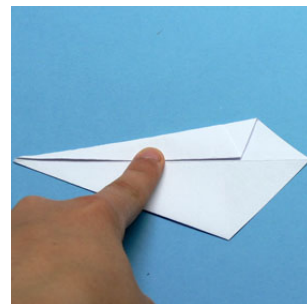
Papier wenden



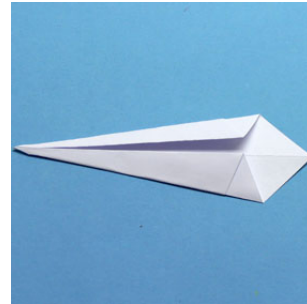
Schritt 5

Seiten links falten

Obere und untere Seite von links zur
Mittellinie hin falten

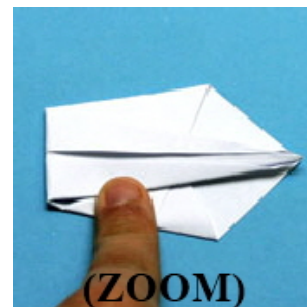


Detail 5-1



Schritt 6

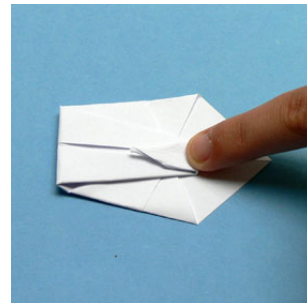
Linke Spitze nach rechts falten



Schritt 7

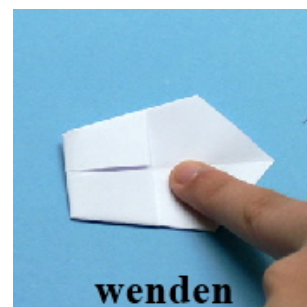
Obere Spitze um 1/3 falten

Eben nach rechts geklappte Spitze um 1/3
nach links falten



Schritt 8

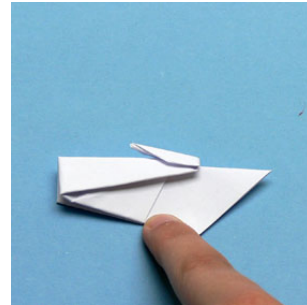
Ganzes Objekt wenden



Schritt 9

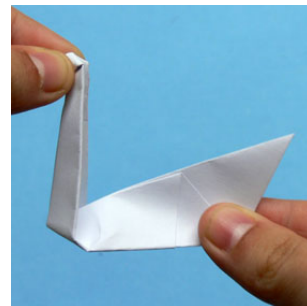
An Mittellinie zusammenfalten

Papier an Mittellinie zusammenfalten,
sodass die dünne Spitze oben ist



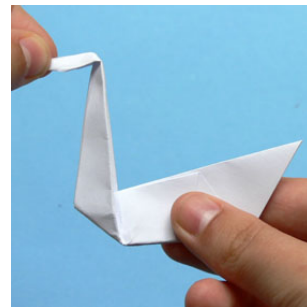
Schritt 10

Hals ausklappen



Schritt 11

Kopf ausklappen

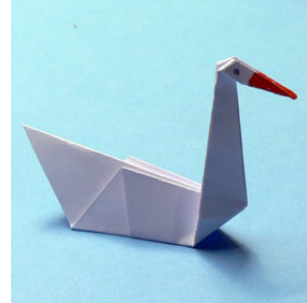


Detail 11-1



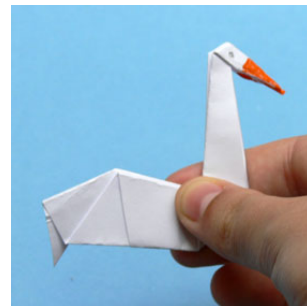
Schritt 12

Augen und Schnabel malen



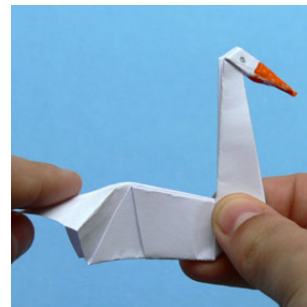
Schritt 13

Schwanz nach innen und unten falten



Detail 13-1

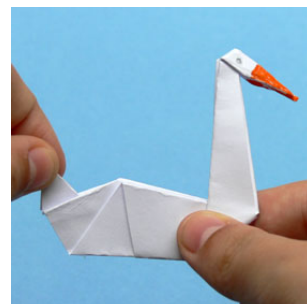
Zwischenschritt



Schritt 14

Mitte des Schwanzes nach oben falten

Die Mitte des nach unten gefalteten Schwanzes so steil nach oben falten



D.2 Kiste

Werkzeuge

Origami-Papier

Schritt 1

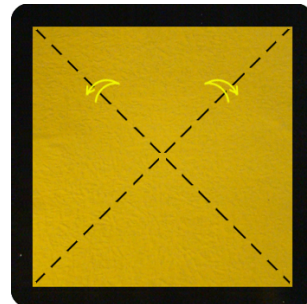
Papier positionieren

Papier parallel zur Tischkante positionieren

Schritt 2

Diagonalen falten und entfalten

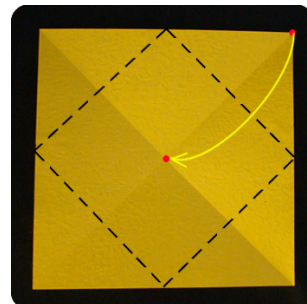
Beide Diagonalen nacheinander falten und wieder entfalten



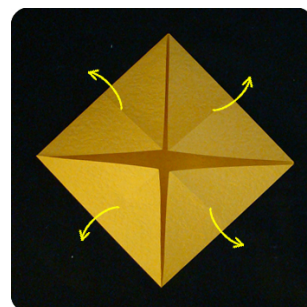
Schritt 3

Ecken zur Mitte falten und entfalten

Alle vier Ecken zum Mittelpunkt falten und wieder entfalten



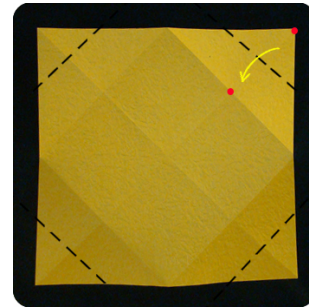
Detail 3-1



Schritt 4

Ecken an neue Faltlinie falten

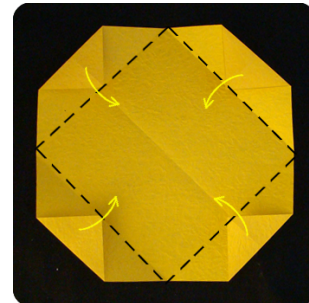
Ecken an die soeben entstandene Faltlinie falten



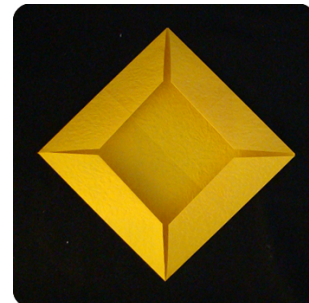
Schritt 5

Ecken weiter einfalten

Die Faltlinien mit den eingefalteten Ecken erneut einfalten

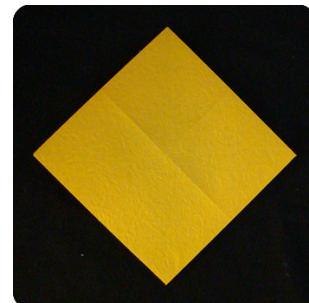


Schritt 5-1



Schritt 6

Papier wenden



Schritt 7

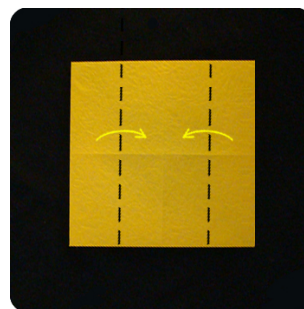
Papier um 45° drehen

Papier so drehen, dass es wieder parallel zur Tischkante liegt

Schritt 8

Seiten zur Mittellinie einfalten

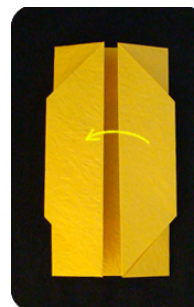
Die Seiten links und rechts von vertikalen Mittellinie zu dieser hin einklappen



