

**BeamLite**

**Nutzerzentrierte Konzeption, Implementierung und  
Evaluierung eines Mixed Reality Kommunikationssystems  
für Remote-Meetings**

Masterarbeit  
zur Erlangung des akademischen Grades Master of Science  
im Fach Human Computer Interaction

vorgelegt von  
Florian Jasche und Jasmin Kirchhübel

Erstprüfer: Univ.-Prof. Dr. Volkmar Pipek  
Zweitprüfer: Univ.-Prof. Dr. Volker Wulf  
BetreuerInnen: Dr. Thomas Ludwig  
Dipl.-Medienwirtin Corinna Ogonowski

Siegen, 10. April 2018

*„It is important to understand how we meet and collaborate today before we can begin to design effective new methods for the future.“*

(Romano und Nunamaker, 2001)

## Dokumentkonventionen

In der vorliegenden Arbeit werden Konventionen verwendet, die der Lesbarkeit und dem besseren Verständnis dienen. Dazu gehört die Verwendung des generischen Maskulin anstelle der genderfairen Formen. Demnach sind bei der Verwendung der männlichen Wortformen weibliche wie männliche Personen gleichermaßen gemeint.

Außerdem werden englische Zitate und Fachbegriffe nicht übersetzt, da die englische Sprache als Weltverkehrssprache sehr verbreitet ist und große Teile der Fachliteratur dieser zugrunde liegen.

Es sei weiterhin angemerkt, dass innerhalb der Arbeit Abkürzungen für häufig auftretende Wörter verwendet werden. Diese sind nach ihrer Erstnennung in abgerundeten Klammern gekennzeichnet und in einem Abkürzungsverzeichnis aufgelistet.

Es wurden typographische Konventionen verwendet, welche in der folgenden Auflistung beschrieben werden:

- Eigennamen und Fachbegriffe werden bei ihrer Erstnennung *kursiv* hervorgehoben. *BeamLite* stellt diesbezüglich eine Ausnahme dar und wird immer *kursiv* geschrieben.
- Wörtliche Zitate werden „*in Anführungszeichen und kursiv*“ dargestellt.
- Eigennamen in der Implementierung werden durch Schreibmaschinenschrift gekennzeichnet.

## **Zusammenfassung**

Studien zeigen, dass die Anzahl der Meetings im beruflichen Alltag zunimmt. Die räumliche Distribuierung von Arbeitern und Partnern erschwert es jedoch zunehmend Face-to-Face-Meetings abzuhalten. Tele- und Videokonferenzsysteme gehören daher zum Alltag vieler Angestellter und gewinnen zunehmend an Wichtigkeit für die Forschung [RN01]. Bei der Betrachtung unterschiedlicher Systeme fällt auf, dass die Vermittlung von Telepräsenz im Fokus steht. Entwickler und Forscher adressieren mit ihren Projekten die Frage „Wie bringe ich den Remote-Teilnehmer in das Meeting?“ Allerdings mangelt es an der Lösung zu der Fragestellung: „Wie kann das Meeting zu dem Remote-Teilnehmer gebracht werden?“

Die Masterarbeit *BeamLite* bearbeitet diese Fragestellung. Das Ziel besteht in der Entwicklung eines Konzepts für ein innovatives Mixed Reality-Kommunikationssystem, das sich neuer Technologien wie Virtual Reality und Augmented Reality bedient. Das System kann einem entfernten Teilnehmer eines Meetings die Möglichkeit bieten, sich virtuell an demselben Ort wie die lokalen Teilnehmer zu befinden und aktiv an diesem Meeting teilzunehmen. Der entfernte Teilnehmer kann den Meeting-Raum durch ein Virtual Reality-Headset so realitätsnah wie möglich wahrnehmen, sich in diesem bewegen und mit Objekten sowie Personen in der Umgebung interagieren. Zeitgleich werden Position, Sprache sowie Gestik des entfernten Teilnehmers an die Personen im realen Meeting-Raum mittels Augmentierung durch Datenbrillen übertragen.

# Inhaltsverzeichnis

<b>Abkürzungsverzeichnis</b>	<b>VII</b>
<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>VIII</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>IX</b>
<b>1 Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1 Motivation . . . . .	2
1.2 Zielsetzung . . . . .	4
1.3 Methodischer Rahmen . . . . .	5
<b>2 Die theoretische Basis schaffen: Literatur und verwandte Arbeiten</b>	<b>7</b>
2.1 Taxonomie von Meetings . . . . .	7
2.2 Remote-Meetings . . . . .	10
2.3 Telekommunikation und Videokonferenzsysteme . . . . .	12
2.4 Soziale Präsenz und Telepräsenz . . . . .	13
2.5 Virtual Reality . . . . .	15
2.6 Augmented Reality . . . . .	18
2.7 Mixed Reality . . . . .	19
2.8 Verwandte Arbeiten . . . . .	20
2.9 Marktanalyse . . . . .	25
2.10 Forschungslücke und Abgrenzung . . . . .	33
<b>3 Den Kontext verstehen: Empirische Vorstudie</b>	<b>35</b>
3.1 Offene Beobachtungen . . . . .	35
3.1.1 Methodische Vorgehensweise . . . . .	35
3.1.2 Ergebnisse . . . . .	36
3.2 Semi-strukturierte Interviews . . . . .	39
3.2.1 Methodische Vorgehensweise . . . . .	40
3.2.2 Ergebnisse . . . . .	43
3.3 Fokusgruppendiskussion . . . . .	50
3.3.1 Methodische Vorgehensweise . . . . .	50
3.3.2 Ergebnisse . . . . .	52

<b>4 Das Konzept entwickeln: BeamLite</b>	<b>56</b>
4.1 Meeting-Formen berücksichtigen . . . . .	56
4.2 Rahmenbedingungen von Meetings einhalten . . . . .	58
4.3 Telepräsenz vermitteln . . . . .	60
4.4 Nonverbale Kommunikation ermöglichen . . . . .	62
4.5 Kollaboration unterstützen . . . . .	65
4.6 Ablenkung minimieren . . . . .	67
4.7 Teilnehmer repräsentieren . . . . .	68
4.8 Zusammenfassung des Konzepts . . . . .	70
<b>5 Das Konzept umsetzen: Implementierung</b>	<b>72</b>
5.1 Verwendete Hardware . . . . .	73
5.1.1 HTC Vive . . . . .	73
5.1.2 Microsoft HoloLens . . . . .	76
5.2 Iterative und agile Softwareumsetzung . . . . .	78
5.2.1 Entwicklungsumgebung und verwendete Toolkits . . . . .	78
5.2.2 Struktur der Unity-Anwendung . . . . .	79
5.2.3 Netzwerk . . . . .	80
5.2.4 Positionsübertragung der Teilnehmer . . . . .	83
5.2.5 Abbildung des Meeting-Raums für VR . . . . .	89
5.2.6 Repräsentation der Teilnehmer . . . . .	95
5.2.7 Sprachübertragung . . . . .	98
5.2.8 Kollaboratives Arbeiten – Whiteboard . . . . .	99
5.2.9 Agenda und Zeitmanagement . . . . .	104
<b>6 Das Konzept testen: Evaluierung</b>	<b>107</b>
6.1 Methodische Vorgehensweise . . . . .	108
6.1.1 Teilnehmer-Akquise und Einladung . . . . .	108
6.1.2 Einführung in die Evaluierung und den Prototypen . . . . .	109
6.1.3 Gemeinsame Exploration des Prototypen . . . . .	109
6.1.4 Fragebögen, Diskussion und Nachbesprechung . . . . .	110
6.2 Teilnehmer . . . . .	111
6.3 Nachbereitung . . . . .	113
6.4 Ergebnisse . . . . .	114
6.4.1 Rahmenbedingungen von Meetings . . . . .	114
6.4.2 Telepräsenz . . . . .	115
6.4.3 Nonverbale Kommunikation . . . . .	117
6.4.4 Gefühl von Gemeinsamkeit . . . . .	121
6.4.5 Repräsentation der Teilnehmer . . . . .	122

6.4.6	Ablenkung . . . . .	124
6.4.7	Kollaboration . . . . .	125
6.4.8	Zusammenfassung der Ergebnisse . . . . .	128
<b>7</b>	<b>Fazit</b>	<b>131</b>
7.1	Zusammenfassung . . . . .	131
7.2	Ausblick . . . . .	133
<b>Literatur</b>		<b>135</b>
<b>A</b>	<b>Interviewleitfaden</b>	<b>147</b>
<b>B</b>	<b>Kodierleitfaden</b>	<b>149</b>
<b>C</b>	<b>Übersicht aller Teilnehmer</b>	<b>155</b>
<b>D</b>	<b>Einladung zu der Evaluierung</b>	<b>156</b>
<b>E</b>	<b>Fragebögen der Evaluierung</b>	<b>157</b>

## **Abkürzungsverzeichnis**

AR	Augmented Reality
BWL	Betriebswirtschaftslehre
CSCW	Computerunterstützte Gruppenarbeit
CVE	Collaborative Virtual Environments
F2F	Face-to-Face
HCI	Human Computer Interaction
HLAPI	High Level API
HMD	Head-Mounted-Display
HPU	Holographic Processing Unit
IKT	Informations- und Kommunikationstechnik
IMU	Inertial Measurement Unit
MR	Mixed Reality
MRTK	MixedRealityToolkit-Unity
UWP	Universal Windows Platform
VR	Virtual Reality
VRTK	Virtual Reality Toolkit
WI	Wirtschaftsinformatik

## **Abbildungsverzeichnis**

2.1	Übliche Kameraposition und Blickwinkel bei Videokommunikationstools.	14
2.2	Faktoren der Telepräsenz.	15
2.3	Definition von Mixed Reality im Reality-Virtuality Kontinuum.	19
2.4	Skype für die Microsoft HoloLens.	27
2.5	Avatare in Facebook Spaces.	28
2.6	Avatare und Umgebung in Rec Room.	29
2.7	Viele Teilnehmer in VRChat.	30
2.8	Gemeinsame Ansicht von YouTube in Telia VR Conference.	32
4.1	Visuelle Zusammenfassung des Konzepts von BeamLite.	71
5.1	HTC Vive-System.	74
5.2	HTC Vive Controller.	75
5.3	Microsoft HoloLens.	76
5.4	HoloLens-Gesten und Gesture-Frame.	77
5.5	Netzwerkarchitektur.	81
5.6	Eingabemaske für die Session-IP.	83
5.7	Rotationen am Beispiel der Vive.	84
5.8	Verschiebung von HoloLens- und Vive-Koordinatensystem.	85
5.9	Verwendeter Marker für die Synchronisation der Koordinatensysteme.	86
5.10	Beispielhaftes Vorgehen bei der Berechnung der HoloLens-Position im Vive-Koordinatensystem.	87
5.11	Komponenten zur Berechnung der Position des NetworkPlayers beziehungsweise Avatars.	89
5.12	Positionsauswahl beim Teleportieren.	94
5.13	Verschiedene Avatare in BeamLite.	96
5.14	Nutzer testen die Gesteübertragung während der Evaluierung.	98
5.15	WhiteboardPen-Modell.	101
5.16	Anordnung der Whiteboard-Buttons.	104
5.17	Aussehen der CheckBoxen der Agenda im abgehakten und nicht abgehakten Modus.	105
5.18	Der Pointer des VR-Teilnehmers mit visuellem Feedback.	106

## **Tabellenverzeichnis**

3.1 Übersicht der Teilnehmer der Interviewstudie. . . . .	41
4.1 Konzeptuelle Darstellung zu allgemeinen Herausforderungen in Meetings. . . . .	57
4.2 Konzeptuelle Darstellung zu strukturgebenden Eigenschaften von Meetings. . . . .	59
4.3 Konzeptuelle Darstellung zu der Vermittlung von Telepräsenz. . . . .	61
4.4 Konzeptuelle Darstellung zu nonverbalen Signalen in Remote-Meetings. . . . .	64
4.5 Konzeptuelle Darstellung zu Kollaboration in Remote-Meetings. . . . .	66
4.6 Konzeptuelle Darstellung zu Ablenkung in Remote-Meetings. . . . .	68
4.7 Konzeptuelle Darstellung zur Repräsentation der Teilnehmer in Remote-Meetings. . . . .	70
6.1 Übersicht der Teilnehmer aus der Evaluierung. . . . .	113
B.1 Kodierleitfaden . . . . .	154
C.1 Übersicht aller Personen, die in den Designprozess integriert wurden. . . . .	155

# 1 Einleitung

Meetings sind ein wesentlicher Bestandteil der alltäglichen Arbeit vieler Menschen. Studien zeigen, dass die Anzahl der Meetings im beruflichen Alltag sogar stetig zunimmt [RN01]. Im Zuge der Digitalisierung und der rasant fortschreitenden innovativen Entwicklungen sind Meetings längst nicht mehr an zeitliche oder räumliche Bedingungen geknüpft. Neue Arten der Arbeitsverteilung auf Abteilungen an unterschiedlichen Standorten, Verhandlungen mit Partnern aus anderen Ländern, Outsourcing und die Möglichkeit von zu Hause zu arbeiten sind nur Beispiele moderner Arbeitsweisen in Unternehmen. Die räumliche Verteilung der Beteiligten erschwert zunehmend das Abhalten von Face-to-Face (F2F)-Meetings [Bal+02]. Daher besteht die Notwendigkeit von Werkzeugen und Programmen, die natürliche Kommunikation und Abstimmung auch über große Distanzen hinweg ermöglichen können. Tele- sowie Videokonferenzsysteme gehören deshalb mittlerweile zu der alltäglichen Arbeit vieler Angestellter [KP96; RN01].

Durch Innovationen und Veränderungen in den Alltagspraktiken der Menschen entstehen neue Möglichkeiten für die Ausstattung von Büro- und Arbeitsplätzen sowie für die Interaktion mit Technik und mit anderen Personen am Arbeitsplatz. Aus Ergebnissen der *Future Workforce Study* [Del16], die im Mai 2016 von Dell veröffentlicht wurde, geht hervor, dass bei einer Stichprobe von 400 Angestellten mehr als die Hälfte der Teilnehmer davon ausgeht, dass Remote-Kommunikation F2F-Meetings in Zukunft ablösen wird. Trotzdem würden die Befragten ein F2F-Meeting im direkten Vergleich einem Remote-Treffen vorziehen. Besonders die jungen Angestellten glauben, dass die Einführung eines smarten Büros noch in den nächsten fünf Jahren kommen wird. Es geht außerdem hervor, dass eine allgemeine Bereitschaft vorliegt, Augmented Reality (AR)- und Virtual Reality (VR)-Produkte in den Arbeitsalltag zu integrieren.

Die vorliegende Masterarbeit adressiert die durch die räumliche Verteilung von Arbeit entstehenden Bedürfnisse nach problemorientierter Software, welche die Kommunikation von Teilnehmern in Meetings über Distanzen hinweg unterstützen kann. Innerhalb dieses einleitenden Kapitels wird die Motivation zur Entwicklung eines innovativen Mixed Reality (MR)-Kommunikationssystems für Remote-Meetings erläutert (siehe Kapitel 1.1). Im Anschluss daran werden konkrete Zielsetzungen und Forschungsfragen formuliert (siehe Kapitel 1.2) und es wird die methodische Vorgehensweise zur Beantwortung der Forschungsfragen aufgeführt (siehe Kapitel 1.3).

In Kapitel 2 wird zunächst ein theoretisch orientierter Überblick zu relevanter Literatur gegeben. Dabei wird eine Taxonomie von Meetings, Telekommunikation und Videokonferenzsystemen vorgenommen und im Anschluss in das Thema der AR- und VR-Technologien eingeleitet, um eine Wissensbasis für verwandte Arbeiten und eine Marktanalyse zu schaffen.

Im Anschluss folgt ein Kapitel zu der empirischen Vorstudie, die im Rahmen der Arbeit durchgeführt wurde (siehe Kapitel 3). Darin werden die unterschiedlichen nutzerzentrierten Methoden vorgestellt, die angewandt wurden. Neben einer detaillierten Beschreibung des methodischen Vorgehens wird auch der daraus resultierende Erkenntnisgewinn dargestellt. Darauf aufbauend werden in Kapitel 4 die Ergebnisse aus der empirischen Arbeit mit den theoretischen Erkenntnissen verknüpft, um das Konzept für ein MR-Kommunikationssystem für Remote-Meetings zu entwickeln. Dieses wird anhand von konkreten Design-Implikationen und notwendigen Features aufgebaut und erläutert.

Kapitel 5 beschäftigt sich mit der Entwicklung eines funktionsfähigen und interaktiven Softwareprototypen. Dabei wird neben der Beschreibung der verwendeten Hardware die allgemeine Vorgehensweise bei der Implementierung einzelner Features aufgezeigt. Der Softwareprototyp wurde in einer Evaluierung mit mehreren Nutzern getestet. Die methodische Basis sowie Ergebnisse daraus werden in Kapitel 6 erläutert.

In Kapitel 7 wird ein zusammenfassender Überblick zu der Vorgehensweise und den Ergebnissen der Masterarbeit gegeben, bei dem Rückbezug auf die Forschungsfragen genommen wird. Zum Schluss wird ein Ausblick auf weiteres Vorgehen, aufbauend auf den Ergebnissen der Arbeit, gegeben.

### 1.1 Motivation

Die Integration von Computern und Kommunikationstechnologien in den Arbeitsalltag hat seit Beginn der 80er Jahre für eine revolutionäre Entwicklung von Gruppenarbeiten und Projektteams gesorgt. Lösungen der Informationsteilung, die bislang postalischer oder telefonischer Natur waren, erfahren durch die Etablierung von E-Mails und Videokonferenzen schon lange eine Veränderung. Die Digitalisierung verringert durch die Möglichkeit Daten schneller und mit weniger Aufwand auszutauschen nicht nur zeitliche Kosten, sondern auch tatsächliche Gebühren, die beispielsweise für Reisen angefallen sind, um Meetings abhalten zu können [Bal+02].

Mit wenigen Ausnahmen lassen sich heutzutage in annähernd jedem Team von Organisationen und Unternehmen virtuelle Aspekte und technische Unterstützung finden [DH17].

Über die Zeit haben sich daher viele Wissenschaftler der Erforschung von Vor- und Nachteilen der Remote-Settings gegenüber F2F-Meetings angenommen. Es werden vor allem Fragen nach Effektivität, Zeitaufwand und psychologischen Effekten wie der Zufriedenheit der Teilnehmer und zwischenmenschliche Faktoren berücksichtigt [AGR17; FPF17]. Die Forschungsdisziplin Computerunterstützte Gruppenarbeit (CSCW) legt den Fokus auf die gezielte und problemorientierte Unterstützung von verteilten Teams durch technische Systeme [BS89]. Dadurch entstanden mit der Zeit immer mehr Anforderungen an Programme und Informationstechnologien, welche die räumlichen und zeitlichen Distanzen der beteiligten Personen überbrücken.

Die dadurch stetig weiterentwickelte Informations- und Kommunikationstechnik (IKT) sorgt dafür, dass Angestellte immer häufiger die Möglichkeit nutzen können, von zu Hause zu arbeiten. Die Option gelegentlich sogenanntes Homeoffice zu betreiben, bieten mittlerweile sogar fast die Hälfte der Unternehmen in Deutschland an [Bun16]. Für Arbeitnehmer, deren Arbeitsalltag durch die Nutzung von Computern und Kommunikationstechnik bestimmt wird, bietet Homeoffice nicht nur attraktive Vorteile, weil sie sich Anreise- und Abreisezeiten sparen und ein höheres Gefühl von Autonomie erleben, es ermöglicht auch mehr Flexibilität für ihr Privatleben [CK14; LZ17]. Dadurch wird eine höhere Zufriedenheit mit der Balance zwischen dem Arbeitsleben und dem Privatleben, der Work-Life-Balance, wahrgenommen [Mes17]. Vor allem für Personen, die krankheitsbedingt, durch die Pflege von Angehörigen oder der Betreuung von Babys und Kleinkindern darauf angewiesen sind, viel Zeit zu Hause zu verbringen, ist Homeoffice eine attraktive Lösung, um trotzdem berufstätig zu sein. Aus Untersuchungen geht allerdings hervor, dass Personen, die häufig Homeoffice wahrnehmen, vor allem Nachteile in zwischenmenschlicher Hinsicht erleben. Das Gefühl von Isolation und der Mangel direkter sozialer Interaktion mit den Kollegen sind Faktoren, die das Arbeiten von zu Hause erschweren [Blo+13; DFA16; Tav17].

