

NavAR

Urbane Fahrradnavigation mit Augmented Reality

NavAR

Urbane Fahrradnavigation mit Augmented Reality

Bachelorarbeit
an der Fachhochschule Potsdam
Fachbereich Design
Studiengang Interfacedesign

von Anette Giesa
Matrikelnummer 10641

1. Gutachter/in
Prof. Dr. Frank Heidmann

2. Gutachter/in
Prof. Constanze Langer

Bearbeitungszeitraum:
Sommersemester 2015
12.03.2015 bis 11.06.2015

Berlin, 11. Juni 2015

ZUSAMMENFASSUNG

Der Einsatz von Augmented Reality zur Zielführung mit Einblendung verkehrsrelevanter Informationen über eine Brille kann in Kombination mit einer an die persönlichen Bedürfnisse angepassten Routenplanung das Fahrradfahren in urbanen Räumen sicherer und effizienter gestalten. Durch das dichte und komplexe Verkehrsaufkommen in urbanen Räumen unterstehen „schwächere“ Verkehrsteilnehmer wie Fahrradfahrer einem höheren Unfallrisiko gegenüber Kraftfahrzeugen. Eine Abwendung des Blickes und der Aufmerksamkeit weg vom Verkehrsgeschehen hin zum Navigationsgerät oder Smartphone steigert dieses erheblich. Navigationsanweisungen und verkehrsrelevante Informationen direkt ins Blickfeld des Fahrradfahrers zu bringen, kann dieses Risiko senken.

Diese Arbeit befasst sich mit der Konzeption und Gestaltung einer Applikation für Augmented Reality Brillen die es Fahrradfahrern ermöglicht die für sie optimale Route zu finden und Navigations- sowie Verkehrsinformationen während der Fahrt zu erhalten ohne dabei den Blick vom aktuellen Verkehrsgeschehen abzuwenden. Zusätzlich kann auf Gefahrenquellen hingewiesen werden, die mit den Sinnen nicht erfassbar oder rechtzeitig wahrnehmbar sind.

ABSTRACT

The use of augmented reality to overlay navigation and traffic- relevant information on a pair of glasses in combination with routing, adapted to personal needs can make cycling in urban space safer and more efficient. As a result of dense and complex urban traffic, „weaker“ road users like cyclists are subjects of a higher risk of accidents compared to motorised vehicles. By turning away focus and attention from the transport scene towards a navigation device or smart phone this risk increases significantly. Bringing navigation instructions and traffic-relevant information direct in the cyclists field of view can minimize the risk.

This work deals with a concept and design of an application for augmented reality glasses that allows bicyclists to find the optimal route and receiving navigation and traffic information during the movement without turning away the sight of the current transport business. Additionally safety hazards, that can not be caught by senses or perceived in time, can be pointed out.

INHALTSVERZEICHNIS

01 EINLEITUNG

1.1 EINLEITUNG	1
1.1.1 Problematik	2
1.1.2 Lösungsansatz	4

02 RECHERCHE & HINTERGRUND

2.1 AUGMENTED REALITY	7
2.1.1 Displays	8
2.1.2 Display Position	9
2.1.3 Einsatzgebiete	10
2.1.4 Historischer Abriss	11
2.1.5 Wo stehen wir heute	13
2.1.6 Prognose	18
2.1.7 AR Smart Glasses	18
2.2 URBANER RAUM	21
2.3 MOBILITÄT IN DER STADT	22
2.3.1 Verkehrsinformationen	23
2.3.2 Intelligente Verkehrssysteme	24
2.3.3 Nachhaltige Mobilität	25
2.4 NAVIGATION	27
2.4.1 Navigationsverfahren	27
2.4.2 Positionserfassung	28
2.4.3 Fahrradnavigation	30
2.4.4 AR zur Navigation	32

03 UMSETZUNG

3.1 IDEATION	37
3.2 KONZEPT	41
3.3 AUFBAU UND FUNKTIONEN	43
3.4 SMARTPHONE APP	47
3.4.1 Navigation	48
3.4.2 Brillen- und AR Einstellungen	49
3.5 WIREFRAMES	51
3.6 AR SMART GLASSES VISUALISIERUNGEN	52
3.6.1 Umfrage	52
3.6.2 Aufbau AR Brillen Display	54
3.6.3 AR Inhalte	57
3.7 USE CASES	60
3.8 USABILITY TEST	78
3.9 ERGEBNISÜBERSICHT	81
3.9.1 NavAR Smartphone Applikation	81
3.9.2 NavAR Brillen Visualisierungen	87
4 FAZIT & AUSBLICK	91
5 LITERATURVERZEICHNIS	93

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Durch Smartphone und Kopfhörer abgelenkter Fahrradfahrer	3
Abbildung 2: Realitäts-Virtualitäts-Kontinuum nach [MILGRAM, 1994]	8
Abbildung 3: Augmented Reality Displays und Position nach [BIMBER,2006]	9
Abbildung 4: Sensorama [HEILIG, 1962]	11
Abbildung 5: Ivan Sutherlands „Sword of Damocles“ [SUTHERLAND, 1968]	11
Abbildung 6: Touring Machine von Feiner [FEINER, 1997]	12
Abbildung 7: AR Quake [THOMAS, 2000]	12
Abbildung 8: WiFi-Finder mit Wikitude	14
Abbildung 9: AR Funktion der IKEA Katalog-App	14
Abbildung 10: Überlagerung einer Röntgenaufnahme mit dem Livebild	14
Abbildung 11: Smart Glasses Entwicklungsstand und Marktbedeutung	15
Abbildung 12: Google Glass	16
Abbildung 13: recon Jet	16
Abbildung 14: DAQRI Smart Helmet	16
Abbildung 15: Atheer Air	16
Abbildung 16: Laster see through	16
Abbildung 17: Glass Up	16
Abbildung 18: Innovega iOptik	16
Abbildung 19: Microsoft Hololens	16
Abbildung 20: Microsoft Hololens	17
Abbildung 21: Der natürlichere Blick auf die Welt durch Augmented Reality	19
Abbildung 22: Annahme Prognose von Augmented Reality Brillen	20
Abbildung 23: Simtd System	24
Abbildung 24: GPS-System Segmente	29
Abbildung 25: komoot Navigations-App	31
Abbildung 26: bbybike Fahrradnavigations-App für Berlin	31
Abbildung 27: mapmyride Fahrrad-Sports-Tracking-App	31

Abbildung 28: AR Navigationsvisualisierungen [NARZT, 2006]	32
Abbildung 29: Wikitude Drive AR Navigation	32
Abbildung 30: Konzeptvisualisierung	40
Abbildung 31: Funktionsübersicht und -struktur	43
Abbildung 32: Funktionsübersicht und -struktur Nahansicht	44, 45
Abbildung 33: Informationsarchitektur	46, 47
Abbildung 34: paper wireframes	51
Abbildung 35: Auflösung des menschlichen Gesichtsfeldes nach [WARE, 2010]	54
Abbildung 36: menschliches Gesichtsfeld nach [WARE, 2010]	55
Abbildung 37: ungefähre Scharfsicht	55
Abbildung 38: vergrößerte Wahrnehmung des Scharfsichtbereiches	55
Abbildung 39: visueller Grundaufbau des AR Brillen Displays	56
Abbildung 40: AR Routeneinblendungen	57
Abbildung 41: AR Statusleisteninformationen	57
Abbildung 42: AR Visualisierungen Ampelphasen	58
Abbildung 43: AR Visualisierungen Hinweisebereich	58
Abbildung 44: AR Visualisierungen Positionsbezogene Hindernisse	59
Abbildung 45: AR Visualisierung Gefahrensituation	59
Abbildung 46: Use Cases / Zeichnung „Der Citybiker“	60
Abbildung 47: Use Cases / Citybiker / Routeneinstellungen	60
Abbildung 48: Use Cases / Citybiker / Kartenansicht	61
Abbildung 49: Use Cases / Citybiker / Kartenansicht mit eingeblendeten Zusatzebenen	61
Abbildung 50: Use Cases / Citybiker / AR Einstellungen	62
Abbildung 51: Use Cases / Citybiker / Beispiel AR Einblendung aufgehende Autotür	63
Abbildung 52: Use Cases / Citybiker / Beispiel AR Einblendung Route mit Steigung	64
Abbildung 53: Use Cases / Citybiker / Beispiel AR Einblendung „Baustelle“	65
Abbildung 54: Use Cases / Zeichnung „Der gemütlichere Fahrradfahrer“	66
Abbildung 55: Use Cases / gemütlicher Radfahrer / Routeneinstellungen	66
Abbildung 56: Use Cases / gemütlicher Radfahrer / Kartenansicht	67
Abbildung 57: Use Cases / gemütlicher Radfahrer / Routendetails	67
Abbildung 58: Use Cases / gemütlicher Radfahrer / AR Einstellungen	68
Abbildung 59: Use Cases / gemütlicher Radfahrer - Beispiel AR Einblendung „rote Ampelphase“	69
Abbildung 60: Use Cases / gemütlicher Radfahrer / Beispiel AR Einblendung Route mit Straßenbelagsanzeige	70
Abbildung 61: Use Cases / gemütlicher Radfahrer / Beispiel AR Einblendung Route mit Straßenbelagsanzeige	71

Abbildung 62: Use Cases / Zeichnung „Der Rennradfahrer“	72
Abbildung 63: Use Cases / Rennradfahrer / Routeneinstellungen	72
Abbildung 64: Use Cases / Rennradfahrer / Profil	73
Abbildung 65: Use Cases / Rennradfahrer / Kartenansicht mit Höhenprofil	73
Abbildung 66: Use Cases / Rennradfahrer / AR Einstellungen	74
Abbildung 67: Use Cases / Rennradfahrer / Beispiel AR Einblendung endende Grünphase	75
Abbildung 68: Use Cases / Rennradfahrer / Beispiel AR Einblendung Hinweis Tramschienen	76
Abbildung 69: Use Cases / Rennradfahrer / Beispiel AR Einblendung Gefahrensituation	77
Abbildung 70: NavAR App Icon	81
Abbildung 71: NavAR AR Brille + Routeplanung Icon	81
Abbildung 72: NavAR Klickprototyp / Startscreen	82
Abbildung 73: NavAR Klickprototyp / Menü	82
Abbildung 74: NavAR Klickprototyp / Routenplanung	83
Abbildung 75: NavAR Klickprototyp / Routenparameter	83
Abbildung 76: NavAR Klickprototyp / Routenparameter, Auswahl Straßentyp	84
Abbildung 78: NavAR Klickprototyp / Routenansicht	84
Abbildung 79: NavAR Klickprototyp / Routendetails	85
Abbildung 80: NavAR Klickprototyp / Routendetails, Legende	85
Abbildung 81: NavAR Klickprototyp / AR Einstellungen	86
Abbildung 82: NavAR Klickprototyp / Profil	86
Abbildung 83: NavAR Brillen Visualisierungen Beispiel 1	87
Abbildung 84: NavAR Brillen Visualisierungen Beispiel 2	88
Abbildung 85: NavAR Brillen Visualisierungen Beispiel 3	89

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

6DoF	Six degrees of freedom
App	Applikation
AR	Augmented Reality
AV	Augmented Virtuality
FCD	Floating Car Data
GNSS	Globales Navigationssatellitensystem
GPS	Global Positioning System
GPX	GPS Exchange Format
HDD	Head-Down Display
HMD	Head-Mounted Display
HUD	Head-Up Display
HWD	Head-Worn Display
IVS	Intelligentes Verkehrssystem
KFZ	Kraftfahrzeug
KML	Keyhole Markup Language
ÖPNV	Öffentlicher Personennahverkehr
PDA	Personal Digital Assistant
POI	Points of Interest
SDK	Software Development Kit
UX	User Experience
VR	Virtual Reality
WLAN	Wireless Local Area Network

01

EINLEITUNG

1.1 EINLEITUNG

Urbane Räume unterstehen einem ständigen Wachstum, wodurch auch das Verkehrsaufkommen zunehmend höher und komplexer wird. Neben dem Ausbau der Verkehrsinfrastruktur und der Entwicklung und Umsetzung neuer intelligenter Verkehrssysteme sind Umwelt- und Klimaschutz wichtige Faktoren. Um beides gleichermaßen zu berücksichtigen, wird vor allem der Ausbau der Verkehrsinfrastruktur für Fahrradfahrer gefördert und vorangetrieben. Weltweit ließ sich bereits in den letzten 30 Jahren ein hoher Anstieg an Fahrradfahrern verzeichnen.¹ Vor allem in Städten bietet die Fortbewegung mit dem Fahrrad Vorteile gegenüber anderen Verkehrsmitteln. Neben der Unabhängigkeit von Fahrplänen und -zeiten entfällt beispielsweise auch die lange Suche nach Park-, bzw. Abstellmöglichkeiten im eng besiedelten urbanen Raum. Auf kurzen Strecken bietet das Fahrrad oft auch die schnellste Möglichkeit, vom Quell- zum Zielort zu gelangen. Zudem kann, gegenüber einem Kraftfahrzeug, bei spontanen Störeignissen im Verkehr, besonders unter Einbeziehen von Schleichwegen, eine größere Anzahl an Alternativ- und Ausweichrouten genutzt werden. Die Gründe, auf das Fahrrad umzusteigen, sind vielfältig. Während es für einige das zentrale Sport- und Trainingsgerät ist, andere sich generell fit halten oder Zeit an der frischen Luft verbringen wollen, es für weitere das Haupttransportmittel ist, steht der Spaßfaktor bei den meisten im Vordergrund. Nach Wunsch gibt es passende Smartphone Applikationen, um die ideale Tour im Grünen zu planen, Strecken nach Points of Interest (POI) zu suchen, Fitness-Tracker speziell für Radfahrer und „einfache“ Fahrradnavigation Apps.

Je nach Art der Verkehrsteilnehmer variieren auch deren Bedürfnisse. Diese sollten bereits bei der Routenplanung beachtet werden. Während Autofahrer unter Berücksichtigung der aktuellen Verkehrslage eher eine möglichst schnelle Route zum gewünschten Ziel erhalten und gegebenenfalls über Alternativrouten, Umleitungen und Blitzer informiert werden wollen, spielen bei Fahrradfahrern viele weitere Faktoren eine Rolle. Neben der Ermittlung der kürzesten oder auch schnellsten Strecke, ist Sicherheit ein nicht zu vernachlässigender Faktor.

¹ vgl. SHAHEEN, Susan A.; GUZMAN, Stacey; ZHANG, Hua. Bikesharing in Europe, the Americas, and Asia. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, 2010, 2143. Jg., Nr. 1, S. 159

Fahrradfahrer unterliegen einem höheren Unfallrisiko. Etwa jeder Dritte war bereits in einen Unfall verwickelt, in dem er Verletzungen davon getragen hat.²

Je nach Fitnesslevel und Sicherheit im Straßenverkehr sowie Ortskenntnis ist daher die Möglichkeit, eine den Bedürfnissen entsprechende Route zu finden, vor allem für Fahrradfahrer ein wichtiges Kriterium. Das Vorhandensein von Radwegen und -spuren, die Nutzung von Haupt- und Nebenstraßen, sowie der Straßenbelag, um nur einige zu nennen, sind Aspekte von Bedeutung. Das immer größere Angebot von entsprechenden Applikationen hat das Smartphone auch für das Fahrradfahren zum ständigen Begleiter werden lassen. Leider ist dadurch immer häufiger zu beobachten, dass Radfahrer im urbanen Raum ihr Zweirad einhändig führen, um mit der anderen Hand Informationen über das Smartphone abzurufen. Der Ausbau immer neuer intelligenter Verkehrssysteme (IVS) und technologische Neuerungen können miteinander vernetzt, eine Lösung bieten. Der Einsatz von Augmented Reality (AR) bietet beispielsweise die Möglichkeit, Verkehrs- und Navigationsinformationen direkt in das Blickfeld des Verkehrsteilnehmers zu bringen. Eine Änderung der Blickrichtung ab vom Verkehrsgeschehen wird dadurch vermieden.

1.1.1 PROBLEMATIK

Der moderne, dauerhaft vernetzte Mensch ist es gewohnt, immer und überall Informationen über sein Smartphone abrufen zu können. Ist man im Straßenverkehr unterwegs kann dies leider sehr schnell gefährlich werden. Besonders Radfahrer unterliegen einem höheren Unfallrisiko, welches nochmals enorm steigt, wenn der Blick vom Verkehrsgeschehen zur Informationsabfrage auf das Smartphone gelenkt wird. Zum Halten des Kurses der zuvor gewählten optimalen Strecke zum Zielpunkt müssen Navigationsanweisungen und/oder Kartenansichten aber jederzeit abrufbar sein. Navigationsgeräte und Smartphone Applikationen für Radfahrer gibt es viele. Über spezielle Halterungen können diese auch an der Lenkstange befestigt werden, um einen schnellen Blick auf Route und aktuelle Position werfen zu können. Bei längeren Touren und Ausflügen werden Fahrradnavigationsgeräte und Halterungen für die Navigation über das Smartphone oft eingesetzt. Ist man dagegen in der Stadt unterwegs, wird auf eine Handyhalterung für das Zweirad meistens verzichtet. Ein Grund ist, dass die Wege überwiegend nicht so lang sind, und oft angenommen wird, dass man sich, wenn nötig, an bekannten Hauptstraßen, Bahnhöfen, Denkmälern und anderen markanten Landmarken orientieren kann, wenn nötig. In der Realität wird im Falle einer Verunsicherung über den angestrebten Routenverlauf aber einfach das Smartphone aus der Tasche geholt, um die nötigen Informationen, dann einhändig

² CosmosDirect, So radeln die Deutschen: Eine aktuelle Studie von forsa und CosmosDirekt zur Fahrradnutzung in Deutschland, 2015. <https://www.cosmosdirekt.de/veroeffentlichungen/fahrradstudie-95232/>

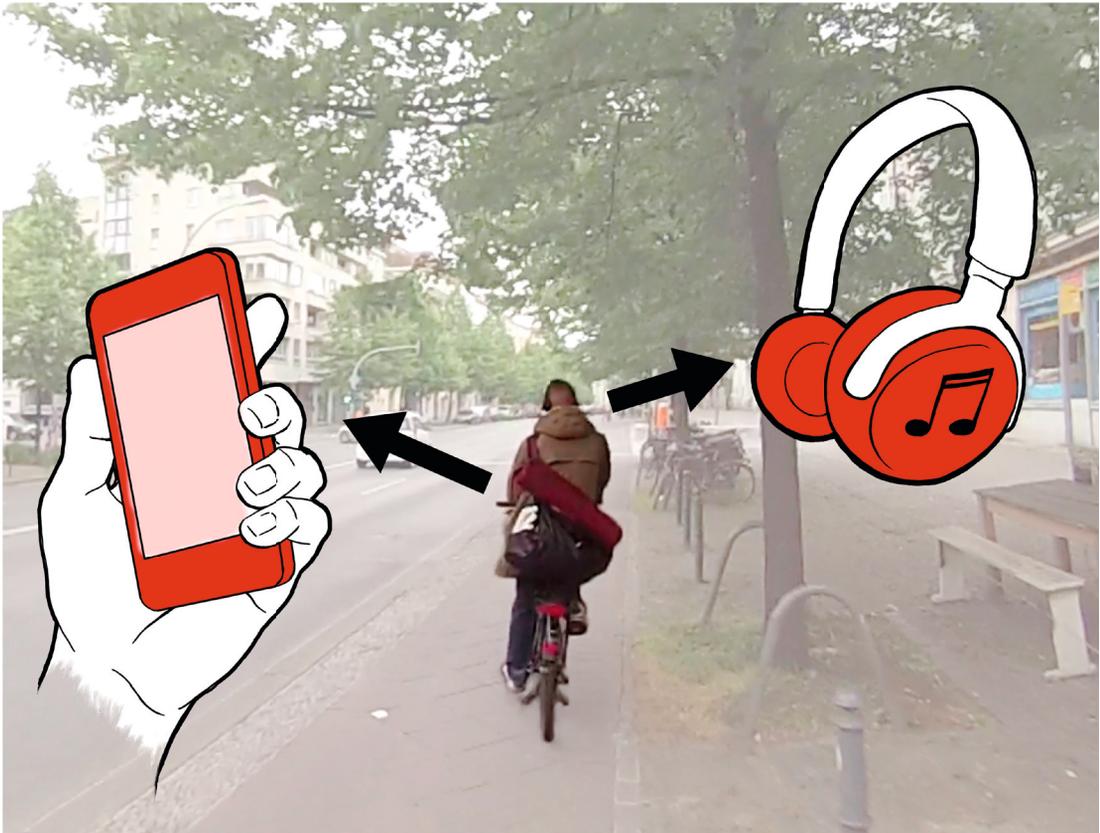


Abb. 1: Durch Smartphone und Kopfhörer abgelenkter Fahrradfahrer

weiter fahrend, abzurufen. Kurz anzuhalten, um einen Blick auf die aktuelle Position und den weiteren Streckenverlauf zum Zielpunkt zu bekommen, bringt zudem einen Zeitverlust mit sich. Urbane Räume geben einen schnellen Lebensrhythmus vor, in dem der sich selbst optimierende Mensch, der homo oeconomicus, ein Maximum an Effektivität anstrebt. Zeit einzusparen wo es geht, steht daher an sehr hoher Stelle. Dies ist auch ein weiterer Grund für die Nichtnutzung von Halterungen. Das An- und Abmontieren kostet Zeit, wenn auch nur wenig. Lässt man die Halterung einfach am Fahrrad, wenn man dieses abstellt, muss man in den meisten Städten davon ausgehen, dass diese gestohlen wird. Die in den meisten Apps integrierte Sprachausgabe für Navigationsanweisungen ist grundlegend eine sehr sinnvolle Funktion. Das Smartphone kann während der Fahrt in der Tasche behalten werden, man kann sich weiter auf das Fahren und den Verkehr konzentrieren und erhält gleichzeitig über Kopfhörer die wichtigen Navigationsanweisungen. Zur Orientierung sollten Außengeräusche aber nicht abgeschirmt werden. Der Mensch erfasst seine Umgebung und mögliche Gefahren nicht nur über Optik, sondern auch stark über

das Gehör. Selbst wenn Kopfhörer nur einseitig genutzt werden, beeinträchtigen sie das räumliche Hören. Zusammenfassend lässt sich also sagen, dass es zwar ein großes und gutes Angebot an Navigationssystemen für Fahrradfahrer gibt, diese aber die akustische Wahrnehmung beeinträchtigen, Reaktionszeiten durch Abwenden der Blickrichtung verlängern und in der Praxis, besonders in Städten, nicht so genutzt werden, dass ein Grundmaß an Sicherheit gewährleistet ist. Ideal wäre ein System, bei dem der Blick vom Verkehrsgeschehen nicht abgewendet werden muss und Routen- sowie verkehrsrelevante Informationen visuell und akustisch vom Fahrer erfasst werden können.

1.1.2 LÖSUNGSANSATZ

Augmented Reality (AR) beschreibt die Überblendung von Informationen direkt ins Blickfeld über die „Realansicht“. Der Einsatz von Augmented Reality zur Navigation und zum Liefern von verkehrsrelevanten Informationen hat sich bereits bei automobilen Head-Up Displays bewährt. Da man sich auf dem Fahrrad nicht in einem geschlossenen Raum befindet und auch keine mögliche Projektionsfläche vor sich hat, ist die Nutzung von AR Brillen eine gute Möglichkeit. Viele Radfahrer, die häufig mit dem Fahrrad unterwegs sind, erwerben früher oder später eine Sportbrille, um vor starkem Wind und störenden Kleinpartikeln, welche bei der Fahrt ins Auge gelangen können, geschützt zu sein. Noch gibt es nur sehr wenige AR Smart Glasses auf dem Verbrauchermarkt. Es ist aber davon auszugehen, dass der Markt in den nächsten 10 Jahren stark wächst und es standardisierte Modelle geben wird, die zur Fahrradnavigation genutzt werden können.

In meiner Arbeit befasste ich mich daher mit der Konzeption einer Fahrradnavigation Applikation für Smartphones, welche in Kombination mit einer AR Brille, relevante Informationen ins Blickfeld des Fahrradfahrers bringt. Je nach persönlichen Bedürfnissen soll eine ideale Fahrradroute erstellt werden und zuvor ausgewählte Strecken- und Verkehrsinformationen über die Brille dargestellt und auf Wunsch auch akustisch wiedergegeben werden. Um nicht vom eigentlichen Fahr- und Verkehrsgeschehen abzulenken, sollen diese Informationen und Hinweise auf das Nötigste reduziert, klar sichtbar sein und sich von der visuell erfassten Umgebung ausreichend abgrenzen. Da die Hauptaufmerksamkeit weiter auf dem Führen des Fahrrades und der Umgebung liegen soll, ist eine Interaktion mit den digitalen Inhalten nicht von Bedeutung. Diese sollen lediglich auf mögliche Gefahrenquellen und Hindernisse aufmerksam machen und in der Navigation unterstützen. Jede zusätzliche Interaktion verlängert die Reaktionszeit und erhöht somit das Unfallrisiko.

02

RECHERCHE &
HINTERGRUND

2.1 AUGMENTED REALITY

Der Begriff Augmented Reality ist zurückzuführen auf Thomas P. Caudell, der diesen im Jahr 1990 prägte.³ Unter Augmented Reality, oder auch der erweiterten Realität, versteht man im Allgemeinen die Realitätswahrnehmung mit zusätzlich computergestützten Erweiterungen. Oft findet man die Definition nach Azuma in welcher AR durch drei Charakteristiken beschrieben wird: die Kombination aus Realität und Virtualität, Interaktivität in Echtzeit, sowie die dreidimensionale Registrierung und Ausrichtung realer und virtueller Objekte aneinander.^{4, 5} Die virtuellen Einblendungen repräsentieren Informationen, die der Nutzer mit seinen Sinnen nicht direkt erfassen kann und hilft somit, Aufgaben in der „realen“ Welt zu erledigen und mit zusätzlichen, wichtigen Informationen zu bereichern. Besonders im urbanen Raum bewegen wir uns heute zunehmend in einer Welt, die neben der sichtbaren, von unseren Sinnen erfassbaren, eine weitere „unsichtbare“ Ebene aus Daten und Signalen bereit hält. Durch gezielte Erfassung und Darstellung dieser Daten und Signale kann diese „unsichtbare“ Welt mit Hilfe von AR Systemen sichtbar und in Echtzeit erfassbar und erfahrbar gemacht werden. AR hat somit das Potential, optische Informationsgewinnung zu bereichern und neu zu definieren.⁶ Die Anwendung von AR Technologien kann Aufgaben und Objekten zudem ein Bewusstsein und Erinnerung geben, diese personalisieren oder auch kollaborativer gestalten.⁷ Grundsätzlich gilt die Erweiterung in Bezug auf alle Sinne, wird jedoch häufig noch als rein visuelle Darstellung von zusätzlichen Informationen verstanden.

Augmented Reality (AR) ist nicht mit Augmented Virtuality (AV) oder dem auch häufig

3 vgl. LEE, Kangdon. Augmented reality in education and training. TechTrends, 2012, 56. Jg., Nr. 2, S. 13-21.

4 vgl. AZUMA, Ronald T., et al. A survey of augmented reality. Presence, 1997, 6. Jg., Nr. 4, S. 356.

5 vgl. AZUMA, Ronald, et al. Recent advances in augmented reality. Computer Graphics and Applications, IEEE, 2001, 21. Jg., Nr. 6, S. 34.

6 vgl. GABBARD, Joseph, et al. Usability engineering: domain analysis activities for augmented-reality systems. In: Electronic Imaging 2002. International Society for Optics and Photonics, 2002. S. 449.

7 vgl. BARBA, Evan; MACINTYRE, Blair; MYNATT, Elizabeth D. Here we are! Where are we? Locating mixed reality in the age of the smartphone. Proceedings of the IEEE, 2012, 100. Jg., Nr. 4, S. 930.

verwendeten Begriff Mixed Reality zu verwechseln. Nach dem „Realitäts-Virtualitäts-Kontinuum“ von Milgram sind AR und AV Teil der Mixed Reality. Im „Realitäts-Virtualitäts-Kontinuum“ stehen sich die natürliche „reale“ Welt und die rein Computer generierte virtuelle Welt gegenüber. Dazwischen findet sich die Mixed Reality, also die gemischte Realität, die sich nochmals aufgliedert in AR und AV. Während AV die virtuelle Welt als Ausgangsbasis nimmt, in der reale Objekte eingegliedert, eingeblendet werden, liegt der AR die reale Welt als Basis zu Grunde, welche mit virtuellen Informationen und Objekten überlagert wird.⁸



Abb. 2: Realitäts - Virtualitäts - Kontinuum nach [MILGRAM, 1994]

2.1.1 DISPLAYS

Obwohl AR die Erweiterung der Realität über alle Sinne mit einbezieht, werden bisher nur Sicht, Gehör und Gefühl in AR Systemen angesprochen. Olfaktorische und gustatorische Displays sind kaum erforscht und im Bereich der AR daher auch gänzlich inexistent. Da visuelle Displays die am häufigsten vertretenen sind und ich mich in meiner Arbeit auch nur mit einer Darstellungsmöglichkeit befasse, gehe ich im weiteren nur auf visuelle Displays ein.

Die Möglichkeiten AR darzustellen lässt sich grob in drei Varianten einteilen: video-see-through, optical-see-through und Projektion. Video-see-through nimmt die Realitätsansicht über eine Kamera auf und stellt dies auf einem Display dar, auf dem dann die AR Elemente überlagert werden. Dies ist die einfachste und schnellste Methode und bietet den Vorteil, dass Teile der Realität komplett überlagert oder sogar entfernt werden können, da die Realweltansicht digitalisiert vorliegt.

Bei optical-see-through wird die Realweltwahrnehmung belassen wie sie ist und nur die AR Elemente werden auf dem dann transparenten Display eingeblendet. Der Vorteil ist, dass die

⁸ vgl. MILGRAM, Paul; KISHINO, Fumio. A taxonomy of mixed reality visual displays. IEICE TRANSACTIONS on Information and Systems, 1994, 77. Jg., Nr. 12, S. 1323.