Schritt 9

Rechte Falte nach links falten

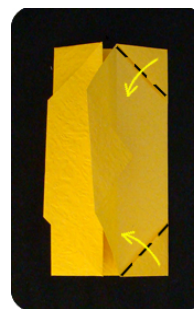
Die rechts oben aufliegende Falte über die Mittellinie nach links falten



Schritt 10

Rechte kleine Ecken einfalten

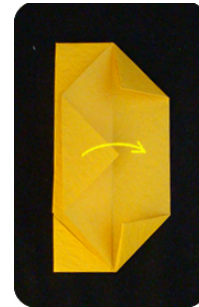
Die nun sichtbaren Ecken der rechten Seite zur Mitte hin einfalten



Schritt 11

Falte von links wieder nach rechts falten

Die zuvor nach links gefaltete Falte wieder zurückfalten

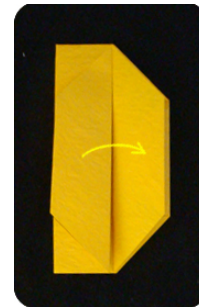


Schritt 12

Die letzten drei Schritte für die linke Seite wiederholen

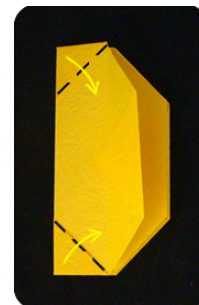
Detail 12-1

Linke Falte nach rechts falten



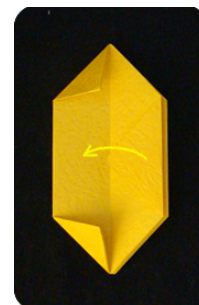
Detail 12-2

Ecken einfalten



Detail 12-3

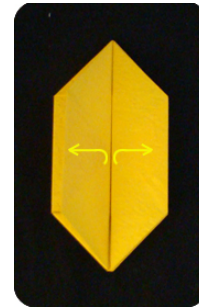
Falte zurückfalten



Schritt 13

Kiste auffalten

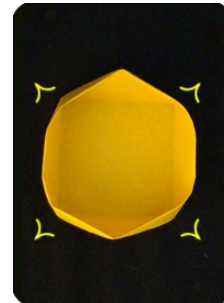
Linke und rechte Seite von der Mittellinie
ausgehend zur Seite ziehen



Schritt 14

Ecken in Form drücken

Neu entstehende Ecken so drücken und
falten, dass 90°-Winkel entstehen



Literatur

- Bayer, Michael, Clarence Rash und James Brindle.** „Introduction to Helmet-Mounted Displays“. In: *Helmet-Mounted Displays: Sensation, Perception and Cognition Issues*. Hrsg. von **Clarence Rash, Michael Russo, Tomasz Letowski und Elmar Schmeisser**. 1. Aufl. Fort Rucker: U.S. Army Aeromedical Research Laboratory, 2009. Kap. 3. ISBN: 978-0-615-28375-3.
- Brusie, Tyler, Thomas Fijal, Andreas Keller, Christopher Lauff, Kimberley Barker, Jessica Schwinck, James Forrest Calland und Stephanie Guerlain.** „Usability Evaluation of Two Smart Glass Systems“. In: *Systems and Information Engineering Design Symposium (SIEDS)*, 2015. Washington D.C.: IEEE Computer Society Press, 2015, S. 336–341.
- Bundesverfassungsgericht.** „BVerfGE 65, 1 – Volkszählung: Urteil des Ersten Senats vom 15. Dezember 1983 auf die mündliche Verhandlung vom 18. und 19. Oktober 1983 – 1 BvR 209, 269, 362, 420, 440, 484/83 in den Verfahren über die Verfassungsbeschwerden“. In: *Entscheidungen des Bundesverfassungsgerichts (BVerfGE)*. 65. Mohr Siebeck, 1983. ISBN: 978-3-16-644785-8.
- Caudell, Thomas und David Mizell.** „Augmented reality: an application of heads-up display technology to manual manufacturing processes“. In: *Proceedings of the Twenty-Fifth Hawaii International Conference on System Sciences*. Bd. 2. Washington D.C.: IEEE Computer Society Press, Januar 1992, S. 659–669. ISBN: 978-0-81862-430-8.
- Clegg, Dai und Richard Barker.** *CASE method fast-track - a RAD approach*. Boston: Addison-Wesley, 1994. ISBN: 978-0-201-62432-8.
- Constantine, Larry und Lucy Lockwood.** *Software for Use: A Practical Guide to the Models and Methods of Usage-centered Design*. New York: ACM Press/Addison-Wesley Publishing Co., 1999. ISBN: 0-201-92478-1.
- Eid, Michael, Mario Gollwitzer und Manfred Schmitt.** *Statistik und Forschungsmethoden*. 4. Aufl. Weinheim: Beltz, 2015. ISBN: 978-3-621-28201-7.
- Grasnick, Armin.** *3D ohne 3D-Brille: Handbuch der Autostereoskopie*. Heidelberg: Springer, 2016. ISBN: 978-3-642305-09-2.
- Günthner, Willibald, Rupert Reif, Niels Blomeyer und Michael Schedlbauer.** *Pick-by-Vision: Augmented Reality unterstützte Kommissionierung*. München: fml – Lehrstuhl für Fördertechnik Materialfluß Logistik, 2009. ISBN: 978-3-941702-02-8.
- Höllerer, Tobias und Steven Feiner.** „Mobile Augmented Reality“. In: *Telegeoinformatics: Location-Based Computing and Services*. Hrsg. von **Hassan Karimi und Amin Hammad**. 1. Aufl. Boca Raton: CRC Press, 2004. Kap. 9. ISBN: 978-0-4153-6976-3.
- Kiyokawa, Kiyoshi.** „Head-Mounted Display Technologies for Augmented Reality“. In: *Fundamentals of Wearable Computers and Augmented Reality, Second Edition*. Hrsg. von **Woodrow Barfield**. 2. Aufl. Boca Raton: CRC Press, 2016. Kap. 4. ISBN: 978-1-4822-4351-2.
- Koelle, Marion, Matthias Kranz und Andreas Möller.** „Don’t look at me that way! – Understanding User Attitudes Towards Data Glasses Usage“. In: *MobileHCI ’15*. New York: ACM, August 2015, S. 362–372.

- Krannich, Dennis.** *Mobile System Design: Herausforderungen, Anforderungen und Lösungsansätze für Design, Implementierung und Usability-Testing Mobiler Systeme.* Norderstedt: Books on Demand GmbH, 2010. ISBN: 978-3-842307-24-7.
- Melzer, James.** „Head-Mounted Displays“. In: *Digital Avionics Handbook*. Hrsg. von **Cary Spitzer**. 2. Aufl. Boca Raton: CRC Press, 2001. Kap. 5. ISBN: 978-0-8493-8348-9.
- Milgram, Paul, Haruo Takemura, Akira Utsumi und Fumio Kishino.** „Augmented Reality: A Class of Displays on the Reality-Virtuality Continuum“. In: *Telemanipulator and Telepresence Technologies*. Hrsg. von **Hari Das**. Bd. 2351. Proceedings of SPIE. Bellingham: Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers (SPIE), 1994, S. 282–292. ISBN: 978-0-81941-686-5.
- Miyashita, Tsutomu, Peter Meier, Tomoya Tachikawa, Stephanie Orlic, Tobias Eble, Volker Scholz, Andreas Gapel, Oliver Gerl, Stanimir Arnaudov und Sebastian Lieberknecht.** „An Augmented Reality museum guide“. In: *7th IEEE/ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality*. Washington D.C.: IEEE Computer Society, September 2008, S. 103–106. ISBN: 978-1-4244-2840-3.
- Schwenke, Thomas.** *Private Nutzung von Smartglasses im öffentlichen Raum*. Bd. 46. Oldenburger Beiträge zum Zivil- und Wirtschaftsrecht. Edewecht: Oldenburger Beiträge zum Zivil- und Wirtschaftsrecht, 2016. ISBN: 978-3-95599-029-9.
- Stein, Antti vom und Willibald Günthner.** „Using Smart Glasses for the Inclusion of Hearing-Impaired Warehouse Workers into Their Working Environment“. In: *HCI in Business, Government, and Organizations: Information Systems: Third International Conference, HCIBGO 2016 – Held as Part of HCI International 2016 – Toronto, Canada, July 17–22, 2016, Proceedings, Part II*. Hrsg. von **Fiona Nah und Chuan-Hoo Tan**. 1. Aufl. Bd. 9752. Springer International Publishing, 2016. ISBN: 978-3-319-39398-8.
- Sutherland, Ivan.** „A Head-mounted Three Dimensional Display“. In: *Proceedings of the December 9-11, 1968, Fall Joint Computer Conference, Part I*. AFIPS '68 (Fall, part I). San Francisco: ACM, 1968, S. 757–764.
- „The Ultimate Display“. In: *Proceedings of the Congress of the International Federation of Information Processing (IFIP)*. Bd. volume 2. 1965, S. 506–508.
- Taketomi, Takafumi.** „Image-Based Geometric Registration for Zoomable Cameras Using Precalibrated Information“. In: *Fundamentals of Wearable Computers and Augmented Reality, Second Edition*. Hrsg. von **Woodrow Barfield**. 2. Aufl. Boca Raton: CRC Press, 2016. Kap. 6. ISBN: 978-1-4822-4351-2.
- Theis, Sabine, Claudius Pfendler, Thomas Alexander, Alexander Mertens, Christopher Brandl und Christopher Schlick.** *Head-Mounted Displays — Bedingungen des sicheren und beanspruchungsoptimalen Einsatzes: Physische Beanspruchung beim Einsatz von HMDs*. Dortmund/Berlin/Dresden: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA), 2016. ISBN: 978-3-88261-162-5.
- Tönnis, Marcus.** *Augmented Reality: Einblicke in die Erweiterte Realität*. Informatik im Fokus. Heidelberg: Springer, 2010. ISBN: 978-3-642-14178-2.
- Toyoura, Masahiro, Kenji Kashiwagi, Atsushi Sugiura und Xiaoyang Mao.** „Mono-glass for providing distance information for people losing sight in one eye“. In: *Virtual Reality Continuum and its Applications in Industry, (VRCAI) 2012, Singapore, December 2-4, 2012*. New York: ACM, 2012, S. 39–42. ISBN: 978-1-45031-825-9.
- Weaver, Kimberly, Hannes Baumann, Thad Starner, Hendrick Iben und Michael Lawo.** „An Empirical Task Analysis of Warehouse Order Picking Using Head-mounted Displays“. In: *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*. CHI '10. New York: ACM, 2010, S. 1695–1704. ISBN: 978-1-60558-929-9.