Um die zwischenmenschlichen Gefühle auch in Remote-Meetings vermitteln zu können, ist es notwendig, die Übertragung sozialer Elemente bei der Entwicklung von Kommunikationssystemen zu berücksichtigen [Tav17]. Bei der Betrachtung unterschiedlicher Groupware- und Kommunikationssysteme fällt allerdings auf, dass viele Lösungen einen Schwerpunkt auf den pragmatischen Austausch von Informationen über verbale Kommunikation legen. Aktive und dynamische Remote-Kollaboration wird noch nicht ausreichend unterstützt. Beispielsweise können physische Whiteboards in Remote-Situationen nur schlecht integriert werden, da die Remote-Teilnehmer diese schlecht sehen und nicht selbst daran arbeiten können [Ham+17]. Das zeigt, dass Entwickler und Forscher mit ihren Projekten zwar Lösungen entwickeln, um die Frage zu beantworten: „Wie bringe ich den Remote-Teilnehmer in das Meeting?“, allerdings mangelt es an Systemen und Konzepten zu der Fragestellung: „Wie kann das Meeting zu dem Remote-Teilnehmer gebracht werden?“. Es sollte daher bei der Entwicklung von neuen und zukunftsorientierten Kommunikationssystemen die

Frage berücksichtigt werden, welche Aspekte F2F-Meetings bieten, die in Remote-Settings fehlen und darauf aufbauend wie diese durch technische Unterstützung simuliert werden können, um den Mangel an verbalen und nonverbalen Signalen in der Kommunikation über ein technisches Medium auszugleichen.

AR und VR könnten hierfür ein vielversprechender Ansatz sein. Die Technologien haben in den letzten Jahren an Aufmerksamkeit gewonnen und sind nicht mehr nur für Großkunden und Unternehmen attraktiv [Sta17]. Vor allem im Bereich der Social Media-Anwendungen sind schon einige VR-Lösungen vorhanden, die durch die immersiven Eigenschaften der Systeme ein Treffen von Beteiligten in der virtuellen Welt ermöglichen können. Neben der neuen Optionen für die soziale Vernetzung, bieten AR und VR durch die Nutzung des dreidimensionalen Raums Erweiterungen für die kollaborative Zusammenarbeit. Deshalb haben sich bereits einige Forscher der Exploration der neuen Technologien im Bereich der Remote-Meetings angenommen [BCL15]. Sie legen sich dabei allerdings auf jeweils eine der beiden Technologien fest [Piu+17b]. Entweder es wurde versucht durch VR dem Remote-Teilnehmer das Meeting näher zu bringen, oder es wurden AR-Lösungen entwickelt, welche die F2F-Kommunikation von zwei lokal anwesenden Personen durch digitale Anreicherung der Umgebung verbessern sollten. Sie bearbeiten dabei zwar die Thematik, wie das Meeting zu der Remote-Person gebracht werden kann, vernachlässigen aber die Frage, wie die Remote-Person in das Meeting vor Ort integriert werden kann. Ein Ansatz, der sowohl den Remote-Teilnehmer adressiert und die Meeting-Situation zu ihm transportiert und gleichzeitig den lokalen Teilnehmern die Anwesenheit des Remote-Teilnehmers simuliert, ist noch nicht vorhanden.

Die vorliegende Masterarbeit nimmt sich dieser Forschungslücke an und adressiert Bedürfnisse von Meeting-Teilnehmern an ein neuartiges Kommunikationssystem, das die Vorteile der Technologien für alle Teilnehmer gleichermaßen ausschöpft. Das ideale Szenario für den Einsatz dieses Systems ist ein Meeting, bei dem sich eine oder mehrere Personen an einem entfernten Ort befinden, während sich mindestens zwei weitere Personen lokal treffen. Das System soll dem entfernten Teilnehmer die Möglichkeit bieten, sich virtuell an demselben Ort wie die lokalen Teilnehmer zu befinden und aktiv an diesem Meeting teilzunehmen. Der entfernte Teilnehmer soll aktiv kollaborieren können, um eine F2F-ähnliche Kommunikation zu ermöglichen, die zwischenmenschliche Nähe simulieren kann.

## 1.2 Zielsetzung

Das Ziel dieser Masterarbeit besteht in der Entwicklung eines Konzepts für ein MR-Kommunikationssystem, welches sich neuer Technologien wie VR und AR bedient, um Remote-Meetings innovativ anzureichern. Den entfernten Teilnehmern von Meetings wird

die Möglichkeit geboten, trotz der räumlichen Distanz möglichst realitätsnah vor Ort zu sein und an dem Treffen teilnehmen und aktiv kollaborieren zu können.

Es stellen sich hierfür drei konkrete Forschungsfragen, die im Laufe der Masterarbeit beantwortet werden sollen:

- Welche Probleme treten bei klassischen Remote-Meetings auf?
- Wie können AR- und VR-Technologien Remote-Meetings unterstützen?
- Welche Features braucht ein MR-Kommunikationssystem, um Remote-Meetings unterstützen zu können?

Die ausgearbeiteten Probleme und vorteilhaften Eigenschaften von AR- beziehungsweise VR dienen der Beantwortung der dritten Forschungsfrage, die als Kernfrage der Arbeit verstanden werden kann. Durch die Einarbeitung in relevante Literatur und den spezifischen Anwendungskontext wurden wichtige Aspekte aus F2F-Situationen gesammelt, die in den bisher etablierten Remote-Technologien nicht ausreichend umgesetzt werden konnten. Verwandte Arbeiten gaben Aufschluss über den State of the Art der AR- und VR-Forschung, damit die vorteilhaften Eigenschaften mit den Problemen verbunden werden konnten. Um die einzelnen Features für das MR-Kommunikationssystem zu entwerfen, wurde ein nutzerzentriertes Design-Framework angewendet. Die konkrete methodische Vorgehensweise wird im folgenden Abschnitt genauer erläutert.

## 1.3 Methodischer Rahmen

Die Vorgehensweise für die gesamte Arbeit orientierte sich an dem im Standard DIN EN ISO 9241-210:2011 beschriebenen Vorgehensmodell zur „Gestaltung gebrauchstauglicher interaktiver Systeme“ [DIN11]. Dabei soll sich an Methoden des *User-centered Design* bedient werden. Hierbei werden Nutzer in sehr frühen Stadien eines Entwicklungsprozesses eingebunden und sind aktiver Teil der Konzeptentwicklung und des Designs eines Artefakts [FP14; San02]. Die einzelnen Phasen werden in direkter Zusammenarbeit mit einer Nutzerbasis iterativ und agil durchlaufen.

Ein weiteres Ablaufmodell für die Durchführung benutzerorientierter Artefaktentwicklung schlagen Wulf et al. [Wul+11] mit ihrem Ansatz der *Design Case Studies* vor. Bei diesem mehrschrittigen Framework wird die Entwicklung, Aneignung und Nutzung eines Artefakts in eine soziale Praxis eingebettet und erforscht. Im ersten Schritt, einer *Pre-Study* wird dabei durch empirische Methoden ein umfassendes Verständnis des avisierten Anwendungsfelds geschaffen, um daraus Problemstellungen abzuleiten und Implikationen für ein

Konzept zu erhalten. Das konkrete Design wird anschließend iterativ und agil prototypisch umgesetzt und evaluiert. In einer Aneignungsphase mit Nutzern wird das Artefakt anschließend in die soziale Praxis integriert und getestet. Der Design Case Study-Ansatz entspricht im Wesentlichen der geplanten Vorgehensweise innerhalb dieser Arbeit. Da es aufgrund der zeitlichen Rahmenbedingungen nicht möglich war, eine Aneignungsstudie zu planen und durchzuführen, wurde eine partielle Design Case Study durchgeführt. Die konkreten Schritte werden in den folgenden Abschnitten dargestellt.

Es wurde mit einer Literaturrecherche begonnen, die sich mit den Kernthemen von Meetings, kollaborativer, verteilter Zusammenarbeit und Konferenzsystemen beschäftigt sowie die Bereiche AR und VR einbezieht. Dadurch sollte eine theoretisch fundierte Wissensbasis geschaffen werden, um ein allgemeines Verständnis von Meetings, virtuellen Teams und Remote-Systemen zu erhalten. Darüber hinaus wurden durch verwandte Arbeiten und einer Marktanalyse Grenzen und Möglichkeiten von AR- und VR-Technologien erarbeitet, um ein durchdachtes Konzept für das geplante Kommunikationssystem erstellen zu können.

Schon während der Literaturrecherche wurden nach ersten Erkenntnissen partizipative Methoden mit Nutzern der Zielgruppe durchgeführt, um gemäß der Design Case Studies die soziale Praxis zu verstehen. Daraufhin wurde eine konkrete Konzeptentwicklung angeschlossen, zu der die Erkenntnisse aus der Pre-Study herangezogen wurden. Darin konnten konkrete Designanforderungen aufgestellt und Gestaltungsideen für das MR-Kommunikationssystem formuliert werden.

Aufbauend auf den empirisch erarbeiteten und im Konzept aufgestellten Anforderungen, wurde ein interaktiver Softwareprototyp implementiert, der die Kern-Features des Konzepts umsetzte. Die Implementierung erfolgte agil unter der Berücksichtigung von stetig einzuholendem Nutzerfeedback. Eine Evaluierung wurde dementsprechend schon in kleinen Schritten parallel zur Entwicklung des Prototypen durchgeführt, um einzelne Funktionen direkt bewerten und schnell anpassen zu können. Mit einem voll funktionsfähigen, interaktiven Prototypen wurde anschließend das Konzept in situierten Settings mit mehreren Gruppen evaluiert, um die Eignung des Konzepts für den beruflichen Alltag bewerten zu können.

## **2 Die theoretische Basis schaffen: Literatur und verwandte Arbeiten**

Um einen ganzheitlichen Überblick zu den Themengebieten des Forschungsfelds zu erhalten, wurde in einem ersten Schritt eine Literaturrecherche durchgeführt. Die wichtigsten Erkenntnisse daraus werden in den folgenden Abschnitten dargestellt. Dabei wird zunächst eine allgemeine Einführung in die Taxonomie von Meetings im Allgemeinen gegeben. Es werden außerdem Probleme, aber auch Vorteile von Remote-Meetings beleuchtet, bevor im Anschluss näher auf Tele- und Videokommunikation und das Konzept der (Tele-)Präsenz eingegangen wird.

Um die theoretische Basis mit technologischen Hintergründen anzureichern, wird anschließend ein Überblick zu VR-, AR- und MR-Technologien gegeben. Die beiden Themengebiete Remote-Meetings sowie VR und AR werden daraufhin in einer Vorstellung verwandter Arbeiten vereint. Zuletzt folgt eine Marktanalyse mit bereits erhältlichen VR- und AR-Kommunikationssystemen.

### **2.1 Taxonomie von Meetings**

Ein Meeting ist definiert als Treffen von zwei oder mehr Personen mit der Absicht miteinander zu interagieren und zu kommunizieren [Gof61; Sch89]. Dies kann geplant oder auch spontan geschehen. Besonders im Bereich der Wissensarbeit machen Meetings einen Großteil des Arbeitsalltags aus [VN95]. Sie sind ein wichtiges Werkzeug, um Arbeit in einer Organisation zu erledigen [Rog+10]. Dabei gibt es eine Vielzahl an Gründen für das Halten von Meetings. Darunter fallen unter anderem Meetings für den Austausch von Informationen, zu Trainingszwecken, zur Ideenfindung, zum Problemlösen und Entscheidungsfindung sowie Meetings aus zeremoniellen Gründen [Lea+09].

Die Interaktion zwischen den Teilnehmern kann als Informationsfluss in einem Meeting beschreiben werden [BA80]. Dabei wird zwischen hierarchischem und organischem Informationsfluss unterschieden. Ein hierarchischer Informationsfluss liegt vor, wenn Informationen primär von einem Teilnehmer zu allen anderen Teilnehmern weitergegeben werden. Bei einem organischen Informationsfluss hingegen gibt es mehrere Sender und Empfänger der Informationen.

Die Anzahl der Fokusse ist ein zweiter Faktor, aufgrund dessen Meetings unterschieden werden können [VN95]. Gibt es nur einen Agendapunkt für das Meeting, wird von einem *single-focused* Meeting gesprochen. Befinden sich mehrere unabhängige Themen auf der Agenda, wird das Meeting als *multi-focused* kategorisiert.

Volkema und Niederman [VN95] definieren anhand von Informationsfluss und Anzahl der Fokusse sechs Formate von Meetings: Demonstration/Präsentation, Ideenfindung/-Problemlösung, Zeremonien, Ankündigungen, Forum und Round-Robin. Die Autoren beschreiben diese dabei wie folgt:

**Demonstration/Präsentation** Eine Demonstration/Präsentation ist in der Regel single-focused und die Informationen werden von dem Vortragenden an die Zuhörenden weitergegeben [Aug87]. Dabei kann es sich beispielsweise um die Präsentation eines neuen Produkts oder einer Idee handeln.

**Ideenfindung/Problemlösung** Bei einem Meeting zur Ideenfindung/Problemlösung steht ein bestimmtes Thema im Mittelpunkt des Meetings [Kie88; NG73]. Im Idealfall beteiligen sich dabei alle anwesenden Personen an dem Informationsaustausch.

**Zeremonie** Zeremonien werden abgehalten, um ein Individuum oder ein Event zu honорieren und sind ebenfalls single-focused [MMW89]. Abhängig vom Anlass der Zeremonie kann der Informationsfluss hierarchisch oder organisch sein. Steht bei einer Zeremonie eine einzelne Person im Mittelpunkt, ist die Kommunikation zu beziehungsweise von dieser Person aus gerichtet. Steht ein Event im Mittelpunkt, ist die Kommunikation eher organischer Natur.

**Ankündigungen** Ankündigungen sind ähnlich einzuordnen wie das Format Demonstration/Präsentation, allerdings mit dem Unterschied, dass bei Ankündigungen mehrere unabhängige Informationen, zum Beispiel von einem Vorgesetzten an seinen Untergebenen, weitergegeben werden.

**Forum** Das Forum ist das Format, das mit regelmäßig geplanten Meetings assoziiert wird. Die Punkte auf der Agenda werden dabei von den Gruppenmitgliedern beigetragen und in einer von der Gruppe ausgehandelten Reihenfolge abgearbeitet. Durch das Einbringen von eigenen Agendapunkten ist die Kommunikation in der Regel organisch [MMW89; Tho89].

**Round-Robin** Bei einem hierarchischen Round-Robin kann von einer umgedrehten Ankündigung gesprochen werden. Dabei informieren einzelne Gruppenmitglieder ihren Vorgesetzten zum Beispiel über den aktuellen Arbeitsfortschritt. Sind die Informationen nicht nur für den Vorgesetzten, sondern auch für weitere Gruppenmitglieder bestimmt, wird von einem organischen Round-Robin gesprochen.

In den meisten Fällen lassen sich Meetings nicht nur mit einem Format beschreiben. Sie bestehen in der Regel aus einer Kombination mehrerer Formate, wie beispielsweise einer Ankündigung gefolgt von einem Forum [VN95].

Neben den Formaten lassen sich Meetings auch anhand von Designfaktoren charakterisieren. Die Macht über diese Faktoren besitzt dabei in der Regel die Person, die zu dem Meeting einlädt [Lea+09]. In der Literatur finden sich fünf grundlegende Designfaktoren:

**Agenda** Der bekannteste Designfaktor bei Meetings stellt dabei die Agenda dar [Kie88; Tro03; VN95]. Nach Spencer und Pruss [SP92] sollte eine Agenda drei Ziele erfüllen. Sie soll den Teilnehmern erstens Informationen über den Ort, das Datum sowie die Uhrzeit des Meetings mitteilen. Zweitens sollen die Teilnehmer vorab über den Inhalt des Meetings informiert werden, damit sie sich entsprechend darauf vorbereiten können. Als drittes soll über die Agenda eine Reihenfolge der Inhalte sowie optional ein Zeitrahmen pro Inhalt für das Meeting festgelegt werden.

**Protokoll** Meeting-Protokolle sind ein weiterer wichtiger Designfaktor von Meetings. Sie dienen dem Nachhalten des im Meeting Gesprochenen. Dies kann Personen zugänglich gemacht werden, die nicht am Meeting teilnehmen konnten. Außerdem postuliert Tropman [Tro03], dass Teilnehmer Abmachungen und Aufgaben, die in einem Protokoll niedergeschrieben wurden, eher einhalten beziehungsweise erledigen.

**Pünktlichkeit** Pünktlichkeit beim Start sowie Ende eines Meetings spielen ebenfalls eine wichtige Rolle. Nur wenn geplante Meetings pünktlich starten, kann gewährleistet werden, dass alle Punkte in der vorgesehenen Zeitspanne besprochen werden können. Bei nicht Einhaltung des vorab geplanten Zeitrahmens, kann es zu Verzögerungen bei Anschlussterminen der Teilnehmer kommen [Lea+09].

**Besprechungsraum** Ein angemessener Besprechungsraum sollte nach Tropman [Tro03] die Ablenkung minimieren und einen gewissen Komfort bieten. Dazu gehören eine angenehme Raumtemperatur, angenehme Lichtverhältnisse sowie eine ruhige Umgebung.

**Moderator** Übernimmt eine Person im Meeting die Moderatorenrolle, kann diese Person dafür sorgen, dass Diskussionen nicht zu weit vom Thema abschweifen und die Ziele des Meetings erreicht werden [Car99]. Nach Cisco [Sis93] ist die einladende Person oft in dieser Rolle. Sie lädt zu dem Meeting ein, stellt die Agenda auf, leitet durch das Meeting und verteilt Aufgaben an die Teilnehmer.

Nach Leach et al. [Lea+09] haben alle fünf Faktoren einen Einfluss auf die wahrgenommene Effektivität des Meetings, allerdings haben die Agenda, die Pünktlichkeit und der Besprechungsraum den größten Einfluss.

## 2.2 Remote-Meetings

Für das erfolgreiche kooperative Arbeiten ist es notwendig zu wissen „*Who is doing what, where, when, how, by means of which, under which requirements?*“ [Sch94]. Diese Informationen fließen dabei in die Planung und Durchführung der eigenen Arbeit ein. In colocated Settings können diese Fragen häufig durch das alltägliche gesellschaftliche Leben implizit beantworten werden. Die Natur der verteilten Arbeit macht es allerdings notwendig, diese Dinge explizit zu artikulieren [SS96]. Für die Unterstützung der Artikulationsarbeit gibt es eine Vielfalt an technischen Werkzeugen und Methoden. Neben den technischen Hilfsmitteln sind Meetings eine weit verbreitete Form, um Artikulationsarbeit zu betreiben.

Besonders bei Teams, die räumlich getrennt arbeiten, ist das Abhalten von F2F-Meetings häufig mit hohen Kosten verbunden. Zu diesen Kosten gehören unter anderem zeitliche und finanzielle Aspekte, die durch die An- und Abreise zu einem Meeting anfallen [NW02, S. 106; OMK10]. Durch den Einsatz von IKT können die Kosten für Meetings in verteilten Teams verringert werden. Dabei kann das Spektrum der eingesetzten Technologie von einem einfachen Telefonat bis hin zu komplexen Videokonferenzsystemen reichen.

Auch wenn IKT die Möglichkeit schaffen kann, Meetings für räumlich getrennte Teams kostengünstig durchzuführen, sind häufig Probleme mit Remote-Meetings verbunden. Yankelovich et al. [Yan+04] haben bei einer Umfrage von 1782 *Sun Microsystems*-Angestellten die drei Hauptaspekte Audioprobleme, technische Probleme sowie Verhaltensprobleme während Remote-Meetings identifiziert. Als schwerwiegendstes Audioproblem wurde dabei genannt, dass einige Personen nicht gehört werden konnten. Unter diesen Umständen können diese Personen nicht aktiv an dem Meeting teilnehmen<sup>1</sup>. Zusätzlich wurden häufig schlechte Audioqualität sowie zu laute Hintergrundgeräusche genannt. Diese können eine

---

1. Es sei denn, das System bietet für diese Fälle einen Fallback-Kommunikationskanal, wie zum Beispiel einen Textchat.

verbale Kommunikation erschweren. Zu den technischen Problemen gehören laut den Autoren [Yan+04] die Schwierigkeit zu identifizieren, wer gerade spricht sowie, dass nicht alle Teilnehmer visuelles Material sehen konnten. Zudem wurde bemängelt, dass es für die Teilnehmer oft nicht möglich war, zu sagen, wer gerade an dem Meeting teilnimmt beziehungsweise dem Meeting beitritt oder dieses verlässt.