Wahrnehmung des Realbildes nicht beeinflusst wird und auch keine Perspektivverschiebungen auftreten, was bei video-see-through aufgrund der unterschiedlichen Position von Kamera und Nutzerblickpunkt passieren kann.⁹

Bei der Projektion werden die AR Elemente direkt auf reale Objekte projiziert. Bei dieser Variante bedarf es keiner weiteren Displays.

2.1.2 DISPLAY POSITION

Die verschiedenen Display Positionen, die in AR Systemen zum Einsatz kommen, lassen sich nach Bimber und Raskar, gemessen am Abstand zum Betrachter, in drei Gruppen unterteilen.¹⁰

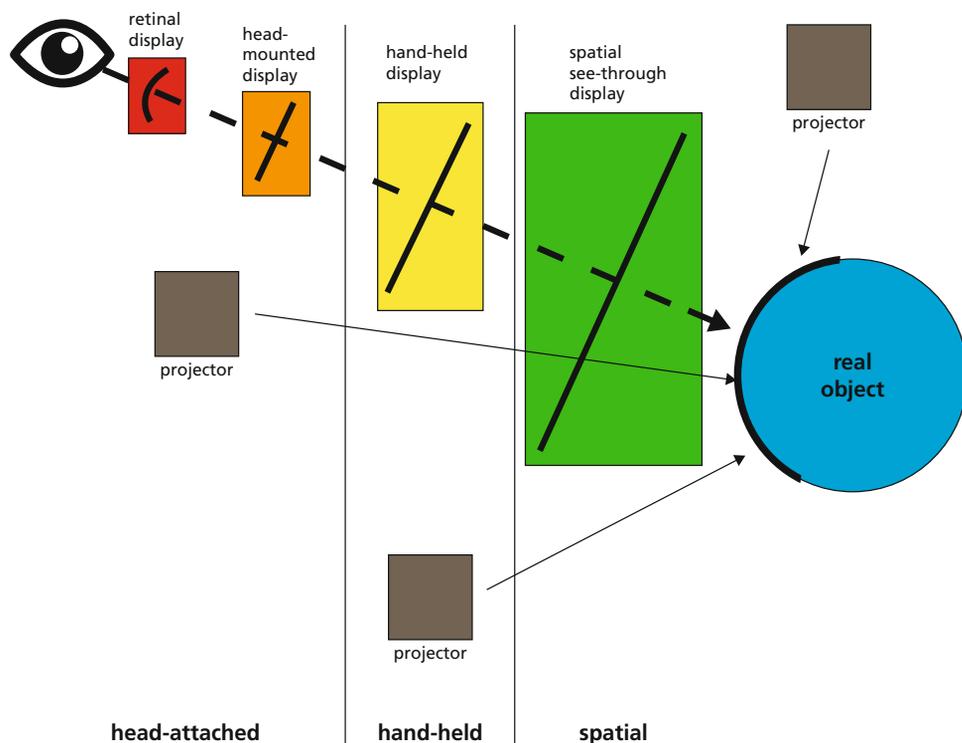


Abb. 3: Augmented Reality Displays und Position nach [BIMBER,2006]

⁹ vgl. SCHMALSTIEG, Dieter; REITMAYR, Gerhard. Augmented Reality as a Medium for Cartography. S. 4.

¹⁰ vgl. BIMBER, Oliver; RASKAR, Ramesh. Modern approaches to augmented reality. In: ACM SIGGRAPH 2006 Courses. ACM, 2006., S. 72.

Die erste Gruppe bilden Anzeigesysteme die im weitesten Sinne am Kopf befestigt sind. Am nächsten am Betrachter ist hier die virtuelle Netzhautanzeige, bei der die gewünschten Zusatzinformationen mittels eines schwachen Lasers direkt auf die Netzhaut projiziert werden. Netzhautanzeigen zur Verwendung in AR Systemen sind bereits seit 2001 in Planung,¹¹ jedoch kommt diese Technologie bisher nur in der Virtual Reality Brille Glyph von Avegant zum Einsatz, welche im Herbst 2015 auf den Markt kommen soll. Bionische Kontaktlinsen bilden eine weitere Möglichkeit, Informationen ins Gesichtsfeld des Betrachters zu bringen. Die bekannteren Vertreter dieser Gruppe sind Head-Mounted Displays (HMD) beziehungsweise Head-Worn Displays (HWD). Optical-see-through Head-Up Displays (HUD) welche am Kopf befestigt sind, bzw. getragen werden gehören ebenfalls mit dazu.

Die zweite Gruppe bilden Hand-Held Displays, also alle Anzeigen, die in der Hand gehalten werden können, beziehungsweise bis zu einer Armlänge vom Betrachter entfernt liegen. Neuere Geräte wie beispielsweise Smart Watches zählen hier auch dazu.

Die Gruppe, die am weitesten entfernt vom Betrachter liegt, sind die räumlichen Displays. „Klassische“ HUDs, wie sie bereits seit den 1940er Jahren in Flugzeug-Cockpits, und mittlerweile auch in immer mehr Automobilen zum Einsatz kommen, lassen sich in diese Kategorie einordnen. Räumliche Displays sind im Allgemeinen an einem Ort oder in einem Raum fixierte Anzeigen, die sich je nach Größe und Abstand nicht nur auf einen Betrachter beziehen, weshalb sie sich auch für größere Präsentationen und im Bereich von Ausstellungen gut eignen.

2.1.3 EINSATZGEBIETE

AR kann in allen erdenklichen Bereichen zum Einsatz kommen. Wie bei vielen neu aufkommenden Technologien üblich, wurden in der Forschung neben allgemeiner Erkundung der Möglichkeiten, zunächst vor allem Anwendungen für Militär und Medizin angedacht. Industrielle Anwendungen besonders für Produktion und Wartungsarbeiten folgten. Durch die fließenden Übergänge zu AV und der teilweise übertragbaren Ergebnisse aus der VR Forschung kamen Einsatzgebiete in der Unterhaltungs- und Spielebranche schnell hinzu. Nicht zuletzt durch das Aufkommen und der immer stärkeren Verbreitung von Smartphones treten AR Anwendungen zunehmend auch im kommerziellen und privaten Bereich auf. Mittlerweile finden sich AR Applikationen, neben den zuvor genannten, beispielsweise in Gebieten wie Bildung, Stadtplanung, Werbung, Tourismus und Navigation, um nur einige zu nennen.

11 vgl. GABBARD 2002, S. 450.

2.1.4 HISTORISCHER ABRISS

In den 1950er Jahren entwickelte der Kinematograph Morton Heilig eine Maschine genannt Sensorama. Diese war als kinematografisches Experiment angedacht, welches alle Sinne mit einbezieht und den Nutzer eine Fahrradfahrt durch Brooklyn erleben lässt.¹² Obwohl das Erlebnis eher der Virtual Reality zuzuordnen ist, wird es durch die implementierten Geräte, dem Ansprechen mehrerer Sinne und der Wiedergabe eines Realerlebnisses auch als erstes Augmented Reality Experiment angesehen. Der erste head-mounted AR und VR Prototyp wurde von Ivan Sutherland und seinen Studenten in den 1960er Jahren an der Harvard Universität und der Universität of Utah entwickelt. Bei dem sogenannten „Sword of Damocles“ handelte es sich um ein optical-see-through Head-mounted Display mit mechanischen und Ultraschall 6DoF¹³ Trackern über das einfache 3D Wireframes in Echtzeit dargestellt werden konnten.¹⁴ 1975 krierte Myron Krueger „Videoplace“ welches Projektoren, Videokameras und eine spezielle Hardware kombinierte, um dem Nutzer die Interaktion mit virtuellen Objekten zu ermöglichen.¹⁵

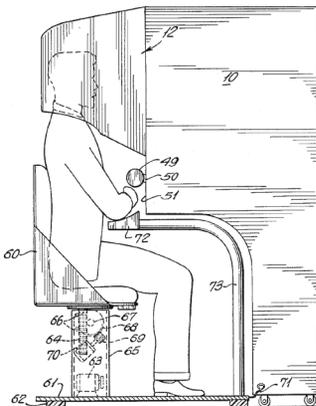


Abb. 4: Sensorama [HEILIG, 1962]

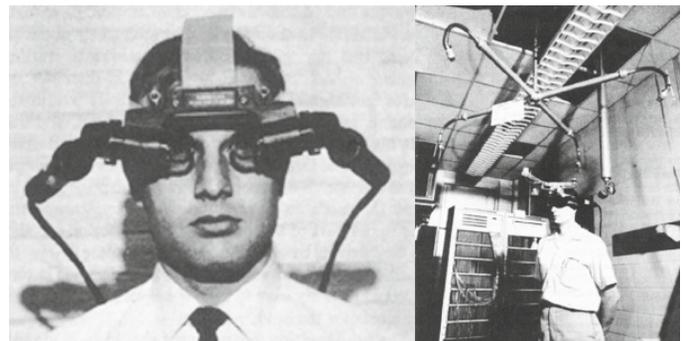


Abb. 5: Ivan Sutherlands „Sword of Damocles“ [SUTHERLAND, 1968]

12 Sensorama simulator. U.S. Patent Nr. 3,050,870, 1962.

13 6DoF (Six degrees of Freedom) bezieht sich auf die Bewegungsfreiheit eines Körpers im dreidimensionalen Raum. Der Körper ist vorwärts/rückwärts, nach oben/unten, links/rechts (Übersetzung in drei senkrechten Achsen) in Kombination mit Drehung um drei zueinander senkrechten Achsen frei zu bewegen.

14 SUTHERLAND, Ivan E. A head-mounted three dimensional display. In: Proceedings of the December 9-11, 1968, fall joint computer conference, part I. ACM, 1968. S. 757-764.

15 KRUEGER, Myron W.; GIONFRIDDO, Thomas; HINRICHSSEN, Katrin. VIDEOPLACE—an artificial reality. In: ACM SIGCHI Bulletin. ACM, 1985. S. 35-40.

In den 90er Jahren rückte AR stärker in den Fokus der Forschung und erste Konferenzen wurden ins Leben gerufen, wodurch sich auch mögliche Einsatzgebiete erweiterten. Virtual Fixtures ist das erste voll funktionsfähige AR System welches 1992 von L.B. Rosenberg entwickelt wurde.¹⁶ Durch Überlagerung abstrakter sensorischer Informationen soll die menschliche Leistung direkter und ferngesteuerter Aufgaben am Arbeitsplatz verbessert werden. Durch die Steuerung zweier Roboterarme über ein Exoskelett bezieht sich dieses System stark auf telepräsenste Arbeitsabläufe. Ein Jahr später entwickelte Loomis et al das erste GPS basierte Outdoor Navigationssystem für Sehbehinderte mit Hilfe akustischer Überlagerungen.¹⁷ Objekt und positionsbezogene Informationseinblendungen wurden 1995 erstmals von Jun Rekimoto and Katashi Nagao mit Entwicklung der Navicam demonstriert.¹⁸ Das erste mobile Augmented Reality System (MARS) die Touring Maschine wurde 1997 von Feiner et al. präsentiert.¹⁹ Es nutzt ein see-through Head-Worn Display mit integrierten Orientierungs-Trackern, einen Rucksack mit einem darin befindlichen Computer, GPS, Wireless Web Access und einen in der Hand getragenen Computer mit einem Stift- und Touch-Interface. AR Applikationen schneller und einfacher zu entwickeln, wurde dank frei erhältlichen Software Toolkits, wie ARToolKit, möglich.²⁰ Das erste mobile outdoor Spiel wurde im Jahr 2000 von Bruce Thomas et al. im Wearable Computer Labor der University of South Australia entwickelt und überträgt das Computerspiel Quake dreidimensional, positions- und orientierungsbezogen in die Realwelt.²¹

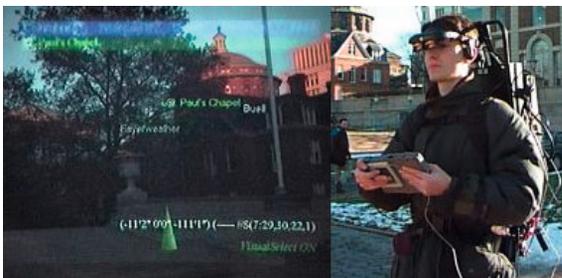


Abb. 6: Touring Machine von Feiner [FEINER, 1997]



Abb. 7: AR Quake [THOMAS, 2000]

- 16 ROSENBERG, Louis B. Virtual fixtures: Perceptual tools for telerobotic manipulation. In: Virtual Reality Annual International Symposium, 1993., 1993 IEEE. IEEE, 1993. S. 76-82.
- 17 LOOMIS, Jack M., et al. Nonvisual navigation by blind and sighted: assessment of path integration ability. *Journal of Experimental Psychology: General*, 1993, 122. Jg., Nr. 1, S. 73.
- 18 REKIMOTO, Jun; NAGAO, Katashi. The world through the computer: Computer augmented interaction with real world environments. In: Proceedings of the 8th annual ACM symposium on User interface and software technology. ACM, 1995. S. 29-36.
- 19 FEINER, Steven, et al. A touring machine: Prototyping 3D mobile augmented reality systems for exploring the urban environment. *Personal Technologies*, 1997, 1. Jg., Nr. 4, S. 208-217.
- 20 KATO, Hirokazu, et al. A mixed reality 3D conferencing application. *Human Interface Technology Laboratory*, 1999.
- 21 THOMAS, Bruce, et al. ARQuake: An outdoor/indoor augmented reality first person application. In: *Wearable Computers, The Fourth International Symposium on*. IEEE, 2000. S. 139-146.

Die Entwicklung von Wireless-Technologien, leistungsstarken und immer kleiner werdenden technologischen Komponenten fördern die Weiterentwicklung von AR stark. Das Aufkommen und die schnelle Verbreitung von Smartphones, bringt mehr und mehr AR Anwendungen hervor und befördert den gesamten Bereich stärker aus dem Laborumfeld hinaus und unter anderem in den Verbrauchermarkt hinein. Die erste erhältliche Smartphone AR App, die dem Nutzer das angedachte Erlebnis von Augmented Reality bereits sehr gut nahebringt, war ein Travel Guide, der mittels Wikitude SDK realisiert wurde und 2008 auf den Markt kam.

2.1.5 Wo STEHEN WIR HEUTE

Heutzutage gibt es durch den technologischen Fortschritt bereits eine Vielzahl an AR Applikationen. Auch der Bekanntheitsgrad von AR nimmt immer weiter zu, dennoch ist der Begriff nur wenigen geläufig. Häufig wird Augmented Reality nach wie vor mit der bekannteren Virtual Reality verwechselt oder gleichgesetzt. Der aktuelle Entwicklungsstand von AR ist je nach Einsatzgebiet und Art des angewendeten Systems unterschiedlich weit.

Die bekanntesten Anwendungsbeispiele von AR lassen sich wohl im Entertainment Bereich finden. Neben diversen Spielanwendungen ist der Einsatz in Sportübertragungen und dem täglichen Wetterbericht allgegenwärtig. Smartphones und Tablets ermöglichen mittlerweile jedem die Nutzung von AR ohne die Notwendigkeit einer Vielzahl zusätzlicher Geräte. Von Spielen über Foto- und Videofilter, die über die interne Kamera die Umgebung und Personen registrieren und thematisch ausgewählte Objekte und Animationen einblenden, bis hin zur Informationsüberlagerungen zu Sehenswürdigkeiten, findet sich eine Vielzahl von Applikationen. Mit Hilfe spezieller Apps, wie beispielsweise Layar, können überdies Printprodukte mit zusätzlichen Informationen, Sound und 3D Modellen erweitert werden, wenn diese durch das Smartphone betrachtet werden. Der Großteil von AR Smartphone Apps, die sich aktuell auf dem Markt befinden lassen, beziehen sich auf die Lokalisierung von Points of Interest (POI). Von nächstgelegenen Sehenswürdigkeiten, Restaurants, Hotels und diversen anderen POIs und dazugehörigen Informationen bis hin zur Darstellung von kürzlich begangenen Straftaten in einer Umgebung, lassen sich diverse Beispiele finden, die nicht nur für Ortsfremde interessant sind. Der Kauf neuer Möbel lässt sich mit der geeigneten App bequemer gestalten. Ob ein gewünschtes Möbelstück in meine Wohnung passt, kann ganz leicht mittels eingeblendeter 3D Modelle betrachtet werden. Mittels AR können auch noch unfertige Objekte an ihrem zukünftigen Standort betrachtet werden, sein es nun städtische Bauprojekte oder das künftige Eigenheim.

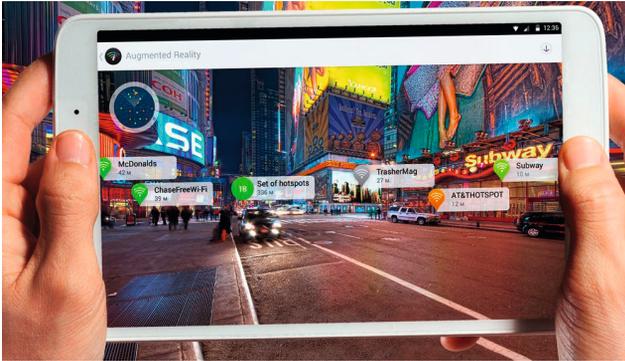


Abb. 8: WiFi-Finder mit Wikitude
[Quelle: OSMINO. www.wikitude.com]



Abb. 9: AR Funktion der IKEA Katalog-App
[Quelle: RIDDEN, 2014. www.gizmag.com]

Im medizinischen Bereich ist es mit Hilfe von AR Lösungen möglich, Eingriffe so minimalinvasiv wie möglich durchzuführen. Dies geschieht beispielsweise mittels der exakten Überlagerung eines zuvor aufgenommenen Röntgenbildes auf ein live Kamerabild oder halb-durchlässige Displays. Auch Operationsmikroskope können durch die technische Erweiterung der Aufprojektion verborgene Strukturen aufzeigen.



Abb. 10: Überlagerung einer Röntgenaufnahme mit dem Livebild
[Quelle: TECHNISCHE UNIVERSITAET MUENCHEN. www.in.tum.de]

Neben AR Applikationen für das Smartphone oder Tablet zur Anwendung in verschiedensten Bereichen und mobilen sowie stationären AR Lösungen im Arbeitsalltag, gibt es eine vielversprechende Anzahl an Head-Worn Displays die noch dieses Jahr auf den Markt kommen sollen. Am oder auf dem Kopf getragene Geräte erweitern den Einsatzbereich enorm aufgrund der damit einhergehenden Handfreiheit. Ein weiterer Vorteil ist die wahrgenommene Displaygröße. See-through AR Brillen haben das Potenzial das komplette Gesichtsfeld des Users zu nutzen ohne zu aufdringlich zu sein oder den Blick auf die Realwelt zu dezimieren.

Mit dem Erscheinen von Google Glass im Jahr 2012, der ersten Smart Glass mit Kamera, Internet-Anschluss und einem kleinen Bildschirm über dem rechten Auge, wurde der Weg für AR Smart Glasses geebnet, obwohl diese wenig Anklang gefunden hat und der Verkauf wieder eingestellt wurde. Einige AR Smart Glasses sind bereits auf dem Markt erhältlich, weitere vorzubestellen und in der Entwicklungsphase und immer neue Ankündigungen und Patentanmeldungen folgen.

Smart Glasses 2015 - Progress and Mind Share

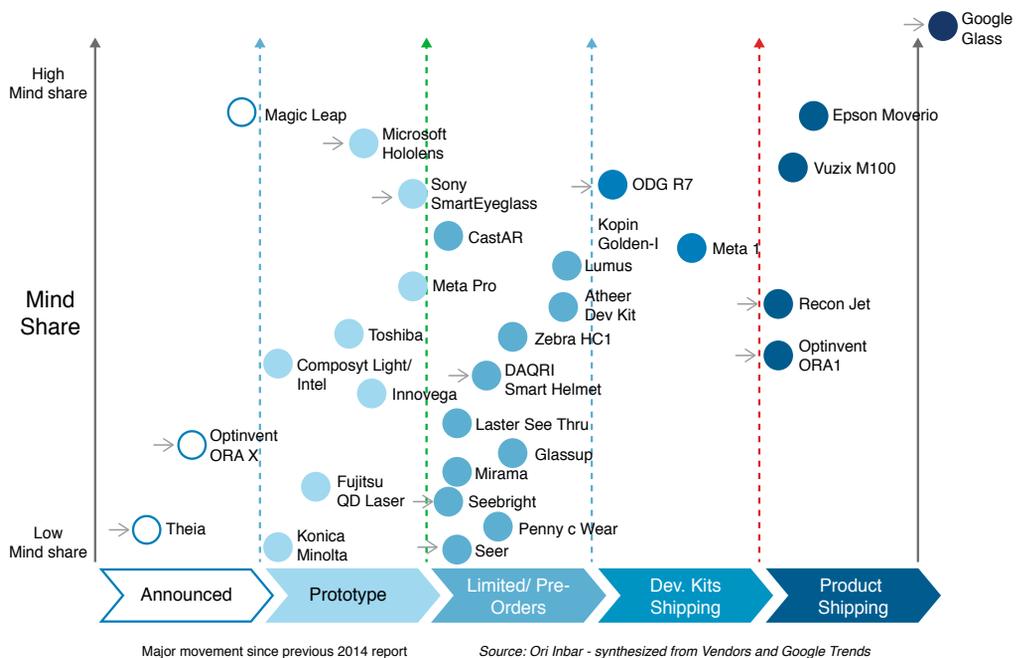


Abb. 11: Smart Glasses Entwicklungsstand und Marktbedeutung [Quelle: www.augmentedreality.org]

Bereits erhältlich sind beispielsweise AR Brillen von recon, designed für den Sportgebrauch. Neben der recon snow2, einer Skibrille die in Kooperation mit zeal optics entstanden ist, ist seit kurzem auch die recon Jet erhältlich, eine Brille konzipiert für das Laufen und Radfahren. Diese zeigen über ein Display, welches am rechten unteren Rand der Brille angebracht ist, Informationen zu Geschwindigkeit, Höhe, und in Kombination mit entsprechenden weiteren Geräten die Herzfrequenz und auch eingehende Nachrichten und Anrufe an.



Abb. 12: Google Glass [Quelle: wearehathway.com]



Abb. 13: recon Jet [Quelle: www.reconinstruments.com]



Abb. 14: DAQRI Smart Helmet
[Quelle: <http://hardware.daqri.com/smarthelmet/>]



Abb. 15: Atheer Air [Quelle: www.atheerlabs.com]



Abb. 16: Laster see through [Quelle: [laster.fr](http://www.laster.fr)]



Abb. 17: Glass Up [Quelle: www.glassup.net]



Abb. 18: Innovega iOptik [Quelle: [innovega-inc.com](http://www.innovega-inc.com)]



Abb. 19: Microsoft Hololens
[Quelle: www.microsoft.com/microsoft-hololens/en-us]

Für den industriellen Sektor wurde von DAQRI ein „smart helmet“ entwickelt, der Ingenieure und Facharbeiter in ihrer Arbeit unterstützen und diese effizienter gestalten soll. Eine leichtere, kleinere Lösung in dem Bereich bietet Vuzix, deren AR Display vor dem Auge mittels einer Art Haarreifen wie ein Headset oder befestigt an einer Sicherheitsbrille getragen werden kann. Eine Customer Version der Vuzix ist ebenfalls erhältlich. Die Atheer Air Smart glass ist vorerst ebenfalls für die Unterstützung im Arbeitsbereich angedacht, fokussiert sich jedoch auf das Gesundheitswesen, Öl und Gas sowie Lagerwirtschaft und ist als Developer Kit zu beziehen.

Für den Verbrauchermarkt sind Brillen zu finden, die wie die Meta1 und die Microsoft HoloLens, ein holographisches Erlebnis und dreidimensionale Interaktion mit virtuellen Objekten im realen Blickfeld versprechen. Diese sind für die indoor Nutzung ausgelegt und kommen aufgrund der eingebauten Technik noch recht groß und klobig daher. Lösungen wie die GlassUp oder die Shima von Laforge optical sehen dahingegen aus wie eine normale Brille. Der Großteil der schon erhältlichen und angekündigten AR glasses funktioniert monokular. Über ein separates oder in die Brille integriertes Microdisplay werden die virtuellen Inhalte ins Blickfeld gebracht. Da der Nahpunkt des menschlichen Auges selbst bei Jugendlichen nicht näher als 10cm liegt,²² wurden komplexe optische Lösungen entwickelt, um die Informationen auf dem Microdisplay in der deutlichen Sehweite des Nutzers erscheinen zu lassen. Innovega verfolgt hier einen anderen Ansatz und entwickelt eine Kombination aus smart glasses und Kontaktlinsen. Die Kontaktlinsen ermöglichen es, Objekte dicht am Auge scharf zu sehen und gleichzeitig den normalen Fokuspunkt beizubehalten. Neben neuen technologischen Möglichkeiten für AR könnten die Kontaktlinsen alleine auch für Menschen mit Akkomodationsschwierigkeiten eine Hilfe bieten. Auch die Entwicklung bionischer Kontaktlinsen ist seit einigen Jahren im Gange.

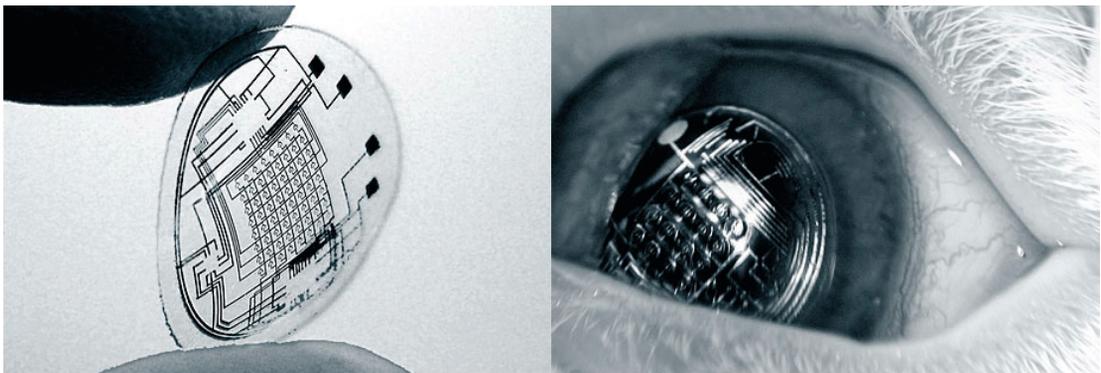


Abb. 20: Bionische Kontaktlinse [HICKEY,2008]

²² vgl. TRAUTWEIN, Alfred X.u.a.. Physik für Mediziner, Biologen, Pharmazeuten.hg. Walter de Gruyter, 7.Auflage, 2008. S. 319-320.

2.1.6 PROGNOSE

Die Notwendigkeit schweres, sperriges Gerät mit sich zu tragen, ist vor allem durch Smartphones mit immer stärkerer Rechenleistung, Batterie und Ausstattung verschiedener Sensoren, nicht mehr gegeben. Dennoch gibt es noch viele Herausforderungen zu meistern, um die Erwartungen der User ausreichend zu erfüllen und einen Mehrwert zu schaffen, der AR Anwendungen zu einem unverzichtbaren Nutzen macht. Da es nicht das eine AR System gibt, sondern eher verschiedene Systeme bezogen auf Ort, Displaytyp und Inhalt/Überlagerungsformen²³, sowie der Verwendungszweck eine entscheidende Rolle spielen, sind technische wie gestalterische Probleme nicht allgemein gültig. In „bekannten“ Umgebungen und mit statischen Objekten funktioniert AR mittlerweile sehr gut. Sich bewegende Objekte korrekt zu erfassen und dazu exakte punktgenaue Überlagerungen zu gewährleisten, erfordert hingegen weitere Entwicklungsschritte. Ambarish Mitra, Gründer von Blippar, einer der zur Zeit erfolgreichsten AR Werbetreibenden, geht davon aus, dass AR Anwendungen mittels mobiler Endgeräte zunächst weiter an Popularität gewinnen und Entwicklungsschritte in Bild-, Objekt- und Farberkennung vorangetrieben werden²⁴. Juniper Research stellte in einer aktuellen Studie die Prognose, dass zum Jahr 2018 der AR-Markt ca. 5 bis 6 Milliarden US-Dollar Marktgröße erreichen wird und mehr als 200 Millionen Nutzer AR-Applikationen auf ihren mobilen Endgeräten nutzen werden²⁵. AR ist ein weites Feld, welches neben der Nutzung über mobile Endgeräte zunehmend im Wearable Markt mit Smart Glasses einen starken Anstieg verzeichnen wird. Bereits 1997 gingen Feiner und Höllerer davon aus, dass das größte Potenzial für AR im kommerziellen Bereich in Wearables steckt.²⁶ Smart Glasses sind per se nicht unbedingt AR Glasses, jedoch bilden diese den Großteil, weshalb mit Smart Glasses meist AR Brillen gemeint sind.

2.1.7 AR SMART GLASSES

Die Realwelt über eine Brille mit Informationen zu bereichern, bringt uns wieder zurück zu einem natürlicheren Umgang mit unserer Umwelt. Auch wenn AR Anwendungen für Smartphone oder Tablets zunächst an Beliebtheit gewinnen werden, so schränken sie die Nutzung unsere Sicht doch auf unnatürliche Weise ein, fördern eine schlechte Körperhaltung und bringen Erlebnisse von oft nur kurzer Dauer. Mit der Nutzung von AR Glasses bewegt sich das Display mit dem

23 vgl. PAPAGIANNAKIS, George; SINGH, Gurminder; MAGNENAT THALMANN, Nadia. A survey of mobile and wireless technologies for augmented reality systems. *Computer Animation and Virtual Worlds*, 2008, 19. Jg., Nr. 1, S. 3-22.