Literatur

Wille, Matthias. *Head-Mounted Displays — Bedingungen des sicheren und beanspruchungsoptimalen Einsatzes: Psychische Beanspruchung beim Einsatz von HMDs.* Dortmund/Berlin/Dresden: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA), 2016. ISBN: 978-3-88261-163-2.

Magazin

- Azuma, Ronald.** „A survey of augmented reality“. In: *Presence: Teleoperators and Virtual Environments* 6.4 (August 1997), S. 355–385.
- Bichlmeier, Christoph, Sandro Heining, Marco Feuerstein und Nassir Navab.** „The Virtual Mirror: A New Interaction Paradigm for Augmented Reality Environments“. In: *IEEE Transactions on Medical Imaging* 28.9 (2009), S. 1498–1510. ISSN: 0278-0062.
- Bohn, Kai.** „Die Datenbrillen-Revolution“. In: *Wirtschaft in Bremen* 7 (Juli 2014), S. 40–14. ISSN: 0931-2196. URL: https://www.handelskammer-bremen.de/Presse/Archiv/Zeitschriftenarchiv/Wirtschaft_in_Bremen_2014.
- Comport, Andrew, Eric Marchand, Muriel Pressigout und Francois Chaumette.** „Real-Time Markerless Tracking for Augmented Reality: The Virtual Visual Servoing Framework“. In: *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics* 12.4 (Juli 2006), S. 615–628. ISSN: 1077-2626.
- Gieselmann, Hartmut, Daniel Herbig und Jan-Keno Janssen.** „VR fürs Wohnzimmer: Sony Playstation VR mit 20 Spielen im Test“. In: *c't Magazin für Computer Technik* 23 (Oktober 2016), S. 116–119. ISSN: 0724-8679.
- Iqbal, Mohammed, Abdullatif Aydın, Alexandra Lowdon, Hamza Ahmed, Gordon Muir, Muhammad Khan, Prokar Dasgupta und Kamran Ahmed.** „The effectiveness of Google GLASS as a vital signs monitor in surgery: A simulation study“. In: *International Journal of Surgery* 36, Part A (Dezember 2016), S. 293–297. ISSN: 1743-9191.
- Janssen, Jan-Keno.** „Warum Glass (noch) nicht funktioniert: Ernüchternde Langzeiterfahrungen mit Google Glass“. In: *c't Magazin für Computer Technik* 15 (August 2013), S. 76–77. ISSN: 0724-8679.
- KBU Logistik GmbH.** „Die Zukunft des Kommissionierens“. In: *Materialfluss : das Fachmagazin für den Logistikleiter* 6/14 (Juni 2014), S. 12. ISSN: 0170-334X.
- Laramée, Robert und Colin Ware.** „Rivalry and Interference with a Head-mounted Display“. In: *ACM Transactions on Computer-Human Interaction (TOCHI)* 9.3 (September 2002), S. 238–251. ISSN: 1073-0516.
- Liebert, Cara, Mohamed Zayed, Oliver Aalami, Jennifer Tran und James Lau.** „Novel Use of Google Glass for Procedural Wireless Vital Sign Monitoring“. In: *Surgical Innovation* 23.4 (August 2016).
- Odenthal, Barbara, Marcel Philipp Mayer, Wolfgang Kabuß und Christopher Schlick.** „A Comparative Study of Head-Mounted and Table-Mounted Augmented Vision Systems for Assembly Error Detection“. In: *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing* 24.1 (Januar 2012), S. 105–123. ISSN: 1045-2699.
- Ortiz-Catalan, Max, Nicholas Sander, Morten Kristoffersen, Bo Håkansson und Rickard Brånemark.** „Treatment of phantom limb pain (PLP) based on augmented reality and gaming controlled by myoelectric pattern recognition: a case study of a chronic PLP patient“. In: *Frontiers in Neuroscience* 8 (2014), S. 1–7. ISSN: 1662-453X. URL: <http://journal.frontiersin.org/article/10.3389/fnins.2014.00024>.
- Rolland, Jannick und Henry Fuchs.** „Optical Versus Video See-Through Head-Mounted Displays in Medical Visualization“. In: *Presence: Teleoperators and Virtual Environments* 9.3 (2000), S. 287–309. ISSN: 1054-7460.

- Rolland, Jannick, Richard Holloway und Henry Fuchs.** „A comparison of optical and video see-through head-mounted displays“. In: *Proceedings of SPIE* 2351 (1994), S. 293–307. ISSN: 0277-786X.
- Schwenke, Thomas.** „Schnittstellen zum „Cyborgspace“ – Erkenntnisse zu Datenbrillen nach Ende des „Google Glass“-Experiments: Warum das Konzept der Privatsphäre in einer physisch-virtuellen Welt überdacht werden muss“. In: *Datenschutz und Datensicherheit – DuD* 39.3 (März 2015), S. 161–166. ISSN: 1614-0702.
- Stocker, Alexander, Michael Spitzer, Christian Kaiser, Manfred Rosenberger und Michael Fellmann.** „Datenbrillengestützte Checklisten in der Fahrzeugmontage“. In: *Informatik-Spektrum* (2016), S. 1–9. ISSN: 1432-122X.
- Vlahakis, Vassilios, Nikolaos Ioannidis, John Karigiannis, Manolis Tsotros, Michael Gounaris, Didier Stricker, Tim Gleue, Patrick Daehne und Luís Almeida.** „Archeoguide: An Augmented Reality Guide for Archaeological Sites“. In: *IEEE Computer Graphics and Applications* 22.5 (September 2002), S. 52–60. ISSN: 0272-1716.
- Windemuth, Dirk.** „Mehr Sicherheit durch Anzeigen in der Windschutzscheibe?: Das Head-Up-Display (HUD) im Automobil“. In: *DVR-report – Fachmagazin für Verkehrssicherheit* 1/2007.1 (2007), S. 20. ISSN: 0940-9025. URL: http://www.dvr.de/presse/dvr_report/830.htm.

Sonstige schriftliche Quellen

§ 201 Strafgesetzbuch (StGB): Verletzung der Vertraulichkeit des Wortes. Techn. Ber. 30. Mai 2016. URL: https://www.gesetze-im-internet.de/stgb/___201.html (besucht am 27.12.2016).

§ 201a Strafgesetzbuch (StGB): Verletzung des höchstpersönlichen Lebensbereichs durch Bildaufnahmen. Techn. Ber. 30. Mai 2016. URL: https://www.gesetze-im-internet.de/stgb/___201a.html (besucht am 01.11.2016).