Teilweise bedingt durch die genannten Audio- und technischen Probleme ist das meistgenannte Problem bei Verhalten in Meetings, dass der Sprecher nicht überprüft, ob das Gesagte verstanden worden ist. Ein weiteres Problem ist nach den Autoren [Yan+04], dass der Präsentierende oft den anderen Teilnehmern nicht die aktuelle Foliennummer mitteilt, wenn eine Präsentation in einem Meeting involviert ist, die nicht über ein geteiltes Medium betrachtet wird. Außerdem wurde beobachtet, dass bei Zuschaltung von Personen zu anderen, die gemeinsam in einem Meeting-Raum sind, diese neu zugeschalteten Teilnehmer schlecht in das Meeting integriert oder schnell ignoriert werden.

Weitere Probleme in verteilten Teams, die sich auf Meetings auswirken können, wurden von Bos et al. [Bos+04] untersucht. Sie haben dabei vor allem fehlendes Vertrauen innerhalb des Teams sowie Gefühle von Isolation bei Personen, die häufig von zu Hause arbeiten, identifiziert. Dies resultiert oft aus dem Mangel der direkten sozialen Interaktion mit Kollegen und einem geringen Anteil von Smalltalk in Remote-Meetings. Smalltalk wird von Fiske [Fis90] als entscheidender Faktor für den Zusammenhalt in Gemeinschaften beschrieben.

Für Remote-Teilnehmer gibt es mehrere Gründe, die es erschweren, sich in ein Gespräch einzubringen. Dazu zählen vor allem nonverbale Signale, die von Telefon oder Videokanälen nicht oder nur schlecht übertragen werden können [IT94]. Auch die Verzögerung in der Übertragung kann für einen Remote-Teilnehmer ein Hindernis darstellen, um sich aktiv in eine Diskussion einzubringen.

Multitasking während Meetings kann Vor- und Nachteile mit sich bringen. Teilnehmer können während der Treffen zwar trotzdem noch andere Aufgaben, wie beispielsweise das Lesen und Beantworten von E-Mails, erledigen und somit Zeit einsparen, allerdings kann dies von den anderen Teilnehmern als Ablenkung oder Beeinträchtigung der Produktivität wahrgenommen werden [MGP99].

Auch wenn es bei dem Einsatz von Remote-Meetings zu einer Vielzahl von Problemen kommen kann, sind neben der Kostenreduzierung auf Seiten der Organisationen auch Vorteile auf Seiten der Arbeitnehmer vorhanden. Arbeitnehmer, die Homeoffice betreiben, wird die Möglichkeit geboten, an Meetings teilzunehmen, ohne das Haus zu verlassen. Homeoffice und Remote-Meetings können zudem einen positiven Einfluss auf die Work-Life-Balance haben [LZ17], da Arbeitszeiten grundsätzlich freier gestaltet werden können

und somit für eine höhere Flexibilität im Privatleben der Arbeitnehmer gesorgt werden kann. [CK14; Fel+06; LZ17].

## 2.3 Telekommunikation und Videokonferenzsysteme

In verteilten Teams kommt ein großes Spektrum an IKT zum Einsatz, um Remote-Meetings durchzuführen. Ein noch immer weit verbreitetes Hilfsmittel für Remote-Meetings stellt dabei das Telefon dar. Durch das Telefon oder auch andere Audio-only Kommunikationskanäle wird zwar eine verbale Kommunikation zwischen den Meeting-Teilnehmern ermöglicht, allerdings kann dieses Medium wichtige nonverbale Signale nicht übertragen. Das Fehlen von nonverbalen Signalen kann zu einer Beeinträchtigung in der Kommunikation führen [Bru96]. Aus diesem Grund ist die Qualität eines Telefongesprächs nicht mit der eines F2F-Gesprächs vergleichbar. Allerdings besitzen vor allem erwachsene Menschen die Fähigkeit sich flexibel an das Medium anzupassen und fehlende visuelle Aspekte durch angepasste Kommunikation zu kompensieren. Daher können sie unabhängig davon, ob sie ihren Gesprächspartner sehen oder nicht, erfolgreich kommunizieren [BAN94; Sel92]. Abigail Sellen [Sel92] fand heraus, dass die Menschen trotz der gleichbleibenden Effizienz den Videokanal gegenüber einer Audio-only-Übertragung bevorzugen. Weiterführende Untersuchungen von Doherty-Sneddon et al. [Doh+97] zeigten aber, dass Dialoge länger und häufiger unterbrochen wurden, wenn sich die Gesprächspartner nicht sehen konnten. Zudem konnte beobachtet werden, wie sich die Wortwahl änderte, um Informationen zu übermitteln, die in F2F-Situationen per Blickrichtung oder Gesten übertragen wurden.

*„The human face is a source of a wide variety of social signals. We identify people from their faces - more reliably than from other sources such as voices or gait.“* [Bru96]

Besonders bei Mehrpersonen-Telekonferenzen kann die Identifizierung des Sprechenden ein großes Problem darstellen. Um dieses Problem zu verringern, muss sich jeder Sprecher mit seinem Namen vorstellen, bevor er spricht. Dies ist unnatürlich und reduziert die Effizienz der Kommunikation. Videokonferenzsysteme bieten gegenüber Telekonferenzsystemen den Vorteil, dass alle Teilnehmer sehen können, wer gerade spricht [Bru96].

Die Übertragung der Gesichter bei einem Videokonferenzsystem bietet nicht nur die Möglichkeit der einfachen Identifizierung des Sprechers, sondern auch das Ablesen von Emotionen aus den Gesichtsausdrücken. Auch wenn die Tonlage während eines Telefon-gesprächs Rückschlüsse auf die Emotionen zulassen kann, ist das Gesicht eine weitere wichtige Quelle um diese Informationen richtig zu deuten [Bru96].

Summerfield [Sum92] beschreibt, dass das Hinzufügen des Gesichts zur Sprache die Verständlichkeit des Gesprochenen erhöht. Dabei helfen vor allem die Lippenbewegungen beim Sprechen. Lippenlesen wird unterbewusst von jedem verwendet und nicht nur von hörbeeinträchtigten Menschen. Die Synchronität von Sprache und Gesicht spielt dabei eine besonders wichtige Rolle [Bru96]. Vitkovich und Barber [VB94] untersuchten zudem den Einfluss der Bildrate der Videoübertragung. Auch wenn eine geringe Bildrate von 8,3 Hertz bereits einen Vorteil gegenüber keiner Gesichtsübertragung aufwies, empfehlen die Autoren mindestens eine Bildrate von 16,7 Hertz um die Vorteile lippengelesener Informationen zur Sprachwahrnehmung aufrechtzuerhalten.

Auch die Kopfbewegungen bringen weitere wichtige Informationen in ein Gespräch ein. Über Nicken oder Kopfschütteln lassen sich Zustimmung oder Ablehnung signalisieren, ohne den Sprecher zu unterbrechen [Kle86]. Solche visuellen Hinweise sind wichtig in der Kommunikationsentwicklung [OMa+96]. Besonders in F2F-Situationen ist die Blickrichtung ein wichtiger Indikator dafür, ob ein Teilnehmer zum Beispiel das Wort an einen anderen Teilnehmer abgeben möchte. Diese subtilen Informationen werden von den meisten Menschen sehr gut wahrgenommen [Wat92] und fehlen in Video-Settings. Dadurch entsteht ein anderer Konversationsstil als in F2F-Situationen [HL91]. Videokonferenzen können zwar einen Teil der nonverbalen Signale übermitteln, allerdings müssen diese meist aufwändiger interpretiert werden, um sie entsprechend zu verstehen [HL91].

Die Blickrichtung ist ein Schlüsselement in sozialer Interaktion [SSJ78]. Um erfolgreich miteinander kommunizieren zu können, ist es wichtig, antizipieren zu können, wo der Gesprächspartner hinschaut. Vor allem in kollaborativer Arbeit kann das Verständnis für den Viewport<sup>2</sup> des anderen ein entscheidender Faktor sein [SF92]. In Videokonferenzen kann jedoch nur schlecht interpretiert werden, wo die anderen Personen auf ihrem Bildschirm oder in ihrer Umgebung hinsehen (siehe Kapitel 2.4).

## 2.4 Soziale Präsenz und Telepräsenz

Durch die Übertragung nonverbaler Kommunikationsreize können Videoübertragungen bei der Vermittlung sozialer Präsenz helfen. Soziale Präsenz beschreibt dabei das Gefühl zusammen zu sein – *being together* – und ist von Telepräsenz, welche unter anderem das Gefühl des Vorortseins – *being there* – vermitteln soll, zu unterscheiden. Soziale Präsenz wird vor allem durch die Faktoren der informellen und nonverbalen Kommunikation sowie zwischenmenschlicher Nähe unterstützt [DI01]. Argyle und Dean [AD65] zählen zu der zwischenmenschlichen Nähe beispielsweise Lächeln oder Augenkontakt. Dabei soll laut

---

2. Als Viewport wird in dieser Arbeit der Sichtbereich der Personen bezeichnet.

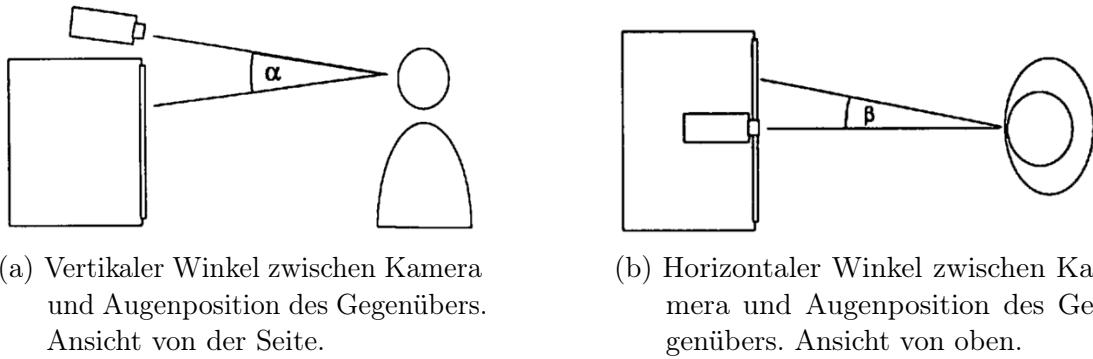


Abbildung 2.1: Übliche Kameraposition und Blickwinkel bei Videokommunikationstools [MBP95].

Bondareva und Bouwhuis [BB04] besonders der Augenkontakt zwischen den Teilnehmern eine entscheidende Rolle zur wahrgenommenen sozialen Präsenz haben.

Auch mit Videoübertragungen ist direkter Augenkontakt in den meisten Videokonferenzsystemen nicht möglich. Dies ist in der Regel auf die verwendete Hardware zurückzuführen. Abbildung 2.1 verdeutlicht das Problem. Für einen direkten Augenkontakt müsste sich die Kamera dort befinden, wo sich die Augen des Gesprächspartners auf dem Monitor befinden. Dies ist in den meisten Systemen nicht der Fall. Um seinem Gegenüber das Gefühl zu geben, ihn anzusehen, müsste in die Kamera geblickt werden. Allerdings kann der Gesprächspartner dann nur noch peripher gesehen werden. Mit der Zunahme der Teilnehmeranzahl wird eine Übertragung des direkten Blickkontakts zunehmend erschwert [MBP95].

Neben der sozialen Präsenz kann Videokommunikation auch das Gefühl von Telepräsenz vermitteln. Der Begriff der Telepräsenz ist nicht eindeutig definiert. Allgemein beschreibt dieser jedoch das Gefühl, dass ein Nutzer eines Kommunikationsmediums sich an einem entfernten Ort präsent fühlt [DKU98; MBP95; Sch95]. Der entfernte Ort kann dabei eine reale oder virtuelle beziehungsweise fiktionale Umgebung sein [She92].

Für die Ausprägung des Gefühls der Telepräsenz sind nach Sheridan [She92] drei Faktoren ausschlaggebend. Dabei spielt der Umfang der sensorischen Informationen, die zur Wahrnehmung des entfernten Ortes über das Medium vermittelt werden, eine große Rolle. Dazu gehören auditive und visuelle sowie haptische und olfaktorische Reize. Der zweite Faktor bezieht sich auf die Fähigkeit, die Kontrolle über die Beziehung der sensorischen Wahrnehmung mit der Umgebung zu haben. Beispiele dafür sind die eigenmächtige Änderung der Sichtrichtung sowie Neupositionierung in der Umgebung, um das binaurale Hören zu modifizieren. Die Fähigkeit in der entfernten Umgebung Veränderungen durch-

zuführen, ist der dritte Faktor. Abbildung 2.2 stellt den Einfluss der drei Faktoren auf die wahrgenommene Telepräsenz dar<sup>3</sup>.

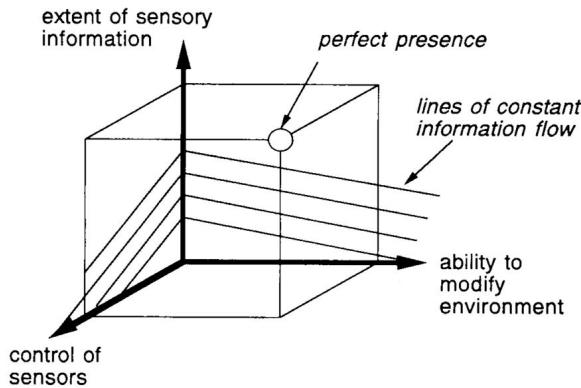


Abbildung 2.2: Faktoren der Telepräsenz [She92].

Videokonferenzsysteme können durch life-size Bildschirme sowie hochwertige Audio- und Videoübertragung [PMB94] den Aspekt der sensorischen Informationen grundlegend befriedigen, allerdings mangelt es vor allem an den Faktoren der Kontrolle über die Sinne sowie Veränderungen in der entfernten Umgebung durchzuführen, um ein hohes Gefühl von Telepräsenz zu erzeugen.

Die bisherige theoretische Basis bietet einen Überblick zu Meetings und möglichen Problemen, die bei klassischen Remote-Meetings auftreten können. Damit wurde bereits ein Teil der ersten Forschungsfrage, „Welche Probleme treten bei klassischen Remote-Meetings auf?“, beantwortet. In den folgenden Abschnitten findet eine Betrachtung der neuen Technologien VR und AR statt, die zur Beantwortung der weiteren Forschungsfragen beiträgt.

## 2.5 Virtual Reality

Virtual Reality oder Virtuelle Realität – kurz VR – ist ein Medium, das erst in den letzten Jahren an kommerzieller Zuwendung gewonnen hat. Die Forschung beschäftigt sich allerdings schon seit einiger Zeit mit der virtuellen Realität und deren wesentlichen Faktoren. Trotzdem wird der Begriff noch unterschiedlich definiert. Dabei können sowohl technische als auch erlebnisbezogene Schwerpunkte gesetzt werden [Doe+13; SC03].

Ein Beispiel für eher technisch orientierte Sichtweisen der VR ist die folgende Definition von Carolina Cruz-Neira [Cru93]:

---

3. „*Lines of constant information communicated are suggested in the figure to indicate that the extent of sensory information is a much greater consumer of information (bits) than are the two control components, control of sensors and ability to modify environment*“ [She92].

*„Virtual Reality refers to immersive, interactive, multi-sensory, viewer-centered, three-dimensional, computer generated environments and the combination of technologies required to build these environments.“ [Cru93]*

Obwohl diese Beschreibung von VR bereits vor 25 Jahren entstanden ist, trifft sie auch noch auf heutige bekannte Systeme zu. Andere technische Definitionen richten sich allerdings häufig nach speziellen Systemen, die sich im Laufe der Zeit verändern können [Doe+13]. Deshalb werden zusätzlich erlebnisorientiertere Sichtweisen von VR aufgestellt, die sich vor allem mit Immersion und Präsenzerleben beschäftigen [Doe+13; SC03].

Sherman und Craig [SC03] sprechen von vier Schlüsselementen einer VR-Experience. Dazu gehören zunächst die virtuelle Welt selbst, das Gefühl von Immersion, geeignetes sensorisches Feedback und die Interaktivität des Mediums. Die Eigenschaften fassen sie in einer allgemeinen Definition für VR zusammen:

*„Virtual reality – a medium composed of interactive computer simulations that sense the participant’s position and actions and replace or augment the feedback to one or more senses, giving the feeling of being mentally immersed or present in the simulation (a virtual world).“ [SC03, S. 13]*

Diese Definition legt den Schwerpunkt auf das Gefühl des Rezipienten während der Nutzung des Mediums. Weiterhin wird VR von den Autoren die Fähigkeit zugeschrieben Zeit und Raum manipulieren zu können [SC03, S. 50].

Bricken [Bri90] hingegen legt sich auf einen einzigen Schwerpunkt fest: „*The primary defining characteristic of VR is inclusion; being surrounded by an environment. VR places the participant inside information*“ [Bri90]. Diese Charakteristik entspricht der virtuellen Welt aus der Definition von Sherman und Craig [SC03]. Die virtuelle Welt kann dabei eine existierende Welt abbilden oder frei erfunden sein. Diese Definitionen decken sich weitestgehend auch mit der Zusammenfassung von Milgram und Kishino [MK94]:

*„The conventionally held view of a Virtual Reality (VR) environment is one in which the participant-observer is totally immersed in, and able to interact with, a completely synthetic world. Such a world may mimic the properties of some real-world environments, either existing or fictional; [...]“ [MK94, S. 2]*

Hier werden die wesentlichen Eigenschaften von VR kompakt zusammengefasst: Die Virtuelle Realität entspricht einer real existierenden oder vollkommen fiktionalen virtuellen Welt,

die computergeneriert, interaktiv und immersiv ist. Da diese Definition die wichtigsten Aspekte vereint, wird sie als Grundlage für die weitere Arbeit verwendet.

Besonders wichtig in jeder Begriffserklärung von VR ist die immersive Eigenschaft eines VR-Systems. Immersion ist allerdings, ebenso wie VR selbst, ein Begriff, der keine eindeutig festgelegte Bedeutung hat, sondern von verschiedenen Autoren unterschiedlich dargestellt wird [Doe+13; SC03].

Auch hier lässt sich anhand von technischen und erlebnisorientierten Eigenschaften unterscheiden. Sherman und Craig [SC03] bezeichnen die verschiedenen Sichtweisen als „mentale“ und „physische“ Immersion. Die mentale Immersion deckt dabei das Gefühlserleben ab und die physische Immersion bezeichnet das körperliche Betreten eines Mediums [SC03, S. 9]. Beispielsweise werden vier technische Eigenschaften von Ausgabegeräten unterschieden, die für den Grad der physischen Immersion verantwortlich sind. Demnach soll ein Ausgabegerät dazu in der Lage sein, den Nutzer von der realen Welt isolieren zu können, möglichst viele Sinne ansprechen, den Nutzer vollständig umgeben und für eine lebendige Darstellung durch Qualität und Farbbrillanz des Displays sorgen [SW97].

Dem gegenüber steht das Verständnis der mentalen Immersion, das sich mit dem Gefühl der Rezipienten auseinandersetzt. Sherman und Craig [SC03] bezeichnen die mentale Immersion als „*sense of being deeply engaged*“ beziehungsweise „*having a sense of presence*“. Die Begriffe Präsenz und Immersion haben in der Literatur häufig überschneidende Bedeutungen [Doe+13; SC03; Sla09; WS98].

Mentale Immersion oder Präsenz bezeichnet das Gefühl sich tatsächlich in der virtuellen Welt zu befinden. Wenn eine Person sich in der virtuellen Welt so verhält, wie sie es in der Realität auch machen würde, besteht ein Hinweis auf das Präsenzerleben. Verschiedene Personen können in der selben VR-Anwendung allerdings unterschiedlich starke Präsenzerlebnisse aufweisen [Doe+13, S. 13].