24 <http://thenextweb.com/insider/2011/07/03/augmented-reality-the-past-present-and-future/>

25 <http://www.juniperresearch.com/researchstore/enabling-technologies/augmented-reality/market-trends-competitive-landscape>

26 vgl. FEINER 1997, S

Nutzer und seiner Blickrichtung mit. Um digitale Inhalte abzurufen und mit ihnen zu interagieren, muss das Blickfeld und der Fokus nicht mehr völlig verändert und von der Umgebung abgewandt werden. Human Computer Interaction wird sich durch AR Brillen zu einer Art neuer Human World Interaction weiterentwickeln²⁷



Quelle: Ori Inbar, Smart Glasses report 2015

Abb. 21: Der natürlichere Blick auf die Welt durch Augmented Reality [Quelle: augmentedreality.org]

Laut des letzten Marktberichtes „Smart glasses report 2015“ von AugmentedReality.org ist eine starke Marktentwicklung von AR Glasses unvermeidlich. Ein Blick auf den Stand von Oktober 2014 zeigt bereits, dass es neben einigen erhältlichen Smart Glasses eine große Zahl an Produkten gibt, die bereits über den Prototyp Status hinaus und voraussichtlich innerhalb von ein bis zwei Jahren zum Versand bereit sein werden. Die zwei wichtigsten Kaufkriterien sowohl für Wirtschaftsunternehmen und Industrie als auch für Endkunden sind Größe und Gewicht sowie die Größe des Gesichtsfeldes. Auch ein durchschnittlicher Preis von etwa \$599 wird die Adaption erleichtern und den Markt vorantreiben. Nach Prognose aus dem „Smart Glasses report 2015“ wird es gegen Ende 2016 eine Umstrukturierung auf dem Markt geben und mit Ende 2018 werden Smart Glasses endgültig im Verbrauchermarkt angekommen sein.

Die Kosten für die Hardware werden sich zunehmend verringern und die Miniaturisierung und Präzision von AR Systemen wird immer mehr voranschreiten, wodurch sie unauffälliger werden. Unauffällige Optik und gutes Design sind entscheidend für die Nutzerakzeptanz. Kaum jemand möchte sich in der Öffentlichkeit mit Smart Glasses bewegen, die einen seltsam oder wie aus einem Sciencefiction Film entsprungen aussehen lassen. Neben technischen Standards,

²⁷ vgl. The 3 Laws of Augmented Reality Design - Ori Inbar talks at ISTAS 2013; https://www.youtube.com/watch?v=MgnFI_bKUbk

Stromverbrauch, Design und Preis werden vor allem die zur Verfügung stehenden Applikationen für einen Erfolg entscheidend sein. AR Anwendungen sollten aber nicht auf den sogenannten „Wow- Effekt“²⁸ bauen. Den Nutzer mit technisch Möglichem und gutem Design beeindrucken zu wollen, ohne einen wirklichen Mehrwert zu schaffen, ist auf lange Sicht wenig erfolgversprechend. Der nicht erkennbare Nutzen und Mehrwert war auch eines der Hauptgründe, warum Google Glass keinen Anklang gefunden hat. Abgesehen davon würde ein solcher „Wow-Effekt“ in großem Maße garnicht möglich sein, da AR per se keine gänzliche Neuheit ist und man unter Umständen schon AR Apps auf seinem Smartphone nutzt, ohne sich darüber im Klaren zu sein.

Augmented Reality Glasses Adoption Phases - Forecast

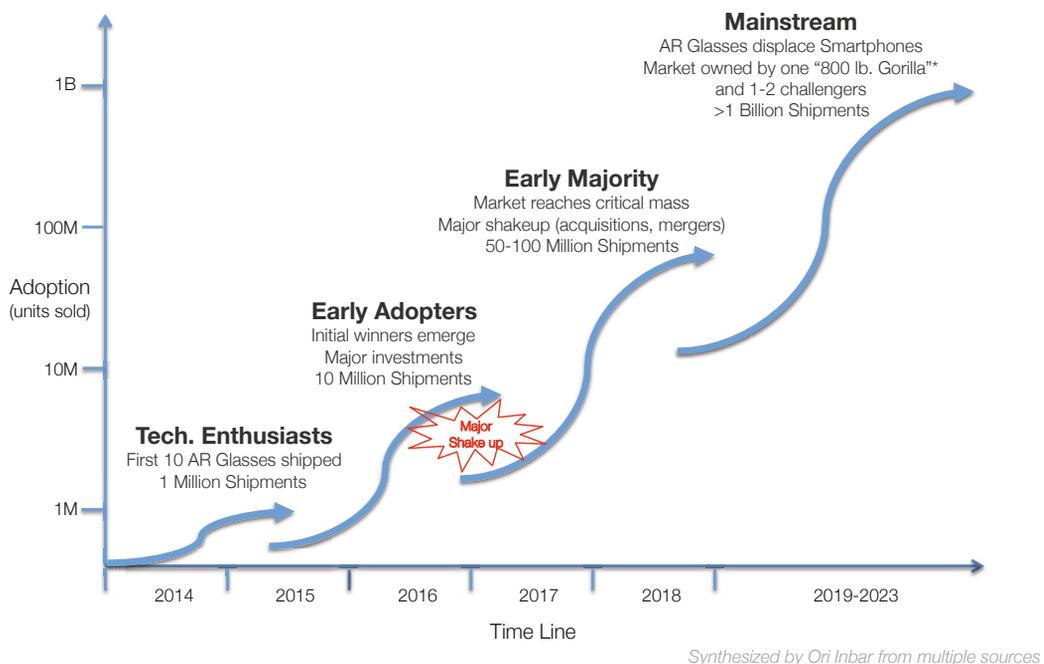


Abb. 22: Annahme Prognose von Augmented Reality Brillen [Quelle: www.augmentedreality.org]

28 vgl. DÜNSER, Andreas, et al. Applying HCI principles to AR systems design. 2007.

2.2 URBANER RAUM

Der Begriff urbaner oder auch städtischer Raum lässt sich per se nicht so einfach definieren. Es gibt diverse Ansätze, urbanen Raum zu definieren, in dem räumliche und soziale Aspekte eine Rolle spielen. Je nach Kontext und Verwendung des Begriffs werden dabei andere Aspekte angesprochen. Ein Merkmal ist aber die ständige Veränderung, weshalb eine Definition immer an einen zeitlichen Raum gekoppelt ist.²⁹ So formt und formuliert sich jede Epoche, jede Gesellschaft ihre eigene Urbanität neu.

Das Wort urban steht im Gegensatz zum Wort rural, womit sich städtischer Raum klar zum ländlichen Raum abgrenzt. Eigenschaften und Merkmale beider Räume stehen sich gegenüber und ergänzen sich. Neben dem städtischen und dem ländlichen Raum gibt es noch den sub-urbanen Raum, weshalb Urbanität und urbaner Raum heute allgemein der Kernstadt zugeordnet wird³⁰ und somit eng an die Definition einer Stadt angebunden ist. Städte sind urbaner Raum, dennoch ist urbaner Raum nicht immer mit einer Stadt gleichzusetzen. Allein der Begriff Stadt weist regionale und nationale Unterschiede auf und ist nicht an einer weltweit klar definierten Besiedlungsdichte festlegbar.

Merkmale einer Stadt sind auch die vom urbanen Raum. Es ist eine bebaute Umwelt, die sich durch eine hohe Bevölkerungs- und Bebauungsdichte, große Siedlungseinheiten, öffentliche und private Gebäude sowie nutzbare öffentliche Räume und nicht landwirtschaftliche Tätigkeiten auszeichnet. Urbane Räume gelten als Sitz von Handel und Gewerbe,³¹ was gemeinsam mit der Bebauungs- und Bevölkerungsdichte und einhergehendem hohen Mobilitätsanspruch eine ausgebauten Verkehrsinfrastruktur voraussetzt.

29 vgl. Siebel, Walter (1994) Was macht eine Stadt urban? : zur Stadtkultur und Stadtentwicklung. Oldenburger Universitätsreden . BIS Verlag. ISBN 3-8142-1061-1

30 vgl. Thomas Detlef Bär, Urbaner Raum - eine Definition; http://www.helpster.de/urbaner-raum-eine-definition_118562

31 vgl. http://www.mygeo.info/skripte/skript_bevoelkerung_siedlung/siedl1.htm zitiert nach Ferdinand von Richthofen

2.3 MOBILITÄT IN DER STADT

Die Teilhabe am städtischen, öffentlichen und sozialen Leben setzt heute den jederzeit mobilen Menschen voraus, wodurch Mobilität einer der wichtigsten Faktoren für ein selbstbestimmtes Leben und Handeln darstellt. Im Hinblick auf die Fortbewegung ist der moderne und sich selbst optimierende Mensch, der homo oeconomicus, bestrebt, je nach Zweck der Reise ein Optimum der persönlichen Reisefaktoren wie Zeit, Wegstrecke, Komfort oder auch Kosten zu erzielen. Städte weisen ein überaus umfangreiches und komplexes Verkehrsgeschehen auf, welches stetig und entsprechend aktueller Entwicklungen und angestrebter Veränderungen des Verkehrsbildes angepasst werden muss. Allen Bürgern ein Verkehrssystem zu bieten, welches die individuellen, persönlichen Anforderungen bestmöglich erfüllt, stellt hier eine große, fortwährende Herausforderung dar. Die Vielzahl unterschiedlicher Verkehrsteilnehmer sowie die Menge an verkehrsrelevanten Daten muss bei der Entwicklung von Mobilitätskonzepten ebenso berücksichtigt werden wie die Fähigkeit, sich auf Spontanereignisse und an sich stark und schnell wandelnde Rahmenbedingungen anpassen zu können.

Intelligente Verkehrssysteme (IVS), hochentwickelte Anwendungen aus dem Bereich der Informations- und Kommunikationstechnologien im Verkehrsbereich, bilden starke Lösungsansätze. Der Fokus solcher Systeme liegt darauf, den Verkehr sicherer, effizienter und umweltfreundlicher zu gestalten. Die Vernetzung der unterschiedlichen Verkehrsteilnehmer sowie die Bearbeitung und Bereitstellung von Verkehrsdaten sind für den Nutzen solcher Technologien unabdingbar. Um die Verwendung intelligenter Verkehrssysteme zu erleichtern und zu vereinheitlichen, erließ die Europäische Kommission die IVS-Richtlinie 2010/40/EU für die Einführung intelligenter Verkehrssysteme im Straßenverkehr und für deren Schnittstellen zu anderen Verkehrsträgern, welche am 26. August 2010 in Kraft getreten ist.³²

Vernetzte Verkehrslösungen sind heute bereits zu einem zentralen Punkt in der Entwicklung von Wirtschaft und Gesellschaft geworden. Neben der Wirtschaftlichkeit und Umweltfreundlichkeit ist aber besonders die Nutzerakzeptanz entscheidend für Erfolge. Die intelligente Vernetzung von Verkehrsträgern und -teilnehmern, die Weiterentwicklung und Nutzung von intelligenten

32 <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2010:207:0001:0013:DE:PDF>

Informations- und Leittechnologien sowie die Integration mobiler Endgeräte als direktes Kommunikations- und Informationsmedium müssen hierfür stärker erweitert und ausgebaut werden.

2.3.1 VERKEHRSINFORMATIONEN

Durch die zunehmende Komplexität und das immer größer werdenden Verkehrsaufkommen unterschiedlichster Verkehrsteilnehmer in der Stadt ist eine wachsende Anzahl an Informationen diverser Quellen zur Zielführung nötig. Hier hat sich die Verkehrstelematik in den letzten Jahren zu einem unverzichtbaren Element entwickelt. Die Erfassung, Beurteilung und Prognose der Verkehrslage erfordert moderne Sensorik, leistungsstarke Algorithmen und Simulationsmodelle.³³ Da es heutzutage beispielsweise nicht mehr ausreicht, nur eine Alternativroute bei Störungen und Havarien zu ermitteln, bedarf es der Erfassung und Vernetzung aller verkehrsrelevanten Daten und deren Übermittlung und Zugang in Echtzeit. Je nach Wahl des oder der Verkehrsmittel spielen unterschiedliche Faktoren in der Fortbewegung von der Quelle zum Ziel eine Rolle. Um die persönlichen Anforderungen möglichst optimal zu erfüllen, sind Informationen zur aktuellen Verkehrslage ebenso relevant wie die Angabe der Fahrbahnbeschaffenheit, Anzahl der Ampelregelungen auf dem Weg, Fahrbahnbeleuchtung, Wetterbedingungen und Uhrzeit, um nur einige zu nennen. Damit diese Daten bereits bei der Routenplanung effektiv mit einbezogen werden können, müssen sie für jeden frei zugänglich sein und in Webanwendungen, Navigationsgeräten und Routing Applikationen integriert werden. In Berlin wurde zu diesem Zweck die Verkehrsinformationszentrale (VIZ) aufgebaut, welche durch Integration verschiedenster Datenquellen und ein umfassendes Netz von Sensoren Verkehrsinformationen anbietet.³⁴ Der Mobilitäts Daten Marktplatz MDM³⁵ ist ein weiteres Projekt in diese Richtung und wird als Innovationsinitiative durch die Bundesregierung gefördert. Mit dem Aufbau eines solchen Marktplatzes entsteht eine zentrale Plattform zur Sammlung und Bereitstellung von Verkehrsdaten, die zwar heute schon gesammelt aber oft noch unzureichend oder garnicht miteinander verknüpft werden.

33 Expertengespräch

34 <http://viz-info.de/>

35 <http://www.mdm-portal.de/>

2.3.2 INTELLIGENTE VERKEHRSSYSTEME

Neben statischen Verkehrsdaten wie Regelsignalzeitenpläne (Ampelphasen), Fahrbahntyp und Beschaffenheit über semi-dynamischen Daten wie Baustellen lassen sich über mobile Endgeräte dynamische Daten wie Position, Geschwindigkeit und Zielrichtung eines Fahrzeugs erfassen. Eine sich erhöhende Anzahl von Verkehrsteilnehmern dient hier sogar zum Vorteil, denn je mehr potentielle Datenlieferanten existieren, desto präziser lässt sich die aktuelle Verkehrssituation erfassen. Teil der heutzutage wichtigsten dynamischen Daten sind die sogenannten Floating

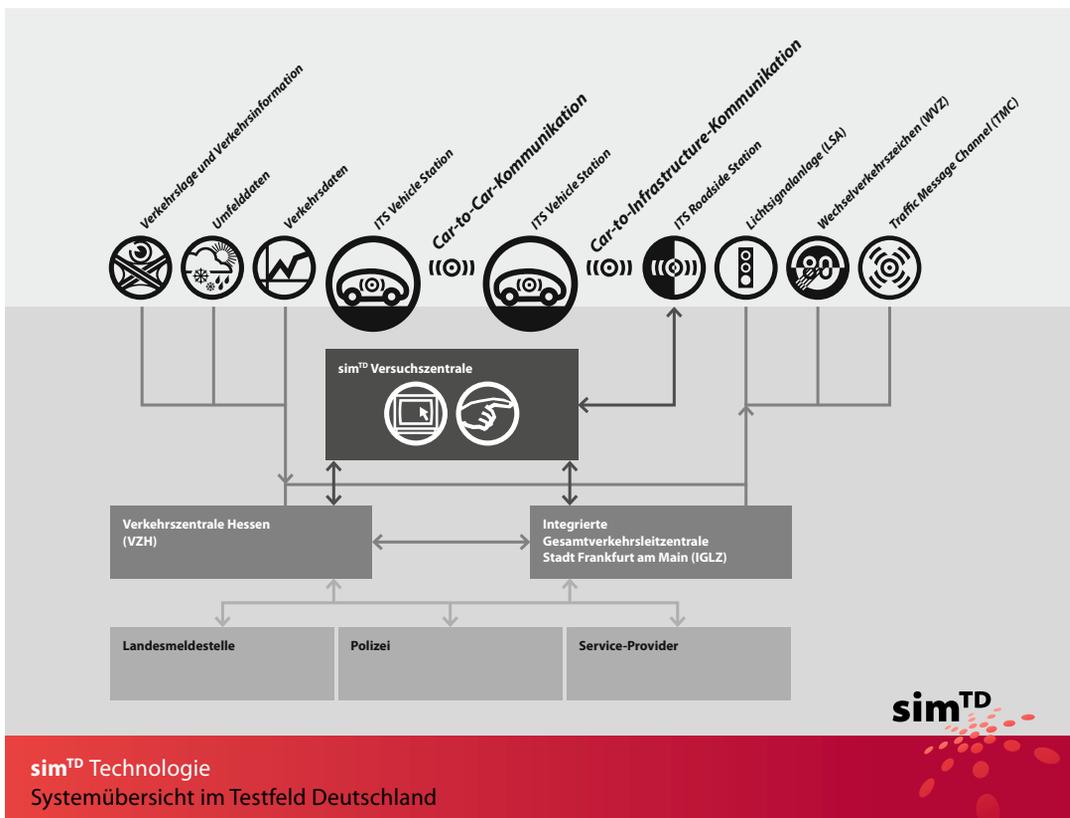


Abb. 23: Sim^{td} System [Quelle: <http://www.simtd.de/index.dhtml/deDE/Technologie.html>]

Car Data (FCD), die in ausreichender Zahl und veredelt ein detailliertes Bild über das aktuelle Verkehrsgeschehen liefern können. Die ausgewerteten Daten können wiederum über Dienste der mobilen Endgeräte dem Verkehrsteilnehmer zu Verfügung gestellt werden. Dadurch entsteht ein ständiger Kreislauf aus Informationserfassung, -verarbeitung und -verbreitung.

Für die Weiterentwicklung und den Ausbau, der sich selbst im Kreislauf speisenden Systeme, liefert der seit einigen Jahren erforschte Bereich der Car-to-X-Kommunikation wertvolle Ergebnisse. Car-to-X-Kommunikation beschreibt die Kommunikation von Fahrzeugen untereinander und mit der umliegenden Infrastruktur zur Erhöhung der Verkehrseffizienz und Sicherheit sowie der Prognose und Vermeidung möglicher Gefahrensituationen.

Mit dem Projekt sim^{td} wurde diese Technologie bereits in einem großen Feldversuch im Raum Frankfurt am Main von 2012 bis 2013 erfolgreich unter Realbedingungen erprobt.³⁶ Eine flächendeckende Einführung solch eines Systems verbessert nicht nur den motorisierten Verkehr sondern auch die Sicherheit für Radfahrer und Fußgänger steigt. Durch Einbeziehung und Auswertung von Quell- und Zielkoordinaten von Navigationsgeräten und/oder Applikationen kann die Verkehrsmenge und Verkehrsdichte eindeutiger prognostiziert werden. So kann frühzeitig darauf reagiert werden und verkehrssteuernde/beeinflussende Maßnahmen wie beispielsweise eine „Grüne Welle“ zum besseren Verkehrsfluss eingerichtet werden oder die Navigation so angepasst werden, dass nicht jedes Endgerät trotz identisch eingestellter Parameter die gleiche Route ausgibt.

2.3.3 NACHHALTIGE MOBILITÄT

Die weltweit voranschreitende Urbanisierung zieht ein erhöhtes Mobilitätsbedürfnis nach sich, das vorhandene Verkehrssysteme und -strukturen immer mehr an ihre Grenzen stoßen lässt. Neben der Neuentwicklung und Optimierung des Verkehrsmanagements und der -technik zur Steigerung der Effektivität und Sicherheit spielt Umweltschutz eine immer größere Rolle. In vielen Städten wurden in den vergangenen Jahrzehnten bereits große Fortschritte in der Verringerung von Schadstoffen und Lärm geleistet, was jedoch weiterhin zu verbessern gilt. Zielsetzung ist die stärkere Nutzung von Verkehrsmitteln zu fördern, die an sich eine geringe Umweltbelastung aufweisen. Verkehrsmittelübergreifende Konzepte stellen hier eine attraktive Angebotsmöglichkeit dar, bilden eine Alternative zur Nutzung eines Autos und fördern das Überdenken des eigenen Mobilitätsverhaltens. Im Hinblick auf den Klimaschutz steht besonders die Förderung des Fuß- und Radverkehrs im Mittelpunkt. In vielen europäischen Städten lässt sich ein starker Anstieg alternativer Verkehrsmittel zum Auto verzeichnen. Im Rahmen einer 2008

36 <http://www.simtd.de/index.dhtml/deDE/index.html>

durchgeführten systemrepräsentativen Verkehrsbefragung zeigte sich, dass bereits zwei Drittel aller Wege mit den öffentlichen Verkehrsmitteln, mit dem Fahrrad oder zu Fuß zurückgelegt werden.³⁷ Laut Berliner Stadtentwicklungsplan soll bis zum Jahr 2025 ein Satz von 75 Prozent der gesamten Stadt und 80 Prozent der Wege in der Innenstadt per ÖPNV, mit dem Fahrrad oder zu Fuß erfolgen. Besonders der Radverkehr ist in den letzten Jahren stärker als erwartet gestiegen, speziell unter der hochmobilen Altersgruppe der 18 bis 24 Jahren. Dieser Trend soll und wird durch den Ausbau der Infrastruktur von Wegen, Wegweisung, Stellplätzen und Services gefördert werden. Neben Klima und Umweltschutz ist auch der geringere Platzbedarf ein Vorteil, der die gewollte Steigerung des Radverkehrsaufkommens vorantreibt.³⁸

Das Auto stellt für den modernen Stadtmenschen infolge der Vielzahl der alternativen Mobilitätsangebote nicht mehr ein unverzichtbares Verkehrsmittel dar. Sollte dennoch ein spontaner Bedarf an einem Fahrzeug bestehen, bieten die wachsenden car sharing Angebote eine ernstzunehmende Alternative zum eigenen KFZ. Auch öffentliche Fahrrad Leihsysteme werden immer populärer. Das aus dem veränderten Mobilitätsverhalten der Bevölkerung resultierende erhöhte Fahrradverkehrsaufkommen führt in urbanen Räumen zu kontinuierlichen Aus- und Umbauten der Radverkehrsanlagen. Parallel eröffnet ein optimiertes Verkehrsangebot die Entwicklung wichtiger Wirtschaftszweige, wie der Tourismusbranche, dem Rad-Vertriebsgewerbe sowie den damit verbundenen Serviceangeboten. Der innerstädtische Ausbau von Fahrradwegen und -spuren, Beschilderungen, fahrradtauglichen Straßenbelägen besonders in verkehrsberuhigten Zonen, Fahrradstraßen und ausreichend Abstellmöglichkeiten steht vielerorts an hoher Stelle. Ein weiterer Schritt ist zudem die zunehmende Verbesserung von ausgebauten regionalen bis internationalen Fahrradrouten und Mitnahmemöglichkeiten.

37 http://tu-dresden.de/die_tu_dresden/fakultaeten/vkw/ivs/srv/dateien/staedtepegel_srv2008.pdf

38 [stadtentwicklungsplan berlin; http://www.stadtentwicklung.berlin.de/verkehr/politik_planung/step_verkehr/de/download.shtml](http://www.stadtentwicklung.berlin.de/verkehr/politik_planung/step_verkehr/de/download.shtml)

2.4 NAVIGATION

Als Navigation wird im allgemeinen die Kunst und Wissenschaft des sicheren und effizienten Manövrierens von einem Punkt zum anderen bezeichnet. Der Begriff kommt ursprünglich aus der Schifffahrt und setzt sich aus den lateinischen Worten *navis* für Boot, sowie *agiere* für führen zusammen. Der Begriff alleine hat heute viele Definitionen, Facetten und Untergruppen und wird nicht nur für das Zurechtfinden im topografischen Raum verwendet. Hauptpunkte sind jedoch immer die Fragen „Wo befinde ich mich?“ und „Wie erreiche ich mein Ziel?“. So kann Navigation als die Bestimmung der Position eines physikalischen Körpers, seiner Geschwindigkeit und Richtung und der Bewegungsverlauf bezogen auf ein Referenzkoordinatensystem zum Erreichen eines Zielpunktes definiert werden. Dies beinhaltet das Bestimmen der geografischen Position mittels verschiedenster Methoden, die Berechnung des optimalen Weges zum Zielpunkt und das Modifizieren sowie die Stabilisierung des Kurses.³⁹

2.4.1 NAVIGATIONSVERFAHREN

Heute lassen sich insgesamt sieben Navigationsmethoden feststellen:

- **Terrestrische Navigation** ist die älteste Methode. Sie beschreibt die Positionsbestimmung anhand von Landmarken und Seezeichen, weshalb man in der Schifffahrt zur Nutzung der Methode in Küstennähe blieb.
- **Sichtnavigation** ist das Zurechtfinden in einer Umgebung mittels Kartenmaterial und der Übertragungsleistung auf das Gelände.

³⁹ Bose, Amitava et al., Fundamentals of navigation and inertial sensors, PHI Learning Pvt. Ltd., 2014, ISBN 8120348591, 9788120348592, S.1

- **Astronomische Navigation** ist der terrestrischen Navigation ähnlich, nur werden hierbei Sterne anstatt Landmarken als Fixpunkte genommen. Durch Richtungs- und Höhenmessung der Gestirne wird die Position errechnet.
- **Koppelnavigation** ist die Ortsbestimmung aus Kurs und Geschwindigkeit und wird als Grundlage der Navigation allgemein gesehen.
- **Trägheitsnavigation** oder auch inertielle Navigation bestimmt die geografische Position durch Messung der Beschleunigung und räumlichen Bewegung.
- **Funknavigation** ist die erste elektrische Methode und nutzt Sendestationen und Funksignale zur Ortung.
- **Satellitennavigation**, die neueste Methode, ermittelt die Position mittels Signalen von 4 bis 6 Satelliten.

Das optimale Verfahren bildet eine Kombination aus mehreren Methoden, was als Hybridnavigation oder integrierte Navigation bekannt ist. Hierbei wird eine möglichst große Redundanz angestrebt um die Verfügbarkeit und Genauigkeit zu steigern und damit gleichzeitig unanfälliger gegenüber Störungen zu machen.

2.4.2 POSITIONSERFASSUNG

Um Augmented Reality zur Navigation zu verwenden, ist vor allem die exakte und kontinuierliche Bestimmung der Position wichtig. Zur Erfassung der Position werden im Freien vor allem satellitenbezogene Systeme, Global Navigation Satellite System (GNSS), genutzt, während in Gebäuden drahtlose netzwerkbasierte Systeme wie Global Systems for Mobile Communications (GSM) und Wireless Local Area Networks (WLAN) zum Einsatz kommen. Navigationssysteme und Applikationen dienen der Routenplanung und Zielführung von Ort zu Ort, die überwiegend im Freien stattfindet, weshalb satellitenbezogene Systeme zur Positionsbestimmung genutzt werden. GNSS kommt heutzutage in vielen verschiedenen Bereichen zum Einsatz. Die wichtigsten dazugehörigen Systeme sind das amerikanische Global Positioning System (GPS), das europäische Galileo, das russische GLONASS und das chinesische Beidou.⁴⁰ GPS ist weltweit funktionsfähig und durch die Verbreitung von Smartphones und der damit steigenden Nutzung von standortbezogenen Diensten (Location based services) zum heute meist genutzten System geworden. Um einwandfrei zu funktionieren, bedarf es jedoch einer klaren Sicht zu den umkreisenden Satelliten. Allein in Häuserschluchten kann es daher passieren, dass Smartphones kein gutes GPS Signal empfangen. GLONASS ähnelt GPS in Aufbau und Funktionsweise und ist

40 DARDARI, Davide; LUISE, Marco; FALLETTI, Emanuela (Hg.). Satellite and terrestrial radio positioning techniques: a signal processing perspective. Academic Press, 2011.kapitel2,S.25.

mit diesem kompatibel. Seit 2011 werden zur Positionserfassung für beide Systeme kompatible Navigationsgeräte und Smartphones entwickelt. Durch die Kombination stehen mehr Satelliten bereit, was eine höhere Genauigkeit mit sich bringt. Auch bietet die Nutzung beider Systeme eine höhere Sicherheit und ist bei Ausfällen nicht so anfällig.

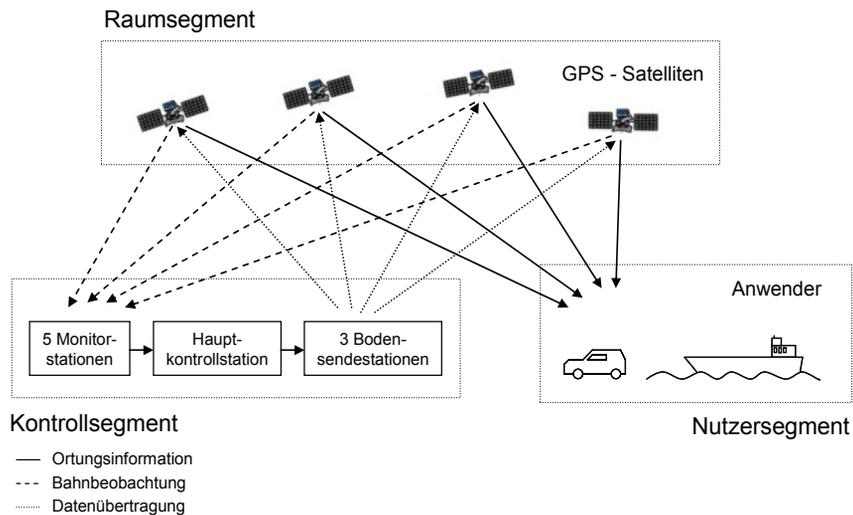


Abb. 24: GPS-System Segmente [STRANG,2008]

Das europäische Galileo ist seit 2003 als Äquivalent zum amerikanischen, militärisch kontrollierten GPS in Planung. Es wird ebenfalls zu GPS kompatibel sein und soll eine Genauigkeit von unter einem Meter bieten. GPS bietet dagegen nur eine Positionsgenauigkeit von etwa 10 Metern. Von den insgesamt 30 Galileo Satelliten sollen noch im Jahr 2015 18 in Position gebracht werden. Der Rest soll bis 2020 folgen. Wann das System in den Vollbetrieb gehen kann lässt sich zur Zeit schwer sagen, da durch Auftreten einiger Probleme und Pannen allein der 2015 angestrebte Teilbetrieb nach hinten verschoben worden ist. Um alle Bedürfnisse in allen Gebieten abzudecken und eine zur Navigation ausreichende Positionsbestimmung zu gewährleisten, reicht GNSS als alleinige Technologie nicht aus. Da Smartphones heutzutage verschiedene Sensoren beinhalten, ermöglichen sie den Einsatz diverser Technologien zur Positionsbestimmung. Zur Verbesserung der Antwortzeiten von GNSS werden Signale von nahegelegenen Mobilfunkmasten gemessen und Zeit sowie Distanz ans Netzwerk gesandt.⁴¹ Mit dem G-Sensor, auch

41 Scott Bell, Wook Rak Jung, and Vishwa Krishnakumar. 2010. WiFi-based enhanced positioning systems: accuracy through mapping, calibration, and classification. In Proceedings of the 2nd ACM SIGSPATIAL International Workshop on Indoor Spatial Awareness (ISA '10).