§ 22 Gesetz betreffend das Urheberrecht an Werken der bildenden Künste und der Photographie (KunstUrhG). Techn. Ber. 16. Februar 2001. URL: https://www.gesetze-im-internet.de/kunsturhg/___22.html (besucht am 27.12.2016).

§ 23 Straßenverkehrs-Ordnung (StVO): Sonstige Pflichten von Fahrzeugführenden. Techn. Ber. 17. Juni 2016. URL: https://www.gesetze-im-internet.de/stvo_2013/___23.html (besucht am 01.11.2016).

Alexander, Tara, Jo Arthur, Ranila Chandrakanthan, Sabine Croxford und Lori Di Bon Conyers. *Smart Glasses Final Report*. Forschungsbericht. Peterborough: RNIB Solutions, Juli 2016. URL: <https://www.rnib.org.uk/knowledge-and-research-hub-research-reports/technology-and-television-research/smartglasses>.

Baumann, Hannes. *Order Picking Supported By Mobile Computing*. Dissertation. Bremen: Universität Bremen, 2013.

Bopp, Kolja. *Medialphysische Wirklichkeiten: Eine futurologische Studie zu Möglichkeiten und gesellschaftlichen Folgen einer alltäglichen Anwendung von Augmented-Reality-Technologien*. Magisterarbeit. Freiburg im Breisgau: Albert-Ludwigs-Universität, 2011.

Epson announces launch of world's lightest OLED binocular see-through smart glasses, the Moverio BT-300 in Southeast Asia. Press Release. 10. Oktober 2016. URL: <http://www.mynewsdesk.com/sg/epson-singapore/pressreleases/epson-announces-launch-of-worlds-lightest-oled-binocular-see-through-smart-glasses-the-moverio-bt-300-in-southeast-asia-1600832> (besucht am 11.12.2016).

Moverio BT-200 User's Guide. User's Guide. URL: <https://files.support.epson.com/docid/cpd4/cpd40542.pdf>.

Moverio BT-300 User's Guide. User's Guide. URL: <https://tech.moverio.epson.com/en/bt-300/pdf/userguide.pdf>.

Färber, Markus. *Augmented Reality: Markerbasiertes Tracking für Augmented Reality Applikationen*. Paper. Zürich: ETH Zürich Distributed Systems Group, 2005.

Hellwig, Andreas. *Interaktion mit ubiquitären User-Interfaces*. Masterarbeit. Koblenz: Universität Koblenz Landau, 2013.

Hicks, Stephen, Iain Wilson, Louwai Muhammed, John Worsfold, Susan Downes und Christopher Kennard. *A Depth-Based Head-Mounted Visual Display to Aid Navigation in Partially Sighted Individuals*. Forschungsbericht. Oxford: Oxford University, 2013. URL:

- <http://journals.plos.org/plosone/article/authors?id=10.1371/journal.pone.0067695>.
- John, Ludwig.** *Augmented Reality: Mit der Datenbrille ins Museum*. Forschungsbericht. Augsburg: Hochschule Augsburg, 2014.
- Mann, Steve.** *Mediated Reality*. TR 260. Cambridge: M.I.T. Media Lab Perceptual Computing Section, 1994.
- Nölle, Stefan.** *Augmented Reality als Vergleichswerkzeug am Beispiel der Automobilindustrie*. Dissertation. München: Technische Universität München, 2006.
- Rash, Clarence, Christie Suggs, John Mora, Corina van de Pol, Barbara Reynolds und John Crowley.** *Visual Issues Survey of AH-64 Apache Aviators (Year 2000)*. USAARL Report 2002-02. Fort Rucker: U.S. Army Aeromedical Research Laboratory, 2001. URL: <http://www.dtic.mil/docs/citations/ADA397663>.
- Runde, Christoph.** *Head Mounted Displays & Datenbrillen – Einsatz und Systeme*. Whitepaper. Fellbach: Virtual Dimension Center (VDC) Fellbach, 2014.
- Suthau, Tim.** *Augmented Reality: Positionsgenaue Einblendung räumlicher Informationen in einem See Through Head Mounted Display für die Medizin am Beispiel der Leberchirurgie*. Dissertation. Berlin: Technischen Universität Berlin, 2006.
- Tegtmeier, André.** *Augmented Reality als Anwendungstechnologie in der Automobilindustrie*. Dissertation. Magdeburg: Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, 2006.
- Tümmler, Johannes.** *Untersuchungen zu nutzerbezogenen und technischen Aspekten beim Langzeiteinsatz mobiler Augmented Reality Systeme in industriellen Anwendungen*. Dissertation. Magdeburg: Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, 2009.
- M100 Safety & Warranty.** Safety and Warranty Booklet. URL: files.vuzix.com/Content/Upload/Driver_File_425PB0003_04_M100_Safety_Warranty_Booklet_20160526152023417.pdf.
- M100 Smart Glasses Product Guide Enterprise Edition.** Product Guide. URL: files.vuzix.com/Content/Upload/Driver_File_425PB0002_03_Product_Guide_US_Enterprise_20160404131344910.pdf.
- Voice Recognition Libraries.** Techn. Ber. Durch Nachfrage bei Vuzix erhalten.
- Vuzix M100 Production Model Shipping to Developers and Available for General Preorder – Vuzix M100 Smart Glasses serve up the digital world “hands free”.** Press Release. URL: https://www.vuzix.com/Content/Upload/News/13069646_120313_-_m100_shipping_pr_f.pdf.
- Vuzix M100 Smart Glasses Hands-Free Mobile Computing.** Product Sheet. URL: files.vuzix.com/Content/pdfs/Vuzix-M100-Product-Sheet-01-01-2016.pdf.
- Vuzix M300 Smart Glasses Hands-Free Mobile Computing.** Product Sheet. URL: files.vuzix.com/Content/pdfs/Vuzix-M300-Product-Sheet-07-28-16.pdf.
- Vuzix M3000 Smart Glasses Advanced Waveguide Optics.** Product Sheet. URL: files.vuzix.com/Content/pdfs/Vuzix-M3000-Product-Sheet-01-01-2016.pdf.
- Wilson, Joel.** *Head-mounted Displays and New Technologies for Firefighting and Rescue in a Post 9/11 World*. Dissertation. Berkeley, CA, USA, 2007.

Internetquellen

- Adblock Plus.** *It might be one day! We are thinking about it now. :)* Twitter-Post. 4. Oktober 2016. URL: <https://twitter.com/AdblockPlus/status/783252552276119552> (besucht am 03.12.2016).
- *We're very happy to see that @AdblockPlus for @projectglass works!* Twitter-Post. 11. April 2013. URL: <https://twitter.com/AdblockPlus/status/322282210772279297> (besucht am 03.12.2016).
- Advanced Realtime Tracking GmbH,** Hrsg. *Glasses Targets*. URL: <http://www.ar-tracking.com/products/markers-targets/targets/passive/> (besucht am 22.12.2016).
- Albrand, Carolin.** *Augmented Reality: Google Glass soll Ärzten die Arbeit erleichtern*. Hrsg. von **VRODO**. 27. April 2016. URL: <https://vrodo.de/augmented-reality-google-glass-soll-aerzten-die-arbeit-erleichtern/> (besucht am 02.12.2016).
- Ancud IT-Beratung,** Hrsg. *Hands — free mit Google Glass*. URL: <http://www.ancud.de/datenbrillen> (besucht am 13.12.2016).
- Android User,** Hrsg. *Unterschiede und Gemeinsamkeiten zwischen Android und Linux*. 26. April 2013. URL: <https://www.android-user.de/unterschiede-und-gemeinsamkeiten-zwischen-android-und-linux/> (besucht am 16.11.2016).
- Anime News Network,** Hrsg. *Hatsune Miku's 'Father' Hiroyuki Itō Receives Japan Medal with Blue Ribbon*. 2. November 2013. URL: <http://www.animenewsnetwork.com/news/2013-11-02/hatsune-miku-father-hiroyuki-ito-receives-japan-medal-with-blue-ribbon> (besucht am 12.10.2016).
- antjeverena.** *augmented reality with LEGO*. Foto. 3. März 2009. URL: <https://www.flickr.com/photos/antjeverena/3327157260/> (besucht am 31.12.2016).
- Bechtle AG,** Hrsg. *Bechtle startet Einsatz von Smart Glasses*. Pressemitteilung. 16. Januar 2016. URL: <https://www.bechtle.com/presse/meldungen/bechtle-startet-einsatz-von-smart-glasses> (besucht am 17.10.2016).
- Bendel, Oliver.** *Definition »Datenbrille«*. Hrsg. von **Gabler Wirtschaftslexikon**. URL: <http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Archiv/1097117103/datenbrille-v4.html> (besucht am 09.09.2016).
- BesserBasteln.de,** Hrsg. *Faltanleitung: Origami Schwan*. URL: <http://www.besserbasteln.de/Origami/Tiere%20falten/schwan.html> (besucht am 09.12.2016).
- Biederbeck, Max.** *Sehen wir bald nur noch, was wir sehen wollen? Augmented-Reality-Brille verbannt Werbung aus unserem Alltag*. Hrsg. von **WIRED.de**. 27. Januar 2015. URL: <https://www.wired.de/collection/life/die-augmented-reality-brille-brand-killer-ist-der-adblocker-fur-den-alltag> (besucht am 03.12.2016).
- BMW,** Hrsg. *What is a BMW Head-Up Display and how can it support your driving?* Video. 8. Februar 2016. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=hYLZ2ehwy-A> (besucht am 22.12.2016).