Wichtig für Präsenz sind die Ortsillusion und die Plausibilitätsillusion [Sla09]. Ersteres bezeichnet das Gefühl sich an dem Ort zu befinden, der in VR dargestellt wird, während zweiteres den Fokus auf die Wahrnehmung der Geschehnisse legt. Eine Plausibilitätsillusion liegt dann vor, wenn die Ereignisse in der virtuellen Welt von den Rezipienten so wahrgenommen werden, als würden sie wirklich geschehen. Ergänzt werden die beiden Eigenschaften durch die Involviertheit, das heißt den Grad der Aufmerksamkeit des Betrachters an der dargestellten Welt [WS98].

Von Präsenz in dieser Definition zu unterscheiden, ist das Gefühl von sozialer Präsenz sowie der Telepräsenz, die in den vorigen Abschnitten dieser Arbeit bereits thematisiert wurden. Telepräsenz ist der Präsenz im Sinne der mentalen Immersion zwar sehr ähnlich, bezeichnet aber nicht nur das Gefühl sich an einem beliebigen Ort zu befinden, sondern

erweitert dies um die Möglichkeit mit dieser zu interagieren [Ste92]. Außerdem bezieht sich Telepräsenz auf real existierende Orte, während Präsenz sich im Rahmen von VR auch auf fiktionale virtuelle Welten erstrecken kann [SC03, S. 20].

## 2.6 Augmented Reality

Das Ziel von VR besteht, wie im vergangenen Abschnitt dargelegt, in der Erstellung einer immersiven Umgebung, die eine real existierende ersetzen soll. Im Gegensatz dazu steht der Ansatz der Augmented Reality oder Augmentierten Realität – kurz AR. Dabei steht die Immersion weniger im Vordergrund, sondern es geht vielmehr darum, die existierende Realität mit digitalen Inhalten anzureichern. Es soll die Illusion entstehen, dass die virtuellen Inhalte mit der realen Umgebung verschmelzen [BCL15].

Obwohl AR in den letzten 50 Jahren nicht nur in fiktionalen Filmdarstellungen, wie beispielsweise Iron Man oder Minority Report, Anwendung gefunden hat, sondern auch in der Forschung behandelt wurde, findet die Technologie erst in den letzten Jahren kommerzielle Zuwendung [BCL15]. Trotz der langen Forschungsarbeiten gibt es auch in diesem Fall kein allgemeingültiges Begriffsverständnis [Bro13].

Der Autor Azuma [Azu97] entwickelte in seinem Survey zu AR im Jahr 1997 folgende Definition, die in relevanter Literatur auch heutzutage noch herangezogen wird:

*„AR allows the user to see the real world, with virtual objects superimposed upon or composited with the real world. Therefore, AR supplements reality, rather than completely replacing it.“* [Azu97]

Darüber hinaus werden AR von Azuma drei wesentliche Eigenschaften zugeschrieben [Azu97]. Erstere beschäftigt sich mit dem allgemeinen Verständnis von AR – der Kombination von Realität und Virtualität. Die zweite Eigenschaft beschreibt die Welt als echtzeitfähig und interaktiv. Der letzte Punkt bezieht sich auf die drei Dimensionen der Darstellung und Interaktivität von Objekten.

In vielen wissenschaftlichen Arbeiten wird nur der erste Punkt herangezogen, um AR zu definieren. Broll [Bro13] fasst daher in seiner Definition zusammen:

*„Augmentierte Realität ist eine (unmittelbare, interaktive und echtzeitfähige) Erweiterung der Wahrnehmung der realen Umgebung um virtuelle Inhalte (für beliebige Sinne), welche sich in ihrer Ausprägung und Anmutung soweit wie möglich an der Realität orientieren [...] .“* [Bro13, S. 246]

In dieser Definition wird die Interaktivität mit dem System nur peripher behandelt. Der Fokus liegt vielmehr auf der Wahrnehmung der digitalen Inhalte. Allerdings wird auch deutlich, dass das Verständnis von AR sich nicht nur auf visuelle Anreicherungen beschränkt, obwohl dies in vielen Arbeiten der Fall ist. Auch auditive, haptische und olfaktorische Eindrücke können der realen Welt digital hinzugefügt werden [Bro13].

Da das Konzept dieser Arbeit ein System beinhaltet, in dem Personen innerhalb eines Meetings in ihrer Interaktion und Kommunikation unterstützt werden können, soll die Interaktivität der AR eine wesentliche Rolle spielen. Daher entspricht die Definition von Azuma [Azu97] eher dem Verständnis von AR, wie es innerhalb dieser Arbeit behandelt werden soll.

## 2.7 Mixed Reality

Der Begriff der Augmented Reality wird häufig auch mit der sogenannten Mixed Reality – kurz MR – verwechselt. Mixed Reality wurde bereits 1994 von Paul Milgram definiert [MK94]. Der Autor beschreibt in seinem Reality-Virtuality Kontinuum Abgrenzungen von Virtualität und Realität sowie der Zwischenexistenzen. Abbildung 2.3 verdeutlicht dies.

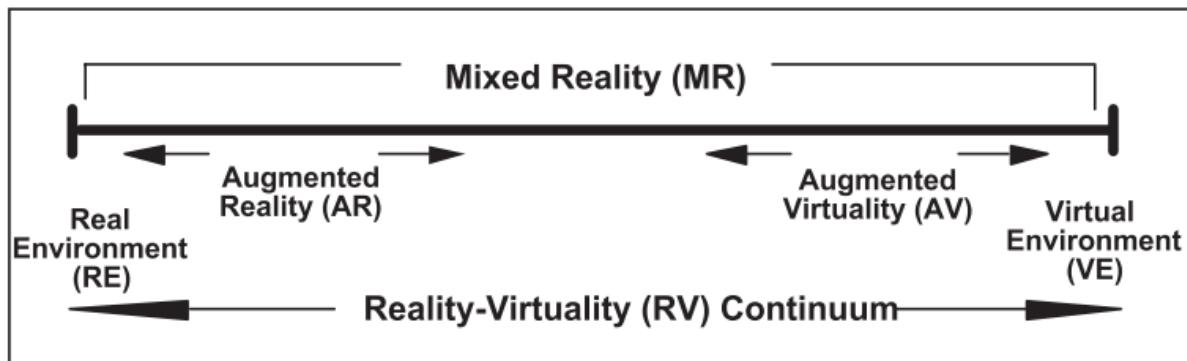


Abbildung 2.3: Definition von Mixed Reality im Reality-Virtuality Kontinuum [MC99].

Das Kontinuum erstreckt sich zwischen Realität auf einer Seite und Virtualität auf der anderen Seite. Alles dazwischen wird als MR betrachtet. Der Anteil der Virtualität nimmt dabei stetig zu, während die Realität entsprechend abnimmt. Reale Objekte sind in diesem Verständnis Objekte, die eine wirklich objektive Existenz haben. Virtuelle Objekte sind im Gegensatz dazu zwar in der Wahrnehmung vorhanden, aber objektiv betrachtet nicht real existent. Solange der Anteil der Realität innerhalb des Kontinuums überwiegt, wird von AR gesprochen. Ist allerdings der Anteil der Virtualität größer, wird der Begriff der Augmented Virtuality (AV) eingesetzt, solange, bis die Welt vollständig virtuell ist. Dann befindet der Rezipient sich in einer virtuellen Realität. Dementsprechend ist MR

beziehungsweise AR kein definierter Punkt, sondern der Raum zwischen Virtualität und Realität.

## 2.8 Verwandte Arbeiten

Die Recherche nach verwandten Arbeiten zu MR-Kommunikationssystemen zeigte Forschungsperioden zu Beginn der 90er Jahre sowie Anfang der 2000er. In der Zeit zwischen 2002 und 2015 konnten kaum Arbeiten gefunden werden, die sich mit diesem Thema beschäftigten. Mit dem Aufschwung neuer Technologien hat die Forschung sich in den 90er Jahren möglichen Anwendungsbereichen der AR und VR zugewandt [BCL15]. Neben Veröffentlichungen in den Bereichen der Wahrnehmung und der Performanz bezüglich AR, existieren bislang wenige Usability-Studien, die sich auf die Kollaboration mehrerer Nutzer eines solchen Systems beziehen [DGB08]. Die einschlägigen Konzepte aus der Literatur werden in den folgenden Abschnitten vorgestellt.

Die ersten kollaborativen Tools, die sich VR bedienten, wurden bereits 1993 untersucht. Das Konzept DIVE [CH93] implementiert ein VR-Interface für Remote-Kollaboration. Durch die natürliche Interaktion im dreidimensionalen Raum wurde der virtuellen Realität schon damals ein hohes Potenzial für das Gebiet der CSCW zugesprochen [BK99; Wex93]. Der größte Vorteil wurde in der Übertragung von kollaborativen Informationen gesehen, die in F2F-Interaktionen wichtig sind. Darunter fallen die Kommunikation durch die Manipulation von realen oder digitalen Objekten, Sprache und Gestenübertragung. Die meisten früh entwickelten Systeme wie DIVE [CH93] sind voll immersiv und trennen den Nutzer von der lokalen Umgebung ab [BK99]. Einige Autoren stellten sich daher zunehmend die Frage, wie die reale Welt in das Setting eingebunden werden kann [BAD15; Ben+98; BK99; Ohs+98].

Im Bereich CSCW werden Systeme, die den Ansatz von Kollaboration im dreidimensionalen Raum umsetzen, als *Shared-Space*-Technologien bezeichnet [Ben+98]. Definiert werden diese als verteilte elektronische Umgebungen, um die Remote-Kommunikation zwischen Personen zu verbessern. Shared-Space-Technologien können in fünf Kategorien unterschieden werden. Neben *Media-Spaces*, *Spatial Videoconferencing* und *Telepresence Systems* sind auch *Collaborative Virtual Environments (CVE)* und *Collaborative Augmented Environments* enthalten. CVE umfassen virtuelle Welten, die computergeneriert sind und jedem Teilnehmer die Möglichkeit bieten, den eigenen Viewport zu ändern und mit anderen Personen oder Objekten zu interagieren. Hierfür werden Avatare im dreidimensionalen Raum platziert, mit deren Hilfe Teilnehmer erkennen können, wer in der virtuellen Welt anwesend ist. Die augmentierte Variante versucht dabei, die Teilnehmer nicht von der realen Umgebung abzugrenzen, sondern diese zu integrieren.

Die Autoren Benford et al. [Ben+98] klassifizieren drei wesentliche Faktoren von Shared-Space-Technologien: *Transportation*, *Artificiality* und *Spatiality*. *Transportation* gilt als „*extent to which a group of participants and objects leave behind their local space and enter into some new remote space in order to meet with others, versus the extent to which they remain in their local space and the remote participants and objects are brought to them*“ [Ben+98, S. 190]. Nach dieser Definition ist *Transportation* mit Immersion in VR gleichzusetzen. Allerdings unterscheiden die Autoren die beiden Begriffe in zwei ausschlaggebenden Punkten. Ein System, das *full transportation* ermöglicht, nutzt die lokale Umgebung und augmentiert diese, während ein *full immersive*-System die lokale Umgebung abschneidet und durch eine computergenerierte, virtuelle Welt ersetzt. Außerdem bezieht sich *Transportation* auf die Wirkung einer gesamten Gruppe von Menschen sowie Objekten. Immersion hingegen bezeichnet die individuelle Wahrnehmung einer einzelnen Person.

*Transportation* wird ergänzt durch die Eigenschaft der *Artificiality*: „*the extent to which a space is either synthetic or is based on the physical world*“ [Ben+98, S. 191]. Dabei ist eine vollkommen synthetische Welt computergeneriert und lässt sich als VR-System einordnen. Eine Shared-Space-Technologie, die auf AR basiert, stellt das andere Extrem dar, da die genutzte Umgebung real existent ist.

Während *Transportation* und *Artificiality* auch auf klassische Remote-Technologien anwendbar sind, kann die dritte Klassifizierung – *Spatiality* – ausschließlich auf Shared-Space-Systeme angewendet werden [Ben+98, S. 195]. Dabei geht es um die Unterstützung physischer Eigenschaften des Systems, wie beispielsweise räumlicher Verteilung, Orientierung, Bewegungen und Distanzen. Eine dreidimensionale, virtuelle Umgebung erreicht ein hohes Maß an *Spatiality*.

Benford et al. [Ben+98] postulieren, dass alle drei Eigenschaften – *Transportation*, *Artificiality* und *Spatiality* – für eine gute Shared-Space-Experience in hoher Ausprägung notwendig sind. MR-Systeme vereinen die drei Aspekte laut der Autoren besonders gut. Sie argumentieren weiter mit *Boundaries* (Grenzen) zwischen physischen und synthetischen Umgebungen, die dafür überwunden werden müssen. Benford et al. [Ben+98] stellen die Frage, wie diese Grenzen überwunden werden können, um erfolgreiche Kollaboration zu ermöglichen. Die Antwort sind synchrone und gleich kalibrierte Koordinationssysteme in MR-Anwendungen, damit alle Teilnehmer das gleiche Erlebnis haben. In einer beispielhaften Anwendung, welche die Autoren *Internet-Foyer* nennen, wurde versucht diese Ansätze als MR-Anwendung umzusetzen. Dabei wurde eine 2D-Projektion eines virtuellen Raums gezeigt, die lokal anwesende Personen sehen konnten. Remote-Teilnehmer konnten sich auf ihrem Desktop innerhalb dieses virtuellen Raums bewegen und ihren eigenen Viewport steuern. Die Teilnehmer wurden jeweils durch Avatare im dreidimensionalen Raum repräsentiert. Benford et al. [Ben+98] schafften so einen Ansatz, der *Transportation*,

Artificiality und Spatiality berücksichtigt und dabei gleichzeitig die Grenzen zwischen der realen und der computergenerierten Welt überwindet. Sie erklären jedoch, dass dies nur einen Anfang darstellt und zukünftige Arbeiten sich daran orientieren sollten, um erfolgreiche MR-Kommunikationssysteme zu schaffen.

Billinghurst und Kato [BK99] beschreiben darüber hinaus zwei wesentliche Probleme im Bereich CSCW, welche Herausforderungen in der Umsetzung mit sich bringen: *Seamlessness* und *Enhancing Reality*. MR wird als idealer Lösungsansatz für diese gesehen. F2F-Kommunikation gilt als dynamisch und es ist einfach den Fokus schnell zwischen dem geteilten Arbeitsbereich, wie beispielsweise einem Dokument, und dem Sprecher sowie dessen nonverbalen Signalen zu wechseln. Dadurch existieren wenige *Seams* für die Beteiligten und die Kommunikation ist *seamless*. Viele CSCW-Tools für Remote-Kollaboration setzen diese Seamlessness nicht um. Billinghurst und Kato [BK99] beschreiben jedoch, dass ein signifikanter Zusammenhang zwischen weniger Seams und dem gesteigerten Gefühl von Vertrautheit und sozialer Präsenz besteht.

Als zweites Problem in der CSCW-Forschung geben die Autoren Enhancing Reality (Verbesserung der Realität) an [BK99]. Sie erklären, dass die meisten CSCW-Tools eine möglichst hohe Remote-Präsenz schaffen wollen, um einem F2F-Treffen gleich zu kommen. Das sei allerdings der falsche Ansatz, da eine computermedierte Kommunikation immer anders ablaufen würde als F2F-Situationen. Billinghurst und Kato [BK99] sprechen von „*beyond being there*“. Der Fokus der Forschung sollte mehr auf der Kommunikation und weniger auf dem *Tele*-Aspekt liegen. Es stellt sich für Entwickler eines Remote-Kommunikationssystems die Frage, was in einer F2F-Konversation besonders wichtig ist und wie diese Punkte simuliert werden können anstatt sie zu kopieren.

Um die Wirkung von Seamlessness in voll immersiven VR-Settings und full transportation-AR-Situationen zu untersuchen, entwickelten Kiyokawa et al. [KTY00] einen Versuchsaufbau. In einem Vergleich von Blick- und Gestensteuerung in AR- und VR-Settings sollten Teilnehmer eine einfache Zeige-Aufgabe durchführen. Es wurde darauf geachtet, inwiefern die körperliche Orientierung und die Visualisierung der Blickrichtung in Form von Linien einen Einfluss haben. Dabei konnten die Teilnehmer einen schnelleren und subjektiv einfacheren Lösungsweg finden, wenn sie nicht in voll immersiven Settings miteinander gearbeitet haben, sondern die reale Welt via AR eingebunden wurde.

Das Konzept des *AR2Hockey* [Ohs+98] ist einer der ersten Versuche AR als unterstützende Technologie für F2F-Situationen zu untersuchen. In dem Versuchsaufbau sehen zwei Personen die reale Umgebung sowie ein über ein Head-Mounted-Display (HMD)<sup>4</sup> angezeigtes Hockey-Feld und spielen miteinander. In den Ergebnissen dazu wird herausgestellt, dass eine natürliche Interaktion und Kollaboration mit den digitalen Inhalten erfolgt. Zwar

---

4. Ein Head-Mounted-Display (HMD) ist ein visuelles Ausgabegerät, das auf dem Kopf getragen wird.

beziehen die Aussagen sich nur auf F2F-Situationen, aber die kürzlich veröffentlichten Ergebnisse von Müller et al. [MRR17] beinhalten eine Bestätigung für die unterstützende Wirkung von AR-Elementen in der realen Umgebung auch für Remote-Kommunikation.

Schmalstieg et al. [Sch+98] entwickelten mit ihrer *Studierstube* ein ähnliches System, um F2F-Kommunikation durch die Anreicherung mit digitalen Elementen zu verbessern. Dabei tragen die Teilnehmer ebenfalls HMDs, mit denen sie die reale Umgebung und in ihrem Sichtfeld angezeigte Inhalte in Form von 3D-Objekten sehen. Die Autoren stellen in ihrer Untersuchung fünf eindeutige Vorteile von kollaborativen MR-Umgebungen heraus:

- *Virtuality* – Objekte, die in der realen Umgebung nicht vorhanden sind, können von allen Beteiligten trotzdem gesehen werden.
- *Augmentation* – Annotationen und Kommentare können an realen Objekten hinterlassen werden.
- *Cooperation* – Mehrere Nutzer des Systems können sich und die Objekte sehen und auf natürliche Art kooperieren.
- *Independence* – Jeder Teilnehmer hat seinen eigenen Viewport, den er unabhängig kontrollieren kann.
- *Individuality* – Angezeigte Inhalte können von jedem Nutzer individuell platziert und angesehen werden.

Diese Punkte beziehen sich zwar nur auf Settings, in denen sich die Personen in einem Raum befinden und gleichzeitig eine Augmentierung erfahren, allerdings könnten diese auch in einem Remote-Setting Anwendung finden. Vor allem, wenn angenommen wird, dass der Remote-Teilnehmer sich virtuell in dem dreidimensionalen Abbild des Raums der lokalen Teilnehmer befindet.

Neben Untersuchungen dazu, wie MR- beziehungsweise AR- und VR-Technologien die Kollaboration F2F unterstützen können, gibt es einige Veröffentlichungen zu Ansätzen und Möglichkeiten der MR-Remote-Kollaboration [BCL15; BK99; KP10; Piu+17b]. Vor allem die Wirkung von AR-Systemen in kollaborativen Remote-Settings sind in den vergangenen Jahren vermehrt untersucht worden [BCL15]. Dabei konnte insbesondere festgestellt werden, dass die Teilnehmer ein ausgeprägteres Gefühl von sozialer Präsenz und Verbundenheit gegenüber der Remote-Person empfanden, als in klassischen Audio- oder Video-Remote-Konversationen [Alm+12; BK00; BK02; KLS14; Pej+16].

Nakanishi [Nak+96] fand heraus, dass Avatare und *spatial sound* in MR-Settings dabei helfen können, den Sprecher zu unterscheiden und Personen zu identifizieren. Der Forscher stellt daher als Design-Implikation für geeignete MR-Remote-Interfaces die Notwendigkeit

von qualitativ hochwertiger auditiver Kommunikation sowie visueller Repräsentationen der Teilnehmer im dreidimensionalen Raum heraus. Auch der Versuchsaufbau von Greenwald et al. [Gre+17] zeigt, dass schon minimale Repräsentationen der Teilnehmer als abstrakte Avatare im virtuellen Raum für ein erhöhtes Gefühl von sozialer Präsenz sorgen.