Beschleunigungssensor, kann die Ausrichtung und Beschleunigung des Gerätes bestimmt werden, wodurch die Berechnung der aktuellen Position mittels Koppelnavigation, auch Deducted Reckoning (DR) erfolgen kann. DR beschreibt den Prozess, die Position auf Grundlage des Ausgangspunktes, der Bewegungsrichtung und der Geschwindigkeit zu berechnen. Aufgrund der Drift stimmen im Laufe der Zeit die ermittelte Position nicht mehr mit der tatsächlichen überein, weshalb diese durch direkte Standortbestimmung beispielsweise über GNSS korrigiert werden muss.⁴² Netzwerkbasierter Positionsbestimmung über Mobilfunk oder WLAN funktioniert schneller als satellitenbezogene. Je nach Reichweite ist aber eine gewisse Dichte notwendig, um eine lückenlose Erfassung der Position zu gewährleisten. Integrierte Navigation, also eine Kombination verschiedener Positionierungsmethoden bietet die größte Genauigkeit und Zuverlässigkeit. Eine kostengünstige und weltweit in jeder Umgebung nutzbare Standardmethode, die eine Genauigkeit von unter einem Meter aufweist, gibt es bisher nicht. Da aber davon auszugehen ist, dass die Nachfrage zur exakten und dauerhaften Positionsbestimmung vor allem auch für Navigationsapplikationen, steigen wird, wird auch an diesem Problem weiter gearbeitet.

2.4.3 FAHRRADNAVIGATION

Zum Finden der optimaler Route gibt es eine Vielzahl an Webservices, mobilen Applikationen und Navigationsgeräten. Die meisten Systeme wurden zunächst für Kraftfahrzeuge entwickelt. Mittlerweile sind viele aber multinutzertauglich angelegt,⁴³ dh. es kann ausgewählt werden, mit welchem Verkehrsmittel man unterwegs ist und die Routenberechnung erfolgt daraufhin entsprechend anderer Voraussetzungen. Als Fahrradfahrer ist die schnellste Route je nach Bedürfnissen nicht immer die beste. Straßenbelag, Straßentyp, und Höhenprofil spielen beispielsweise eine große Rolle. Auch können Wege mit einberechnet werden, die für Autofahrer nicht geeignet oder zulässig sind. Das Angebot an Navigationssystemen für Radfahrer wird zunehmend größer. Neben outdoortauglichen, wind- und wasserfesten Navigationsgeräten findet sich eine steigende Anzahl an Smartphone Applikationen für Radfahrer. Mit ViewRanger, komoot oder Naviki können beispielsweise weltweit Routen erstellt und berechnet wie auch aufgezeichnet und gespeichert werden. Andere Apps wie bbbike/ bbybike, bikenatureguide, I Bike CPH, etc. sind speziell für ein Gebiet angelegt, bzw. können Regionen zusätzlich heruntergeladen werden. Damit können teilweise detailliertere Informationen geboten werden. Bikenavi, Strava, MapMyRide und Ride with GPS bieten eine Auswahl an gespeicherten Touren, die zu

42 Retscher, Guenther; Hiller, Christoph, Test und Integration von Sensoren fuer die Positionsbestimmung in einem Fussgaengernavigationssystem, Artikel aus: zfv Zeitschrift fuer Geodaesie, Geoinformation und Landmanagement, Jg.131, Nr.6, 2006

43 Tetzner, Stefan; Optimierungsansaeetze fuer die Radfahrernavigation, In: Straßenverkehrstechnik, Bonn: Kirschbaum; ISSN: 0039-2219, Jg.52, Nr.9, 2008, S.528-536

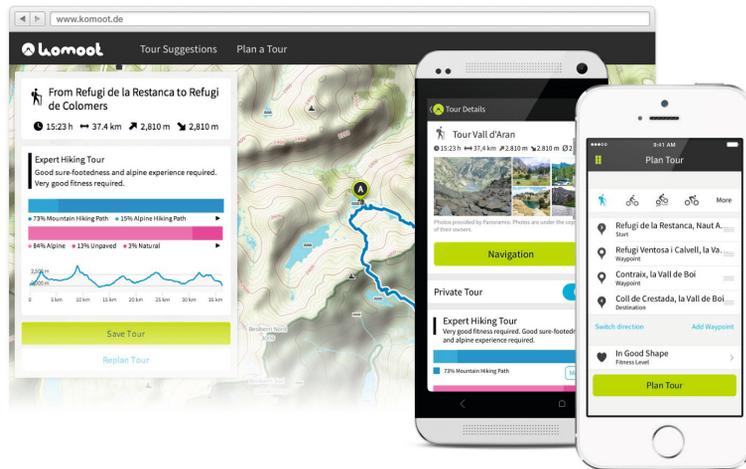


Abb. 25: komoot Navigations-App [Quelle: www.komoot.de]

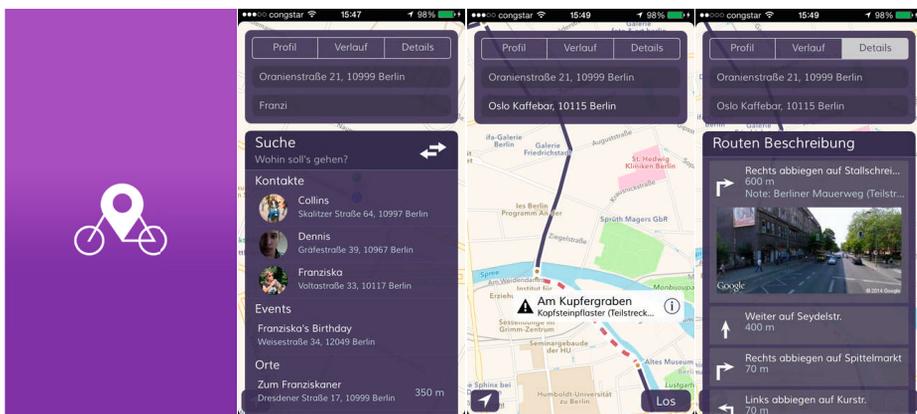


Abb. 26: bbybike Fahrradnavigations-App für Berlin [Quelle: OBERHOFF. itunes.apple.com]

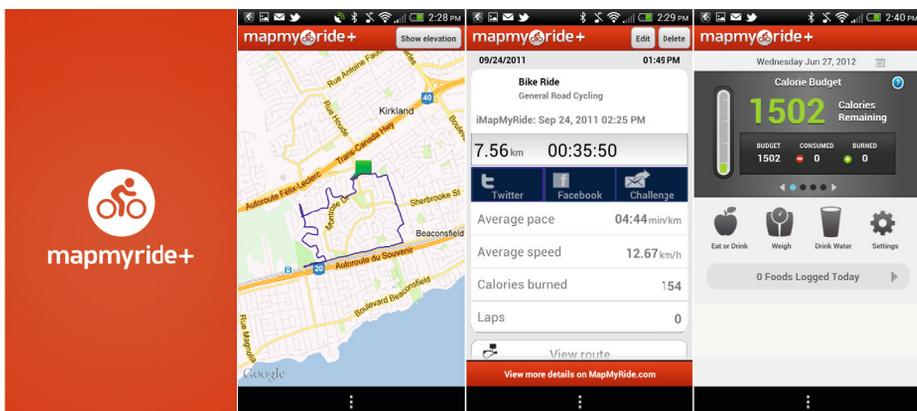


Abb. 27: mapmyride+ Fahrrad-Sports-Tracking-App [Quelle: www.worldwideinsure.com]

Trainingszwecken genutzt werden können. Fitness Apps sind stark im Trend, weshalb diverse Applikationen für Fahrradfahrer auch die Verbindung mit Pulsmessgeräten unterstützen und Ernährungspläne zusätzlich eingetragen werden können. Die Auswahl des Fahrradtyps sowie bevorzugtes Kartenmaterial lässt sich auch immer häufiger finden, was die Routenplanung in Hinblick auf Fahrstil sowie Routendetails und -genauigkeit unterstützt.

2.4.4 AR ZUR NAVIGATION

Um sich im Raum zu orientieren und ein gewünschtes Ziel zu erreichen, bedarf es einer Vorstellung von eben diesem, dem Wissen der aktuellen Position und der Ermittlung einer Route. Klassischerweise wird dazu Kartenmaterial verwendet. Um Position und Route zu erfassen, muss eine Transferleistung von der abstrahierten zweidimensionalen Darstellung einer Umgebung zur tatsächlichen dreidimensionalen Ansicht dieser erfolgen.⁴⁴ Navigationsgeräte, die das Kartenmaterial oder Satellitenbilder nach Bedarf neigen und sich je nach Ausrichtung mitdrehen erleichtern den Transferprozess. Da Augmented Reality die aktuelle, tatsächliche Umwelt als Ausgangspunkt nimmt und zusätzliche Informationen wie beispielsweise Geschwindigkeit, Warnmeldungen und Richtungsweisungen für die Navigation direkt ins Blickfeld bringt, ist eine solche Transferleistung nicht mehr von Nöten, was sich positiv auf Reaktionszeiten und damit die Sicherheit auswirkt.



Abb. 28: AR Navigationsvisualisierungen
[NARZT, 2006]



Abb. 29: Wikitude Drive AR Navigation
[Quelle:www.diepresse.com]

44 PAELKE, Volker; BRENNER, Claus. Development of a Mixed Reality Device for Interactive On-Site Geo-visualization. In: SimVis. 2007. S. 237.

Der Einsatz von Augmented Reality zur einfacheren und sicheren Navigation ist seit Beginn ein angedachtes Haupteinsatzgebiet. Bereits die Touring Machine von Feiner et al.⁴⁵ oder der Context Compass von Suomela et al.⁴⁶ zeigen die Vorteile von HUDs und AR Interfaces für die Fußgängernavigation. Nach May et al.⁴⁷ erfolgt Navigation, in dem Fall für Fußgänger, in Form von turn-by-turn Anweisungen und beinhaltet geografische, räumliche Beziehungen und Namen, Kompassrichtung, Entfernungsangaben sowie Informationen zur Routenbeschaffenheit. Es lassen sich einige Projekte finden, in denen AR Inhalte zur Zielfindung und -führung näher betrachtet werden. Neben wenigen Projekten, welche HMD Systeme zur Navigation evaluieren⁴⁸ finden sich video-see-through Lösungen mittels Smartphones, da diese stark verbreitet, mobil und vernetzt sind sowie alle benötigten Sensoren bei geringer Größe und Gewicht beinhalten. Touristische Anwendungsbeispiele zum Auffinden nächstgelegener Sehenswürdigkeiten⁴⁹ wurden ebenso getestet wie allgemeine Navigationsanweisungen für Fußgänger⁵⁰ und Fahrzeuge.⁵¹ Narzt et al. erörterte Beispiele zur Fahrzeugnavigation mittels Routenüberblendung, Einblendung von Leitfahrzeugen, Gefahren, Benzinpreisen, etc. welche mittels PDAs und Smartphones getestet wurden.^{52, 53} Routeninformationen und andere verkehrsrelevante Daten auf ein live Kamerabild eingebunden, vereinfachen die Navigation bereits enorm. Dennoch muss der Blick vom realen Blickfeld auf das Kamerabild gewendet werden, um die gewünschten Informationen zu erfassen. Head-Up Displays bieten hier eine Lösung für das Problem. HUDs zur Fahrzeugnavigation projizieren verkehrsrelevante Daten auf die Windschutzscheibe. Dadurch entsteht der Eindruck, dass die Informationen einige Meter entfernt im Sichtfeld schweben würden, wodurch der Fahrer den Blick auf das vorrausgehende Verkehrsgeschehen beibehalten kann und gleichzeitig alle wichtigen Informationen zur Zielführung und potentiellen Gefahrensituationen erhält. Studien zeigen, dass Informationen ,welche über ein HUD angezeigt werden, schneller erfasst werden können als wenn dies über ein Head-Down Display (HDD) erfolgt.^{54, 55, 56} Besonders bei hohem

45 Feiner et al. (1997)

46 SUOMELA, Riku; LEHIKONEN, Juha. Context compass. In: Wearable Computers, The Fourth International Symposium on. IEEE, 2000.

47 MAY, Andrew J., et al. Pedestrian navigation aids: information requirements and design implications. Personal and Ubiquitous Computing, 2003, 7. Jg., Nr. 6, S. 331-338.

48 KERR, Steven J., et al. Wearable mobile augmented reality: evaluating outdoor user experience. In: Proceedings of the 10th International Conference on Virtual Reality Continuum and Its Applications in Industry. ACM, 2011. S. 209-216.

49 MATA, Felix; CLARAMUNT, Christophe. Augmented navigation in outdoor environments. In: Proceedings of the 21st ACM SIGSPATIAL International Conference on Advances in Geographic Information Systems. ACM, 2013. S. 524-527.

50 KLUGE, Mario; IM TÄGLICHEN LEBEN, Zunahme von Smartphones. Augmented Reality Fußgängernavigation. Angewandte Geoinformatik 2010, 2010.

51 TÖNNIES, Sascha; PAELKE, Volker; BRENNER, Claus. Zielführung in der Fahrzeugnavigation mittels Mixed Reality. In: Proc. Dritter Workshop Virtuelle und Erweiterte Realität der GI-Fachgruppe VR/AR, Koblenz, Germany. 2006.

52 NARZT, Wolfgang, et al. A new visualization concept for navigation systems. In: User-Centered Interaction Paradigms for Universal Access in the Information Society. Springer Berlin Heidelberg, 2004. S. 440-451.

53 NARZT, Wolfgang, et al. Augmented reality navigation systems. Universal Access in the Information Society, 2006, 4. Jg., Nr. 3, S. 177-187.

54 Vgl. KIEFER, Raymond J. Quantifying head-up display (HUD) pedestrian detection benefits for older drivers. In: 16th International Technical Conference on Experimental Safety Vehicles. Windsor: NHTSA. 1998.

55 Vgl. KIEFER, R. J. Older drivers' pedestrian detection times surrounding head-up versus head-down speedometer glances. Vision in Vehicles, 1999, 7. Jg.

56 Vgl. HORREY, William J.; WICKENS, Christopher D.; ALEXANDER, Amy L. The effects of head-up display clutter and in-vehicle display

Verkehrsaufkommen und in Situationen und Umgebungen, die eine höhere Aufmerksamkeit auf das Verkehrsgeschehen erfordern, sind deutlich schnellere Reaktionszeiten zu vermerken.⁵⁷ Erste HUDs wurden bereits in den 90er Jahren in Automobile eingebaut. Diese waren zunächst farblos oder einfarbig, 2003 folgten dann mehrfarbige Projektionen. Seit einigen Jahren können Head-Up Displays in Ober- und Mittelklassewagen serienmäßig eingebaut werden. Für „schwächere“ Verkehrsteilnehmer wie Fahrradfahrer, Inlineskater, Fußgänger etc. werden zukünftig Head-Up Displays in Form von AR Smart Glasses eine gute Möglichkeit sein, gezielter und sicherer durch die Stadt zu navigieren.

separation on concurrent driving performance. In: Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting. SAGE Publications, 2003.

57 LIU, Yung-Ching; WEN, Ming-Hui. Comparison of head-up display (HUD) vs. head-down display (HDD): driving performance of commercial vehicle operators in Taiwan. *International Journal of Human-Computer Studies*, 2004, 61. Jg., Nr. 5, S. 679-697.

03

UMSETZUNG

3.1 IDEATION

Aufgrund der Beobachtung, wie Fahrradfahrer durch die Stadt navigieren und dabei relativ häufig ihr Smartphone in der Hand halten, um Informationen abzurufen oder einen Blick auf eine Kartenansicht mit zuvor gewählter Route zu haben, und dadurch sich selbst und andere Verkehrsteilnehmer in Gefahr bringen können, machte ich mir Gedanken, ob und wie man dieses Problem angehen kann. Nachdem ich auf Berichte und Konzeptvideos für Smart Glasses gestoßen bin, wurde schnell klar, dass AR Brillen für dieses Problem und generell für jeden ungeschützten, sich schneller im Straßenverkehr fortbewegenden Verkehrsteilnehmer eine Lösung und sinnvolle Bereicherung darstellen können, welche die Zielführung und Verkehrssicherheit steigert.

Die konkrete technische Umsetzung, welche zum Einsatz gebracht werden kann, steht dabei im Hintergrund. AR Smart Glasses für den Verbrauchermarkt sind noch relativ weit am Anfang und eine standardisierte Technik gibt es noch nicht. Da aber die zur Verfügung stehenden Applikationen für AR Smart Glasses entscheidend sind, wird je nach Anwendungsbereich das Smartphone auf dem die App installiert ist weiterhin wesentlicher Baustein von AR Systemen sein. Eine Smartphone Applikation, welche für die Nutzung einer Smart Glass ausgelegt ist und in Kombination funktioniert, soll daher Hauptbestandteil des Konzeptes sein. Zentrale Fragen zur Entwicklung des Konzeptes waren daher unter anderem:

Welche Daten stehen theoretisch zur Verfügung?

Da urbane Räume hochkomplexe Verkehrssysteme aufweisen ist dazu auch eine Vielzahl an Daten und aktuellen Informationen nötig um dieses aufrecht zu erhalten und zu steuern. Informationen zu Straßentypen, Straßenbelag, Beleuchtung, Sperrungen, Baustellen, Ampelschaltpläne und weitere sind erfasst. Geotopografische Informationen und verschiedenes Kartenmaterial sind ebenfalls vorhanden. Neue intelligente Verkehrssysteme können zudem dynamische Verkehrsdaten zu verschiedenen Verkehrsteilnehmern liefern. Alle diese Informationen müssen zur optimalen Nutzung aber zugänglich gemacht und verknüpft werden.

Welche Informationen sind für die Fahrradroutesplanung in urbanen Räumen relevant?

Plant man eine größere Fahrradtour außerhalb der Stadt, spielt Zeit eine nicht so starke Rolle wie bei einer Route von Quell- zu Zielpunkt innerhalb der Stadt. Durch die hohe Verkehrsdichte ist neben der Berechnung der schnellsten Strecke die Sicherheit ein entscheidender Faktor. Je nach Fahrsicherheit, Fitnesslevel und Ortskenntnis sind Untergrundbeschaffenheit, Höhenprofil und das Vorhandensein von Radwegen wichtige Informationen.

Welche Einstellungen kann ich in der App zur Routenberechnung vornehmen?

Um eine optimale Route nach den persönlichen Bedürfnissen erstellen zu können, muss eine Auswahl verschiedener Routenparameter zur Verfügung stehen.

Welche Einstellungen kann ich für die Brille vornehmen?

Neben der Kalibrierung der AR Smart Glass soll der Nutzer selbst wählen können welche Art an Informationen für ihn wichtig sind. Dabei kann er entscheiden, ob diese ihm eingeblendet und/oder akustisch dargeboten werden sollen.

Welche Informationen werden mittels AR wiedergegeben?

Zusätzlich zu Navigationsinformationen einer zuvor ausgewählten Route soll allgemein auf Gefahrensituationen und Untergrundhindernisse hingewiesen werden. Hier muss darauf geachtet werden, dass man nicht zu viele Informationen dauerhaft und gleichzeitig ins Blickfeld bringt, um eine Reizüberflutung zu vermeiden. Dabei kann aus früheren Fehlern in der Automobilbranche gelernt werden. Nur weil mittels neuer Technik eine Vielzahl an Funktionen ermöglicht werden, müssen nicht alle, von Navigation über Telefonie und Unterhaltung, mit eingebaut werden. Vor allem im Straßenverkehr sollte die Aufmerksamkeit beim Fahren und dem umliegenden Verkehrsgeschehen liegen. Nur Informationen, die der Zielführung und Sicherheit beim Fahren dienen, sollten dargestellt werden.

Wie können diese Informationen dargestellt werden?

Bei der Darstellung der Informationen sollte die menschliche Wahrnehmung berücksichtigt werden. Zusatzinformationen sollten klar erkennbar sein und sich von der Realsicht abzeichnen. Da der Mensch sehr stark auf Bewegung reagiert, sollten nicht zu viele und/oder stark animierte Inhalte ins zentrale Gesichtsfeld gebracht werden, während man sich sowieso schon bewegt. Auch der Aufbau des Gesichtsfeldes ist mit zu bedenken. Der Einsatz von Text sollte zudem möglichst vermieden werden. Textuelle Informationen bedürfen gegenüber grafischen oft einer größeren Aufmerksamkeitsspanne, um erfasst zu werden.

Slippy UX ist ein weiteres Stichwort, das in die Entwicklung des Konzeptes hineinspielt. Das heißt, es soll ein Nutzererlebnis geschaffen werden, das den Nutzer nicht beeinträchtigt und sich in den Vordergrund drängt, sondern unterstützt und eher im Hintergrund abläuft. Darstellungen auf der Brille sollten glanceable, also schnell mit einem kurzen Blick erfassbar sein. Idealerweise sollte das Smartphone während der Fahrt in der Tasche bleiben und verkehrsrelevante Informationen dennoch erhalten werden.

Damit die AR Inhalte auf die aktuelle Realansicht gemappt werden können, muss die Brille mit Sensoren ausgestattet sein, welche die Blickrichtung des Kopfes erfassen, um lokalbezogene Inhalte entsprechend darzustellen. Für die akustischen Hinweise, Warnungen und Navigationsanweisungen sollten keine Kopfhörer, welche das Richtungshören beeinträchtigen, benutzt werden müssen. Vielmehr sollten kleine Lautsprecher direkt in die Brillenbügel eingebaut sein. Hat man auf jeder Seite sogar zwei Lautsprecher, also insgesamt vier, könnten akustische Warnungen der Richtung der Gefahrenquelle zugeordnet werden. Die Ausrichtung des Kopfes spielt hier eine ebenso große Rolle wie für die Darstellung der positionsbezogenen Informationen.

Allgemein sollte man sich nicht immer zu 100 Prozent auf die Technik verlassen. Dies soll auch durch Infomeldungen, die beispielsweise darauf hinweisen, dass nicht jede potentielle Gefahrenquelle zu jeder Zeit erfasst und dargestellt werden kann, kenntlich gemacht werden. Sich im Straßenverkehr fortbewegende Nutzer sollen sich weiterhin zunächst auf Ihre Sinne verlassen, die Augmented Reality Inhalte sollen einen dabei lediglich unterstützen und teilweise unsichtbares, mit den Sinnen nicht Erfassbares, sichtbar machen.

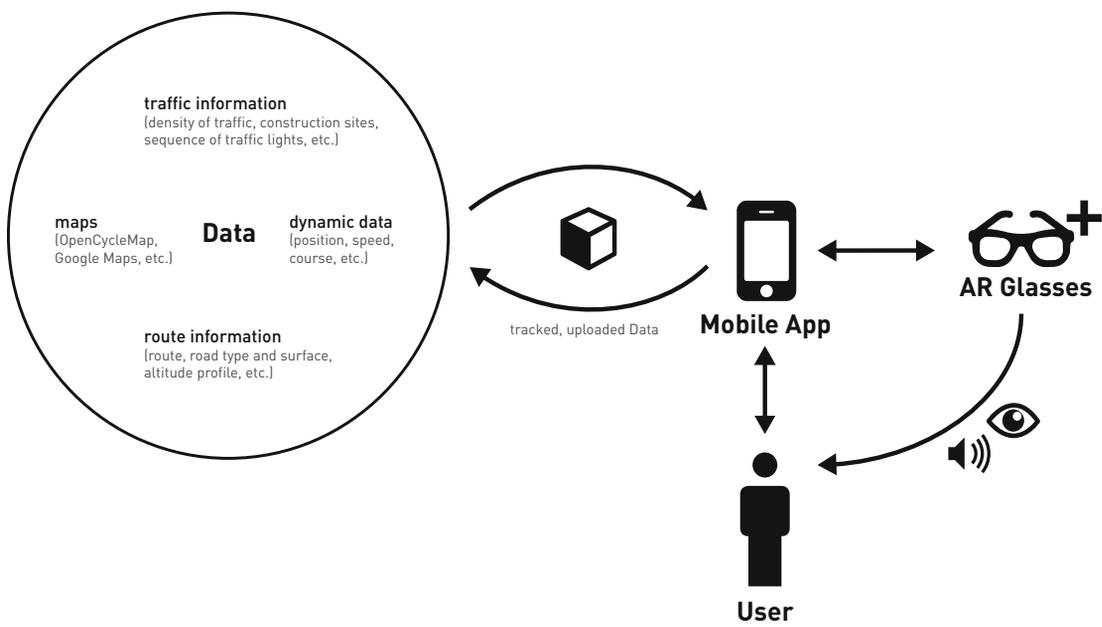


Abb. 30: Konzeptvisualisierung

3.2 KONZEPT

Das Konzept besteht aus einer Smartphone Applikation in Kombination mit einer AR Smart Glass. Es dient zur Routenplanung und Darstellung der Routeninformationen sowie verkehrsrelevanter Daten auf der Brille. Die dafür nötigen Informationen werden von verschiedenen Quellen bezogen und kombiniert. Neben Informationen zur berechneten Strecke werden Karten, statische und semi-dynamische Verkehrsinformationen sowie dynamische Daten der verschiedenen Verkehrsteilnehmer mit einbezogen. Durch Tracking und Übertragung der eigenen aktuellen Verkehrsdaten an das Gesamtsystem entsteht ein Datenkreislauf. Je mehr aktuell erfasste Daten zur Verfügung stehen, desto genauer lässt sich die aktuelle Verkehrssituation und Position erfassen und entsprechende relevante Informationen über Einblendungen auf der Brille an den Nutzer bringen.

Die gesamte Planung einer möglichst optimalen Route für Fahrradfahrer erfolgt über die App. Auch werden über diese die Einstellungen zu gewünschten möglichen AR Inhalten festgelegt. Die Brille als solches kann in dem Fall als erweitertes Display zum Smartphone gesehen werden, ist während der Nutzung beim Navigieren durch die Stadt aber die zentrale grafische Oberfläche.

Für Nutzer, denen an der Überwachung und Aufzeichnung ihrer eignen Fitness gelegen ist, soll sich die App beispielsweise mit Google Fit, HealthKit und anderen Fitness und Sports Trackern verbinden lassen können. Auch der Export von Routen als GPX, KML oder TCX soll möglich sein. Dadurch müssen nicht mehrere Applikationen gleichzeitig genutzt werden.