- Bowden, Zac.** *Microsoft HoloLens Start / UI.* Video. 22. Februar 2016. URL: https://www.youtube.com/watch?v=L3_vIBxB8Fc (besucht am 22.10.2016).
- Broll, Wolfgang.** *Weltneuheit: Videotechnologie lässt Objekte verschwinden.* Hrsg. von TU Ilmenau. 9. Oktober 2010. URL: <https://www.tu-ilmenau.de/journalisten/pressemeldungen/einzelnachricht/newsbeitrag/5784/> (besucht am 04.12.2016).
- Build HoloLens.** *HoloLens: Asking Cortana Questions Part 1.* Video. 2. Mai 2016. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=4TEHmSDesEQ> (besucht am 28.10.2016).
- Bundesverband Informationswirtschaft, Telekommunikation und neue Medien e. V. (Bitkom),** Hrsg. *Großes Interesse an den Funktionen von Smart Glasses.* Pressemitteilung. 12. Oktober 2015. URL: <https://www.bitkom.org/Presse/Presseinformation/Grosses-Interesse-an-den-Funktionen-von-Smart-Glasses.html> (besucht am 15.10.2016).
- Bundesverband Informationswirtschaft, Telekommunikation und neue Medien e.V. (Bitkom),** Hrsg. *Datenbrillen finden schon vor Markteinführung Interesse.* Pressemitteilung. 15. Mai 2013. URL: <https://www.bitkom.org/Presse/Presseinformation/Datenbrillen-finden-schon-vor-Markteinfuehrung-Interesse.html> (besucht am 15.10.2016).
- Cava, Marco della.** *Beyond a gadget: Google Glass is a boon to disabled.* Hrsg. von USA TODAY. 23. Oktober 2013. URL: <http://www.usatoday.com/story/tech/2013/10/22/google-glass-aids-disabled/3006827/> (besucht am 01.11.2016).
- Charara, Sophie.** *Microsoft HoloLens: Everything you need to know about the \$3,000 AR headset.* Hrsg. von Wareable Ltd. 2. August 2016. URL: <http://www.wareable.com/microsoft/microsoft-hololens-everything-you-need-to-know-about-the-futuristic-ar-headset-735> (besucht am 07.10.2016).
- Chin, Rick.** *Now available: eDrawings for iOS with Augmented Reality.* Hrsg. von Dassault Systèmes SolidWorks Corp. 13. Februar 2013. URL: <http://blogs.solidworks.com/solidworksblog/2013/02/augmented-reality-in-edrawings.html> (besucht am 09.09.2016).
- Collins, Andrew.** *Land Rover Is Using Augmented Reality To Sell Cars That Aren't There.* Hrsg. von Gizmodo Media Group. 11. Dezember 2014. URL: <http://truckyeah.jalopnik.com/iphone-powered-augmented-reality-puts-you-inside-a-digi-1669946085> (besucht am 22.12.2016).
- Continental Automotive GmbH,** Hrsg. *Continental Head-up Display Augmented Reality HUD.* URL: <http://continental-head-up-display.com/de/> (besucht am 14.10.2016).
- Curved,** Hrsg. *Die Smartphones mit der besten Akkulaufzeit 2016.* URL: <https://curved.de/toplist/beste-akku-smartphones> (besucht am 05.10.2016).
- Cuthbertson, Anthony.** *Brand Killer: Augmented reality goggles create real-world AdBlock.* Hrsg. von International Business Times. 23. Januar 2015. URL: <http://www.ibtimes.co.uk/brand-killer-augmented-reality-goggles-create-real-world-adblock-1484844> (besucht am 03.12.2016).
- Cyborg Unplug,** Hrsg. *Cyborg Unplug.* URL: <https://plugunplug.net/> (besucht am 31.10.2016).

- Deutsche Post DHL Group**, Hrsg. *DHL testet erfolgreich Augmented Reality-Anwendung im Lagerbetrieb*. Pressemitteilung. 26. Januar 2015. URL: http://www.dpdhl.com/de/presse/pressemitteilungen/2015/dhl_testet_augmented_reality-anwendung.html (besucht am 17.10.2016).
- Dzyre, Nels**. *10 Forthcoming Augmented Reality & Smart Glasses You Can Buy*. Hrsg. von **Hongkiat.com**. URL: <http://www.hongkiat.com/blog/augmented-reality-smart-glasses/> (besucht am 07.10.2016).
- Eldritch, Ash**. *VitalMedicals Announces Seed Funding, Accelerating the Smart Hospital of the Future*. Hrsg. von **Vital Enterprises**. 4. Februar 2015. URL: <https://www.vital.enterprises/blog/post/110058916667/vitalmedicals-announces-seed-funding-accelerating> (besucht am 28.11.2016).
- Epson**, Hrsg. *BT-300 – Technical Information*. Technische Information. URL: <https://tech.moverio.epson.com/en/bt-300/> (besucht am 27.10.2016).
- Hrsg. *Moverio BT-300*. Technische Spezifikationen. URL: <http://www.epson.de/en/products/see-through-mobile-viewer/moverio-bt-300#specifications> (besucht am 21.10.2016).
 - Hrsg. *Moverio BT-300 Technical FAQ*. FAQ. URL: <https://tech.moverio.epson.com/en/bt-300/faq.html> (besucht am 27.10.2016).
 - Hrsg. *Support & Downloads: Moverio BT-300: Moverio BT-300: Frequently asked questions (FAQ) – U/I*. FAQ. URL: <https://www.epson.de/en/viewcon/corporatesite/products/mainunits/faq/8232/20178> (besucht am 27.10.2016).
- Epson America, Inc.**, Hrsg. *Epson Moverio BT-300 and BT-200 Smart Glasses*. URL: <http://www.epson.com/cgi-bin/Store/jsp/Landing/moverio-augmented-reality-smart-glasses.do> (besucht am 07.10.2016).
- Epson Moverio**, Hrsg. *Epson Moverio BT-300: A New Way Of Seeing The World*. Video. 22. Februar 2016. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=hhYPqF3aHUs> (besucht am 29.10.2016).
- *Moverio BT-300 "behind the glasses" of the DJI GO app*. Video. 12. September 2016. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=9WLF7cjcQ> (besucht am 29.10.2016).
- Evena Medical**, Hrsg. *EYES-ON SMART GLASSES — Point Of Care Ultrasound Has Never Looked So Good*. URL: <https://evenamed.com/eyes-on-glasses/> (besucht am 29.11.2016).
- Fingasm, Jon**. *Vuzix's Android-powered M100 Smart Glasses now available to pre-order for \$1,000*. Hrsg. von **engadget**. 12. März 2013. URL: <https://www.engadget.com/2013/12/03/vuzix-m100-smart-glasses-now-available-to-pre-order/> (besucht am 19.11.2016).
- Gartner**, Hrsg. *Gartner Says Smartglasses Will Bring Innovation to Workplace Efficiency*. 6. November 2013. URL: <http://www.gartner.com/newsroom/id/2618415> (besucht am 18.11.2016).
- Hrsg. *Gartner's 2014 Hype Cycle for Emerging Technologies Maps the Journey to Digital Business*. 11. August 2014. URL: <http://www.gartner.com/newsroom/id/2819918> (besucht am 17.11.2016).
 - Hrsg. *Gartner's 2015 Hype Cycle for Emerging Technologies Identifies the Computing Innovations That Organizations Should Monitor*. 18. August 2015. URL: <http://www.gartner.com/newsroom/id/3114217> (besucht am 18.11.2016).