In einer Untersuchung von Billinghurst und Kato [BK00], bei der Teilnehmer in drei unterschiedlichen Settings – nur über Audio, mit Video und mit einem MR-System – jeweils zehn Minuten miteinander reden sollten, wurde die MR-Remote-Person deutlich präsenter wahrgenommen als in den anderen beiden Settings. Darüber hinaus konnte gemessen werden, dass die Teilnehmer weniger Wörter und Unterbrechungen pro Minute benötigten. Wie bereits erwähnt, konnten Untersuchungen von Doherty-Sneddon et al. [Doh+97] zeigen, dass Dialoge mehr Unterbrechungen erfahren, wenn die beteiligten Personen sich nicht sehen können. MR-Kommunikation sorgt allerdings dafür, dass die Personen sich sehen können. Erkenntnisse wie diese implizieren, dass MR-Kommunikationssysteme einem realen F2F-Setting deutlich ähnlicher sind, als klassische Audio- oder Video-Konferenzen [BCL15].

Lee et al. [Lee+17] schlagen eine Lösung vor, bei der die Remote-Person über ein VR-Headset eine 360-Grad-Video-Live-Übertragung des Raums einer lokalen Person sehen kann. Letztere wird als *Host* betrachtet, die eine 360-Grad-Kamera auf dem Kopf befestigt hat. Die Personen können sich gegenseitig allerdings nicht sehen. Gao [Gao+17] et al. stellen eine VR zu VR-Kommunikation vor, bei der ein Remote-Teilnehmer eine Punktwolke des Raums um die lokale Person abgebildet bekommt und durch Gestenübertragung bei einer Aufgabe helfen kann. Der lokale Teilnehmer sieht dabei allerdings nicht seine eigene Umgebung, sondern ebenfalls die virtuelle Version.

Der Ansatz *Room2Room* – ein AR-Kommunikationssystem für Remote-Treffen – wird von Pejsa et al. [Pej+16] beschrieben. Dabei werden Personen als *virtual copies* aufgenommen und über einen Beamer in den lokalen Raum projiziert. Die Personen sind dadurch, im Gegensatz zu desktopbasierten Video-Systemen, in Lebensgröße zu sehen und werden direkt in die Umgebung platziert. Allerdings können durch die Hardware-Voraussetzungen der Körpераufnahme für die *virtual copies* nur 1:1-Übertragungen stattfinden. Damit sind Konferenzen mit mehreren Teilnehmern zunächst ausgeschlossen. In ihrem Versuchsdesign testeten die Autoren ihr System im Vergleich zu F2F-Kommunikation und einer *Skype*<sup>5</sup>-Variante. Eine einfache Koordinationsaufgabe wurde dabei in der F2F-Variante am besten gelöst. *Room2Room* wies allerdings eine deutlich schnellere und bessere Lösung auf, als die in Videokonferenzen entwickelte. Außerdem berichteten die Teilnehmer, dass sich die Remote-Person durch die Augmentierung im Raum deutlich präsenter anfühlte, als es in einem Video-Stream der Fall war.

---

5. <https://www.skype.com/de/>

Ende 2017 veröffentlichten Piumsomboon et al. [Piu+17a] ihre Variante eines MR-Kommunikationssystems *CoVAR*. Die lokalen Teilnehmer sehen dabei durch die *Microsoft HoloLens* eine digitale Abbildung der Remote-Person in Form eines Avatars im realen Raum. Gleichzeitig wird der Remote-Person selbst durch ein VR-Headset eine gescannte Repräsentation des lokalen Raums sowie der darin befindlichen anderen Teilnehmer angezeigt. Die Teilnehmer können durch eine Visualisierung der Blickrichtung der anderen Personen sehen, wohin der Avatar blickt. Außerdem werden die Hände und deren Bewegungen übertragen, um Gesten, wie das Zeigen auf bestimmte Elemente, den anderen Teilnehmern sichtbar zu machen. Im Wesentlichen entspricht der Grundgedanke dieser Anwendung zwar dem Konzept in dieser Arbeit, allerdings setzt CoVAR bis auf die Blickrichtung und Gestenübertragung der Hände keine weiteren Kommunikationsmöglichkeiten ein. Für die erfolgreiche Kollaboration wird auf Grundlage der bisherigen Recherche davon ausgegangen, dass Sprachübertragung sowie die Möglichkeit gemeinsam Objekte in der Umgebung manipulieren beziehungsweise bearbeiten zu können, als essenziell zu betrachten ist. Sherman und Craig [SC03] stellen zudem heraus, dass Involviertheit ein wesentlicher Faktor in virtuellen Realitäten ist, der mit dem Ausmaß an Kontrolle, die der VR-Nutzer in der virtuellen Umgebung hat, ansteigt. CoVAR verfolgt daher zwar einen ähnlichen Ansatz, jedoch könnten die erläuterten Defizite bei der Unterstützung verbaler Kommunikation und direkter Interaktion mit der Umgebung die erfolgreiche Remote-Kollaboration einschränken. Die Repräsentation des Raums könnte durch den qualitativ schlechten Scan der HoloLens-Kamera außerdem das Gefühl der Telepräsenz beeinträchtigen. Zwar kann dadurch eine Übertragung der aktuellen Raumkonstruktion erfolgen, allerdings ist fragwürdig, inwiefern die realitätsgetreue Platzierung von beweglichen Objekten, wie beispielsweise Stühlen oder Tischen, die Zielerreichung eines Meetings tatsächlich beeinflussen würde.

Sowohl das zuletzt erläuterte Konzept CoVAR, als auch die anderen vorgestellten Veröffentlichungen – sowohl für F2F als auch für Remote-Situationen – zeigen das Potenzial eines MR-Kommunikationssystems zur Unterstützung kollaborativer Remote-Meetings. Aus den zusammengetragenen Ergebnissen lassen sich Design-Herausforderungen und -Implikationen ableiten, die in der Konzepterstellung berücksichtigt wurden (siehe Kapitel 4).

## 2.9 Marktanalyse

Um die Vorteile von AR- und VR-Kommunikation selbst erleben zu können, wurde im Anschluss an die Literaturrecherche eine Marktanalyse mit bereits erhältlichen VR- und

AR-Kommunikationsmedien durchgeführt. Da die Analyse parallel zu den nutzerorientierten empirischen Methoden (siehe Kapitel 3) ablief, wurde zunächst darauf verzichtet diese mit einem Nutzersample zu explorieren. Die Tests mit Nutzern hätten einen zu hohen Aufwand in der Vor- und Nachbereitung bedeutet, welcher für diesen Zweck als nicht notwendig erachtet wurde. Stattdessen haben sich die Autoren darauf beschränkt, die Systeme selbst zu testen. Die Analyse sollte einen Überblick zu bestehenden Lösungen geben, um Inspiration zu erhalten und in der Konzeptentwicklung auf Alleinstellungsmerkmale achten zu können.

Damit eine systematische und miteinander vergleichbare Analyse der ausgewählten Tools stattfinden konnte, wurden vor der Exploration wesentliche Punkte notiert, die für die Entwicklung des vorliegenden Konzepts besonders interessant waren. Aufbauend auf diesen wurden Fragen formuliert, die während der Tests beantwortet werden sollten. Im Folgenden werden die einzelnen Tools kurz vorgestellt und deren Funktionen anhand dieser Fragestellungen genauer erläutert.

### **Welche Kommunikationssysteme wurden untersucht?**

Zu dem Zeitpunkt der Analyse bestanden aufgrund der Literaturrecherche schon fundierte Erkenntnisse zu unzureichenden Funktionen und Problemen im Umgang mit bekannten Desktop-Konferenzsystemen wie Skype oder *Google Hangouts*<sup>6</sup>. Eine Recherche nach geeigneten Tools für die Analyse wurde daher auf AR- und VR-Systeme beschränkt. Insgesamt wurden fünf Systeme ausgewählt und jeweils zu zweit getestet. Davon können zwei als reine Konferenzsysteme eingeordnet werden, während die anderen drei der Kategorie *Social Media* zugeordnet werden können. Aufgrund der bisher geringen Anzahl an Systemen für AR kam hierfür lediglich ein geeignetes Tool in Frage. Die anderen vier getesteten Tools sind für VR-Headsets entwickelt worden. Folgende Anwendungen wurden getestet:

**Facebook Spaces** *Facebook Spaces*<sup>7</sup> bringt die soziale Plattform *Facebook*<sup>8</sup> in die virtuelle Realität. Die Anwendung befand sich zum Testzeitpunkt in einer kostenlosen Beta-Version und war nur mit dem VR-Headset *Oculus Rift* nutzbar. Personen, die bereits auf Facebook angemeldet sind, können sich in der virtuellen Welt mit Freunden treffen und Orte besuchen.

---

6. <https://hangouts.google.com/>

7. <https://www.facebook.com/spaces>

8. <https://de-de.facebook.com/>

**Rec Room** Die Anwendung *Rec Room*<sup>9</sup> ist ebenfalls eine Social Media-Realisierung für VR. Im Gegensatz zu Facebook Spaces ist das Konzept aber offener, da sowohl die Plattform vielfältiger ist (Möglichkeiten auf *Oculus Rift*, *HTC Vive* und *Playstation VR* kostenlos zu nutzen) und bekannte sowie unbekannte Menschen aus der ganzen Welt getroffen werden können. Es gibt Möglichkeiten miteinander zu spielen, die Welten zu erkunden oder Aufgaben zu lösen.

**VRChat** Das Konzept einer sozialen Plattform in VR setzt auch die Anwendung *VRChat*<sup>10</sup> um. Ähnlich wie Rec Room können Personen auf der ganzen Welt sich mittels verschiedener Headsets in die virtuellen Welten begeben und sich dort treffen. Das Spiel befindet sich noch im sogenannten *Early-Access* und kann deshalb durch Nutzerfeedback weiterentwickelt werden und ist kostenfrei zugänglich.

**Telia VR Conference** *Telia VR Conference*<sup>11</sup> ist eine kostenfreie Applikation, die für Remote-Konferenzen und Meetings entwickelt wurde. Das allgemeine Konzept scheint dem dieser Arbeit nah zu kommen, allerdings werden alle Teilnehmer durch VR-Headsets zugeschaltet.

**Skype für Microsoft HoloLens** Die einzige ersichtliche AR-Anwendung, welche momentan als Meeting-Unterstützung genutzt werden kann, ist Skype. Für die Microsoft HoloLens gibt es eine Variante von Skype, die eine augmentierte Videokonferenz ermöglicht<sup>12</sup> (siehe Abbildung 2.4). Zum Zeitpunkt der Tests war die Kommunikation auf zwei Personen begrenzt, wobei nur eine davon eine Microsoft HoloLens tragen konnte und der andere Gesprächspartner die PC-Version verwenden musste.



Abbildung 2.4: Skype für die Microsoft HoloLens.

---

9. <https://www.againstgrav.com/rec-room/>

10. <https://www.vrchat.net/>

11. [http://store.steampowered.com/app/668490/Telia\\_VR\\_conference](http://store.steampowered.com/app/668490/Telia_VR_conference)

12. <https://www.microsoft.com/de-de/hololens/apps/skype>

### Wie werden die Teilnehmer repräsentiert?

In den meisten Anwendungen werden abstrakte Avatare verwendet, um die Teilnehmer zu repräsentieren. Diese sind teilweise aus fertigen Sets wählbar, teilweise modular anpassbar. Bei Facebook Spaces können Personen sich einen Avatar erstellen, der im Idealfall der eigenen Person sehr ähnlich sieht (siehe Abbildung 2.5). Die Avatare sind dabei in einer abstrakten und comicartigen Darstellung gehalten. Charakteristiken, wie Farbe und Schnitt der Haare, Augenfarbe sowie Form und Größe bestimmter Gesichtspartien, lassen sich individuell aus einem Set vorgefertigter Modelle kombinieren. Accessoires, wie Brillen und Hüte, lassen sich ebenfalls auswählen. Neben Kopf, Armen und Händen, wird auch der Oberkörper des Avatars angezeigt. Der untere Körperteil, ab der Taille abwärts, wird nicht dargestellt. Der Oberkörper kann durch die Auswahl einer T-Shirt-Farbe umgestaltet werden. Die Avatare in Rec Room sind zwar in einer anderen Comicart gestaltet, aber vom Prinzip ähnlich umgesetzt und sind ebenfalls sehr modular individuell anpassbar. Im Gegensatz zu Facebook Spaces sind die einzelnen Körperteile bei Rec Room nicht miteinander verbunden. Das heißt, die Arme sind nicht vorhanden, sodass die Hände frei in der Luft schweben. Auch der Hals wird nicht dargestellt.



Abbildung 2.5: Avatare in Facebook Spaces<sup>13</sup>.

In dem Konferenzsystem Telia werden die Avatare deutlich realistischer abgebildet. Der gesamte Körper der Avatare wird dabei in der virtuellen Welt angezeigt. Es kann entweder aus einem existierenden Set von jeweils zehn männlich und zehn weiblich aussehenden, realbildlichen Repräsentationen gewählt werden. Mithilfe der Applikation *bellus3D*<sup>14</sup> und geeignetem Equipment kann das eigene Gesicht gescannt und als 3D-Modell in Telia verwendet werden<sup>15</sup>.

13. Abgerufen von [https://www.vrandfun.com/facebook-s-biggest-vr-ar-announcement-ever-will-make-years-f8-conference/](https://www.vrandfun.com/facebook-s-biggest-vr-ar-announcement-ever-will-made-years-f8-conference/) am 03.12.2017.

14. <http://www.bellus3d.com/>

15. Diese Möglichkeit haben die Autoren aufgrund mangelnder Hardware nicht getestet.

Anders als die bisherigen drei Systeme, hat VRChat nicht nur eine Auswahl bestehender Avatare, die von realbildlichen Darstellungen, wie in Telia, bis hin zu Fantasy-Charakteren reichen, sondern auch die Möglichkeit, eigene Charaktere zu erstellen und einzubinden. Bei allen bisher genannten Tools wird zusätzlich der Name der Teilnehmer über den Köpfen der Avatare angezeigt. Bei Facebook Spaces ist außerdem das bei Facebook eingestellte Profilbild sichtbar.

Skype für die Microsoft HoloLens verzichtet auf dreidimensionale Repräsentationen der Personen und zeigt stattdessen im Sichtfeld des Headset-Trägers eine zweidimensionale Abbildung des Videostreams als Hologramm an. Da der AR-Teilnehmer nicht gefilmt wird, wird auf der Seite des Remote-Teilnehmers am Computer angezeigt, was die Kamera der Microsoft HoloLens aufnimmt.

### Wie wird die Umgebung repräsentiert?

Die Repräsentation der Welten ist bei den getesteten Anwendungen unterschiedlich. Auch hier bildet Skype die Ausnahme, da es durch den Videostream keine Notwendigkeit einer computergenerierten Welt gibt. In VRChat startet der Nutzer in einem Gebäude, das im Comicstil gehalten wurde, und kann in unterschiedliche Räume wechseln. Dabei gibt es die Möglichkeit, öffentliche Räumlichkeiten zu nutzen oder in privaten Räumen nur ausgewählte Personen zu treffen. Die Umgebung bietet spielerische Elemente mit denen interagiert werden kann. Ein ähnliches Konzept wird in Rec Room umgesetzt. Dort können unterschiedliche Welten und Räumlichkeiten besucht werden, die sowohl offen für alle sein, als auch geschlossen privat genutzt werden können. Das Aussehen der Räume ist ebenso unterschiedlich wie die Avatare in der Anwendung, da die Nutzer selbst Welten generieren können. Reale Abbildungen von existierenden Orten konnten jedoch nicht gefunden werden.

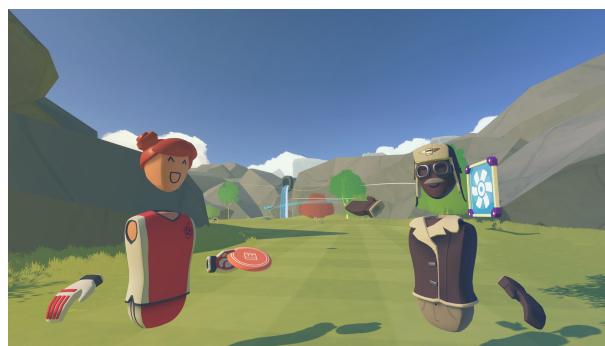


Abbildung 2.6: Avatare und Umgebung in Rec Room<sup>16</sup>.

---

16. Abgerufen von <https://www.vrheads.com/rec-room-psvr-calibrating-your-personal-bubble> am 03.12.2017.

Bei Facebook Spaces befinden sich die Teilnehmer immer in einer Kugel, die eine 360-Grad-Aufnahme abbildet. Dabei kann es sich um ein Foto oder ein Video handeln. In der Mitte dieser sogenannten *Sphere* ist ein virtueller, runder Tisch abgebildet, an dem sich die Teilnehmer befinden. Die 360-Grad-Aufnahme erlaubt eine optisch hoch realistische Wahrnehmung des Ortes, an dem sich die Teilnehmer treffen. Allerdings ist eine freie Navigation im Raum nicht möglich. Es kann zwischen öffentlich freigegebenen Orten, wie Parks, oder privaten, selbst aufgenommenen Orten, wie das eigene Wohnzimmer, ausgewählt werden.

Telia bietet weniger Freiraum in der Auswahl einer Umgebung. Die Teilnehmer des Meetings befinden sich in einem virtuellen, 3D-modellierten Konferenzraum, der mit einem großen Tisch und mehreren Stühlen ausgestattet ist.

### Wie kommunizieren und interagieren die Teilnehmer miteinander?

Da Facebook Spaces, Rec Room und VRChat primär darauf ausgerichtet sind, die sozialen Plattformen auf eine virtuelle Ebene zu heben und die zweidimensionalen Desktop- und Smartphone-Versionen zu erweitern, sind die enthaltenen Funktionen stark auf die Interaktion mit anderen Teilnehmern ausgelegt. Es ist möglich die Orte aus dem vorigen Abschnitt alleine zu besichtigen, aber auch sich mit mehreren Teilnehmern dort zu treffen. Die Kommunikation erfolgt bei allen getesteten Tools primär über die Sprache. Sekundär können in Rec Room und Facebook Spaces Emojis beziehungsweise Wörter für die anderen sichtbar in die Luft gestreut werden. Weiterhin gibt es in beiden Anwendungen die Möglichkeiten dreidimensional in die Luft zu zeichnen. Dies ist auch bei der AR-Skype-Version möglich.



Abbildung 2.7: Viele Teilnehmer in VRChat<sup>17</sup>.

Die Mimik wird bei den meisten getesteten Tools nicht übertragen. Im Gegensatz dazu wird bei Skype durch die Übertragung des Videos auch die Mimik der anderen Person vermittelt. Die Avatare in den anderen Anwendungen haben teilweise unterschiedliche

---

17. Entnommen aus <https://www.youtube.com/watch?v=ly2j3rCyg28> am 03.12.2017.

Gesichtsausdrücke, die allerdings eher zufällig generiert werden und nur eingeschränkt steuerbar sind. Außer bei Telia werden außerdem die Münden der Charaktere bewegt, wenn sie sprechen. Gestiken können in den VR-basierten Anwendungen über die Controller dargestellt werden, da die Armbewegungen dadurch simuliert werden können.

### **Welche speziellen Funktionen und Features gibt es?**

Die Fortbewegung im dreidimensionalen Raum ist in allen VR-Anwendungen unterschiedlich möglich. Es kann zwar immer der reale Raum genutzt werden, um ein paar Schritte zu gehen, allerdings sind größere Distanzen als ein bis zwei Meter im virtuellen Raum so nicht überwindbar. Deshalb ist es in jeder Anwendung möglich, sich zu teleportieren. Das Auslösen und die Umsetzung dieses Features ist bei den getesteten Anwendungen unterschiedlich, allerdings zeigen alle VR-Anwendungen den anderen Personen durch eine visuelle Darstellung, dass sich ein Teilnehmer teleportiert. So wird Verwirrung darüber vermieden, dass er sich ohne Ankündigung an einem anderen Ort befindet.

Insbesondere die Social Media-Tools haben sehr ähnliche Grundfunktionen. Freundeslisten, sich online treffen, miteinander in einer Welt beziehungsweise einem virtuellen Raum sein und zu kommunizieren sind nur einige Beispiele hierfür. Rec Room bietet vor allem zusätzliche spielerische Elemente wie beispielsweise Tischtennis, Darts, Poker oder Montagsmaler. Aber auch produktive Tools in Form von Whiteboards und einem Konferenzbereich sind enthalten. In VRChat ist die Interaktion mit der Umgebung nur geringfügig möglich. Dort liegt der Fokus auf der Kommunikation und Interaktion der Teilnehmer. Ähnlich sieht es in Facebook Spaces aus. Da die Welten teilweise aus 360-Grad-Aufnahmen bestehen und diese nicht interaktiv sind, sind die Möglichkeiten für Funktionen eingeschränkter. Es ist zum Beispiel möglich, Fotografien von sich selbst als Avatar anzufertigen und Medien, wie Bilder, überall im virtuellen Raum zu verteilen und somit den anderen Teilnehmern Erinnerungen oder Ähnliches zu zeigen.