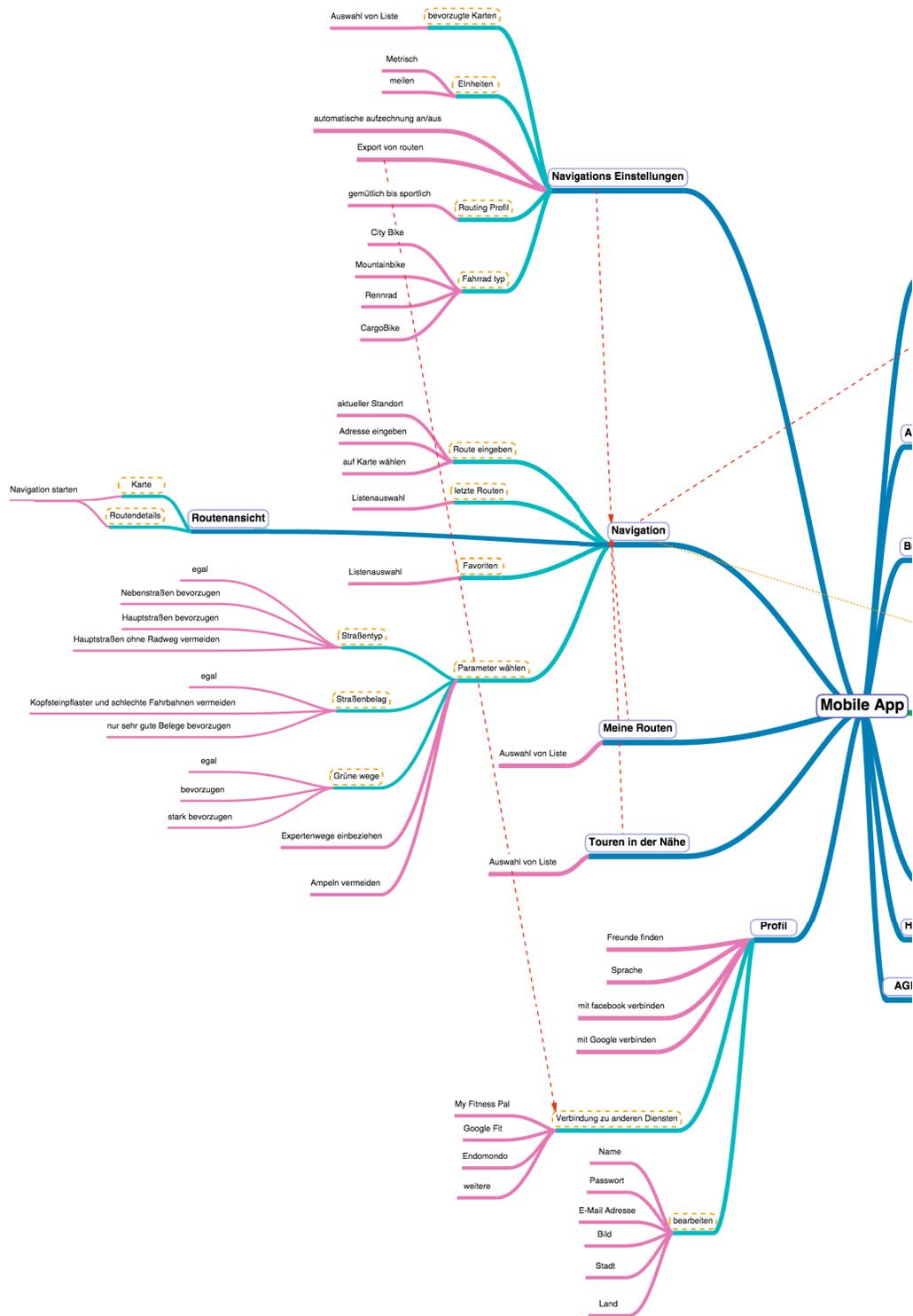
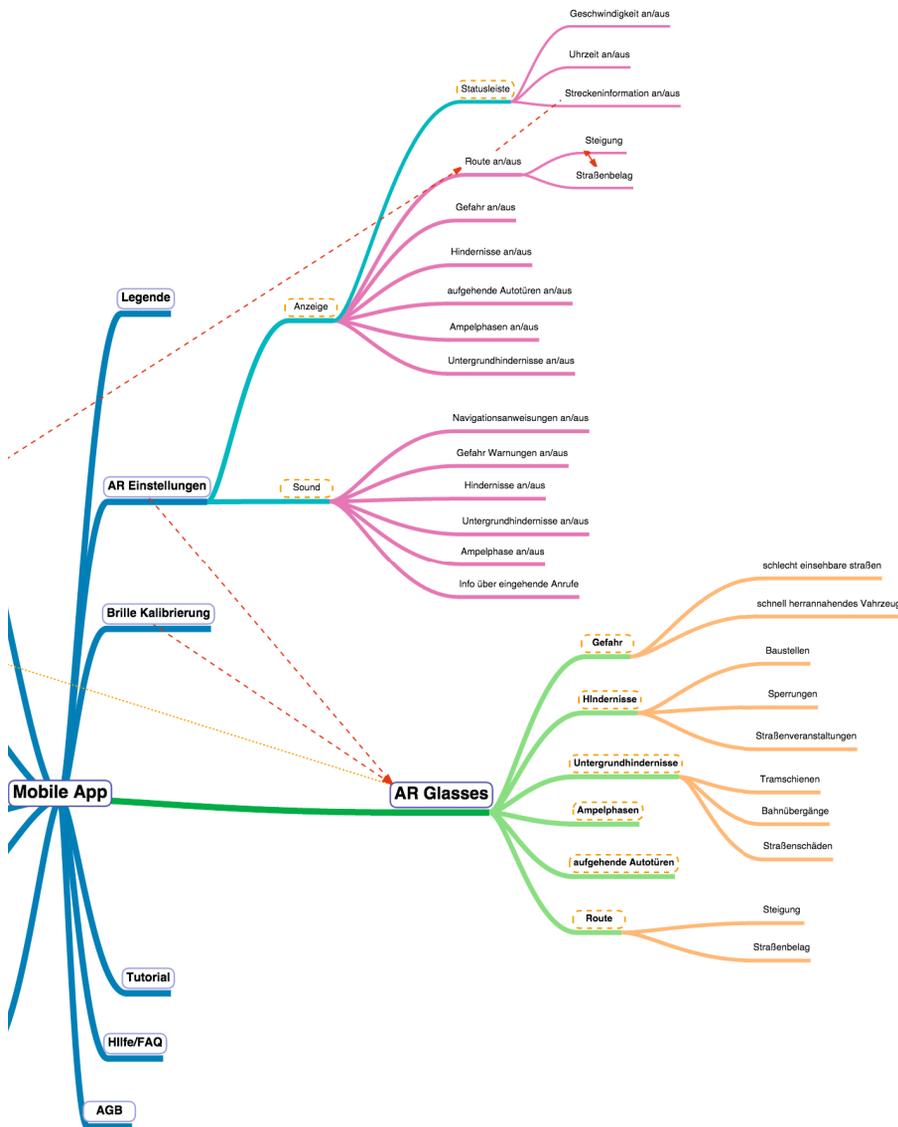


Abb. 32: Funktionsübersicht und -struktur



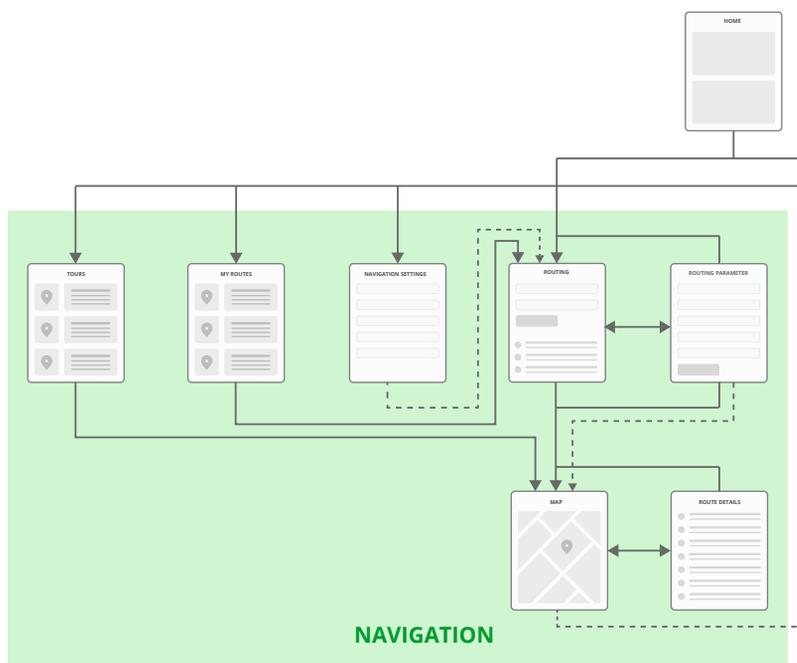
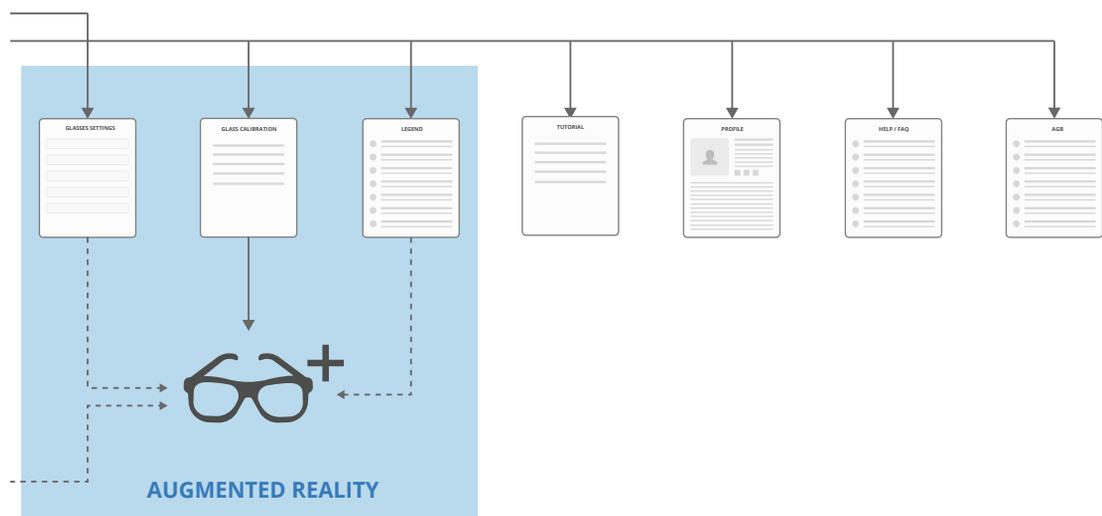


Abb. 33: Informationsarchitektur

3.4 SMARTPHONE APP

Die Applikation lässt sich grob in drei Bereiche aufteilen. Der Bereich Navigation beinhaltet die komplette Routenplanung und dazugehörige allgemeine Einstellungen. Den zweiten Bereich bilden Einstellungen bezogen auf die AR Brille und darüber wiedergegebene Inhalte sowie eine Auflistung und Erklärung dieser. Weitere Funktionen beziehen sich auf die gesamte App.



3.4.1 NAVIGATION

Routenplanung

Unter Routenplanung kann eine neue Route erstellt werden oder aus Favorisierten und letzten Routen gewählt werden. Bei der Eingabe des Start und Zielpunktes kann neben der Eingabe einer Adresse der aktuelle über GPS ermittelte Standpunkt oder ein Punkt von der Karte gewählt werden. Bei Eingabe einer Adresse soll eine Suche im Hintergrund ablaufen, welche während der Eingabe Vorschläge zu Adressen, Adressen von Kontakten und POIs liefert. Über Parameter können verschiedene Kriterien für die Berechnung der Route eingestellt werden:

Straßenbelag, hier kann gewählt werden zwischen „Asphalt bevorzugen“ und „Kopfsteinpflaster meiden“; ist es einem nicht so wichtig belässt man die Einstellung auf „egal“. **Straßentyp** bietet die Möglichkeit, Hauptstraßen oder Nebenstraßen zu bevorzugen oder nur Hauptstraßen ohne Fahrradwege oder Spuren zu meiden. **Grüne Wege** können ebenfalls bevorzugt oder stark bevorzugt werden. Die Vermeidung von **unbeleuchteten Wegen** lässt sich an- und abstellen oder auf automatische Berücksichtigung nach Tag- und Nachtzeit setzen. Um die Dauer der Strecke möglichst genau berechnen lassen zu können, ist die **Durchschnittsgeschwindigkeit**, mit der man unterwegs ist einstellbar. Des Weiteren kann ausgewählt werden **Ampeln** zu vermeiden und **Rat Run Wege** mit einzubeziehen. Rat Run Wege sind „Schleichwege“, die oft von Ortskundigen genommen werden. Besonders, wenn man mit dem Fahrrad unterwegs ist, kann diese Option unbekannte, nicht verzeichnete kleine Wege und Pfade mit einschließen. Gibt man im Profil eine Stadt an werden die abgefahrenen und getrackten Routen, wenn ebenfalls von mehreren weiteren in der Stadt ansässigen Nutzern erfasst, als ortskundigen Routen gewertet.

Routenansicht

Die ermittelte Route wird auf einer Kartenansicht dargestellt. Je nachdem welches Kartenmaterial bevorzugt wird, wird dieses für die Ansicht verwendet. Wie bei leaflet können zusätzliche Ebenen wie beispielsweise Straßenbelag, Radwege und unbeleuchtete Wege auf der Karte angezeigt werden. Die Route soll auf der Karte bearbeitbar sein, d.h. Streckenpunkte können nach Wunsch verschoben werden. Über einen Button am unteren Rand der Karte kann zudem das Höhenprofil der Strecke eingesehen werden. Über den Menüpunkt Details erhält man eine zusammengefasste Information, von welchem Start zu welchem Zielpunkt die Route führt, wie weit die Strecke ist, wie lange diese mit welcher Durchschnittsgeschwindigkeit dauert sowie Steigung und Gefälle insgesamt. Zudem findet man einen detaillierten Routenverlauf, der angibt,

nach welcher Distanz man auf welche Straße abbiegen muss und wieviel Prozent des jeweiligen Streckenabschnittes welchen Untergrund aufweisen.

Weitere Routen

Unter „Meine Routen“ können gespeicherte, bereits gefahrene und geplante Routen eingesehen und für die Navigation ausgewählt werden. Möchte man beispielsweise kein bestimmtes Ziel ansteuern, seine Umgebung neu kennenlernen oder einfach andere Routen ausprobieren, kann über „Touren in der Nähe“ in von anderen Nutzern gespeicherten Strecken herumgestöbert und eine ausgewählt werden.

Navigationseinstellungen

In den Navigationseinstellungen kann bevorzugtes Kartenmaterial, zwischen metrischem und angloamerikanischem Maßsystem und der genutzte Fahrradtyp ausgewählt werden. Die automatische Aufzeichnung von Routen sowie der Export dieser zu anderen verbundenen Diensten und Applikationen können hier ebenfalls eingestellt werden.

3.4.2 BRILLEN- UND AR EINSTELLUNGEN

AR Einstellungen

Unter AR Einstellungen lässt sich einstellen, welche Augmented Reality Inhalte über die Brille wiedergegeben werden sollen. Für die unterschiedlichen Inhaltstypen kann die visuelle und akustische Wiedergabe separat ein- und ausgeschaltet werden.

Als Einblendungen auf der Brille können hier Uhrzeit, Routeninformationen, d.h bereits gefahrene und noch vor einem liegende Distanz, die aktuelle Geschwindigkeit und die Route als solches gewählt werden. Zusätzlich zur Einblendung der Route besteht die Möglichkeit, sich darüber die Steigung oder den Straßenbelag anzeigen zu lassen. Des weiteren finden sich neben den zielführenden noch weitere einblendbare Informationstypen, die das Fahrradfahren in Effizienz und Sicherheit unterstützen sollen. So soll auf Gefahrensituationen und -quellen wie beispielsweise schnell herannahende oder aus schlecht einsehbaren Straßen kommende Fahrzeuge, Hindernisse wie Baustellen, Sperrungen, Straßenveranstaltungen etc. und Untergrundhindernisse wie bspw. Schienen und Schlaglochabschnitte hingewiesen werden. Ampelphasen

und die Möglichkeit aufgehender Autotüren sind weitere Optionen. Natürlich kann nicht genau festgestellt werden, wann eine Fahrzeugtür geöffnet wird. Theoretisch lässt sich aber über ein erfasstes Bewegungsmuster feststellen, wann ein Fahrzeug gehalten hat und somit innerhalb eines gewissen Zeitraumes danach die Möglichkeit besteht, dass eine Tür geöffnet wird.

Für die akustische Wiedergabe können Navigationsanweisungen und Hinweise zu potentiellen Gefahrensituationen, Hindernissen, aufgehenden Autotüren und Ampelphasen gewählt werden. Zudem kann eine Information zu eingehenden Anrufen erhalten werden. Anrufe sollen während der Fahrt aus Sicherheitsgründen aber nicht angenommen werden können.

Kalibrierung, Legende

Über den Menüpunkt Kalibrierung kann die Brille jederzeit eingestellt werden. Beim Durchlaufen des Tutorials wird sie ebenfalls vorgenommen. Unter Legende findet man Informationen zum grafischen Aufbau des Brillendisplay sowie die Darstellung und Erklärung aller möglichen eingeblendeten Inhalte und deren Bedeutung.

Weitere Funktionen

Beim ersten Starten der App gelangt man ins Tutorial, welches einen durch die App, die Funktionsweise der Brille und mögliche Einstellungen und Einblendungen führt.

Unter Profil findet man seine persönlichen Angaben. Name, Emailadresse, Passwort, Stadt und Land können hier jederzeit geändert werden. Auch besteht die Möglichkeit, sein Profil mit facebook oder Google+ zu verbinden oder sich darüber zu registrieren und anzumelden. Werden beispielsweise Fitnesstracker Applikationen verwendet, können diese hier verbunden werden um einen automatischen Austausch von Routen und Bewegungsdaten zu ermöglichen. Die Sprache wird ebenfalls im Profil eingestellt und man hat die Möglichkeit Freunde, welche die App ebenfalls nutzen zu suchen. Weiter finden sich eine Hilfeseite und eine Seiten mit den AGBs.

3.5 WIREFRAMES

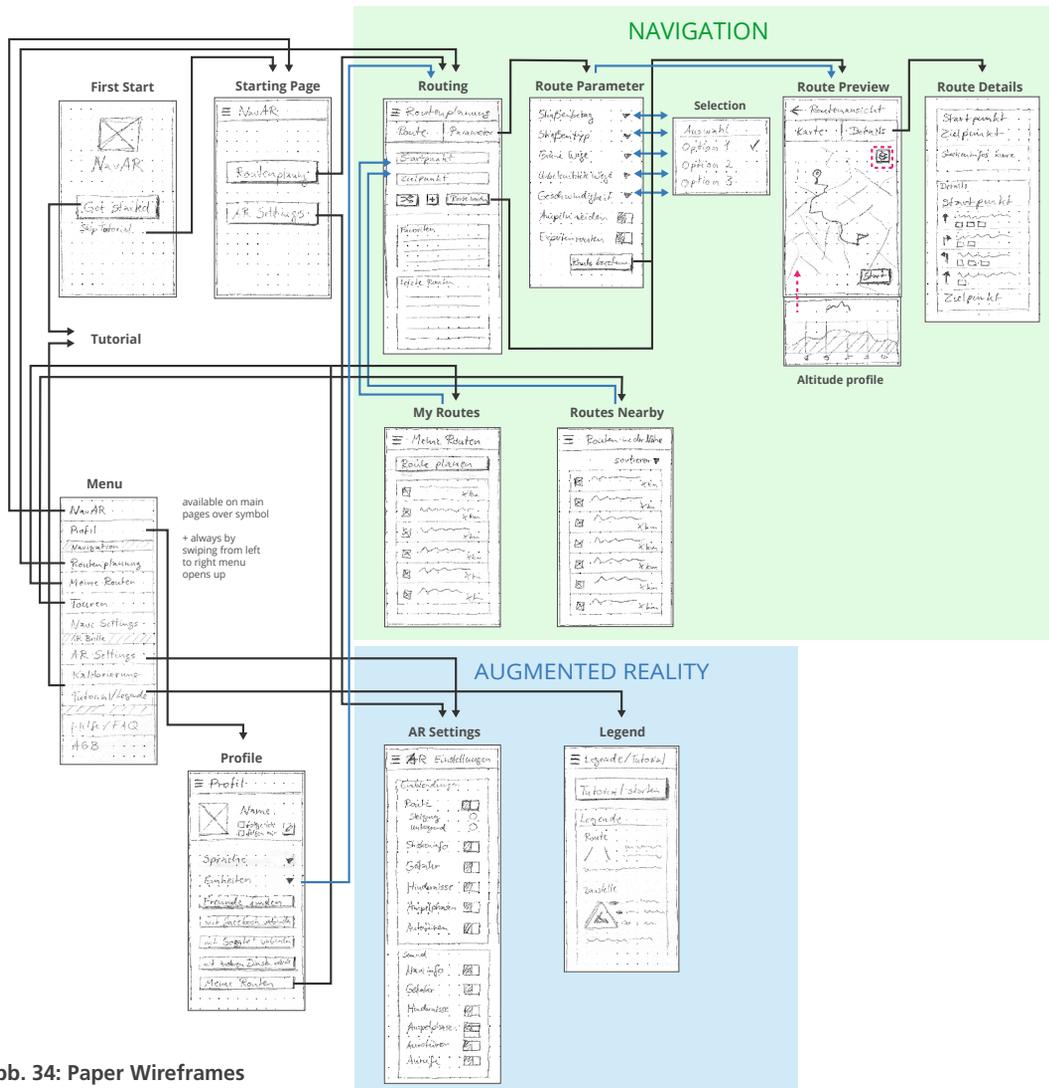


Abb. 34: Paper Wireframes

3.6 AR SMART GLASSES VISUALISIERUNGEN

Zunächst stellte sich die Frage welche Informationen wirklich relevant sind, um eingeblendet zu werden. Ich selbst fahre gerne und viel Fahrrad und hatte daher von Beginn an einige Ideen, welche Informationen relevant und wichtig für die Fahrradnavigation sein könnten, bzw. welche Informationen ich selbst gerne zur Unterstützung beim Fahren im Blickfeld eingeblendet bekommen würde. Um nicht nur von mir auszugehen erstellte ich eine kurze Umfrage mittels Google Drive, welche ich in Social Networks und Interessengruppen in den Themenfeldern Radfahren und Augmented Reality teilte.

3.6.1 UMFRAGE

Insgesamt nahmen 46 Personen im Alter zwischen 22 und 55 Jahren an der Umfrage teil. Das Durchschnittsalter lag zum Zeitpunkt der Befragung bei 31 Jahren. 56,8 % davon waren männlich, 40,9% weiblich und 2,3% sonstiges. Da ich bei der Erstellung der Umfrage zunächst den Mehrwert von AR zur Navigation im urbanen Raum für „schwächere“ Verkehrsteilnehmer im Allgemeinen im Sinn hatte, fragte ich nach Art der genutzten Verkehrsmittel, Kraftfahrzeuge und öffentliche Verkehrsmittel ausgeschlossen, und deren Häufigkeit der Nutzung. Zur Auswahl waren Fahrrad, Inlineskates, Segway und Skateboard vorgegeben. Eine Mehrfachnennung war möglich und weitere Fortbewegungsmittel konnten eigens hinzugefügt werden. Am häufigsten wird das Fahrrad mit 90,7% genutzt, gefolgt von Inlineskates mit 20,9%. 56,8% der Befragten nutzen das Fahrrad mehrmals wöchentlich und 27,2% sogar täglich. Inlineskates werden dagegen durchschnittlich nur einmal im Monat oder seltener genutzt. Aufgrund der großen Anzahl an Fahrradfahrern und der häufigen Nutzung dieses Verkehrsmittels schränkte ich mein Thema auf die Fahrradnavigation ein. Die wichtigste und zentrale Frage war, welche Informationen für wichtig erachtet werden und im Gesichtsfeld eingeblendet werden könnten. Ebenso wie bei der Frage nach dem Fortbewegungsmittel gab es eine Auswahl mit möglicher Mehrfachnennung.

Angewählt werden konnten Route, Ampelphasen, schnell herannahende Autos bzw. Fahrzeuge aus schlecht einsehbaren Straßen kommend, Baustellen und aufgehende Autotüren. Freifelder für andere Informationen oder für sonstige Anmerkungen konnten ebenfalls hinzugefügt werden. Mit 90,2% wurde die Einblendung der Route als wichtigste Information gewählt. 57,1% erachteten schnell herannahende bzw. schlecht sichtbare Fahrzeuge, 45,2% die Möglichkeit aufgehender Autotüren, 42,9% Ampelphasen und Baustellen als relevant. 26,2% gaben noch weitere Punkte an. Die meisten davon waren eher individuell und lassen sich schwer in einem relevanten Punkt zusammenfassen. Was jedoch zu erwähnen ist, war die mehrfache Nennung von Routenempfehlungen nach Verkehrslage und Fahrbahnbeschaffenheit sowie Einblendung von Hindernissen jeglicher Art, speziell Fahrbahnunreinheiten oder Ähnlichem.

In weiteren Kommentaren äußerten mehrere Teilnehmer generelle Bedenken gegenüber Augmented Reality Brillen, merkten aber an, dass es als Routenplaner/Navigationssystem insbesondere für Radfahrer eine sehr hilfreiche Sache wäre. Auch eine mögliche Überforderung aufgrund zu vieler Hinweise im Blickfeld wurde mehrfach angemerkt. Dennoch würden 56,8 % der Umfrageteilnehmer eine AR Brille zur Navigation in der Stadt auf jeden Fall einmal ausprobieren wollen, 13,6% gaben an diese auf jeden Fall zu nutzen, wenn es ein entsprechendes Produkt auf dem Markt gäbe und 11,4% lehnten eine Nutzung ab.

Meine vorausgegangenen Vermutungen welche Informationen bei der Fahrradnavigation als wichtig und eingeblendet als hilfreich empfunden werden, bestätigten sich in der Umfrage. Der Wunsch nach Routenempfehlungen gemessen an der aktuellen Verkehrslage und Untergrundqualität wird in der Routenplanung durch Einstellen gewünschter Parameter und Angabe von Routendetails mit abgedeckt. Als weiteren Punkt habe ich aufgrund der Anmerkungen in der Umfrage aber noch Hinweise zu Untergrundhindernissen, wie Tramschienen mit aufgenommen.

3.6.2 AUFBAU AR BRILLEN DISPLAY

Der Aufbau des AR Displays ist an das menschliche Gesichtsfeld angelehnt. Das Gesichtsfeld beschreibt den durch die Augen wahrnehmbaren Bereich, der bei gerader Kopfhaltung und geradeaus gerichtetem, bewegungslosem Blick erfasst werden kann. Detailliertes und scharfes Sehen ist dabei nur in einem sehr kleinen Bereich möglich. Betrachtet man seinen Daumennagel am vor sich ausgestreckten Arm, entspricht die Größe dessen etwa der Größe des Scharfsichtbereiches (fovea centralis). Um weitere Details der Umgebung zu erfassen bewegen sich unsere Augen schnell von einem zum anderen Punkt.⁵⁸ Der restliche Bereich dient dem peripheren Sehen, welches über 99% des Gesichtsfeldes ausmacht. Nach außen hin nimmt die Auflösung ab, die Effizienz zur Wahrnehmung von Bewegung aber steigt.

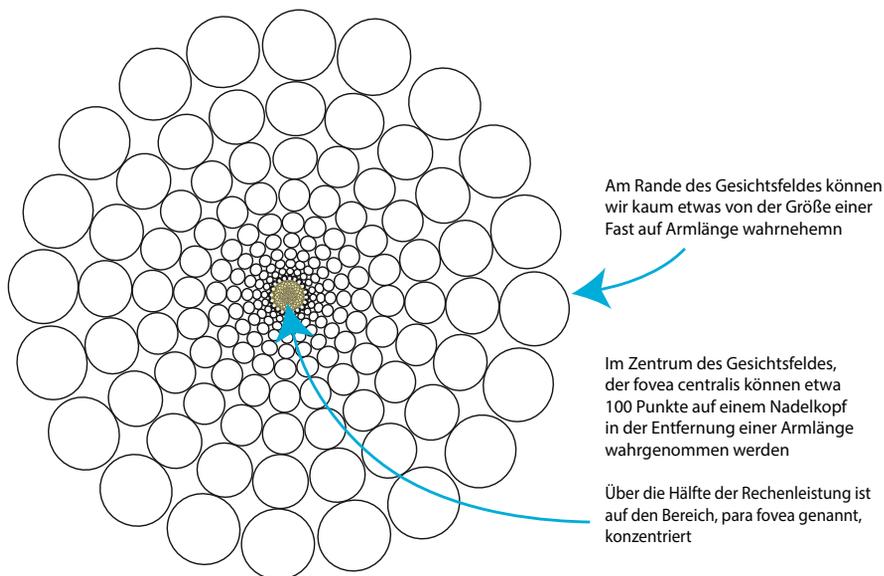


Abb. 35: Auflösung des menschlichen Gesichtsfeldes nach [WARE, 2010]

58 vgl. HEALEY, Christopher G.; ENNS, James T. Attention and visual memory in visualization and computer graphics. Visualization and Computer Graphics, IEEE Transactions on, 2012, 18. Jg., Nr. 7, S. 1170-1188.

Das Blickfeld des Menschen ist durch Augen- und Kopfbewegungen deutlich größer. Da man beim Fahrradfahren aber eine überwiegend geradeaus gerichtete Blickrichtung hat, kann ein Displayaufbau auf Grundlage des menschlichen Gesichtsfeldes von Vorteil sein. Auch bei geradeaus gerichtetem Fokus vollziehen unsere Augen schnelle kleine Bewegungen um den an fokussierten Bereich gänzlich detailliert wahrnehmen zu können. Eine Darstellungsweise die den Aufbau des Gesichtsfeldes berücksichtigt, kann unnötige Blickwinkeländerungen vermeiden. Da der Bereich des scharfen Sehens näher und größer wahrgenommen wird, können Informationen, welche im zentralen Feld platziert sind, kleiner und detailgenauer dargestellt werden. Nach Außen kann dahingegen stärker mit Bewegung und unscharfen Formen gearbeitet werden.