- Gilbert, Ben.** *Microsoft's ambitious HoloLens headset ships on March 30.* Hrsg. von **Business Insider.** 29. Februar 2016. URL: <http://www.businessinsider.com/hololens-release-date-march-30-2016-2?IR=T> (besucht am 10.12.2016).
- Gillies, Constantin.** *Die Datenbrille revolutioniert das Wirtschaftsleben.* Hrsg. von **Handelszeitung.** 30. August 2015. URL: <http://www.handelszeitung.ch/unternehmen/technologie/die-datenbrille-revolutioniert-das-wirtschaftsleben-843671> (besucht am 20.11.2016).
- Glass Almanac,** Hrsg. *The History of Google Glass.* URL: <http://glassalmanac.com/history-google-glass/> (besucht am 19.11.2016).
- Golem.de.** *Google Glass in den USA am 15. April für jeden erhältlich.* Hrsg. von **Donath, Andreas.** 10. April 2014. URL: <http://www.golem.de/news/computerbrille-google-glass-in-den-usa-am-15-april-fuer-jeden-erhaeltlich-1404-105795.html> (besucht am 08.12.2016).
- Hrsg. *Smartwatch.* URL: <http://www.golem.de/specials/smartwatch/> (besucht am 03.10.2016).
- Google,** Hrsg. *Activities.* URL: <https://developer.android.com/guide/components/activities.html> (besucht am 16.11.2016).
- Hrsg. *Android ist für alle da | Wissenswertes.* URL: https://www.android.com/intl/de_de/everyone/facts/ (besucht am 16.11.2016).
 - Hrsg. *Explorers.* URL: <https://sites.google.com/site/glasscomms/glass-explorers> (besucht am 31.10.2016).
 - Hrsg. *Glass gestures.* URL: https://support.google.com/glass/answer/3064184?hl=en&ref_topic=3208086 (besucht am 28.10.2016).
 - Hrsg. *Google Übersetzer.* URL: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.google.android.apps.translate&hl=de> (besucht am 14.10.2016).
 - Hrsg. *Voice actions – More voice actions.* URL: https://support.google.com/glass/answer/4353636?hl=en&ref_topic=3063233 (besucht am 28.10.2016).
 - Hrsg. *Voice actions – 'ok glass,'* URL: https://support.google.com/glass/answer/3079305?hl=en&visit_id=0-636132701528806949-1427608046&ref_topic=3063233&rd=1 (besucht am 28.10.2016).
- Greenberg, Andy.** *Google Glass Snoopers Can Steal Your Passcode With a Glance.* Hrsg. von **WIRED.com.** 24. Juni 2014. URL: <https://www.wired.com/2014/06/google-glass-snoopers-can-steal-your-passcode-with-a-glance/> (besucht am 20.11.2016).
- Gulf South Technology Solutions,** Hrsg. *HoloLens: Microsoft's Five Year Plan to Conquer Augmented Reality.* 26. Februar 2016. URL: <http://www.gulfsouthtech.com/blog/hololens-microsofts-five-year-plan-to-conquer-augmented-reality> (besucht am 07.10.2016).

- Hamer, Alexandra.** *My Facial Feminisation Thesis: Part 8: How Feminine is Feminine Enough?* URL: http://www.virtualffs.co.uk/My_Facial_Feminisation_Thesis_Part_8_How_Feminine_is_Feminine_Enough.html (besucht am 25. 11. 2016).
- Hartmann, Bert.** *LuftArchiv.de – Das Archiv der Deutschen Luftwaffe.* Hrsg. von **LuftArchiv.de.** URL: <http://www.luftarchiv.de/> (besucht am 21. 09. 2016).
- Hecking, Mirjam.** *Wo Google-Glass-Träger draußen bleiben müssen.* Hrsg. von **manager magazin.** 15. April 2014. URL: <http://www.manager-magazin.de/fotostrecke/wo-google-glass-verboden-ist-fotostrecke-113446.html> (besucht am 01. 11. 2016).
- Hellomint,** Hrsg. *Wie verändert Augmented Reality die Gesundheitsbranche?* URL: <http://www.hellomint.com/augmented-reality-in-der-gesundheitsbranche/> (besucht am 03. 12. 2016).
- Henkel, Markus.** *Datenbrillen in der Intralogistik: Teil 2: Vuzix Smart Glasses M100 im Test.* Hrsg. von **DR. THOMAS + PARTNER.** 19. Dezember 2016. URL: <http://www.tup.com/datenbrillen-in-der-intralogistik-teil2-vuzix-smart-glasses-m100-im-test/> (besucht am 26. 12. 2016).
- Hussey, Matt.** *Google Glass wearer attacked in San Francisco.* Hrsg. von **dezeen.** 10. März 2014. URL: <https://www.dezeen.com/2014/03/10/women-attacked-in-san-francisco-for-wearing-google-glass/> (besucht am 27. 12. 2016).
- iBeacon.com,** Hrsg. *What is iBeacon? A Guide to Beacons.* URL: <http://www.ibeacon.com/what-is-ibeacon-a-guide-to-beacons/> (besucht am 24. 12. 2016).
- Inter IKEA Systems B.V.,** Hrsg. *IKEA Katalog.* URL: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.ikea.catalogue.android&hl=de> (besucht am 14. 10. 2016).
- ITWissen.info,** Hrsg. *Virtuelle Realität.* URL: <http://www.itwissen.info/definition/lexikon/Virtuelle-Realitaet-VR-virtual-reality.html> (besucht am 07. 09. 2016).
- Jung-Taek, Oh.** *Keyboard HoloLens.* Video. 8. September 2016. URL: https://www.youtube.com/watch?v=FjNLviVC_Qw (besucht am 29. 10. 2016).
- JustDanyul.** *Which design patterns are used on Android?* Hrsg. von **Stack Exchange Inc.** 21. Juli 2011. URL: <http://stackoverflow.com/questions/4916209/which-design-patterns-are-used-on-android/6770903#6770903> (besucht am 16. 11. 2016).
- Kalenda, Florian.** *Samsung ruft Note 7 wegen explodierender Akkus zurück.* Hrsg. von **ZDNet.** 1. September 2016. URL: <http://www.zdnet.de/88277975/samsung-ruft-note-7-wegen-explodierender-akkus-zurueck/> (besucht am 18. 12. 2016).
- Kammler, Michael.** *Shopping 2020: Datenbrillen sorgen für eine Revolution im Kaufverhalten.* Hrsg. von **Trends der Zukunft.** 12. Januar 2015. URL: <http://www.trendsderzukunft.de/shopping-2020-datenbrillen-sorgen-fuer-eine-revolution-im-kaufverhalten/2015/01/12/> (besucht am 19. 12. 2016).
- Kamps, Udo.** *Definition »Grundgesamtheit«.* Hrsg. von **Gabler Wirtschaftslexikon.** URL: <http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Archiv/1543/grundgesamtheit-v9.html> (besucht am 23. 12. 2016).
- Kannenber, Axel.** *Kinos in Großbritannien verbieten Google Glass.* Hrsg. von **heise online.** 30. Juni 2014. URL: <http://www.heise.de/newsticker/meldung/Kinos-in->