Das Konferenz-Tool Telia bietet vor allem im Hinblick auf die Zielsetzung dieser Arbeit Funktionen, die für einen Meeting-Kontext wichtig sein könnten. Neben einer Anzeige, welche die Teilnehmer darüber informiert, welche Personen den Raum betreten, existiert eine digitale Anzeige der Uhrzeit. Die Personen können außerdem auf einer Präsentationsfläche Dokumente teilen und in einem Browser surfen (siehe Abbildung 2.8).

Das einzige AR-System Skype für die Microsoft HoloLens hat im Gegensatz zu den anderen Anwendungen deutlich weniger Funktionen. Es ist neben der Unterhaltung mit der anderen Person und dem Beobachten deren Videostreams möglich, im dreidimensionalen Raum

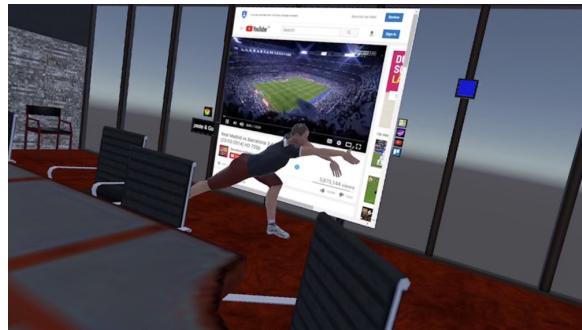


Abbildung 2.8: Gemeinsame Ansicht von YouTube in Telia VR Conference<sup>18</sup>.

zu zeichnen. Auch die Person, die am Desktop sitzt, kann in das Sichtfeld des HoloLens-Trägers zeichnen. Außerdem können Medien miteinander geteilt werden, die ebenfalls im Sichtfeld des AR-Teilnehmers angezeigt werden.

### **Welche Erkenntnisse liefert die Analyse?**

Als virtueller Treffpunkt mit Freunden funktionieren die Social Media-Anwendungen Facebook Spaces, VRChat und Rec Room gut. Die Interaktion miteinander wird durch die Sprachübertragung und den sich bewegenden Avatar bei allen Anwendungen unterstützt. Vermisst werden jedoch deutliche Gestiken und die Übertragung von Mimik, damit die Emotionen der Teilnehmer besser transportiert werden können. Der Versuch von zwei Anwendungen diesen Mangel in Form von Emoticons und Zeichen, die in die Luft gestreut werden, auszugleichen, wirkte zwar minimalistisch, aber für den Zweck der Systeme ausreichend.

Die Repräsentation der Teilnehmer in Form von Avataren war kaum befremdlich. Der abstrakte Comicstil in den meisten der getesteten Systeme umgeht einen möglichen *Uncanny Valley*-Effekt<sup>19</sup>, bietet aber durch die Anpassungsmöglichkeiten eine Individualisierung und damit einen Wiedererkennungswert einzelner Personen. Im Gegensatz dazu wirkten die menschlichen Avatare in Telia befremdlich und stellen ein Beispiel für das negative Gefühl des Uncanny Valley dar, sodass die Anwendung insgesamt als unangenehm empfunden wurde. Aus diesem Grund wird angenommen, dass die geeignete Repräsentation der Teilnehmer ausschlaggebend für das Wohlbefinden der Personen innerhalb eines virtuellen Kommunikationssystems ist.

---

18. Abgerufen von <https://www.mixtive.com/vrconference> am 03.12.2017.

19. Uncanny Valley bezeichnet den Effekt, dass die Akzeptanz von technisch simulierten Wesen von ihrem Realitätsgehalt abhängt. Es steigt jedoch nicht linear mit der Menschenähnlichkeit, sondern erfährt eine stark absteigende Akzeptanz bei einem gewissen Grad an Anthropomorphismus. Erst ab einer sehr hohen menschenähnlichen Darstellung, die der Realität entspricht, steigt die Kurve wieder an [Mor70].

Die Welten der Anwendungen machten trotz ihrer nicht fotorealistischen und teilweise comichaften Gestaltungen keinen unglaublich wirkenden Eindruck. Allerdings sorgten spielerisch gestaltete Umgebungen weniger für das Gefühl eines beruflichen Meeting-Kontextes, als es beispielsweise bei der realistischen Gestaltung in Telia der Fall war. Trotzdem wirkte Telia leicht unnatürlich und rief Unwohlsein hervor. Es stellt sich ebenso wie bei den Avataren die Frage, wie fotorealistisch die Umgebung wirklich sein muss, damit sie als glaubwürdig und angenehm wahrgenommen wird.

Das Zeichnen im Raum und das Teilen von Medien sowie die kollaborative Präsentationsfläche in Telia werden als wichtige Elemente für die Kollaboration der Teilnehmer wahrgenommen und daher als mögliche Funktionen innerhalb des vorliegenden Konzepts verzeichnet. Auch das Zeichnen am Whiteboard in Rec Room war natürlich für einen Meeting-Kontext. All diese Funktionen liefern zwar Inspiration für die allgemeine Konzeptentwicklung, funktionierten in den Anwendungen allerdings unterschiedlich zufriedenstellend. Vor allem das Teilen von Dokumenten und browsen im Internet in Telia war schwer bedienbar und nicht zufriedenstellend.

Das einzige getestete AR-System Skype für die Microsoft HoloLens ist lediglich für zwei Personen ausgelegt und daher für größere Meetings ungeeignet. Die Tatsache, dass nur eine der Beteiligten den anderen Teilnehmer sehen kann, ist für ein Szenario, in dem der HoloLens-Träger der anderen Person seine Umgebung zeigen muss, geeignet, entspricht aber nicht der Zielsetzung dieser Arbeit. Daher wird die Anwendung nicht als relevant betrachtet.

Insgesamt scheinen die Plattformen Facebook Spaces, VRChat und Rec Room als Social Media-Plattform geeignet zu sein, es ist allerdings schwer vorstellbar, dass sie für Konferenzen oder Meetings genutzt werden können, da die Interaktionsmöglichkeiten nicht darauf ausgelegt sind. Telia hingegen ist vom Prinzip für diesen Kontext geeignet und gestaltet, die Umsetzung weist aber Mängel auf, da die Benutzung nicht zufriedenstellend war und für ein unangenehmes Gefühl sorgte. Für den weiteren Verlauf der Arbeit wurden die positiven Elemente der einzelnen Systeme als Inspiration für die Konzeptentwicklung betrachtet. Die negativ aufgefallenen Aspekte lieferten Aufschluss über Funktionen und Designentscheidungen, die zu vermeiden beziehungsweise zu verbessern sind.

## 2.10 Forschungslücke und Abgrenzung

Wie die verwandten Arbeiten und die Marktanalyse zeigen, gibt es bisher wenige Studien und Veröffentlichungen zu Untersuchungen kollaborativer Remote-Technologien, die eine MR-Variante umsetzen, bei der sowohl AR als auch VR eine Rolle spielen. Die meisten

fokussieren sich primär auf eine Technologie [Piu+17b]. Dabei wird in den AR-Varianten häufig der Fokus auf die Anreicherung der F2F-Kommunikation gelegt, während VR-Lösungen Telepräsenz für den Remote-Teilnehmer selbst erreichen sollen. Es mangelt an Systemen und Forschung zu einer Kombination beider Systeme, um die Technologie für alle Teilnehmer des Remote-Meetings gleichermaßen nutzen zu können. Der Fokus bisheriger Arbeiten liegt außerdem häufig auf Situationen, in denen entweder alle Personen verteilt sind oder lediglich zwei Gesprächspartner kommunizieren sollen. Der Anwendungsfall von mehreren lokal anwesenden Personen und mindestens einem Remote-Teilnehmer wird kaum betrachtet.

Daraus ergibt sich die Notwendigkeit die Forschung zu erweitern und die Umsetzung eines MR-Systems anzustreben, das allen Teilnehmern eines Remote-Meetings die bestmögliche Unterstützung bietet. Die Remote-Teilnehmer sollen den Eindruck haben, dass sie sich tatsächlich mit den anderen Personen in dem Meeting-Raum zu befinden. Die lokal anwesenden Personen sollen ihn ebenso als aktiven Gesprächspartner im Raum wahrnehmen. Die wichtigen Elemente der F2F-Kommunikation sollten dabei für die gegenseitige Wahrnehmung der lokalen Teilnehmer in jedem Fall erhalten bleiben. Das kann nur geschehen, indem die Remote-Person als virtuelle Person in die reale Umgebung integriert wird und die anwesenden Personen sich weiterhin gegenseitig wahrnehmen können. Aber auch die nonverbalen Signale der Remote-Teilnehmer müssen ausreichend übertragen oder simuliert werden, da dies in klassischen Tele- und Videokonferenzsystemen bisher nicht ausreichend umgesetzt werden konnte. Daher stellt sich für das weitere Vorgehen die Frage, welche konkreten Features ein MR-Kommunikationssystem benötigt und wie diese umgesetzt werden können, damit die Remote-Kollaboration durch die neuen Technologien verbessert und angereichert werden kann. Um diese Funktionen aufzustellen zu können, wurde eine empirische Studie durchgeführt, in welcher der Kontext von Meetings und die soziale Praxis genauer beleuchtet wurden. Die Vorgehensweise sowie die resultierenden Ergebnisse werden im folgenden Kapitel behandelt.

## **3 Den Kontext verstehen: Empirische Vorstudie**

Im Anschluss an die Literaturrecherche wurden empirische Methoden der qualitativen Datenerhebung ausgewählt und mit Nutzern der Zielgruppe durchgeführt, um bei der Literaturrecherche herausgearbeitete Probleme und Potenziale bei Remote-Meetings zu verifizieren und gegebenenfalls zu erweitern. Hierfür wurde gemäß der Vorgehensweise der Design Case Studies [Wul+11] schon früh im Entwicklungsprozess eine Nutzerbasis herangezogen, um das Feld genauer zu erforschen und den Kontext der Nutzung sowie das Verhalten von Teilnehmern während Meetings zu verstehen. Die ausgewählten Methoden, die Durchführung sowie daraus resultierende Erkenntnisse werden in den folgenden Abschnitten dieses Kapitels vorgestellt.

### **3.1 Offene Beobachtungen**

Um die erarbeiteten problematischen Aspekte in Meetings besser verstehen sowie diese eventuell erweitern zu können, wurden zunächst Beobachtungen durchgeführt. Von einer reinen Introspektion wurde abgesehen, um subjektive Eindrücke mit empirischen Beobachtungen in Meetings zu vergleichen. Die Beobachtungen sollten in erster Linie dazu dienen, den Nutzungskontext genauer zu betrachten und dabei Voraussetzungen und Herausforderungen für geeignete Kommunikationssysteme zur Unterstützung von Remote-Meetings ausfindig zu machen.

#### **3.1.1 Methodische Vorgehensweise**

Die Beobachtungen lassen sich als nicht-teilnehmende, offene und strukturierte Beobachtung kategorisieren [MB07]. Die Beobachter sind jeweils zu zweit aufgetreten und haben sich sowie das Thema der Masterarbeit zu Beginn des Meetings offen vorgestellt. Um fokussiert zu bleiben und die Meetings nicht zu stören, wurde eine nicht-teilnehmende Beobachtung gewählt. Weiterhin wurden die Beobachtungen durch einen Leitfaden mit kategorisierten Fragen strukturiert. Der Leitfaden beinhaltet vor allem Aspekte, die für F2F-Meetings einen hohen Stellenwert haben – beispielsweise Blickrichtung und nonverbale Signale. Aber auch Allgemeines wie Hierarchien und Redeanteile wurden beobachtet. Durch die Hinzunahme des Leitfadens sollte sichergestellt werden, dass die Ergebnisse

aus unterschiedlichen Sessions miteinander verglichen werden können. Außerdem sollte die Strukturierung der Beobachtungen dafür sorgen, dass relevante Problemstellungen gezielter ermittelt werden konnten [MB07]. Beide Beobachter machten sich während der Meetings Notizen, die direkt im Anschluss diskutiert wurden. Dabei wurden die gewonnenen Eindrücke aus der Beobachtung mit den Ergebnissen der Literaturrecherche vergleichen, um weitere Erkenntnisgewinne ausmachen zu können.

Insgesamt wurden sechs Beobachtungen mit unterschiedlichen Settings durchgeführt. Im Schnitt nahmen an den durchschnittlich einstündigen Meetings etwa fünf bis sechs Personen teil. Um Unterschiede und kritische Aspekte zwischen F2F- und Remote-Meetings ausfindig zu machen, wurden verschiedene Meeting-Situationen beobachtet. Es wurden sowohl reine F2F-Settings als auch Meetings, bei denen alle beteiligten Personen durch ein Remote-Tool zugeschaltet waren, ausgewählt. Wie aus der Motivation in Kapitel 1.1 und der in Kapitel 2.10 erarbeiteten Forschungslücke hervorgeht, sind für die Zielsetzung der Masterarbeit Meetings, bei denen sich mindestens zwei Personen gemeinsam an einem Ort treffen und eine oder mehrere weitere Personen zugeschaltet werden, besonders interessant. Diese Konstellation wurde deshalb bewusst mehrfach beobachtet.

Neben der Differenzierung zwischen unterschiedlichen Formen von Remote-Situationen, wurden außerdem verschiedene Arten von Meetings herangezogen. Daher wurden sowohl Kreativ-Sessions und Team-Meetings als auch Treffen, um gemeinsam an Anträgen zu arbeiten, beobachtet.

#### 3.1.2 Ergebnisse

Obwohl die Beobachtungen in sehr unterschiedlichen Settings durchgeführt wurden, lassen sich einige Gemeinsamkeiten feststellen, die im Folgenden aufgelistet und erläutert werden.

**Mimik und Gestik** Nonverbale Signale wurden in allen Meetings sehr häufig verwendet. Nicht nur ausgedehnte und leicht zu erkennende Gesten, die von den Personen explizit und bewusst genutzt wurden, sondern vor allem auch unterbewusst eingeprägte Gesten wie das Nicken mit dem Kopf bei Bestätigungen oder Zustimmungen, wurden in den Meetings beobachtet. Diese waren jedoch häufig klein und subtil, sodass sie in F2F-Situationen durchaus wahrgenommen werden, aber vermutlich durch Videoübertragungen nur schlecht erkennbar waren. Sehr oft wurde außerdem Gesprochenes durch Gestikulieren untermauert. Bei der Erklärung eines Problems zeigte eine Person mit ihrem Körper physisch direkt was gemeint war, indem sie aufstand und eine bestimmte Bewegung nachahmte. In diesem Meeting war eine Remote-Person zugeschaltet, die aufgrund des Winkels der

Notebook-Kamera, die für die Kommunikation verwendet wurde, nichts davon sehen konnte. Situationen wie diese oder Kopfbewegungen als Rückmeldung zu Gesprochenem sind nur Beispiele nonverbaler Signale, die in zwischenmenschlicher Kommunikation und somit auch in Meetings sehr wichtig sind. Ein Kommunikationssystem für Remote-Situationen, welches das Ziel hat, die Qualität der Kommunikation zwischen den Beteiligten zu verbessern und natürlicher zu gestalten, sollte sowohl kleine nonverbale Signale als auch große Gesten deutlich und leicht erkennbar übertragen.

**Blickrichtung** In jeder der durchgeführten Beobachtungen war die Blickrichtung der Beteiligten ein interessantes Thema. Auffällig war vor allem, dass lokal anwesende Personen von anderen Anwesenden meistens mit dem Blick adressiert wurden. Remote-Teilnehmer wurden fast immer nur über den Namen angesprochen. Außerdem folgten die meisten Teilnehmer des Meetings mit ihrem Blick der Person, die gerade sprach. Dieses Verhalten wurde auch auf die nicht anwesende Remote-Person übertragen, denn während diese redete, starrten die meisten anderen Personen auf das Telefon beziehungsweise Notebook, auf dem sie zugeschaltet wurde. Bereits in Kapitel 2.4 wurde davon berichtet, dass der Blickkontakt für das Gefühl von sozialer Präsenz in Konversationen essenziell ist. Allein die Blickrichtung ist ein entscheidender Faktor, der die Kommunikation unterstützen kann (siehe Kapitel 2.3). Für ein innovatives Kommunikationssystem stellt sich daher die Herausforderung, die Blickrichtung zwischen den Teilnehmern so zu simulieren, dass im Idealfall direkter Blickkontakt entstehen kann.

**Kollaboratives Arbeiten** Kaum ein Meeting kam ohne ein Dokument beziehungsweise Artefakt aus, das mit den anderen geteilt wurde. Dabei kommt es zwar stark auf den Kontext des Meetings an, aber dennoch scheint es von hoher Notwendigkeit zu sein, den Personen die Möglichkeit zu geben, gemeinsam an etwas arbeiten zu können. In den beobachteten Team-Meetings kam es seltener vor, dass Personen Objekte oder Dokumente nutzten, um Dinge miteinander zu teilen. In Kreativ-Sessions hingegen wurde vor allem auf Whiteboards zurückgegriffen. In einem Meeting zur Besprechung eines gemeinsamen Papers waren zwei Personen gemeinsam in einem Raum und nutzten jeweils ein Notebook, um ein geteiltes *Google Docs*-Dokument zu bearbeiten, während nur auf einem der Geräte zwei weitere Personen über das Videochatsystem Skype zugeschaltet waren. Dabei fiel auf, dass die Kommunikation mit den entfernten Teilnehmern durch die vielen unterschiedlichen Sichten auf das gleiche Dokument umständlicher wurde. Die Teilnehmer mussten teilweise nachfragen, um welche Textstelle es ging oder auf welcher Seite etwas stand, während die beiden lokal anwesenden Personen durch einen Blick auf den Bildschirm des anderen immer wussten, worüber geredet wurde. Um solchen Situationen vorzubeugen, wurde in einem anderen Meeting, bei dem alle Teilnehmer über ein Device zugeschaltet waren, die

Möglichkeit genutzt, den eigenen Bildschirm mit den anderen Personen zu teilen. Dabei sehen zwar alle dieselbe Stelle, aber nur eine Person kann den Inhalt tatsächlich manipulieren beziehungsweise editieren. Da in allen beobachteten Meetings eine Form des Teilens von Inhalten oder Objekten genutzt wurde, sollten Remote-Tools dies berücksichtigen und eine Möglichkeit bieten, gemeinsam an Dingen arbeiten zu können, um Artikulationsarbeit zu erleichtern.

**Ablenkung** Computer, Laptops oder Smartphones wurden für die Ausführung von Remote-Meetings in den meisten Fällen herangezogen. Allerdings scheint der unmittelbare Zugang zu E-Mails oder anderen, für das Meeting unerheblichen Inhalten, ein moderierender Faktor für Ablenkung zu sein. Denn bei den Beobachtungen war auffällig, dass Personen sich während der Meetings vor allem in Fällen, in denen sie Geräte wie ihr Mobiltelefon in der Hand oder einen Computer vor sich hatten, leicht ablenken ließen. Teilweise konnte durch einen Blick auf den Bildschirm ausgemacht werden, dass insbesondere das Lesen und Beantworten von E-Mails sowie das Surfen auf sozialen Netzwerken für Ablenkung sorgte. Häufig schienen auch die entfernten Teilnehmer dem Inhalt nicht immer zu folgen. Diese Annahme resultiert aus der Tatsache, dass die Remote-Teilnehmer gegenüber anwesenden Personen einen geringeren Redeanteil hatten und teilweise nur durch das Aufschnappen von Stichwörtern reagierten. Sie konnten sich in diesen Fällen erst wieder aktiv an der Unterhaltung beteiligen, nachdem jemand das aktuelle Thema wiederholt hatte. Die Ablenkung von Personen sorgte dafür, dass die Meetings länger dauerten, da redundante Kommunikation betrieben werden musste. Für das Konzept dieser Arbeit ergibt sich daraus die Notwendigkeit, Ablenkung durch die Unterstützung von Konzentration auf das Meeting selbst zu verringern.