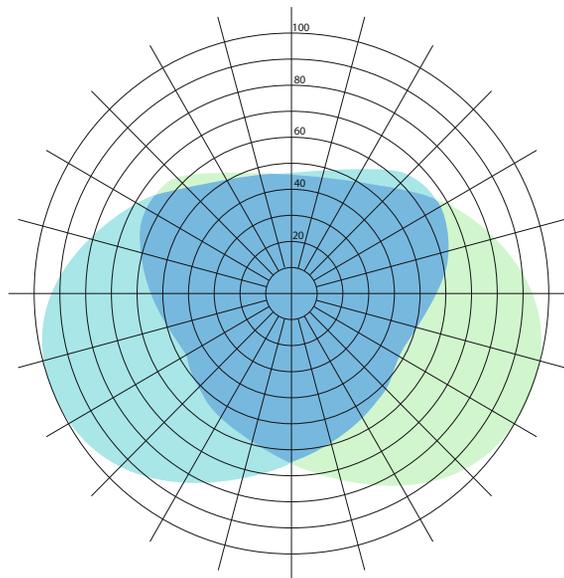


Abb. 36: menschliches Gesichtsfeld nach [WARE, 2010]]

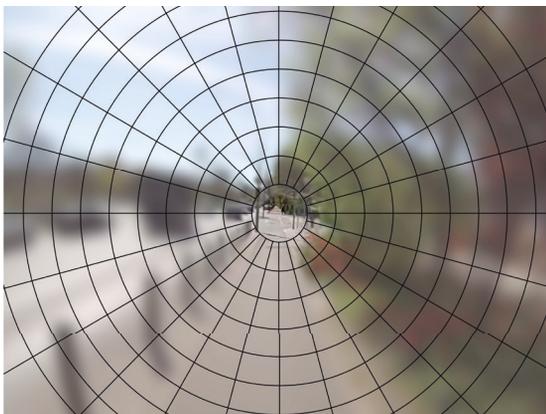


Abb. 37: ungefähre Scharfsicht



Abb. 38: vergrößerte Wahrnehmung des Scharfsichtbereiches

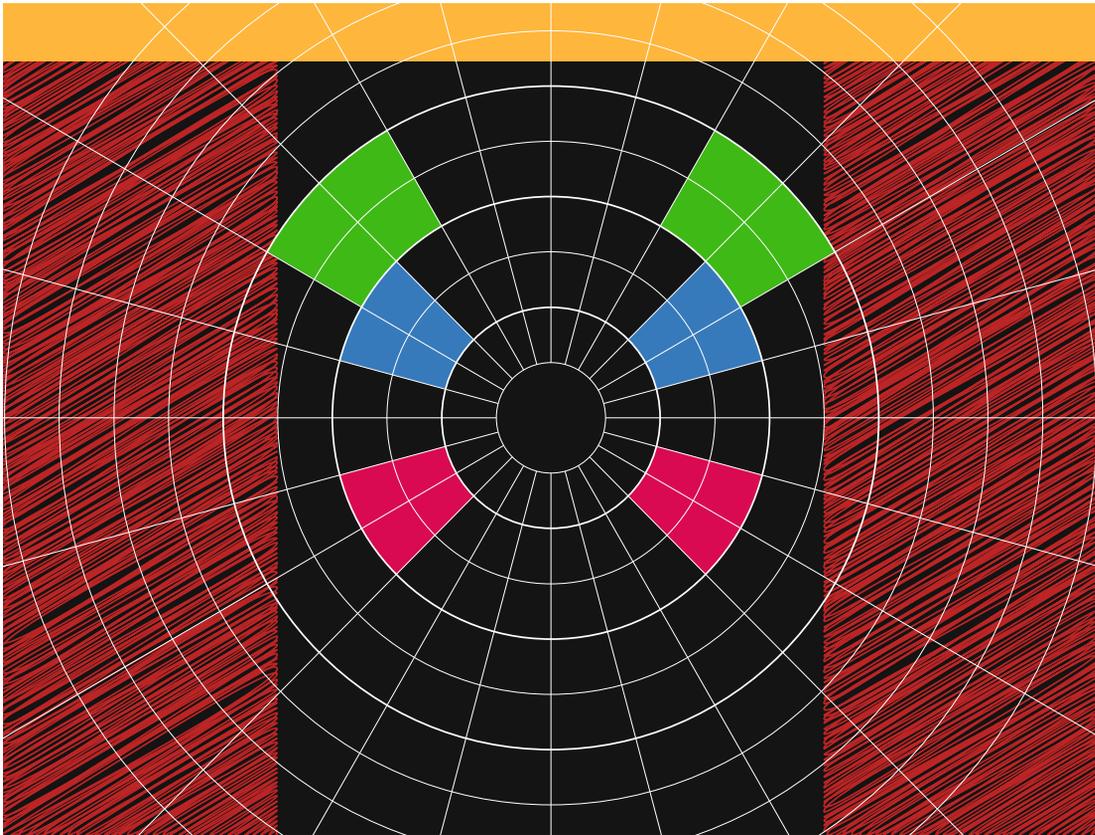


Abb. 39: visueller Grundaufbau des AR Brillen Displays

-  = „Statusleiste“ für Uhrzeit, Geschwindigkeit und Routeninformationen
-  = Bereich zum Anzeigen von Ampelphasen
-  = Bereich für Hinweise zu Hindernissen z.B. Schienen
-  = Bereich für Informationen mit konkretem Positionsbezug z.B. Baustellen
-  = Bereich für animierten Farbschimmer zum Anzeigen von Gefahrenquellen

Die Überblendung der Route richtet sich nach Position und Ausrichtung des Kopfes und kann somit je nach Blickrichtung auf jedem Bereich sichtbar sein.

3.6.3 AR INHALTE

Route

Wurde zuvor eine Route geplant oder ausgewählt, wird diese als semi-transparente Einblendung direkt auf die Umgebung gemapt. Die Kontur der Route ist opaker, um die Route deutlich sichtbar zu machen und dennoch zu gewährleisten, dass der Untergrund durch die Überblendung detailliert genug erfasst werden kann. Soll über die Route zudem noch Information zu Steigung oder Straßenbelag eingeblendet werden, erfolgt dies über die Farbgebung.

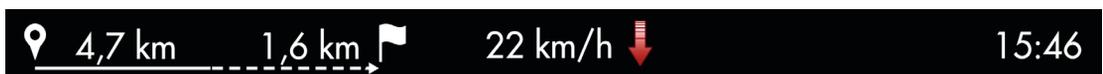


einfache Routenanzeige

Routenanzeige mit
Gefälle bzw. SteigungRoutenanzeige mit
Straßenbelag

Statusleiste

Obwohl dieser Bereich am oberen Rand liegt, finden sich hier optisch klar definierte, überwiegend numerische Informationen. Diese sind, sofern ausgewählt dauerhaft sichtbar. Neben der Uhrzeit lässt sich hier die aktuelle Geschwindigkeit sowie die bereits gefahrene und noch zu bestreitende Wegstrecke nach metrischem oder angloamerikanischem Maßsystem ablesen. Auch wenn diese nicht zur Wiedergabe über die AR Brille angeschaltet wurde, wird diese bei Bedarf mit Hinweis zur Reduzierung eingeblendet.



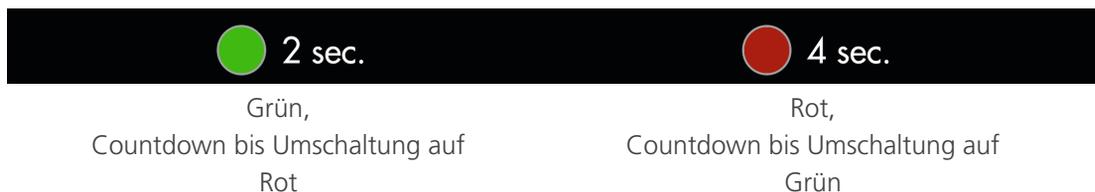
Routeninformation
(bereits gefahrene und noch zu
fahrende Distanz)

Geschwindigkeitsanzeige
mit Hinweis auf Reduzierung,
wenn nötig

Uhrzeit

Ampelphasen

Die Information über Lichtsignalanlagenstatus erhält einen eigenen Bereich. Diese wird zusammen mit einem Countdown zum nächsten Wechsel eingeblendet. Die Information erscheint aber nur, wenn man sich einer Ampel nähert, welche aufgrund der aktuellen Geschwindigkeit eventuell nicht mehr in der „Grünphase“ geschafft werden kann. Zeitgleich wird über einen Abwärtspfeil an der Geschwindigkeitsanzeige deutlich gemacht, dass man die Geschwindigkeit reduzieren sollte. Das Umschalten von rot auf grün wird ebenfalls eingeblendet, um beim Heranfahen effizienter agieren zu können und nicht kurz vor der Signalumschaltung vom Fahrrad absetzt oder sich an einer roten Ampel stehend wieder rechtzeitig auf das Weiterfahren konzentrieren zu können.



Hinweisbereich

In dem Bereich werden Informationen dargestellt, die sich auf den angesteuerten Straßenbereich allgemein beziehen. Dies sind zumeist Untergrundhindernisse wie beispielsweise Schienen oder verzeichnete Straßenschäden.



Positionsbezogene Hindernisse

Positionsbezogene Hindernisse sind beispielsweise Baustellen oder mögliche aufgehende Autotüren. Ein grafischer Hinweis hierzu wird in dem Bereich eingeblendet und mit einem konkreten Bezugspunkt in der Umgebung verbunden, um das mögliche Hindernis exakt zu lokalisieren.

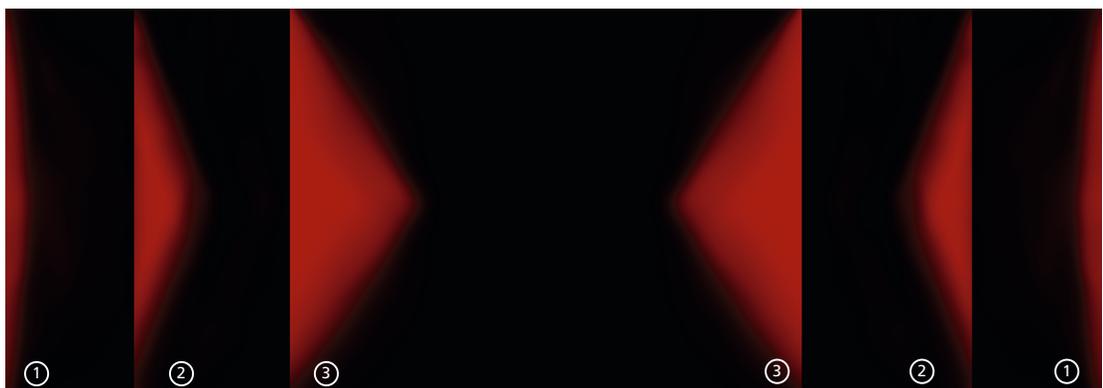


Baustellenhinweis
mit Index-Zeichen zu Radweg,
Fußweg und/oder Straße

Hinweis zu möglich
aufgehender Autotür

Gefahrenquellen

Über den rechten und linken Randbereich wird auf Gefahrenquellen aus der entsprechenden Richtung in Form eines animierten roten Schimmers hingewiesen. Dies sind beispielsweise schnell herannahende Fahrzeuge oder einfach Fahrzeuge, die aus einer Seitenstraße ohne Ampelregelung kommen und eventuell nicht schnell genug wahrgenommen werden können.



animierter roter pfeilförmiger Schimmer aus Richtung der Gefahrenquelle

3.7 USE CASES



Der Citybiker

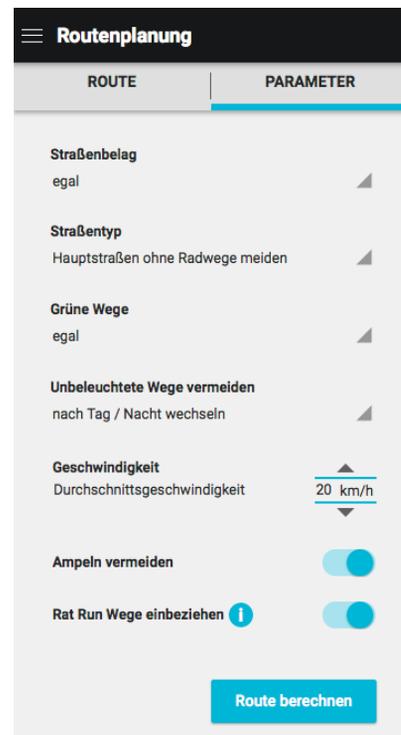
FAHRRADNUTZUNG
fast täglich

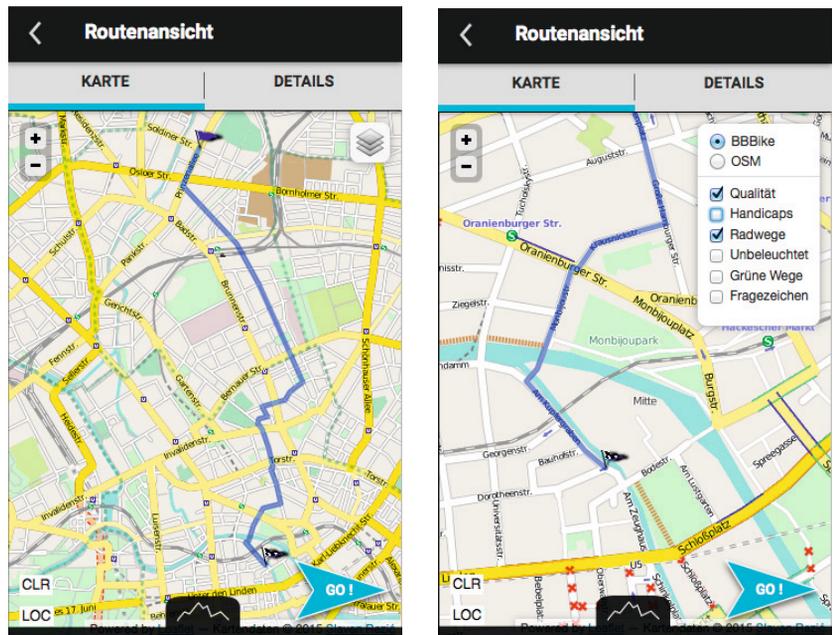
DURCHSCHNITTSGESCHWINDIGKEIT
20 km/h

FAHRSICHERHEIT
fühlt sich relativ sicher

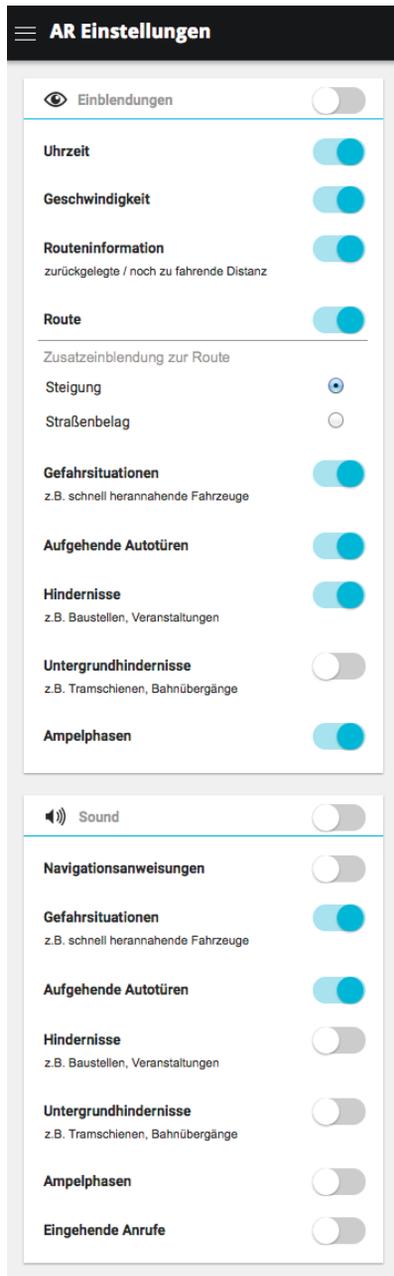
STRASSENUTZUNG
bevorzugt Fahrradwege, Straßenbelag ist weniger relevant

Karsten (31), ist fast täglich mit seinem Fahrrad in der Stadt unterwegs. Neben dem Weg zur Arbeit nutzt er sein Rad auch, um Einkäufe zu erledigen. Da es sein Haupttransportmittel ist, ist er ab und an auch mit etwas mehr Gepäck unterwegs. im Straßenverkehr fühlt er sich relativ sicher und bevorzugt Strecken, die ihn schnell an sein Ziel bringen, aber nicht zu dicht befahren oder gefährlich sind. Sofern Radwege oder -spuren vorhanden sind werden diese gerne in Anspruch genommen. Der Straßenbelag ist ihm egal, schließlich ist sein Fahrrad ein Allroundtalent.





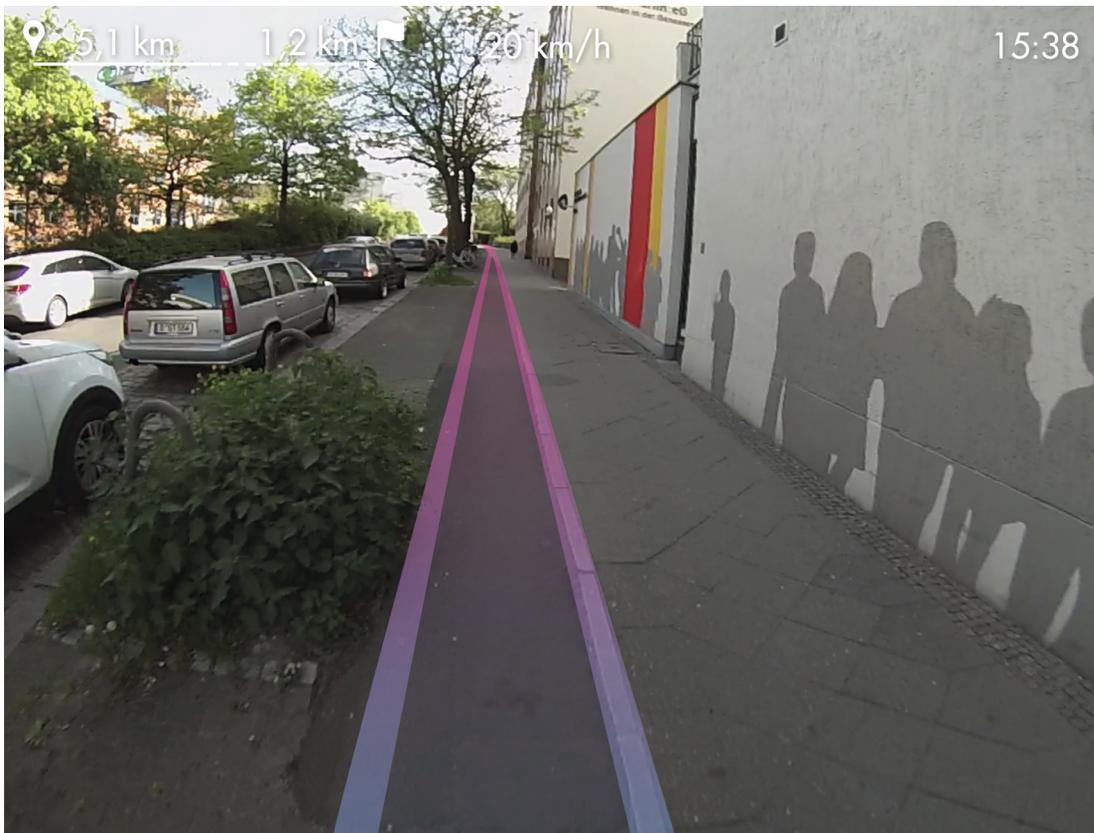
Nachdem Karsten seinen Weg zur Arbeit ausgewählt und die Parameter seinen Bedürfnissen entsprechend eingestellt hat, sieht er sich die Route auf der Kartenansicht an. Über die einblendbaren Kartenebenen möchte er sehen, auf welchen Streckenabschnitten er eventuell keinen Radweg zur Verfügung hat. Auch ein Blick auf die Qualität, also den Straßenbelag kann nicht schaden, obwohl ihm dieser eher egal ist.



Die Uhrzeit, seine aktuelle Geschwindigkeit und wie viel der Strecke er schon hinter sich hat und was noch vor ihm liegt, möchte Karsten immer im Blick haben. Zusätzlich zur Einblendung der Route will er sich auch noch die Steigung anzeigen lassen. So kann er zeitig in einen anderen Gang schalten. Die Einblendung von Gefahrsituationen, Hindernissen und die Möglichkeit aufgehender Autotüren empfindet er auch als sehr hilfreich, um rechtzeitig reagieren zu können. Da er beim Fahrradfahren schon einige Male in gefährliche Situationen gelangt ist und besonders aufgehende Autotüren zu solchen Situationen gehörten, lässt sich Karsten zudem noch akustisch darüber informieren.



Karsten macht sich auf den Weg zur Arbeit. Bereits nach einigen hundert Metern wird er auf eine sich möglicherweise öffnende Autotür hingewiesen. Rechtzeitig kann er so das Verkehrsgeschehen hinter ihm mit einem Schulterblick prüfen, um gegebenenfalls abzubremsen und sicher ausweichen zu können.



Seine Route führt ihn über eine Brücke. Durch die farbliche Kenntlichmachung der Steigung, weiß Karsten sofort, wo die Steigung beginnt. Er kann so, nicht erst bei merklicher Anstrengung, in einen leichteren Gang wechseln und kommt entspannt auf der Brücke an.



Auf dem Weg bergab nimmt er an Geschwindigkeit auf. Weiter vorne befindet sich ein Baustelle, vor der Karsten, gemessen an seiner Geschwindigkeit, frühzeitig gewarnt wird. Diese befindet sich zwar auf dem Fußgängerweg, der Fahrradweg wird aber durch Fußgänger, welche die Baustelle umgehen, beeinträchtigt. Neben der Geschwindigkeitsanzeige erscheint ein roter Pfeil, der Karsten darauf hinweist, dass er seine Geschwindigkeit, aufgrund der vor ihm liegenden Situation, verringern sollte.



Der gemütlichere Radfahrer

FAHRRADNUTZUNG
regelmäßig

DURCHSCHNITTSGESCHWINDIGKEIT
16 km/h

FAHRSICHERHEIT
fühlt sich auf Straßen mit hoher
Verkehrsdicht und ohne Fahrradwegen
unsicher

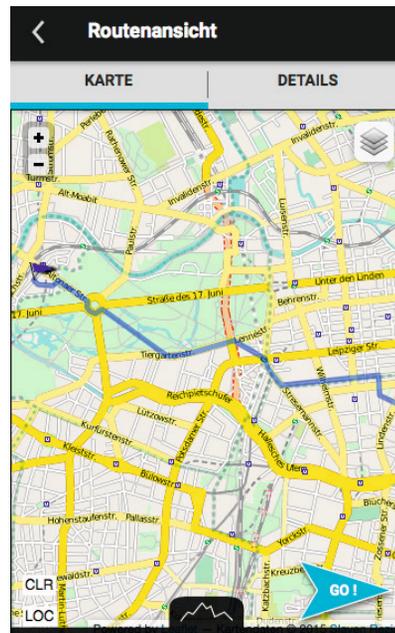
STRASSENUTZUNG
bevorzugt Radwege und Nebenstraßen,
gerne auch grüne Wege

Mareike (22), ist durchschnittlich einmal die Woche mit ihrem Fahrrad unterwegs. Am häufigsten nutzt sie ihr Fahrrad, um sich mit Freunden in der Nähe auf einen Kaffee zu treffen. Wenn sie motiviert ist, bestreitet sie aber auch den etwas längeren Weg zur Uni mit dem Rad. Große Anstrengungen möchte sie vermeiden. Da sie sich auf vollen Straßen eher unsicher fühlt, nimmt sie lieber kleine Umwege in Kauf und nutzt bevorzugt Nebenstraßen. Steht eine grünere Route zur Verfügung oder kann ein Teilstück durch einen Park genommen werden, fährt sie auch gerne zeitiger los und genießt auf dem Weg die Natur.

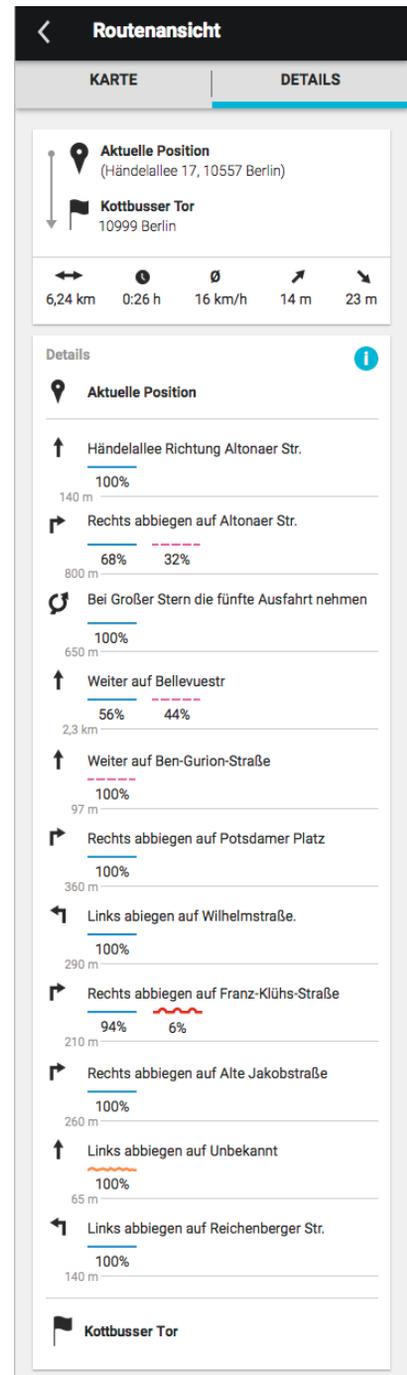
☰ **Routenplanung**

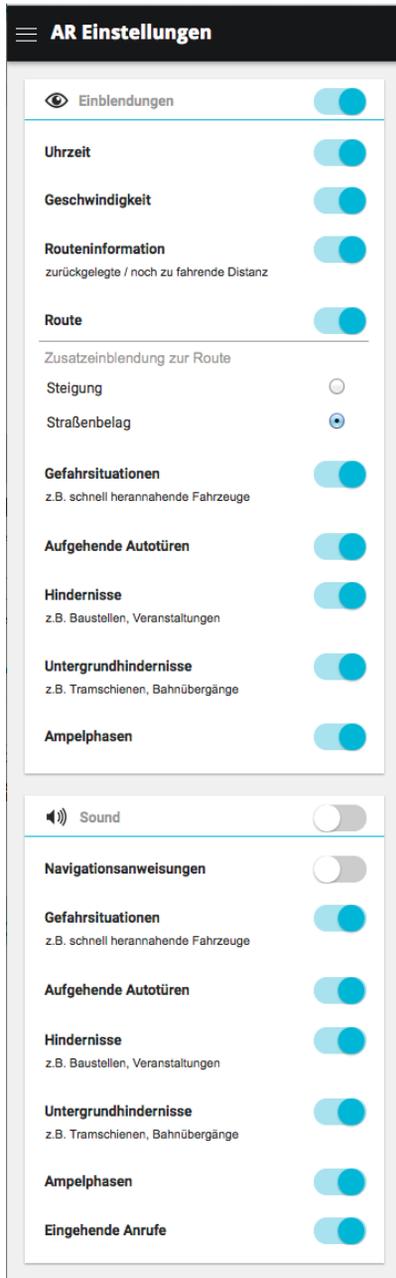
ROUTE	PARAMETER
Straßenbelag	Kopfsteinpflaster vermeiden ▲
Straßentyp	Nebenstraßen bevorzugen ▲
Grüne Wege	stark bevorzugen ▲
Unbeleuchtete Wege vermeiden	nach Tag / Nacht wechseln ▲
Geschwindigkeit	Durchschnittsgeschwindigkeit 16 km/h
Ampeln vermeiden	<input type="checkbox"/>
Rat Run Wege einbeziehen ⓘ	<input type="checkbox"/>

Route berechnen

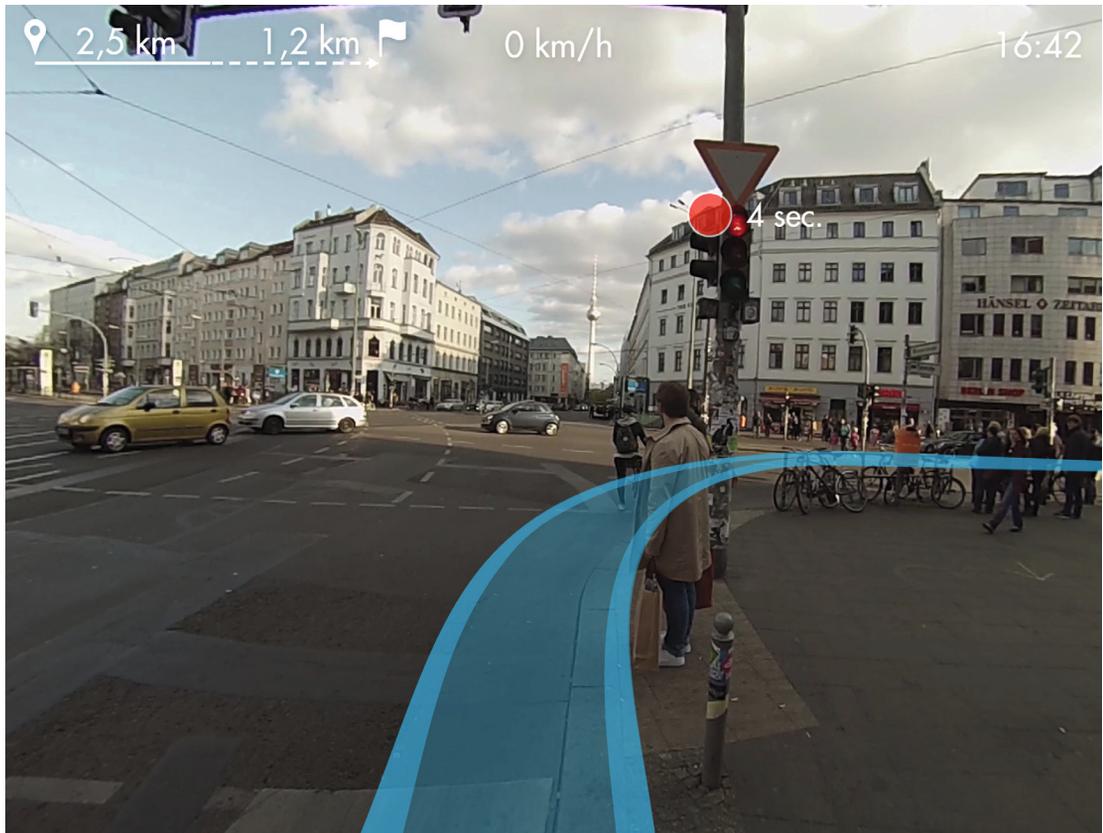


Mareike will sich mit ihrer besten Freundin zum Kaffee treffen. Es soll ein entspannter Samstag Nachmittag werden und auf dem Weg zum Treffpunkt will sie etwas Natur genießen. In den Routenparametern stellt Mareike daher ein, dass grüne Wege stark bevorzugt werden sollen. Zuviel Kopfsteinpflaster möchte sie auf den bevorzugten Nebenstraßen aber vermeiden. Nach einem Blick auf die ermittelte Route schaut sie sich die Routendetails noch genauer an.





Alles was der Sicherheit im Straßenverkehr und der Routenführung dienen kann empfindet Mareike als wichtig, weshalb sie in den AR Einstellungen alle Einblendungen auswählt. Zusätzlich zur Routeneinblendung will sie sich noch die Steigung anzeigen lassen, schließlich will sie entspannt am Ziel ankommen. Die Navigationsanweisungen möchte sie nur optisch erhalten, für alle andere Hinweise stellt sie auch die akustische Wiedergabe ein. Zudem will Mareike über eingehende Anrufe informiert werden, damit sie anhalten und diese entgegennehmen kann



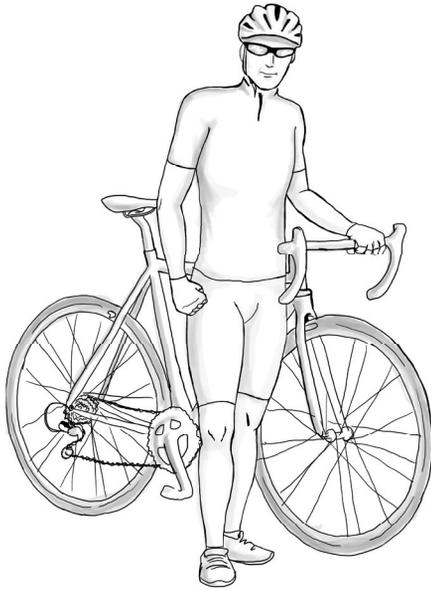
Mareikes Weg führt sie auch über eine große Hauptstraßenkreuzung. Da an solchen Kreuzungen viele Menschen unterwegs sind und es eine Menge zu sehen gibt, ist sie auch schon mal abgelenkt. Durch die Anzeige, wann die Ampel wieder auf grün schaltet, wird sie aber darauf aufmerksam gemacht, dass die Fahrt gleich weiter gehen kann.