- Grossbritannien-verbieten-Google-Glass-2243250.html (besucht am 01.11.2016).
- Kannenberg, Axel.** *US-Kinokette verbietet Google Glass während Vorstellung.* Hrsg. von **heise online**. 10. Juni 2014. URL: <http://www.heise.de/newsticker/meldung/US-Kinokette-verbietet-Google-Glass-waehrend-Vorstellung-2218932.html> (besucht am 01.11.2016).
- Karpouzis, Thanos.** *Android Architecture: A simple guide for MVC, MVP and MVVM on Android projects.* Hrsg. von **AndroidPub**. 24. August 2015. URL: <https://android.jlelse.eu/android-architecture-2f12e1c7d4db> (besucht am 16.11.2016).
- KBU Logistik GmbH,** Hrsg. *Datenbrillen revolutionieren die Arbeitswelt.* Pressemitteilung. 7. Mai 2014. URL: <http://www.firmenpresse.de/pressinfo1055683/datenbrillen-revolutionieren-die-arbeitswelt.html> (besucht am 20.11.2016).
- KBU-Logistik GmbH,** Hrsg. *Pick by Vision – Software wartet auf Hardware.* 8. November 2016. URL: <http://www.kbu-logistik.de/pick-by-vision-software-wartet-auf-hardware/> (besucht am 02.01.2017).
- Kierblewski, Anja.** *Deutschlandpremiere: Roboter assistiert bei Operation.* Hrsg. von **Oberhessen-Live**. 7. Dezember 2016. URL: <http://www.oberhessen-live.de/2016/12/07/deutschlandpremiere-roboter-assistiert-bei-operation/> (besucht am 20.12.2016).
- Korat, Andreas.** *Augmented Reality: Paper about the use of Augmented Reality in Manufacturing and Product Development.* URL: http://www.koratien.at/blogentries/Augmented_Reality.htm (besucht am 22.12.2016).
- Leithäuser, Boris.** *Herzfrequenzvariabilität – eine Begriffserklärung.* Hrsg. von **jameda**. 21. Dezember 2013. URL: <https://www.jameda.de/gesundheits/herz-kreislauf/herzfrequenzvariabilitaet/> (besucht am 04.11.2016).
- make-origami.com,** Hrsg. *Origami Box.* URL: <http://make-origami.com/origami-box/> (besucht am 09.12.2016).
- Management Circle AG,** Hrsg. *Die gläserne Revolution: Datenbrillen im Unternehmenseinsatz.* 16. April 2014. URL: http://www.managementcircle.de/das_unternehmen/presse/pressemeldungen/pressemeldung_detailansicht/article/die-glaeserne-revolution-datenbrillen-i-00000134.html (besucht am 19.12.2016).
- Mann, Steve.** *Physical assault by McDonald's for wearing Digital Eye Glass.* 17. Juli 2012. URL: <http://eyetap.blogspot.de/2012/07/physical-assault-by-mcdonalds-for.html> (besucht am 31.10.2016).
- Matrix Inception,** Hrsg. *HoloLens D3D Keyboard.* Video. 4. August 2016. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=VL2c-axyZDg> (besucht am 29.10.2016).
- McGee, Matt.** *Google Shuts Down Explorer Program, Reorganizes Glass Project.* Hrsg. von **Glass Almanac**. 15. Januar 2015. URL: <http://glassalmanac.com/google-shuts-explorer-program-reorganizes-glass-project/6861/> (besucht am 19.11.2016).
- Microsoft,** Hrsg. *Cortana on HoloLens.* URL: <https://support.microsoft.com/de-de/help/12630/hololens-cortana-on-hololens> (besucht am 27.10.2016).

Microsoft, Hrsg. *Gaze*. URL:

<https://developer.microsoft.com/de-DE/windows/holographic/gaze> (besucht am 27. 10. 2016).

– Hrsg. *Gestures*. URL: <https://developer.microsoft.com/de-DE/windows/holographic/gestures> (besucht am 27. 10. 2016).

– Hrsg. *Hardware details*. Technische Spezifikationen. URL:

https://developer.microsoft.com/de-DE/windows/holographic/hardware_details (besucht am 21. 10. 2016).

– Hrsg. *Microsoft HoloLens hardware*. URL:

<https://www.microsoft.com/microsoft-hololens/en-us/hardware> (besucht am 26. 09. 2016).

– Hrsg. *Rendering*. URL: <https://developer.microsoft.com/de-DE/windows/holographic/rendering> (besucht am 14. 12. 2016).

– Hrsg. *Voice input*. URL: https://developer.microsoft.com/de-DE/windows/holographic/voice_input (besucht am 27. 10. 2016).

– Hrsg. *Working with accessories: HoloLens Clicker*. URL:

https://developer.microsoft.com/de-DE/windows/holographic/Working_with_accessories.html#hololens_clicker (besucht am 27. 10. 2016).

NARVIS, Hrsg. *Navigations- und AR - Visualisierungssystem für den Einsatz bei minimalinvasiven, unfallchirurgischen Operationen (NARVIS)*. URL:

<http://campar.in.tum.de/Narvis/WebHome> (besucht am 25. 11. 2016).

NEC Corporation, Hrsg. *NEC develops new user interface that turns arm into virtual keyboard*. 5. November 2015. URL:

http://www.nec.com/en/press/201511/global_20151105_04.html (besucht am 03. 10. 2016).

Nikkei Asian Review, Hrsg. *Augmented reality: NEC turns arm into virtual keyboard with wearable tech*. 5. November 2015. URL:

<http://asia.nikkei.com/Tech-Science/Tech/NEC-turns-arm-into-virtual-keyboard-with-wearable-tech> (besucht am 03. 10. 2016).

Olive Devices, Hrsg. *Our Product*. URL:

<http://www.olivedevices.com/our-product/> (besucht am 03. 11. 2016).

Peckham, James. *Project Aura is the confusing new name for Google Glass*. Hrsg. von **TechRadar**. 17. September 2015. URL:

<http://www.techradar.com/news/wearables/project-aura-is-the-confusing-new-name-for-google-glass-1304471> (besucht am 19. 11. 2016).

Picavi, Hrsg. *Technology - Picavi Pick-by-Vision*. URL:

<http://picavi.com/en/technology/> (besucht am 26. 09. 2016).

Picavi GmbH, Hrsg. *Lösungen: Smart und Pure - Picavi Pick-by-Vision*. URL:

<http://picavi.com/loesungen/> (besucht am 17. 10. 2016).

– Hrsg. *Picavi: Pick-by-Vision Kommissionierung mit Datenbrillen*. Video. 30. Januar 2015. URL:

<https://www.youtube.com/watch?v=jEpjUHzswT4> (besucht am 31. 12. 2016).

Reply To: Voice Recognition with SDK 1.4, M100 (Firmware 2.0) and custom grammar file. 24. Juni 2015. URL: http://vuzix17.rssing.com/chan-32187698/all_p6.html (besucht am 20. 11. 2016).

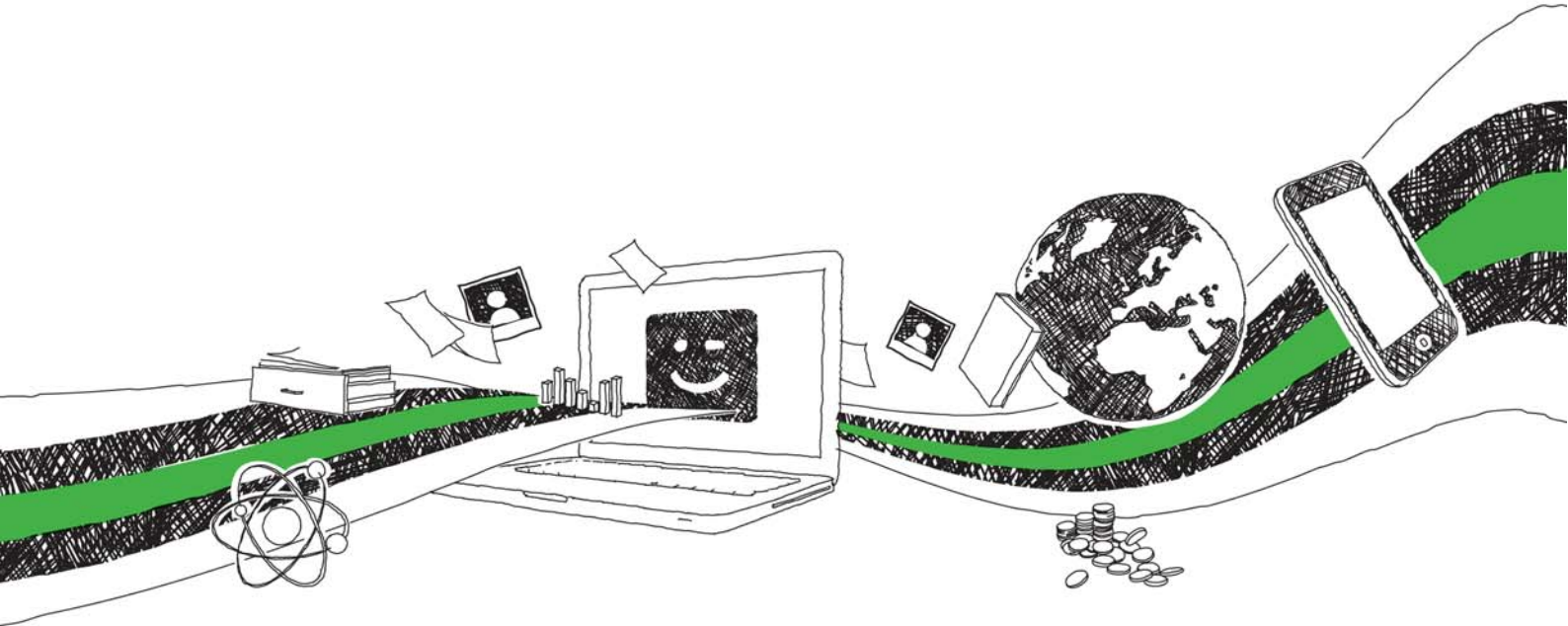
R/GA FutureVision, Hrsg. *LEGO Uses AR To Bring Toys To Life In Stores*. 27. April 2015. URL:

<https://futurevision.rga.com/2015/04/lego-uses-ar-to-bring-toys-to-life-in-stores/> (besucht am 31. 12. 2016).