**Remote-Kommunikation** Sobald eine entfernte Person durch ein computerunterstütztes Kommunikationssystem zu einem der beobachteten Meetings zugeschaltet wurde, veränderte sich die Sprechlautstärke der anwesenden Personen. Während die Anwesenden bei den reinen F2F-Meetings bei einer ungefähr gleichbleibenden Lautstärke miteinander redeten, schwankte diese je nach angesprochener Person in Remote-Meetings stark. Beobachtet werden konnte vor allem, dass mit anwesenden Personen deutlich leiser verbal kommuniziert wurde, als mit zugeschalteten Teilnehmern. Sobald die Stimme an ein Telefon oder Notebook gerichtet wurde, um die entfernte Person zu adressieren, erhoben alle beobachteten Personen die Stimme, um sicherzugehen, dass sie verstanden wurden. Außerdem erfolgte in mehreren Situationen eine Nachfrage, ob alles verstanden worden sei. Diese Nachfragen störten den Fluss des Meetings. Für die Remote-Person war es schwer, entsprechendes Feedback zu geben. Wie aus Abschnitt 3.1.2 zu Mimik und Gestik hervorgeht, könnte schon ein kleines nonverbales Signal, wie beispielsweise ein Kopfnicken,

dafür sorgen, dass die sprechende Person sich verstanden fühlt. Für das Konzept bedeuten diese Erkenntnisse, dass es notwendig ist, den Nutzern eine Möglichkeit zu geben sich so verständigen zu können, dass sie weder die Sprechlautstärke signifikant verändern, noch gezielte Nachfragen bei der angesprochenen Person tätigen müssen, um festzustellen, ob sie verstanden wurden.

**Technische Probleme** Wie zu erwarten, ergaben sich in den beobachteten Remote-Meetings diverse technische Probleme wie beispielsweise Verbindungsstörungen, schlechte Bildqualität bei der Videoübertragung oder ganze Abbrüche von Verbindungen. Die Autoren sind sich darüber bewusst, dass diese zu den offensichtlichsten und schwierigsten Problemen bei Remote-Meetings gehören. Da die technische Optimierung in Form von software- oder hardwarebedingten Verbindungsstörungen nicht im Fokus dieser Arbeit liegen, werden diese Aspekte in der Konzeptentwicklung nicht explizit betrachtet.

**Fazit** Die Beobachtungen gaben einen Überblick zu potenziell relevanten Aspekten und Verhalten von Personen in Meetings. Interessant ist dabei, dass die Erkenntnisse trotz unterschiedlicher Zielsetzungen der beobachteten Meetings sowie verschiedener F2F- beziehungsweise Remote-Situationen über alle Beobachtungen hinweg konsistent sind. Viele Aspekte, wie Faktoren für die Ablenkung während des Meetings und allgemeine Rahmenbedingungen in Form von Tools, Protokollen und Agenden, konnten aus den reinen Beobachtungen nur schwer abgeleitet werden. Da die anderen genannten Punkte sich bereits nach der geringen Anzahl von sechs beobachteten Meetings wiederholten und kaum neue Erkenntnisse lieferten, wurde aufgrund der zeitlichen Limitierung dieser Arbeit auf weitere Beobachtungen verzichtet. Es sei anzumerken, dass die Sessions auf einen kleinen Arbeitskreis von Personen beschränkt wurden und sechs beobachtete Settings für allgemeingültige Aussagen nicht ausreichen. Daher wird empfohlen die Ergebnisse in größeren Beobachtungen mit unterschiedlichen Arbeitsgruppen zu verifizieren. Im Rahmen dieser Arbeit wurden Interviews angeschlossen, um die Erkenntnisse mit konkreten Aussagen verknüpfen zu können. Diese werden im folgenden Abschnitt ausführlich dargelegt.

## 3.2 Semi-strukturierte Interviews

Um Probleme, die sich aus den Beobachtungen ergeben haben, genauer identifizieren und besser verstehen zu können, wurden weitere empirische Untersuchungen in Form von semi-strukturierten Interviews angesetzt. Das Ziel der Interviewstudie bestand in der Vertiefung und Ergänzung des bisher erarbeiteten Wissensstandes über Meetings,

Meeting-Strukturen sowie notwendigen Tools und Problemen in Meetings. Im Folgenden werden die Methodik sowie Ergebnisse aus den Interviews aufgezeigt und diskutiert.

#### 3.2.1 Methodische Vorgehensweise

Um die im Vorfeld erkannten Probleme zu vertiefen, zu konkretisieren und neue Aspekte zu gewinnen, war es notwendig die Fragen in den Interviews zu strukturieren und anzuleiten. Gleichzeitig sollten die Interviewten eigene Erzählstränge generieren und von ihren Erlebnissen in Meetings frei berichten können. Die Interviews wurden deshalb semi-strukturiert gestaltet [Hel11]. Bei dieser Kategorie von Interviews werden Kernthemen für das Interview sowie besonders wichtige Fragestellungen in einem Leitfaden gesammelt, anhand dessen sich die Befragung orientiert [Hel11]. Über die Beantwortung der Leitfragen hinaus, sollten die Interviews Aufschluss über das Design und konkrete Gestaltungsempfehlungen für das Konzept geben. Durch die relativ offen gestaltete Interviewführung bei semi-strukturierten Interviews sind die Erkenntnisse schlechter direkt vergleichbar, aber unterschiedliche Schwerpunkte der einzelnen Interviews können verschiedene Implikationen für notwendige Funktionen der Applikation bieten [HM12, S. 102].

#### Vorbereitung

Die Vorgehensweise bei der Vorbereitung und Durchführung der Interviews richtete sich nach den Empfehlungen in dem *Manual für die Durchführung qualitativer Interviews* von Helfferich [Hel11]. Dementsprechend wurde der Interviewleitfaden nach dem Prinzip *SPSS bei der Leitfadenerstellung* aufgebaut [Hel11, S. 182-189]. Dabei werden in einem ersten Schritt *S* (Sammeln) Fragen gesammelt, die für die Zielsetzung des Interviews von Interesse sind. Diese Fragen werden im Anschluss in dem Schritt *P* (Prüfen) durchgegangen und teilweise eliminiert, wenn sie gewissen Kriterien nicht entsprechen. Zu diesen Kriterien gehören beispielsweise keine Faktenfragen oder Fragen, die sich nicht dazu eignen Erzählungen zu generieren, da sie zu geschlossen gestellt werden. Die übriggebliebenen Fragen werden in Schritt drei – *S* (Sortieren) – je nach Zielsetzung des Interviews sortiert. Im vorliegenden Fall wurden Oberkategorien gebildet, die später als Themenblöcke für das Interview verwendet werden sollten. Der letzte Schritt – *S* (Subsumieren) – dient dazu, die entstandenen Blöcke von Fragen jeweils mit einer einleitenden und erzählgenerierenden Frage zusammenzufassen. Die Frage soll möglichst offen gestaltet sein und so formuliert werden, dass die daraus entstehende Erzählung des Befragten möglichst viele der untergeordneten Fragen beantwortet.

Entsprechend dieses Vorgehens sind für den Leitfaden der Interviews drei wesentliche Themenblöcke entstanden, die im Folgenden kurz beschrieben werden<sup>1</sup>.

Nach einer kurzen Einleitung der interviewwenden Personen wurde der erste Block mit dem Zweck allgemeine Informationen zu der befragten Person zu erhalten, mit der Bitte eingeleitet, sich kurz vorzustellen. Um einen Übergang zu dem zweiten Themenblock zu schaffen, sollten die Interviewpartner darauf eingehen, welche Rolle Meetings in ihrem beruflichen Alltag einnehmen. Daraufhin sollten allgemeine Informationen zu Meetings durch die Aufforderung etwas über die bekannten Meetings der Befragten zu erzählen, gesammelt werden. Eine Frage nach Problemen und guten Erfahrungen, speziell bei Remote-Meetings, sollte den dritten Block einleiten. Dieser zielte darauf ab, subjektive Erfahrungen der Personen zu nutzen, um Hinweise auf notwendige Funktionen für die Konzeptentwicklung zu erhalten. Der Leitfaden wurde im Laufe der Interviews dynamisch und individuell an die interviewten Personen angepasst, um gezieltere Antworten zu erhalten.

### **Interviewteilnehmer**

Insgesamt wurden zehn Interviews geführt. Darunter waren sechs Teilnehmer männlich und vier weiblich<sup>2</sup>. Drei Personen waren Studierende des Masterstudiengangs Human Computer Interaction (HCI), die nebenbei als studentische Hilfskräfte tätig waren, und die anderen sieben Teilnehmer waren wissenschaftliche Mitarbeiter beziehungsweise Promotionsstudenten an der Universität Siegen (siehe Tabelle 3.1). Die Interviewteilnehmer wurden bewusst aus dem Arbeits- und Studierendenkreis der Gruppen *Wirtschaftsinformatik und Neue Medien* sowie *Computerunterstützte Gruppenarbeit und Soziale Medien* der Universität Siegen gewählt, da diese nicht nur aufgrund ihres regelmäßigen Meeting-Verhaltens geeignet schienen, sondern auch weil sie Teil der Beobachtungen aus Abschnitt 3.1 waren. So konnten die Aussagen der Teilnehmer mit den Ergebnissen aus den Beobachtungen verbunden werden, um ein ganzheitliches Bild zu den Bedürfnissen, Erfahrungen und Wünschen von Nutzern aus der Zielgruppe zu erstellen.

Kürzel	P01	P02	P03	P04	P05	P06	P07	P08	P09	P10
Beruf	HCI	WiMi	WiMi	WiMi	WiMi	WiMi	HCI	WiMi	WiMi	HCI

Tabelle 3.1: Übersicht der Teilnehmer der Interviewstudie. HCI steht für Studierende des Masterstudiengangs Human Computer Interaction, WiMi für *wissenschaftlicher Mitarbeiter*.

- 
1. Der vollständige Leitfaden für die Interviews ist Anhang A zu entnehmen.
  2. Eine detaillierte Auflistung aller an empirischen Methoden dieser Arbeit beteiligten Personen ist der Tabelle in Anhang C zu entnehmen.

## Durchführung und Nachbereitung

Die Interviews wurden in einem Zeitrahmen von einer Woche angesetzt, nachdem die Beobachtungen abgeschlossen waren. Alle Interviews wurden in einem geschlossenen Raum mit einer befragenden und einer protokollierenden Person durchgeführt und dauerten im Durchschnitt eine halbe Stunde. Die Protokolle wurden herangezogen, um – wie schon bei den Beobachtungen (siehe Kapitel 3.1) – nach jeder Session gemeinsam zu reflektieren und bereits gewonnene Erkenntnisse zu sammeln. Darüber hinaus wurden die Interviews mit einem Aufnahmegerät auditiv aufgezeichnet. Die Aufzeichnungen wurden vollständig transkribiert, um die Aussagen der Teilnehmer besser auswerten und vergleichen zu können. Hierfür wurden die Transkripte mithilfe der Analysesoftware *MAXQDA 12*<sup>3</sup> kodiert. Die Protokolle enthielten im Wesentlichen keine davon abweichenden Erkenntnisse und wurden daher nicht kodiert.

Für die Kodierung wurde nach den Empfehlungen zur qualitativen Inhaltsanalyse von Mayring und Brunner [MB07] vorgegangen. Semi-strukturierte Interviews lassen sich durch den bereits bestehenden Interviewleitfaden gut deduktiv kodieren. Bei dem deduktiven Verfahren werden zunächst Kategorien festgelegt, die anschließend auf Textstellen aus den Interviews angewendet werden können. Diese Kategorien entsprechen dann den Fragestellungen während des Interviews. Im Gegensatz dazu steht das induktive Verfahren, bei dem sich die Kategorien aus der Inhaltsanalyse der Texte ergeben. Wichtige Textstellen werden dabei zu passenden Kategorien zusammengefasst. Da die rein deduktive Analyse der durchgeföhrten Interviews als nicht ausreichend erschien, wurde die Kodierung durch die Anreicherung von induktiv erstellten Kategorien verfeinert. Außerdem wurden die Protokolle von den Beobachtungen aus Kapitel 3.1 anhand der gebildeten Kategorien kodiert, um Zusammenhänge ausmachen zu können. Für eine Übersicht der Kategorien sowie die Kodierung und Auswertung der Interviews und Beobachtungen, wurde in Anlehnung an Mayring und Brunner [MB07, S. 608] ein detaillierter Kodierleitfaden erstellt<sup>4</sup>. Insgesamt wurden 34 Codes erstellt, die sich auf 20 Hauptkategorien reduzieren lassen<sup>5</sup>. Einige Codes beziehen sich auf die allgemeinen Rahmenbedingungen von Meetings (Häufigkeit, Arten, Räumlichkeiten, Anzahl der Beteiligten, Dauer, Rollenverteilungen sowie Agenden und Protokolle). Darüber hinaus wurden Tools und Hilfsmittel in Meetings kategorisiert. Besonders interessant für Design-Herausforderungen sind Codefamilien, die sich auf Probleme und Vorteile von Remote-Meetings beziehen. Aufgrund der häufigen Nennung wurden außerdem Codes für Ablenkung und die Wahrnehmung des Videokanals angelegt.

---

3. <https://www.maxqda.de/>

4. Der Kodierleitfaden ist in Anhang B vollständig einzusehen.

5. Die hier beschriebenen Codefamilien beziehen sich nur auf die für die empirische Vorstudie relevanten Aspekte. Der Kodierleitfaden in Anhang B wurde im Rahmen der Auswertung der Prototypen-Evaluierung (siehe Kapitel 6) erweitert und weicht daher von der Darstellung an dieser Stelle ab.

### 3.2.2 Ergebnisse

Das übergeordnete Ziel der Interviews bestand in der Sammlung von Informationen über Meetings, Meeting-Strukturen sowie den in Meeting verwendeten Tools. Darüber hinaus sollten Probleme identifiziert werden, die bei Remote-Kollaboration auftreten und bei der Konzeptentwicklung zu berücksichtigen sind. Im Folgenden werden die Ergebnisse aus den geführten Interviews anhand der Zielsetzung erläutert und diskutiert.

#### (Remote-)Meetings als wichtiger Bestandteil des beruflichen Alltags

Alle Teilnehmer waren der Auffassung, dass Meetings eine sehr große Rolle in ihrem beruflichen Alltag spielen und bestätigten, dass sie regelmäßig Meetings abhalten müssen: „Also ich glaube das ist Bestandteil der meisten modernen Jobs, dass halt relativ viele Meetings einfach passieren. Egal, ob sie notwendig sind oder nicht, aber Meetings gibt es schon relativ häufig“ (P03). Gerade in der Arbeitsgruppe der Befragten werden viele Meetings abgehalten, da durch Projekte sehr viele Gruppenarbeiten existieren. P07 sagte dazu: „Meetings sind halt essenziell und man arbeitet ja eigentlich nie alleine, sondern immer im Team und man muss sich halt ständig austauschen.“ Es sei angemerkt, dass die Interviewten in ihrem beruflichen Alltag durch die besondere Form der Wissensarbeit häufiger mit Meetings konfrontiert werden, als es in anderen Arbeitsformen der Fall ist [Dru99].

Ausnahmslos alle Personen gaben an, dass sie lieber F2F-Meetings abhalten, als auf Remote-Lösungen zurückzugreifen. Trotzdem nannten die Teilnehmer eine Reihe von Gründen für Remote-Meetings und deren Vorteile: „Dann ist Remote natürlich ziemlich praktisch, weil man dann trotzdem dabei sein kann, aber dann halt auch trotzdem seine Bazillen für sich behält“ (P10). Darunter fallen sowohl krankheitsbedingte Situationen, als auch Meetings zu späten Uhrzeiten oder Treffen, die aufgrund von großen Distanzen zwischen den Teilnehmern nicht ohne sehr hohen Kostenaufwand möglich sind. Nicht alle Personen schalten sich bei den Meetings häufig über eine Remote-Technologie dazu, sind es aber gewohnt, dass mindestens eine Person nicht vor Ort anwesend ist und deshalb über ein Kommunikationssystem an Meetings teilnimmt. P09 erzählte, dass im Schnitt siebzig bis achtzig Prozent der Beteiligten vor Ort anwesend sein können und die anderen sich zuschalten.

#### Abläufe und Rahmenbedingungen von Meetings

Meetings im Projektkontext können unterschiedliche Zwecke und Arten haben. Die Teilnehmer halten im Durchschnitt wöchentlich ein bis zwei Team-Meetings ab, bei denen sie

sich mit den anderen Mitarbeitern ihres Projektkontextes treffen und sich gegenseitig auf den neuesten Stand bringen: „*Wie viele das sind, ist im Endeffekt schwer zu sagen, weil die in unterschiedlichen Projektphasen unterschiedlich stattfinden, aber das sind eigentlich nie weniger als vier, fünf [Meetings pro Woche] würde ich sagen*“ (P03). Diese regelmäßigen Treffen finden laut der Befragten in gleichbleibenden Räumlichkeiten statt und sind jeweils für eine Stunde angesetzt. Zusätzlich finden unregelmäßigere Treffen statt, die von den Team-Meetings abweichen. Die Länge kann stark variieren. Zwei Teilnehmer berichteten von Meetings, die drei Stunden in Anspruch nehmen. Dabei handelte es sich um Brainstorming oder Antragsbesprechungen. Auch die Räumlichkeiten sind bei unregelmäßigen Treffen nicht festgelegt, sondern variieren je nach Verfügbarkeit und Zweck des Meetings. Allerdings benannten alle Teilnehmer zwei Räume der Arbeitsgruppe an der Universität als häufige Orte für Meetings. Es stellt sich die Frage, inwiefern bekannte Räumlichkeiten zu einer positiven Atmosphäre in Meetings beitragen. Da Telepräsenz schon länger als erstrebenswert in der Entwicklung von Remote-Technologien gilt (siehe Kapitel 2.4), ist anzunehmen, dass eine Wahrnehmung der vertrauten Arbeitsräume eine positive Wirkung auf die Remote-Personen hat. Da die Interviewten feste Räumlichkeiten nannten, sollte überlegt werden, ob solche Räume virtuell übertragen werden können.

Die durchschnittliche Anzahl von Personen, die an den Meetings teilnimmt, beschränkt sich auf unter zehn Beteiligte: „*Im Durchschnitt so drei, vier, fünf Leute und nur wenige [Meetings] sind da mit noch mehr Leuten*“ (P06). Sechs der befragten Personen sprachen von kleinen Teams mit drei bis sechs Personen. Angaben mit bis zu 20 Teilnehmern an einem Meeting wurden nur von zwei Befragten gemacht, die sich auf Treffen bezogen, die laut ihrer Aussagen nur selten stattfinden. Meistens treffen sich in diesem Fall sogar alle Beteiligten vor Ort, während Remote-Settings in kleineren Meetings häufiger vorkommen. Diese Aussagen decken sich mit den Beobachtungen, bei denen nicht mehr als sieben Teilnehmer bei einem Meeting anwesend waren. Daraus leitet sich für die Konzeptentwicklung ab, dass der Fokus auf Kleingruppen mit bis zu sieben Personen liegt.

Die Interview-Teilnehmer berichteten durchweg über wichtige Rahmenbedingungen für Meetings in Form von Agenden und Protokollen: „*Manche Meetings laufen auch ganz chaotisch und ohne Agenda ab und da gibt es auch eine vage Übereinkunft [...], was irgendwie gemacht werden muss, aber weder so richtig mit Protokoll noch mit richtiger formeller Agenda*“ (P06). Die Verantwortlichen für diese Tasks sind dabei häufig wechselnd. Protokolle werden in der Regel digital an einem geteilten Ort abgelegt und auf die Frage, ob diese nochmal relevant werden, nachdem das Meeting abgeschlossen ist, antworteten die meisten Befragten, dass sie sich höchstens die letzte Mitschrift vor einem Folge-Meeting nochmal ansehen. Agenden werden laut Aussage der Teilnehmer untereinander geteilt und meistens eingehalten. Allerdings berichteten drei Personen von flexiblen Agenda-Punkten, die während des Meetings erweitert oder abgeändert werden können. Die Teilnehmer

erzählten, dass allen Beteiligten die Agenda vor einem offiziellen Meeting in der Regel bekannt ist, da sie über offizielle Einladungen in Form von E-Mails geteilt werden. P03 beschrieb Meetings, die in formellen Kontexten stattfinden und aufgrund von gesetzlichen Gegebenheiten sogar Agenden und Protokolle fordern. Im Interview mit P08 ist die Agenda ein zentrales Gesprächsthema gewesen und es wurde erzählt, dass vor allem Remote-Meetings von einem klaren Ablauf profitieren. Die Entwicklung des Konzepts sollte daher die strukturgebenden Eigenschaften der Agenda und der Protokollierung von Meetings berücksichtigen, um die bekannten Rahmenbedingungen integrieren zu können.