Die Nutzung von Fahrradwegen und Nebenstraßen bedeutet oft, dass die Route überwiegend aus Pflastersteinen besteht.



Auf dem Routenabschnitt durch den Park muss Mareike auch ein kurzes Stück Kopfsteinpflaster in Kauf nehmen. Die Umgebung macht das aber allemal wieder wett.



Der Rennradfahrer

FAHRRADNUTZUNG
täglich

DURCHSCHNITTSGESCHWINDIGKEIT
31 km/h

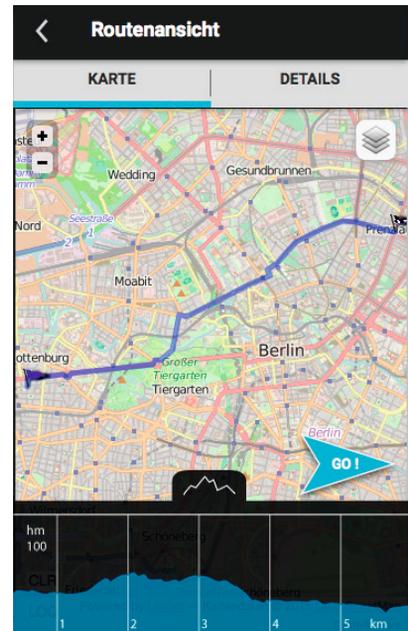
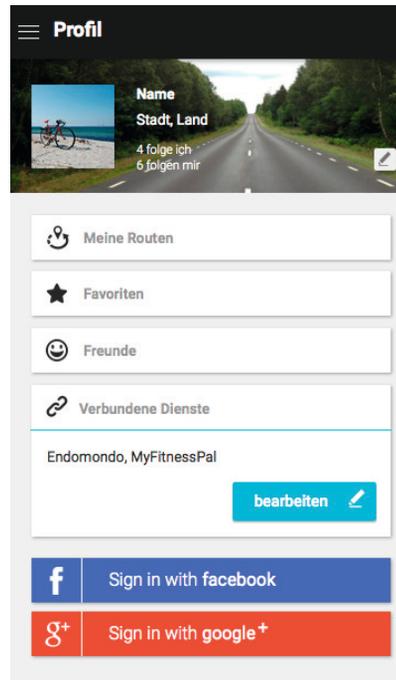
FAHRSICHERHEIT
fühlt sich sicher

STRASSENUTZUNG
Asphalt bevorzugt, fährt daher immer auf der Straße

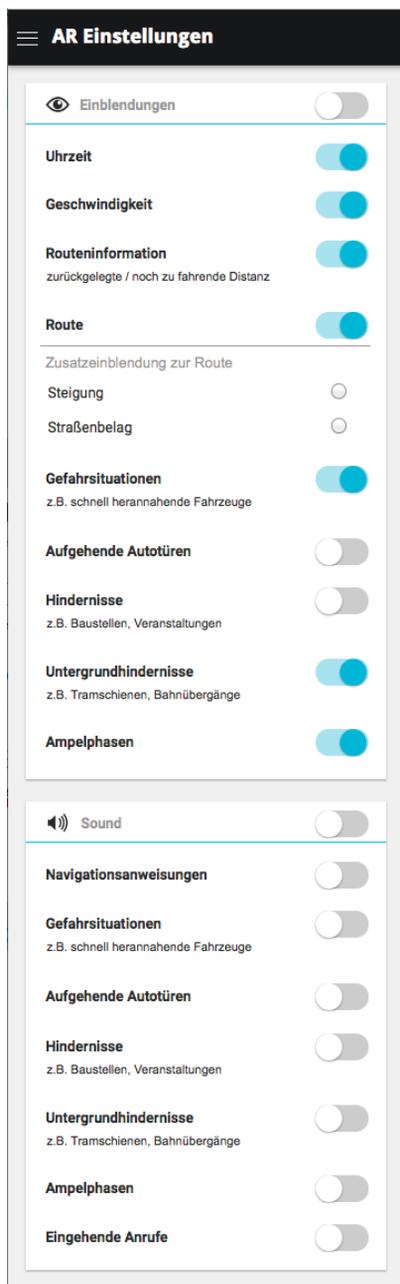
Daniel (34), ist täglich mit seinem Rennrad unterwegs. Neben den täglichen Wegen absolviert er am Abend regelmäßig zusätzliche Trainingseinheiten mit dem Rad. Er bewegt sich sicher im Straßenverkehr und nutzt ausschließlich die Straße, sofern möglich. Ihm ist daran gelegen, schnell und fitnessfördernd an sein Ziel zu gelangen. Guter Straßenbelag ist hierzu von Vorteil.

☰ **Routenplanung**

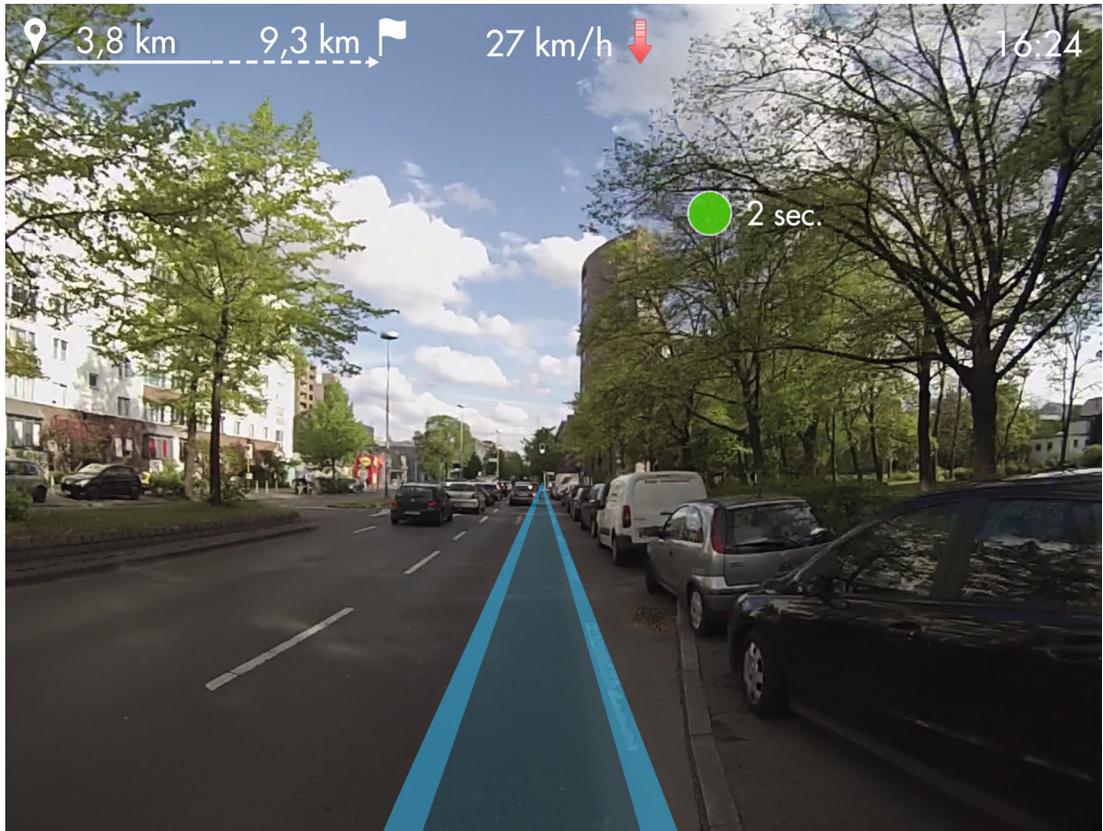
ROUTE	PARAMETER
Straßenbelag egal	▲
Straßentyp egal	▲
Grüne Wege egal	▲
Unbeleuchtete Wege vermeiden nach Tag / Nacht wechseln	▲
Geschwindigkeit Durchschnittsgeschwindigkeit	<div style="text-align: center;">▲</div> <div style="text-align: center; border-bottom: 1px solid black; padding: 2px;">31 km/h</div> <div style="text-align: center;">▼</div>
Ampeln vermeiden	<input type="checkbox"/>
Rat Run Wege einbeziehen ⓘ	<input type="checkbox"/>
<div style="background-color: #00aaff; color: white; padding: 5px 15px; display: inline-block; border-radius: 5px;">Route berechnen</div>	



Daniel hat eine Route mit seinen Standardeinstellungen für guten Straßenbelag eingegeben. Damit er jede Fahrt auch in seine Statistiken mit aufnehmen kann, hat er nach Installation der App sein Profil mit den von ihm genutzten Sport- und Fitness-Tracker Apps verbunden. Vor Fahrtantritt schaut sich Daniel noch die Route samt Höhenprofil an.



Daniel möchte während der Fahrt dauerhaft einen Blick auf Uhrzeit, seine aktuelle Geschwindigkeit und die bereits zurückgelegte Distanz haben. Da er sehr schnell unterwegs ist, lässt er sich auch den Hinweis auf Gefahrensituationen, wie herannahende Fahrzeuge aus schlecht einsehbaren Seitenstraßen, auf der AR Brille einblenden. Die Information zur nächsten Ampelphase ist für ihn besonders wichtig, um seine Geschwindigkeit optimal anpassen zu können und sein Training möglichst nicht, aufgrund einer roten Ampel, unterbrechen zu müssen. Akustische Warnungen und Hinweise möchte Daniel keine erhalten. Er orientiert sich beim Fahren auch stark mit dem Gehör. Der Fahrtwind bei höherer Geschwindigkeit beeinträchtigt da schon genug.



Daniel ist schnell und zügig auf der Straße unterwegs. Durch seine hohe Geschwindigkeit wird er, schon ein ganzes Stück zur nächsten Ampel entfernt, darauf hingewiesen, dass die Grünphase nicht mehr lange anhält und er seine Geschwindigkeit reduzieren sollte.



Tramschienen können eine ernstzunehmende Gefahr darstellen. Zum Glück wird Daniel rechtzeitig darauf hingewiesen. So kann er auf dem folgenden Streckenabschnitt darauf achten, mit seinem Rad nicht in die Schienen zu gelangen.



Auf einer dicht befahrenen und am Rand beparkten Hauptstraße wird Daniel auf eine Gefahrenquelle aufmerksam gemacht. Ein Fahrzeug nähert sich aus einer Seitenstraße, zu welcher sein Blick durch einen parkenden Lastkraftwagen beeinträchtigt ist.

3.8 UsABILITY TEST

Auf Grundlage der zuvor entstandenen Wireframes entwickelte ich einen Klickprototypen für die Smartphone App welchen ich anschließend in einem Usability Test austesten ließ. Das Tutorial, welches bei der ersten Nutzung der Applikation gestartet wird ist im Prototypen nicht mit enthalten.

Insgesamt nahmen 9 Testpersonen zwischen 23 und 38 Jahren am Test teil. Davon waren 3 weiblich und 6 männlich. 6 Personen gaben an, fast täglich mit dem Fahrrad in der Stadt unterwegs zu sein, 2 Personen regelmäßig und nur eine Person eher selten. Drei der Testpersonen führten an, dass sie wenig bis garnicht technikaffin sind und auch kein Smartphone oder Tablet besitzen. Die Frage, ob ein Fahrrad navigationsgerät oder eine entsprechenden App genutzt wird wurde von diesen Personen auch verneint. Um bei Verunsicherung die aktuelle Position zu ermitteln werden beispielsweise Bushaltestellen mit Stadtplan angefahren. Zwei Personen teilten mit, dass sie sich vor Fahrtantritt z.B über GoogleMaps eine Route berechnen lassen, aber keine Navigationsfunktion benutzen, da sie aus Sicherheitsgründen während der Fahrt ungern auf ihr Smartphone schauen. Eher wird versucht, sich während der Fahrt die zuvor berechnete und angesehene Route ins Gedächtnis zu rufen. Drei Personen nutzen Fahrrad navigationsapplikationen über ihr Smartphone. Zwei von ihnen verwenden zudem eine Fitness-App um die gefahrene Strecke aufzuzeichnen und in ihren Aktivitäten mit verzeichnen zu können. Eine Person gab an, sich in der Stadt so gut auszukennen, dass es keiner Routenplanung und Navigationsanweisungen bedarf, bei langen Touren, die auch aus der Stadt herausführen wird aber ein GPS-Tracker genutzt, um die Tour rekapitulieren zu können.

Zu Beginn wurde den Testpersonen erklärt was eine AR Brille ist und suggeriert, dass eine solche und die „NavAR“ App zur Fahrradnavigation erworben wurde. Beispielbilder von Ansichten durch die Brille mit Einblendungen entsprechend der dargestellten Situation und Umgebung wurden gezeigt, damit die Testpersonen einen Eindruck bekommen, welche Informationen in welcher Form beim Fahren über die Brille wiedergegeben werden können. Alle wurden angehalten während des Testes möglichst laut zu denken.

Nach Starten der Applikation sollte zunächst einmal wiedergegeben werden, was nach Ansicht der Testpersonen mit der App machbar ist und welche Funktionen erwartet werden. Alle Testpersonen gaben sofort an, dass man eine Route planen und die Brille für die Fahrt einstellen kann. Sieben Personen sahen sich zudem das Hauptmenü an, um diese Frage ausführlicher zu beantworten.

Die erste Aufgabe bestand darin ein Route vom aktuellen Standpunkt zu einem auf der Karte gewählten Ziel zu wählen. Dabei sollte die Route einen möglichst festen Untergrund aufweisen. Eingabe von Start und Zielpunkt sowie die einzustellenden Routenparameter wurden von allen Probanden sofort und zügig gefunden. Vier Personen stellten den Parameter für Straßenbelag auf „Asphalt bevorzugen“, überflogen die restlichen Einstellungsmöglichkeiten nur und gingen direkt weiter zur Berechnung der Route. Fünf Personen sahen sich die anderen Parameter genauer an und stellten diese nach ihren persönlichen Bedürfnissen ein.

Die zweite Aufgabe bestand darin, Informationen über das Höhenprofil sowie den Straßenbelag der berechneten Route zu bekommen. Zwei Testpersonen ließen sich die zusätzlich einblendbaren Ebenen auf der Karte anzeigen und gaben an, hier unter Qualität den Straßenbelag gefunden zu haben. Um Informationen über das Höhenprofil zu erhalten, wurde zunächst unter Routendetails nachgesehen. Hier wurde aber nur eine genauere prozentuale Angabe des Straßenbelages für die einzelnen Streckenabschnitte gefunden. Daraufhin wurde die Kartenansicht genauer betrachtet und der Button zur Einblendung des Höhenprofils am unteren Rand des Bildschirms gefunden.

Vier Testpersonen fanden das Höhenprofil sofort. Für den Straßenbelag ließ sich eine dieser Personen die zusätzlichen Ebenen auf der Karte einblenden, die restlichen drei schauten unter Routendetails nach. Drei Testpersonen überflogen die Kartenansicht mit der Route und gingen sofort weiter auf Routendetails, um an die geforderten Informationen zu gelangen. Die Informationen zum Straßenbelag wurden hier gefunden. Nach dem Höhenprofil wurde dagegen eine Weile unter den Routendetails und der Kartenansicht gesucht. Einige Probanden waren sich etwas unsicher, ob die Icons mit Prozentangaben unter den einzelnen Streckenabschnitten wirklich den Straßenbelag angeben bzw. welches Icon welcher Farbe welchen Straßenbelag angibt. Bis auf eine Testperson fanden alle den Infobutton, welcher eine Legende zu diesen öffnet. Die letzte Aufgabe bestand darin, vor Fahrtantritt, die während der Fahrt über die Brille weitergegebenen gewünschten AR Informationen auszuwählen. Alle Testpersonen suchten hier zunächst nach einer Verknüpfung oder einer Art Schnellzugriff auf die AR Einstellungen von der Routenansicht aus. Erst danach wurde zurück navigiert und das Menü geöffnet um die Seite zu erreichen. Die Einstellungsmöglichkeiten waren jedem unmittelbar ersichtlich. Als positiv wurde mehrfach hervorgehoben, dass man alle Informationen und Hinweise separat als visuelle und /oder akustische Wiedergabe ein- und ausschalten kann.

Bis auf die Schwierigkeit, aus der Routenansicht schnell zu den AR Einstellungen zu gelangen wurde die App als einfach und intuitiv nutzbar empfunden. Weiter wurde angemerkt, dass man gute und umfangreiche Einstellungsmöglichkeiten sowohl für die Routenplanung als auch für die AR Inhalte hat, aber nicht das Gefühl bekommt, davon „erschlagen“ zu werden. Auf die Frage, ob eine Funktion vermisst würde oder man sich noch etwas wünsche, antwortete lediglich ein Person, dass sie über die Routenparameter gerne einstellen würde, dass Anstiege über einen gewissen Winkel hinaus vermieden werden können. Allgemein wurde mehrfach angemerkt, dass die Applikation in Kombination mit einer AR Brille besonders für Kurierfahrer interessant und wichtig sein könnte. 7 von 9 Testpersonen gaben an, dass sie das System aus App mit ausgebauter Routenplanung und AR Brille zum Einblenden verkehrsrelevanter Informationen als gelungene Idee zur Steigerung der Sicherheit und Effizienz beim Fahrradfahren erachten und diese auch gerne einmal in der Praxis austesten würden.

Allein die Möglichkeit, eine Route nach den persönlichen Bedürfnissen berechnen und sich Details dazu anzeigen lassen zu können, würde die Testpersonen, die bereits Navigations-Apps nutzen dazu veranlassen, sich die NavAR App anzuschaffen. Eine der Testpersonen, die fast täglich mit dem Fahrrad unterwegs sind, sagte zudem, dass sie sich eine Augmented Reality Brille und die App sofort kaufen würde, nur um sich das Umschalten der Ampelphasen anzeigen lassen zu können.

Aus dem Test wird deutlich, dass es an einigen Stellen noch nötig ist, zusätzliche Verbindungen in der Navigationsstruktur einzubauen, um schneller an gewünschte Funktionen zu gelangen. Der klickbare Bereich zur Einblendung des Höhenprofils sollte zudem deutlicher hervorgehoben werden, um leichter gefunden werden zu können.

Die Auswahl an Funktionen und Einstellungsmöglichkeiten sowohl für die Routenplanung als auch für die AR Inhalte sind gut zusammengestellt und werden als sinnvoll und hilfreich für Fahrradfahrer gewertet. Der Einsatz von Augmented Reality im Straßenverkehr ist generell als positives Hilfsmittel zu sehen. Ob der gewünschte Nutzen erreicht wird kann aber erst durch Tests mit einem funktionsfähigem Prototypen aus Brille und Smartphone Applikation ermittelt werden.

3.9 ERGEBNISÜBERSICHT

3.9.1 NAVAR SMARTPHONE APPLIKATION



Abb. 70: NavAR App Icon

NavAR

die Augmented Reality Smart Glasses Navigations App für Fahrradfahrer

Der Name der App setzt sich aus den Worten Navigation und Augmented Reality zusammen.



Abb. 71: AR Brille & Routenplanungs Icon

Neben der Hauptfunktion, die gewünschten Informationen, welche über die AR Brille wiedergegeben werden sollen, auszuwählen, beinhaltet die NavAR App eine umfassende Routenplanungsfunktion, welche speziell an die Bedürfnisse von Fahrradfahrern angepasst ist.