- Rührmair, Christof.** *Datenbrillen: Revolution auf der Nase*. Hrsg. von **Automobilwoche**. 19. November 2015. URL: <http://www.automobilwoche.de/article/20151119/HEFTARCHIV/151119942/datenbrillen-revolution-auf-der-nase> (besucht am 19.12.2016).
- Russell, Kyle.** *I Was Assaulted For Wearing Google Glass In The Wrong Part Of San Francisco*. Hrsg. von **Business Insider**. 13. April 2014. URL: <http://www.businessinsider.com/i-was-assaulted-for-wearing-google-glass-2014-4?IR=T> (besucht am 31.10.2016).
- rweaving.** *Glass privacy cover*. Hrsg. von **Thingiverse**. 30. Mai 2013. URL: <http://www.thingiverse.com/thing:96237> (besucht am 01.11.2016).
- SAP,** Hrsg. *SAP and Vuzix bring you the future of Field Service*. Video. 24. Februar 2014. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=UlpGDrSmg38> (besucht am 29.10.2016).
- SAPEnterpriseMobile.** *SAP & Vuzix Bring you Augmented Reality Solutions for the Enterprise*. Video. 12. Mai 2013. URL: https://www.youtube.com/watch?v=9Wv9k_ssLcI (besucht am 29.10.2016).
- Schneier, Bruce.** *Google Glass Enables New Forms of Cheating*. 15. April 2013. URL: https://www.schneier.com/blog/archives/2013/04/google_glass_en.html (besucht am 30.10.2016).
- Scholz, Heike.** *Mobile Future: Mobile Endgeräte*. Hrsg. von **MUNICH DIGITAL INSTITUTE GmbH**. 18. September 2014. URL: <https://www.munich-digital.com/fachartikel/mobile-future/was-ist-ein-mobiles-endgeraet> (besucht am 03.10.2016).
- Scoble, Robert.** *Yes, Google Glass survives a wet shower*. 28. April 2013. URL: <https://plus.google.com/+Scobleizer/posts/TcaqNeYJWxo> (besucht am 05.10.2016).
- Shah, Agam.** *Epson brings hands-free YouTube to smart glasses*. Hrsg. von **Network World**. 15. Mai 2013. URL: <http://www.networkworld.com/article/2166311/smb/epson-brings-hands-free-youtube-to-smart-glasses.html> (besucht am 19.11.2016).
- VA-ST,** Hrsg. *Smart Specs*. URL: <http://www.va-st.com/smart-specs/#submenu> (besucht am 01.11.2016).
- Startup L. Jackson.** *Glasshole*. Twitter-Post. 16. Oktober 2012. URL: <https://twitter.com/StartupLJackson/status/258297418485989377> (besucht am 30.10.2016).
- Stein, Scott.** *Epson's Moverio BT-300 borrows the best TV tech to create improved smart glasses*. Hrsg. von **CNET**. 22. Februar 2016. URL: <https://www.cnet.com/products/epson-moverio-bt-300/preview/> (besucht am 07.10.2016).
- Steinwender, Arno.** *Scattergories*. Hrsg. von **Spieletest.at**. 1. August 2004. URL: <http://www.spieletest.at/gesellschaftsspiel/478/Scattergories> (besucht am 30.10.2016).
- Stop The Cyborgs,** Hrsg. *Google Glass ban signs*. URL: <https://stopthecyborgs.org/google-glass-ban-signs/> (besucht am 31.10.2016).
- Strietelmeier, Julie.** *AMC movie theater calls "federal agents" to arrest a Google Glass user*. Hrsg. von **The Gadgeteer**. 20. Januar 2014. URL: <http://the-gadgeteer.com/2014/01/20/amc-movie-theater-calls-fbi-to-arrest-a-google-glass-user/> (besucht am 01.11.2016).

- Technische Universität München**, Hrsg. *Der Blick in den Körper – Erweiterte Realität in der computergestützten Chirurgie*. URL: <https://www.in.tum.de/forschung/forschungs-highlights/medical-augmented-reality.html> (besucht am 25.11.2016).
- Terminal Eleven**, Hrsg. *SkyView® Free*. URL: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.t11.skyviewfree&hl=de> (besucht am 14.10.2016).
- The Late Show With David Letterman**, Hrsg. *Hatsune Miku Sharing The World - David Letterman 2014 10 08*. Video. Hochgeladen von: gotsome2003. 8. Oktober 2014. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=m9rJVyisiaI> (besucht am 09.12.2016).
- Toyota**, Hrsg. *Wearable Mobility Device for the Blind and Visually Impaired Being Developed by Toyota*. 7. März 2016. URL: <http://pressroom.toyota.com/releases/wearable+mobility+visually+impaired+toyota.htm> (besucht am 03.11.2016).
- Turovsky, Barak**. *Hallo, hola, olá to the new, more powerful Google Translate app*. Hrsg. von **Google**. 14. Januar 2015. URL: <https://googleblog.blogspot.de/2015/01/hallo-hola-ola-more-powerful-translate.html> (besucht am 24.12.2016).
- Ubimax GmbH**, Hrsg. *Ubimax GmbH – Portfolio — Smart Glasses standardisierte Lösungen wie xPick*. URL: <http://www.ubimax.de/index.php/de/products> (besucht am 17.10.2016).
- Volkswagen AG**, Hrsg. *Volkswagen bringt 3D-Datenbrille in den Serieneinsatz*. Pressemitteilung. 23. November 2015. URL: http://www.volkswagenag.com/content/vwcorp/info_center/de/news/2015/11/3D_smart_glasses.html (besucht am 15.10.2016).
- VRODO**, Hrsg. *Google Glass*. URL: <https://vrodo.de/google-glass/> (besucht am 08.12.2016).
- Vuzix**, Hrsg. *M100/M300 Pre-Order Swap Program*. URL: <https://www.vuzix.com/Products/m300-smart-glasses> (besucht am 08.12.2016).
- Vuzix Corporation**, Hrsg. *Product Photos*. URL: https://www.vuzix.com/News/Product_Photos#/image_3 (besucht am 03.10.2016).
- Hrsg. *Support: Product FAQs: Is it possible to add additional voice commands?* URL: <https://www.vuzix.com/support#/faq-1> (besucht am 28.10.2016).
 - Hrsg. *Vuzix Next Generation M300 Smart Glasses Nears Final Regulatory Approvals to Allow Volume Shipments to Commence in November*. 7. November 2011. URL: <http://ir.vuzix.com/press-releases/detail/1521/vuzix-next-generation-m300-smart-glasses-nears-final> (besucht am 31.12.2016).
- WeltN24 GmbH**, Hrsg. *Post-Chef will schlaue Datenbrillen für Briefträger*. 10. Juli 2016. URL: <https://www.welt.de/regionales/nrw/article156935799/Post-Chef-will-schlaue-Datenbrillen-fuer-Brieftraeger.html> (besucht am 17.10.2016).
- Wharton School of the University of Pennsylvania**, Hrsg. *How “Pokemon Go” Took Augmented Reality Mainstream*. 21. Juli 2016. URL: <http://knowledge.wharton.upenn.edu/article/how-pokemon-go-took-augmented-reality-mainstream/> (besucht am 11.10.2016).
- Yamaha Corporation**, Hrsg. *What’s VOCALOID?* URL: <https://net.vocaloid.com/en/> (besucht am 12.10.2016).

BEI GRIN MACHT SICH IHR WISSEN BEZAHLT



- Wir veröffentlichen Ihre Hausarbeit, Bachelor- und Masterarbeit
- Ihr eigenes eBook und Buch - weltweit in allen wichtigen Shops
- Verdienen Sie an jedem Verkauf

Jetzt bei www.GRIN.com hochladen
und kostenlos publizieren