Klickprototyp

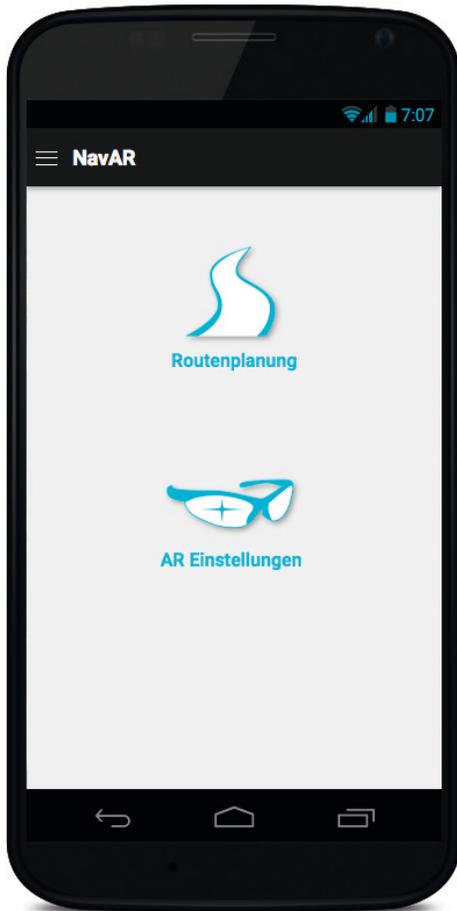


Abb. 72: NavAR Klickprototyp – Startscreen

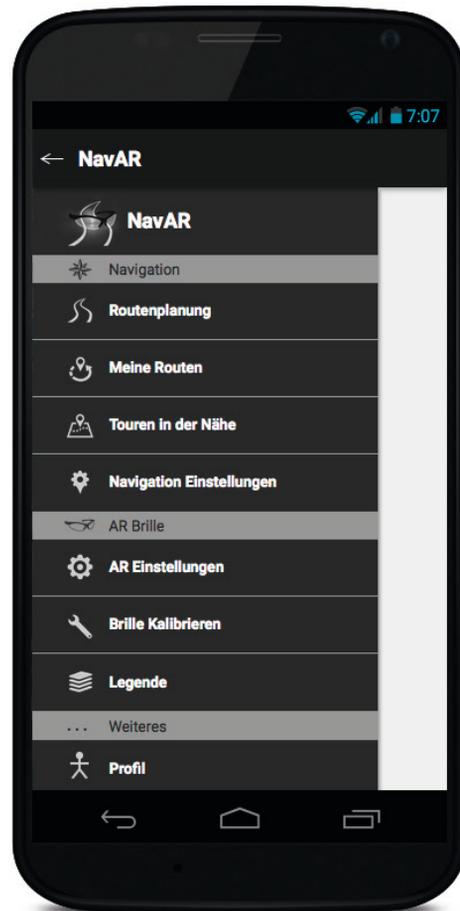


Abb. 73: NavAR Klickprototyp – Menü

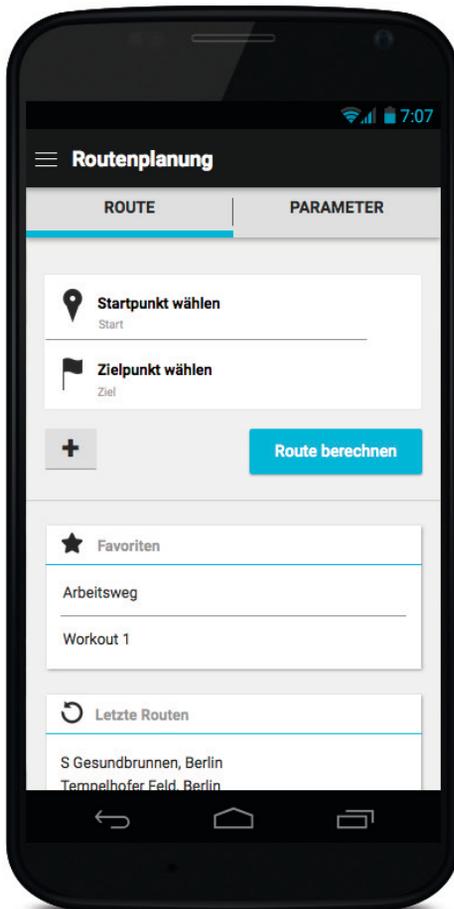


Abb. 74: NavAR Klickprototyp – Routenplanung

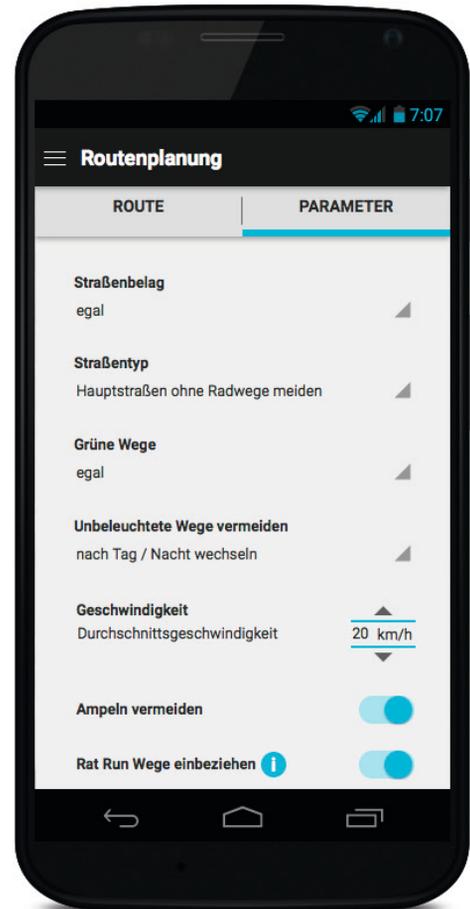


Abb. 75: NavAR Klickprototyp – Routenparameter

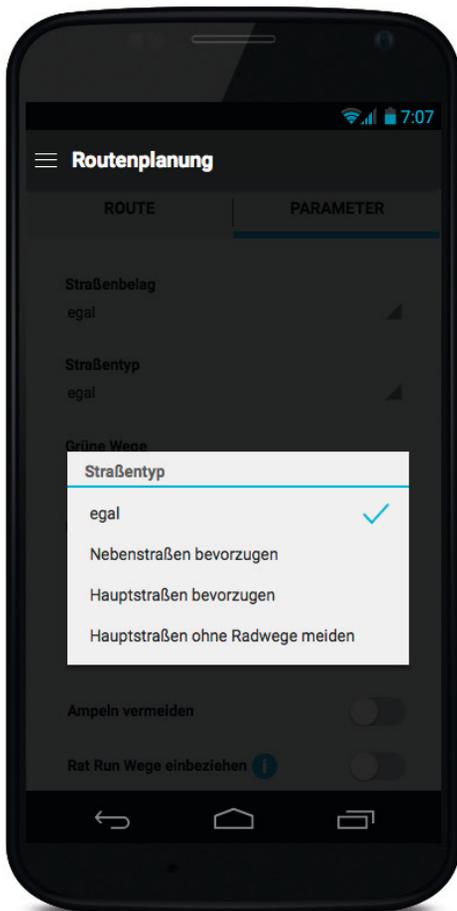


Abb. 76: NavAR Klickprototyp – Routenparameter, Auswahl Straßentyp

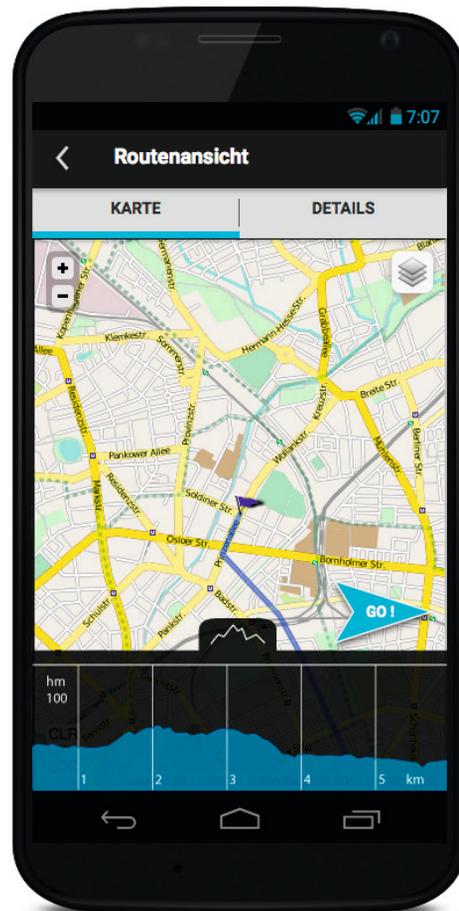


Abb. 77: NavAR Klickprototyp – Routenansicht

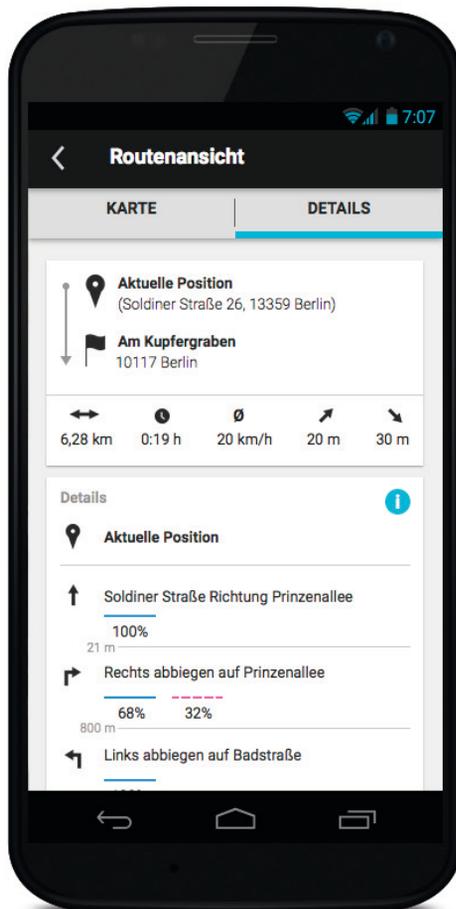


Abb. 78: NavAR Klickprototyp – Routenansicht, Routendetails

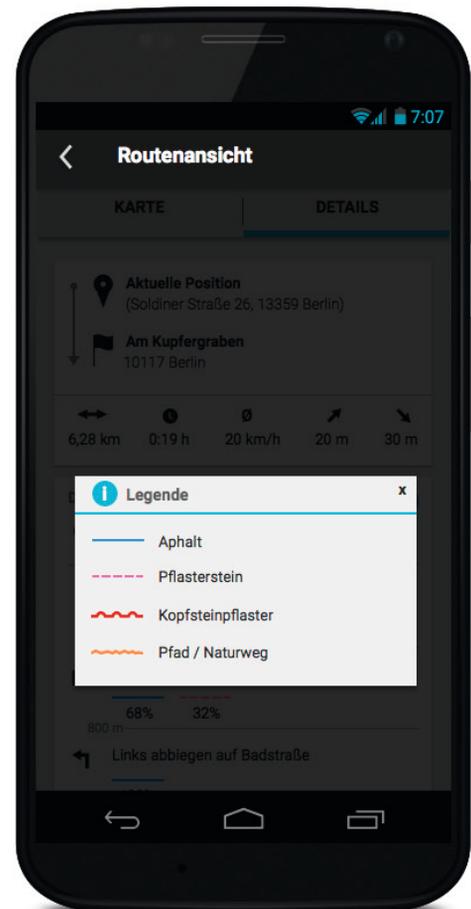


Abb. 79: NavAR Klickprototyp – Routenansicht, Routendetails Legende

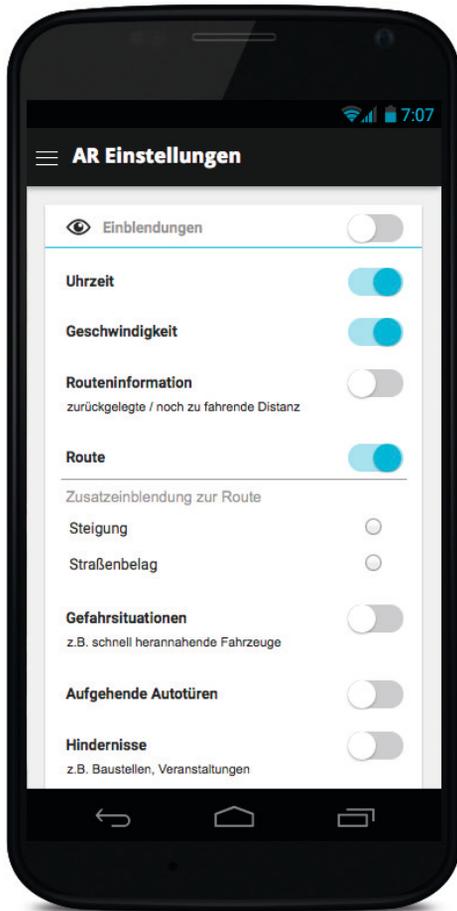


Abb. 80: NavAR Klickprototyp – AR Einstellungen

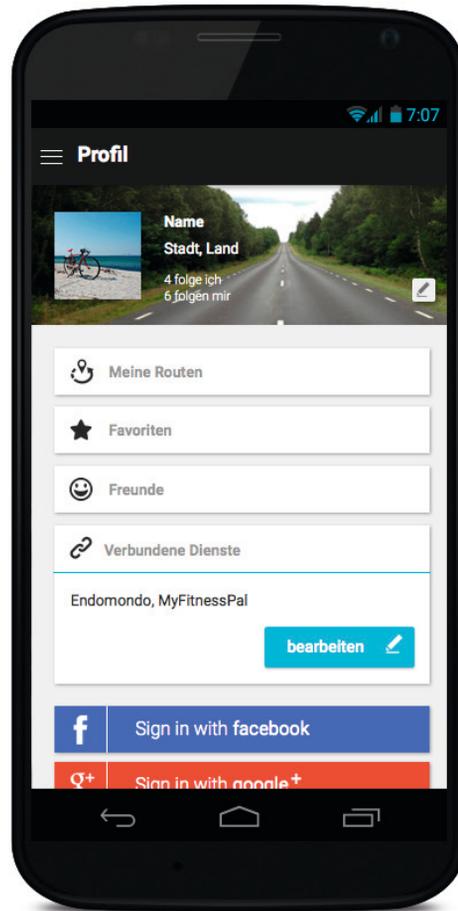


Abb. 81: NavAR Klickprototyp – Profil

3.9.2 NAVAR BRILLEN VISUALISIERUNGEN



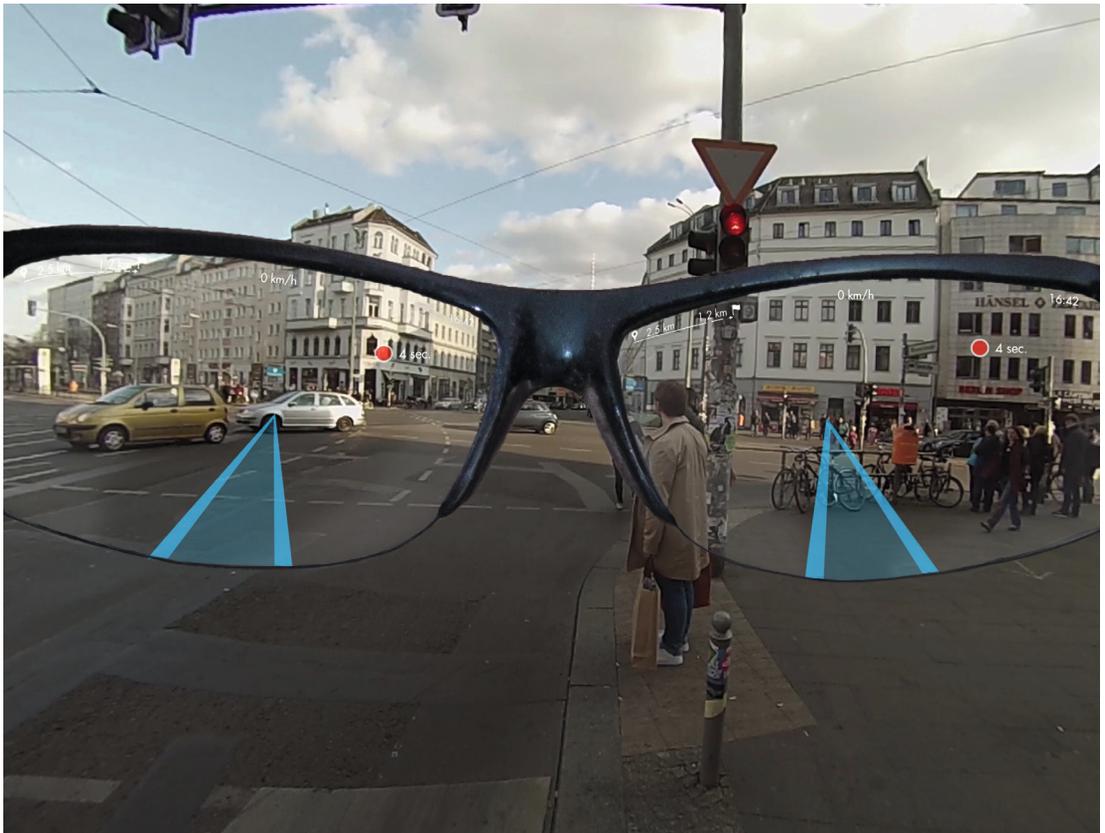
Routeninformation
(gefahrenre und verbleibende Distanz)

Uhrzeit



Routeneinblendung

Hinweis zum nächsten
Streckenabschnitt
(Tramschienen)



4 FAZIT & AUSBLICK

Der Einsatz von Augmented Reality zur Navigation kann besonders Radfahrern ein höheres Maß an Sicherheit bieten. Eine auf den Verkehrsteilnehmer angepasste Routenplanung spielt dabei eine große Rolle. Eine ausgereifte, einheitliche Technik für Augmented Reality Brillen, welche das komplette Gesichtsfeld abdecken, steckt noch in den Kinderschuhen. So wird es wohl noch einige Jahre dauern, bis diese effektiv zum Einsatz gebracht werden kann. Aus der durchgeführten Umfrage und dem Usability Test für die Applikation geht aber hervor, dass AR Brillen speziell für den Einsatz zur Fahrradnavigation als besonders sinnvoll und bereichernd erachtet werden. In wie weit die eingeblendeten Inhalte aber tatsächlich hilfreich sind und nicht verwirrend oder ablenkend wirken, muss über Testläufe mit funktionsfähigen AR Glasses erprobt werden. Erste Tests können jedoch mit einem Low-Fi Prototypen in Kombination mit einem Video, welches die Fahrradfahrt simuliert, erfolgen.

Auch der Zugang zu relevanten Verkehrsdaten, deren Aktualität und die kontinuierliche exakte Bestimmung der Position und Blickrichtung müssen gewährleistet sein und weiter ausgebaut werden.

Das Konzept und die Ausarbeitung bezieht sich speziell auf Fahrradfahrer im urbanen Raum ist aber auf andere Verkehrsteilnehmer übertragbar. Denkbar wäre eine Erweiterung für Inlineskater und Fußgänger welche als zusätzliches Paket heruntergeladen werden kann. Die Routenparameter und AR Inhalte sind in dem Fall je nach ausgewähltem Fortbewegungsmittel andere und liefern dementsprechend angepasste Routen und AR Inhalte.

Denkbar ist auch die Einbindung von Geocaching Spielen. Diese können beispielsweise durch ein vorbildliches Fahrverhalten freigeschaltet werden. Digitale Inhalte können an GPS Koordinaten und erstellten Routen gebunden und diese dann mit Freunden, welche die App ebenfalls nutzen geteilt werden. Begibt man sich an die Position, können diese Inhalte dann über die Brille abgerufen werden.

Ein nachweislich vorbildliches Fahrverhalten und sich fit halten kann aber auch genutzt werden, um den Krankenkassenbeitrag zu senken. KFZ Versicherungen führen bereits nach und

nach auch Telematiktarife ein. Eine vorschriftsmäßige Fahrweise wird hier mit Senkung der Beiträge belohnt.

Die Aufzeichnung und Speicherung von Daten ist ein großes Thema, welches immer wieder stark von Datenschützern kritisiert wird. Meiner Meinung nach hat es , je nach Anwendung, aber oft gar nicht so stark mit der Erfassung, Nutzung und Speicherung, sondern viel mehr mit Transparenz zu tun. Beim Installieren einer Smartphone Applikation wird meisten darüber informiert auf welche Daten und Funktionen diese zugreift. Durch diese Information ist man eventuell eher gewillt, sie zu installieren als wenn man nicht darüber informiert würde. Letztlich bleibt es jedem selbst überlassen, ob ihm der Nutzen und Mehrwert eines Systemes oder einer Anwendung die Aufzeichnung, Speicherung und Nutzung seiner Daten wert ist. Abgesehen davon funktionieren Navigationssysteme z.B. nicht ohne die Erfassung der aktuellen Position.

5 LITERATURVERZEICHNIS

AZUMA, Ronald T., et al., 1997. A survey of augmented reality. In: Presence, 6. Jg., Nr. 4, S. 356 http://www.mitpressjournals.org/userimages/ContentEditor/1332945956500/PRES_6-4_Azuma_web.pdf

AZUMA, Ronald T., et al, 2001. Recent advances in augmented reality. Computer Graphics and Applications, IEEE, 21. Jg., Nr. 6, S. 34. ISSN: 0272-1716. DOI: 10.1109/38.963459

BARBA, Evan; MACINTYRE, Blair; MYNATT, Elizabeth D., 2012. Here we are! Where are we? Locating mixed reality in the age of the smartphone. Proceedings of the IEEE, 100. Jg., Nr. 4, S. 930. ISSN: 0018-9219. DOI: 10.1109/JPROC.2011.2182070

BELL, Scott; JUNG, Wook Rak; KRISHNAKUMAR, Vishwa. 2010. WiFi-based enhanced positioning systems: accuracy through mapping, calibration, and classification. In: Proceedings of the 2nd ACM SIGSPATIAL International Workshop on Indoor Spatial Awareness (ISA ,10). ACM, New York, NY, USA, 3-9. DOI=10.1145/1865885.1865888

BIMBER, Oliver; RASKAR, Ramesh, 2006. Modern approaches to augmented reality. In: ACM SIGGRAPH 2006 Courses. ACM, S. 72. ISBN:1-59593-364-6. DOI: 10.1145/1185657.1185796

BOSE, Amitava; BHAT, K. N.; KURIAN ,Thomas, 2014. Fundamentals of navigation and InertialSensors, PHI Learning Pvt. Ltd., 2014, ISBN 8120348591, 9788120348592

DARDARI, Davide; LUISE, Marco; FALLETTI, Emanuela (Hg.), 2011. Satellite and terrestrial radio positioning techniques: a signal processing perspective. Academic Press, 2011. kapitel 2, .S25

DÜNSER, Andreas, et al., 2007. Applying HCI principles to AR systems design. In: Engineering: Conference Contributions. Verfügbar unter: <http://ir.canterbury.ac.nz/handle/10092/2340>

FEINER, Steven, et al., 1997. A touring machine: Prototyping 3D mobile augmented reality systems for exploring the urban environment. Personal Technologies, 1997, 1. Jg., Nr. 4, S. 208-217. ISSN: 1617-4917. DOI: 10.1007/BF01682023

GABBARD, Joseph, et al., 2002. Usability engineering: domain analysis activities for augmented-reality systems. In: Electronic Imaging 2002. International Society for Optics and Photonics, S. 449. DOI: 10.1117/12.468073

HEALEY, Christopher G.; ENNS, James T., 2012. Attention and visual memory in visualization and computer graphics. In: Visualization and Computer Graphics, IEEE Transactions on, 2012, 18. Jg., Nr. 7, S. 1170-1188. ISSN: 1077-2626. DOI: 10.1109/TVCG.2011.127

HORREY, William J.; WICKENS, Christopher D.; ALEXANDER, Amy L., 2001. The effects of head-up display clutter and in-vehicle display separation on concurrent driving performance. In: Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting October 2003 vol. 47 no. 16. SAGE Publications, 2003. S. 1880-1884. DOI: 10.1177/154193120304701610

KATO, Hirokazu, et al., 1999. A mixed reality 3D conferencing application. Human Interface Technology Laboratory, 1999. Verfügbar unter: <ftp://ftp.hitl.washington.edu/pub/publications-/r-99-1/r-99-1.html>

KERR, Steven J., et al., 2011. Wearable mobile augmented reality: evaluating outdoor user experience. In: Proceedings of the 10th International Conference on Virtual Reality Continuum and Its Applications in Industry. ACM, 2011. S. 209-216. ISBN: 978-1-4503-1060-4. DOI: 10.1145/2087756.2087786

KIEFER, R. J., 1999. Older drivers' pedestrian detection times surrounding head-up versus head-down speedometer glances. In: Vision in Vehicles, 1999, 7. Jg., S. 111-118. ISBN: 0-08-043671-4

KIEFER, Raymond J., 1998. Quantifying head-up display (HUD) pedestrian detection benefits for older drivers. In: 16th International Technical Conference on Experimental Safety Vehicles. Windsor: NHTSA. 1998. S. 428-437. Verfügbar unter: <http://www-nrd.nhtsa.dot.gov/pdf/nrd-01/Esv/esv16/98S2O10.PDF>

KLUGE, Mario, 2010. Im täglichen Leben, Zunahme von Smartphones. Augmented Reality Fußgängernavigation. In: Angewandte Geoinformatik 2010, 2010. Verfügbar unter: http://www.agit.at/php_files/myAGIT/papers/2010/7883.pdf

KRUEGER, Myron W.; GIONFRIDDO, Thomas; HINRICHSEN, Katrin, 1985. VIDEOPLACE – an artificial reality. In: ACM SIGCHI Bulletin. ACM, 1985. S. 35-40. ISBN:0-89791-149-0. DOI: 10.1145/317456.317463

LEE, Kangdon., 2012. Augmented reality in education and training. TechTrends, 2012, 56. Jg., Nr. 2, S. 13-21. ISSN: 1559-7075. DOI: 10.1007/s11528-012-0559-3

LIU, Yung-Ching; WEN, Ming-Hui, 2004. Comparison of head-up display (HUD) vs. head-down display (HDD): driving performance of commercial vehicle operators in Taiwan. In: International

Journal of Human-Computer Studies, 2004, 61. Jg., Nr. 5, S. 679-697. DOI: 10.1016/j.ijhcs.2004.06.002

LOOMIS, Jack M., et al., 1993. Nonvisual navigation by blind and sighted: assessment of path integration ability. In: Journal of Experimental Psychology: General, 1993, 122. Jg., Nr. 1, S. 73

MATA, Felix; CLARAMUNT, Christophe, 2013. Augmented navigation in outdoor environments. In: Proceedings of the 21st ACM SIGSPATIAL International Conference on Advances in Geographic Information Systems. ACM, 2013. S. 524-527. ISBN: ISBN: 978-1-4503-2521-9. DOI: 10.1145/2525314.2525319

MAY, Andrew J., et al., 2003. Pedestrian navigation aids: information requirements and design implications. Personal and Ubiquitous Computing, 2003, 7. Jg., Nr. 6, S. 331-338. DOI: 10.1007/s00779-003-0248-5

MILGRAM, Paul; KISHINO, Fumio, 1994. A taxonomy of mixed reality visual displays. In: IEICE TRANSACTIONS on Information and Systems, 1994, 77. Jg., Nr. 12, S. 1323. ISSN: 0916-8532

NARZT, Wolfgang, et al., 2004. A new visualization concept for navigation systems. In: User-Centered Interaction Paradigms for Universal Access in the Information Society. Springer Berlin Heidelberg, 2004. S. 440-451. ISSN: 0302-9743. DOI: 10.1007/978-3-540-30111-0_38

NARZT, Wolfgang, et al., 2006. Augmented reality navigation systems. In: Universal Access in the Information Society, 2006, 4. Jg., Nr. 3, S. 177-187. ISSN: 1615-5297. DOI: 10.1007/s10209-005-0017-5

PAELKE, Volker; BRENNER, Claus, 2007. Development of a Mixed Reality Device for Interactive On-Site Geo-visualization. In: SimVis. 2007. S. 237. Verfügbar unter: http://www.ikg.uni-hannover.de/fileadmin/ikg/staff/publications/Konferenzbeitraege_abstract_review/PaelkeBrenner_simvis2007.pdf

PAPAGIANNAKIS, George; SINGH, Gurminder; MAGNENAT-THALMANN, Nadia, 2008. A survey of mobile and wireless technologies for augmented reality systems. In: Computer Animation and Virtual Worlds, 2008, 19. Jg., Nr. 1, S. 3-22. DOI: 10.1002/cav.221

REKIMOTO, Jun; NAGAO, Katashi, 1995. The world through the computer: Computer augmented interaction with real world environments. In: Proceedings of the 8th annual ACM symposium on User interface and software technology. ACM, 1995. S. 29-36. ISBN:0-89791-709-X. DOI: 10.1145/215585.215639

RETSCHER, Guenther; HILLER, Christoph, 2006. Test und Integration von Sensoren fuer die Positionsbestimmung in einem Fussgaengernavigationssystem, In: zfv Zeitschrift fuer Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement, ISSN: 1618-8950, ISSN: 1618-8950 Deutschland, Jg.131, Nr.6, 2006, S.345-351

ROSENBERG, Louis B., 1993. Virtual fixtures: Perceptual tools for telerobotic manipulation. In: Virtual Reality Annual International Symposium, IEEE, 1993. S. 76-82. ISBN:0-7803-1363-1. DOI: 10.1109/VRAIS.1993.380795

SCHMALSTIEG, Dieter; REITMAYR, Gerhard, 2007. Augmented Reality as a Medium for Cartography. In: Multimedia Cartography. Springer Berlin Heidelberg, 2007. S. 270. ISBN: 978-3-540-36651-5. DOI: 10.1007/978-3-540-36651-5_19

HEILIG, Morton L.,1962. Sensorama simulator. U.S. Patent Nr. 3,050,870, US3050870 A

SHAHEEN, Susan; GUZMAN, Stacey; ZHANG, Hua, 2010. Bikesharing in Europe, the Americas, and Asia: Past, Present, and Future. Institute of Transportation Studies. UC Davis: Institute of Transportation Studies (UCD). DOI: 10.3141/2143-20

SIEBEL, Walter,1994. Was macht eine Stadt urban?: zur Stadtkultur und Stadtentwicklung. Oldenburger Universitätsreden . BIS Verlag. ISBN 3-8142-1061-1. Verfügbar unter: <http://oops.uni-oldenburg.de/1232/1/ur61.pdf>

STRANG Thomas et al., 2008. Lokalisierungsverfahren. Deutsches Zentrum für Luft und Raumfahrt (DLR), Institut für Kommunikation und Navigation.Oberpfaffenhofen. 2008

SUOMELA, Riku; LEHIKONEN, Juha, 2000. Context compass. In: Wearable Computers, The Fourth International Symposium on. IEEE, 2000. S. 147-154. ISBN: 0-7695-0795-6. DOI: 10.1109/ISWC.2000.888481

SUTHERLAND, Ivan E., 1968. A head-mounted three dimensional display. In: Proceedings of the December 9-11, 1968, fall joint computer conference, part I. ACM, 1968. S. 757-764. DOI: 10.1145/1476589.1476686

TETZNER, Stefan, 2008. Optimierungsansätze fuer die Radfahrernavigation, In: Straßenverkehrstechnik, Bonn: Kirschbaum; ISSN: 0039-2219, Jg.52, Nr.9, 2008, S.528-536. ISSN: 0039-2219

THOMAS, Bruce, et al., 2000. ARQuake: An outdoor/indoor augmented reality first person application. In: Wearable Computers, The Fourth International Symposium on. IEEE, 2000. S. 139-146. ISBN: 0-7695-0795-6. DOI: 10.1109/ISWC.2000.888480

TÖNNIES, Sascha, 2006. Zielführung in der Fahrzeugnavigation mittels Mixed Reality. Masterarbeit. Koblenz, Germany. Universität Hannover. Verfügbar unter: http://www.ikg.uni-hannover.de/fileadmin/ikg/staff/thesis/finished/documents/da_toennies.pdf

ONLINEQUELLEN

ATHEER LABS, 2015. Atheer AiR™ Platform, 2015 [letzter Zugriff am: 04.06.2015]. <https://www.atheerlabs.com/>

AUGMENTEDREALITY.ORG, 2015. Smart Glasses Market Report 2015 [online]. 2015 [letzter Zugriff am: 03.05.2015]. <http://www.augmentedreality.org/#!/smartglassesreport/c88h>

BAER, Thomas Detlef, [kein Datum]. Urbaner Raum - eine Definition [letzter Zugriff am: 04.06.2015] http://www.helpster.de/urbaner-raum-eine-definition_118562

Bundesanstalt für Straßenwesen, 2015. Mobilitäts Daten Marktplatz [online]. 2015 [letzter Zugriff am: 04.06.2015]. <http://www.mdm-portal.de/>

COSMOS LEBENSVERSICHERUNG-AKTIENGESELLSCHAFT, 2015. So radeln die Deutschen: Eine aktuelle Studie von forsa und CosmosDirekt zur Fahrradnutzung in Deutschland, 2015. [letzter Zugriff am: 05.06.2015] <https://www.cosmosdirekt.de/veroeffentlichungen/fahrradstudie-95232/>

DAQRI LLC, 2014. DAQRI Smart Helmet – The future of work is here, 2014 [letzter Zugriff am: 04.06.2015]. <http://hardware.daqri.com/smarthelmet/>

„DIE PRESSE“ VERLAGS-GESELLSCHAFT M.B.H. CO KG, 2010. Wikitude Drive: „Folgen Sie einfach der grünen Linie“, 27.01.2011. [letzter Zugriff am: 31.05.2015]. http://diepresse.com/home/techscience/mobil/apps/629034/Wikitude-Drive_Folgen-Sie-einfach-der-grunen-Linie

EUROPAEISCHE UNION, 2014. Richtlinie 2010/40/EU des europäischen Parlaments und des Rates vom 7. Juli 2010 zum Rahmen für die Einführung intelligenter Verkehrssysteme im Straßenverkehr und für deren Schnittstellen zu anderen Verkehrsträgern [online]. 2010 [letzter Zugriff am: 31.05.2015] <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2010:207:0001:0013:DE:PDF>

FISCHER, Katrin, 2004. Die Stadt - Definition, Terminologie und Klassifikation [letzter Zugriff am: 04.06.2015]. http://www.mygeo.info/skripte/skript_bevoelkerung_siedlung/siedl1.htm nach Ferdinand von Richthofen

GLASSUP, 2014. A new frontier for revolutionary Apps directly from your lenses. 2014 [letzter Zugriff am: 31.05.2015]. <http://www.glassup.net/features.html>

HATHWAY INC., 2014. Notify – Google Glass App. 2015 [letzter zugriff am: 31.05.2015]. <http://wearehathway.com/work/notify/>

IEEE, 2015. IEEE Spectrum [online] Augmented Reality in a Contact Lens A new generation of contact lenses built with very small circuits and LEDs promises bionic eyesight,

,01.09.20109 [letzter Zugriff am: 04.06.2015]. <http://spectrum.ieee.org/biomedical/bionics/augmented-reality-in-a-contact-lens>

INBAR, Ori, 2013. The 3 Laws of Augmented Reality Design - Ori Inbar talks at ISTAS 2013. In: Youtube [online].10.07.2013 [letzter Zugriff am: 05.06.2015]. https://www.youtube.com/watch?v=MgnFI_bKUbk

INNOVEGA INC., 2014. Innovega – The future of personal Media..., 2014 [letzter Zugriff am: 31.05.2015]. http://innovega-inc.com/press_forrester.php

JUNIPER RESEARCH, 2015. Augmented Reality: Market Sizing & Forecasts 2015-2019. 01.04.2015 [letzter Zugriff am: 04.06.2015]. <http://www.juniperresearch.com/researchstore/enabling-technologies/augmented-reality/market-trends-competitive-landscape>

KOMOOT GMBH, [kein Datum]. Explore More of The Great Outdoors – More trails, more peaks, more adventure [letzter Zugriff am: 31.05.2015]. <https://www.komoot.de/>

LASTER TECHNOLOGIES, 2011. Laster SeeThru – See more of the world. 2011 [letzter Zugriff am: 31.05.2015]. <http://www.laster.fr/products/seethru/?lg=en&PHPSESSID=48de9a91ced774f1b23c975cd13cb6c9>

MICROSOFT, 2015. Microsoft Hololens, 2015 [letzter zugriff am:04.06.2015].<https://www.microsoft.com/microsoft-hololens/en-us>

OBERHOFF, Denis, 2014. bbybike ~ Die urbane Fahrradnavigation [online]. 2014 [letzter Zugriff am: 04.06.2015]. <https://itunes.apple.com/de/app/bbybike-die-urbane-fahrradnavigation/id639384862?mt=8>

OSMINO, [kein Datum]. Osmino – Free hotspot finder with Augmented Reality, 2015 [letzter Zugriff am: 04.06.2015]. <https://www.wikitude.com/showcase/osmino-find-free-hotspots-with-augmented-reality/>

RECON INSTRUMENTS, 2015. Recon Jet TM – Smart eyewear for your active lifestyle, 2015. [letzter Zugriff am: 31.05.2015]. <http://www.reconinstruments.com/products/jet/>

RIDDEN, Paul, 2014. IKEA catalog uses augmented reality to give a virtual preview of furniture in a room, 14.08.2014 [letzter Zugriff am: 04.06.2015].<http://www.gizmag.com/ikea-augmented-reality-catalog-app/28703/>

SAWERS,Paul, 2011. Augmented reality: The past, present and future. 03.07.2011 [letzter Zugriff am: 04.06.2015] <http://thenextweb.com/insider/2011/07/03/augmented-reality-the-past-present-and-future/>

simTD-Konsortium, 2015. simTD Sichere Intelligente Mobilität Testfeld Deutschland. [online] [letzter Zugriff am: 04.06.2015]. <http://www.simtd.de/index.dhtml/deDE/index.html>

TECHNISCHE UNIVERSITÄT MÜNCHEN, [kein Datum]. Der Blick in den Körper – Erweiterte Realität in der computergestützten Chirurgie [letzter Zugriff am: 04.06.2015]. <https://www.in.tum.de/forschung/forschungs-highlights/medical-augmented-reality.html#c3679>

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DRESDEN, 2009. Endbericht zur Verkehrserhebung, Mobilität in Städten – SrV 2008' und Auswertungen zum SrV-Städtepegel [online]. 2009 [letzter Zugriff am: 31.05.2015]. http://tu-dresden.de/die_tu_dresden/fakultaeten/vkw/ivs/srv/dateien/staedtepegel_srv2008.pdf

VMZ BERLIN BETREIBERGESELLSCHAFT MBH, SENATSVERWALTUNG FÜR STADTENTWICKLUNG UND UMWELT, 2015. VIZ Verkehrsinformationszentrale Berlin [online] [letzter Zugriff am: 05.06.2015]. <http://viz-info.de/>

WORLDWIDEINSURE, 2014. Map My Ride – Travel App of the Month July 2014 [online]. 2014 [letzter Zugriff am: 31.05.2015]. <http://www.worldwideinsure.com/travel-blog/2014/07/map-my-ride-travel-app-of-the-month-july-2014/>

INTERVIEW

DOERBRANDT, Marius, 2015. Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt Berlin, Verkehrsmanagement und -technologie. Interview durch Anette Giesa. Berlin, 06.05.2015

EIDESSTATTLICHE ERKLÄRUNG

Hiermit versichere ich, Anette Giesa, an Eides statt, dass ich die vorliegende Bachelorarbeit mit dem Titel „NavAR – Urbane Fahrradnavigation mit Augmented Reality“ selbständig und ohne fremde Hilfe verfasst und keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel benutzt habe. Die Stellen der Arbeit, die dem Wortlaut oder dem Sinne nach anderen Werken entnommen wurden, sind in jedem Fall unter Angabe der Quelle kenntlich gemacht. Die Arbeit ist noch nicht veröffentlicht oder in anderer Form als Prüfungsleistung vorgelegt worden.

Anette Giesa

Berlin, 11.06.2015