Nicht nur die Beobachtungen zeigten, dass die meisten Meetings sitzend stattfinden, auch Aussagen aus den Interviews lassen darauf schließen: „*Es passiert relativ selten, dass Leute aufstehen und mal anfangen. [...] Meistens ist es bei Meetings eher so, dass Leute einfach auf ihren Hintern sitzen*“ (P02). Einige Personen erzählten von Meetings, die sie lieber dynamisch und im Stehen abhalten. P05 berichtete von einer wöchentlichen, kurzen Zusammenkunft mit mehreren Personen, um die anstehenden Aufgaben für die Woche zu besprechen. Dabei stehen alle Beteiligten und können Post-Its an einem Whiteboard hin und her schieben. P01 erzählte von kreativen Brainstorming-Sessions im Stehen: „*Man ist [F2F] interaktiver. Wir stehen da, haben von mir aus noch ein Whiteboard und Papier und was auch immer wir brauchen, um zu arbeiten und machen einfach und können direkt miteinander interagieren.*“ Remote-Situationen über Tools wie Skype setzen das Sitzen vor dem Computer sogar voraus. Daher stellt sich die Frage, ob ein Tool entwickelt werden kann, das die Dynamik und Bewegung in Meetings unterstützen kann, obwohl sich eine oder mehrere Personen über ein Device zuschalten müssen. VR und AR können zwar sitzend ausgeführt werden, allerdings ist es ebenso möglich die Technologien im Stehen beziehungsweise in Bewegung zu nutzen. Fraglich ist allerdings, ob kleine Räumlichkeiten dies zulassen würden. Trotzdem sollte angedacht werden, den Beteiligten die Möglichkeit zu geben, sich während des Meetings bewegen zu können.

#### **Probleme bei Remote-Meetings**

Die ersten Interviewten gaben bei der Frage nach Nachteilen von Remote-Meetings Verbindungsprobleme oder schlechte Audio- beziehungsweise Video-Qualität an. In den meisten Interviews wurde angemerkt, dass kaum ein Remote-Meeting ohne die Vorkommnisse solcher Probleme ablief. Wie bereits in den Ergebnissen der Beobachtungen angemerkt wurde, ist die Optimierung dieser Probleme nicht in den zentralen Fragestellungen dieser Arbeit vorgesehen. Daher wurde diese Frage nach den ersten drei Interviews angepasst und nach Nachteilen – abgesehen von technischen Problemen – gefragt. Die Entwicklung eines neuen Kommunikationssystems, wie es in der Zielsetzung vorgesehen ist, wird solche

technischen und infrastrukturellen Probleme nicht lösen können. Daher werden sie innerhalb der Konzeptentwicklung nicht primär behandelt. Festzuhalten ist jedoch trotzdem, dass ein zufriedenstellendes Kommunikationssystem gute Audio- und Videoqualität mit sich bringen muss.

**Nonverbale Kommunikation** Neben den genannten Verbindungsproblemen wurde vor allem der fehlende nonverbale Kommunikationskanal als Problem in Remote-Meetings genannt: „*Also eigentlich geht halt komplett die nonverbale Kommunikation ziemlich unter, also weil man ja viel über Körpersprache mitteilt. [...] Ja, auch Blickkontakt. [...] Also diese ganzen subtilen Kommunikationssachen gehen ziemlich verloren*“ (P07). Fast alle Befragten gaben an, dass ihnen in Remote-Settings Mimik und Gestik fehlt und daher die Kommunikation allgemein erschwert wird. P05 sagte dazu: „*Man muss in einem Remote-Meeting alles aussprechen und das fällt mir schwer und das fällt allen schwer.*“ Es sei demnach mehr Artikulationsarbeit notwendig, da nonverbale Signale durch Video- oder Audiokanäle nicht ausreichend übertragen werden. P05 gab ein Beispiel für problematische Situationen, in denen nonverbale Signale wichtig sind: „*Alleine schon so rumruckeln auf dem Stuhl oder die Hand heben oder .. wenn ja, in einem Call, wenn du den Videokanal ausgemacht hast, kannst du ja gar nichts außer Audio, kannst ja gar nichts außer dich räuspern oder was sagen, um das überhaupt mitzuteilen.*“ Die vermehrten Aussagen über fehlende nonverbale Kommunikationssignale in Remote-Meetings decken sich mit der Literaturrecherche (siehe Kapitel 2.3 und 2.4) und dem in den Beobachtungen ausgearbeiteten Aspekt, dass Blickkontakt und Gestikulieren ein meist sogar unbewusster Bestandteil von Kommunikation ist (siehe Kapitel 3.1). Kommunikationssysteme sollten versuchen, die wichtigen nonverbalen Bestandteile der Kommunikation zu erfassen und zu übertragen. Schon kleine Gesten vereinfachen das Verständnis untereinander und sollten durch eine geeignete Repräsentation übertragen werden. Zwar ermöglicht der Videokanal eine Übertragung, allerdings konnte schon in der Literaturrecherche erarbeitet werden, dass die Gesten im Gegensatz zu F2F-Situationen mehr Interpretation bedürfen [HL91]. Es ist daher interessant, ob die Übertragung von nonverbalen Signalen im dreidimensionalen Raum die genannten Hindernisse überwinden könnte.

**Kamera** Die Präferenzen von der Nutzung des Video- oder nur eines Audiokanals in Remote-Settings war unterschiedlich. Die meisten Teilnehmer nutzen den Videokanal manchmal, aber nicht immer. Eine Person gab an, das Video nur zu nutzen, um die Umgebung zu zeigen und nicht zwangsläufig sich selbst. P10 erklärte, dass die Kamera im Team-Meeting normalerweise mitläuft, damit die anderen, die gerade nicht vor Ort sein können, ein größeres Gefühl der Zugehörigkeit empfinden. Dass sie die anderen Personen und Räumlichkeiten gerne sehen wollen, aber selbst nicht gefilmt werden möchten, drückten

drei der Befragten explizit aus. Zum Beispiel sagte P07: „*Also ich will mein Video selbst nicht zeigen, aber ich möchte gerne das andere sehen.*“ P07 empfand das Video sogar als ablenkend, weil mehr darüber nachgedacht wird, wie die Wirkung auf andere sein könnte. Diese Aussage deckt sich mit einer Studie von Hassell und Cotton [HC17], aus der hervorgeht, dass das Sehen des eigenen Bilds in einer Videokonferenz von der eigentlichen Meeting-Situation ablenkt. Zwei Befragte gaben dennoch an, den Videokanal in jedem Fall zu bevorzugen. Sie begründeten dies damit, dass sie dadurch Gestik und Mimik in das Gespräch einbauen können und weniger nonverbale Kommunikationsebenen verloren gingen. Ein Kommunikationssystem, das die nonverbalen Signale übertragen kann und ohne eine Webcam oder Ähnliches auskommen würde, könnte für beide Meinungsvertreter eine Lösung sein. Eine Repräsentation der Beteiligten in Form von Avataren, die sich im dreidimensionalen Raum befinden, könnte eine solche Lösung darstellen, da die Personen auf diese Weise nicht gefilmt werden, gleichzeitig aber ihre Bewegungen übertragen und von den anderen wahrgenommen werden können.

**Ablenkung** Fünf Personen berichteten bei der Frage nach Nachteilen in Remote-Settings von Ablenkung. Ein Teilnehmer gab zu, sich öfter von dem Meeting-Geschehen ablenken zu lassen, wenn er über ein Device zugeschaltet sei, da er ohnehin das Notebook vor sich habe. Neben ihm berichtete eine weitere Person, dass E-Mails prüfen bei solchen Meetings dazu gehöre. Allerdings wurden neben diesen naheliegenden Ablenkungen auch andere Faktoren erwähnt, welche die Aufmerksamkeit der Remote-Person auf sich ziehen, beispielsweise Familienangehörige und Haustiere. Die Interviewten gaben an, dass sie sich von der Ablenkung der anderen Personen gestört fühlen: „*Das nervt mich häufig, dass Leute sehr abgelenkt sind [...] und mehrere Sachen gleichzeitig machen*“ (P08). Eine Person äußerte sogar, dass sie sich respektlos behandelt fühle, weil sie in solchen Situationen das Gefühl habe, der Gesprächspartner nehme das Meeting nicht ernst. P05 verglich die Ablenkung in Remote-Meetings mit F2F-Situationen und stellte dabei fest: „*Wenn du dir vis-a-vis gegenüber sitzt, dann kannst du da schneller korrigieren oder sanktionieren.*“ Auch aus den Beobachtungen geht hervor, dass sich Personen, die sich thematisch gerade nicht involviert fühlen, mit anderen Dingen beschäftigen (siehe Abschnitt 3.1.2). Daher stellt sich die Frage, wie ein Kommunikationssystem diese Ablenkung reduzieren und das Meeting-Geschehen in den Vordergrund stellen könnte. Die immersiven Eigenschaften der VR könnten dafür sorgen, dass die Remote-Teilnehmer sich mehr auf das Geschehen innerhalb des Meetings fokussieren, weil sie ihre eigene Umgebung ohnehin nicht mehr visuell wahrnehmen können.

### Kollaboration in Remote-Meetings

Neben klassischen Remote-Systemen wie Skype, Google Hangouts oder *Zoom*<sup>6</sup> wurden auf die Frage nach Tools oder Hilfsmitteln bei Meetings vor allem kollaborative Systeme genannt, mit denen Dokumente und Dateien gleichzeitig eingesehen und bearbeitet werden können. Jeder Teilnehmer berief sich auf Google Docs und *Screen-Sharing*. Die Befragten gaben an, dass es sehr wichtig sei, gemeinsam an etwas arbeiten zu können und in Meetings in Echtzeit das Gleiche sehen zu können. Ein paar der Interviewten sagten sogar, wie P05 in folgendem Zitat, dass sie dafür auf andere wichtige Funktionen verzichten würden: „*Videokanal im Sinne von, die anderen sehen, ist mir nur bedingt wichtig. Also auf den könnte ich eher verzichten, als auf geteilte Bildschirme oder geteilte Dokumente und sowas.*“ Die Teilnehmer berichteten teilweise auch davon, dass es schwieriger sei, in Remote-Situationen eine Ansicht zu teilen: „*Bildschirm teilen geht bei Skype, aber es ist irgendwie nicht das Gleiche, wie wenn man wirklich mal daneben sitzt und einer einem das alles in allen Facetten zeigen kann*“ (P02). Obwohl schon viele kollaborative Softwareunterstützungen existieren und die meisten Remote-Tools geteilte Ansichten unterstützen, besteht demzufolge das Bedürfnis nach einer natürlicheren geteilten Ansicht. Das Konzept sollte die Notwendigkeit, gemeinsam an Dingen arbeiten zu können, berücksichtigen und im Idealfall eine Möglichkeit finden, auch in Remote-Situationen ohne großen Mehraufwand gleichzeitig dasselbe sehen und sich über dasselbe unterhalten zu können. In Kapitel 2.8 wurden die Vorteile von Augmentierung und virtuellen Inhalten im Sichtfeld der Beteiligten für die Kollaboration und Kommunikation in Meetings bereits angesprochen. Aufgrund dieser Ergebnisse wird davon ausgegangen, dass das gleichzeitige Arbeiten an Objekten im dreidimensionalen Raum die Remote-Kollaboration unterstützen kann.

Jeder Interview-Teilnehmer berichtete von der Benutzung von Whiteboards während Meetings. Diese werden zwar nicht in jedem Meeting verwendet, wurden aber als wichtiger Bestandteil genannt. Vor allem, wenn es um kreative Meeting-Sessions ging, wurde das Whiteboard erwähnt: „*Flipcharts und Whiteboards sind eigentlich immer ganz gut für Brainstorming und Ideenfindung, weil da jeder dann drauf rumkritzeln kann*“ (P10). Allerdings verwenden die wenigsten Befragten ein Whiteboard in Remote-Settings, da es schwierig sei, die Sicht und das gemeinsame Arbeiten über das Medium zu vermitteln: „*Wenn drei Leute vor Ort sind und zwei sind remote dazugeschaltet und man arbeitet mit einem Board, dann ist es sehr schwierig für diejenigen, die remote dabei sind, zu sagen, hey beweg oder schreib mal den Zettel*“ (P05). Drei Personen berichteten von Meetings, in denen sie trotz einer Remote-Situation das Whiteboard einbezogen haben. P05 beschrieb, dass es sehr schwierig war, da viel mehr darüber geredet werden musste, was

---

6. <https://zoom.us/>

auf welche Weise aufgeschrieben werden sollte. Dies geht mit dem bereits erwähnten Punkt der fehlenden nonverbalen Kommunikation einher, die mehr verbale Artikulationsarbeit erfordert. Settings, in denen eine Remote-Person zusätzlich äußern muss, wie sie etwas malen oder schreiben würde, anstatt es selbst malen oder schreiben zu können, stören den Fluss eines Meetings. Es existieren zwar bereits Tools, die ein Whiteboard digital abbilden, wie beispielsweise das *RealtimeBoard*<sup>7</sup>, allerdings beschrieben ein paar der Befragten diese als nicht so natürlich und gut funktionierend wie ein analoges Whiteboard: „*Ich glaube die Modalität eines Whiteboards... Also das aufstehen, das tatsächlich daran rumschmieren, das auch mit der Hand oder einem Lappen wieder wegwischen können, hat eine andere Qualität als diese Google Tools*“ (P02). Daraus ergibt sich die Fragestellung, wie ein Kommunikationssystem allen Teilnehmern die Möglichkeit geben kann, gleichzeitig an einem Kollaborationstool zu arbeiten und dabei im Idealfall die Modalität eines echten Whiteboards auch in digitaler Form zu erhalten.

## Fazit

Zusammenfassend lässt sich zu den Ergebnissen sagen, dass die Interviews einige der in den Beobachtungen festgestellten Probleme in (Remote-)Meetings bestätigen konnten. Außerdem haben die Ergebnisse dazu beigetragen, Meetings im Allgemeinen besser zu verstehen. Einige Probleme, vor allem der Mangel nonverbaler Kommunikationselemente in Remote-Meetings, lassen sich mit den anderen Bereichen, wie der Ablenkung oder dem gemeinsamen Arbeiten an Dokumenten und Objekten, verbinden. Alle genannten Aspekte sind nur Teile der in den Interviews auftauchenden, relevanten Probleme und Situationen in Meetings, die ein innovatives Kommunikationssystem lösen sollte. Die vorgestellten Faktoren wurden allerdings von fast allen Befragten angemerkt und haben daher einen hohen Stellenwert für die Konzeptentwicklung. Vor allem die Übertragung von Gesten und Mimik beziehungsweise Blickkontakt sollte in dem Konzept dieser Arbeit berücksichtigt werden, da dies von allen Befragten als wesentlicher Mangel in Remote-Settings wahrgenommen wurde. Ebenfalls von allen genannt wurde das gemeinsame Arbeiten an Dingen. Ein Kommunikationssystem, das die kollaborative Arbeit von Teams unterstützen soll, muss eine geteilte Sicht und Änderungen an Objekten in Echtzeit ermöglichen. Dazu zählt vor allem ein Tool wie ein Whiteboard, das die kreative Arbeit unterstützt und von allen Personen gleichzeitig bedient werden kann. F2F-Meetings werden bisher trotzdem von den meisten Personen bevorzugt. Daher sollte davon abgesehen werden, den Fokus auf die Unterstützung reiner Remote-Meetings zu legen. Die Zielsetzung sieht vor, Personen, die sich lokal treffen können, die Möglichkeit zu geben, den lokalen Raum

---

7. <https://realtimeboard.com/>

und die F2F-Vorteile wie Mimik, Gestik, Dynamik und unmittelbare Kommunikation weiterhin zu nutzen.

Die Ergebnisse der Interviews entsprechen der Zielsetzung, mehr über Meetings und deren Strukturen zu erfahren sowie Design-Implikationen für die Konzeptentwicklung zu erhalten. Die Erkenntnisse beziehen sich allerdings stark auf die Arbeitsgruppe, aus der die Befragten stammen. Die Stichprobe kann aufgrund der selektiven Auswahl nicht repräsentativ für alle Remote-Meeting-Teilnehmer betrachtet werden. Im Rahmen dieser Arbeit erfüllt sie jedoch ihren Zweck, indem sie Anhaltspunkte für die Bedürfnisse der Nutzergruppe liefert. Diese sollten allerdings nicht generalisiert werden und sind für weitere Forschungsarbeiten näher zu untersuchen.

Insgesamt wurden in Literaturrecherche, Beobachtungen und Interviews größtenteils deckungsgleiche Erkenntnisse zu Problemen in klassischen Remote-Meetings gesammelt. Interessant ist, dass viele Aspekte aus älterer Literatur<sup>8</sup> von der empirischen Studie bestätigt wurden und daher anscheinend bis heute nicht ausreichend gelöst werden konnten. Dies unterstreicht die Notwendigkeit eines innovativen Ansatzes für Remote-Meetings, der diese Probleme angeht.

### **3.3 Fokusgruppendiskussion**

Nachdem die Interviews und Beobachtungen abgeschlossen, kodiert und ausgewertet waren, wurde das Konzept grob ausgearbeitet, um es in einem Kolloquium zur Masterarbeit zu präsentieren<sup>9</sup>. Im Anschluss an die Vorstellung der Gesamtidee und der Vorgehensweise in der Masterarbeit sollte in einer Diskussionsrunde mit dem Publikum das Konzept verfeinert werden. Da mit bisher befragten und beobachteten Personen sowie Studierenden der Disziplin HCI zu rechnen war, wurde eine Fokusgruppendiskussion mit Experten geplant. Die Methode der Fokusgruppendiskussion wurde genutzt, um eine Gruppe von Benutzern oder Experten unter der Anleitung eines Moderators über Nutzungsprobleme eines Kontextes, Gestaltungsvarianten oder Inhalte diskutieren zu lassen [HM12, S.92]. Das methodische Vorgehen und die Ergebnisse werden in den folgenden Abschnitten dargestellt.

#### **3.3.1 Methodische Vorgehensweise**

Die Fokusgruppendiskussion eignete sich an dieser Stelle des Designprozesses, um das allgemeine Konzept sowie Reaktionen darauf zu evaluieren. Das übergeordnete Ziel der Dis-

---

8. Mit älterer Literatur sind Veröffentlichungen gemeint, die im Jahr 2018 mehr als 10 Jahre zurücklagen.  
9. Die vollständige Ausführung des Gesamtkonzepts wird ausführlich in Kapitel 4 behandelt.

kussion bestand in der Identifizierung von besonders wichtigen Funktionen und Kriterien, die ein Kommunikationssystem zur Unterstützung von Remote-Meetings benötigt. Dabei sollte vor allem auch die Integration der neuen Technologien AR und VR im Vordergrund stehen. Beispielsweise sollten stark diskutierte Themen den Autoren Aufschluss darüber geben, welche Aspekte und Designentscheidungen besonders wichtig sind und mit Nutzern getestet werden müssen.

Anhand des Leitfadens für Fokusgruppen nach den Autoren Benighaus [BB12], wurde ein Ablauf für die Diskussion vorbereitet. Dabei wurden die fünf Phasen der Fokusgruppen beachtet und Leitfragen entworfen. Da die Diskussionsrunde direkt anschließend an das Masterarbeits-Kolloquium der Autoren eingeleitet werden sollte und dieses offen für alle Mitarbeiter und Studierende in den Arbeitsgruppen Wirtschaftsinformatik und Neue Medien sowie CSCW und Soziale Medien an der Universität Siegen war, konnte keine selbst durchgeführte Selektion der Teilnehmer erfolgen. Daher war zunächst auch die Anzahl der teilnehmenden Personen unbekannt. Der Leitfaden wurde dementsprechend angepasst und offen gestaltet.

In der ersten Phase soll laut Benighaus [BB12] eine Begrüßung und Einführung stattfinden. Diese wurde bereits durch die vierzig-minütige Präsentation der Masterarbeit abgedeckt werden. Im zweiten Schritt geht es um die Einleitung der Diskussion, indem die Teilnehmer dazu aufgefordert werden, eine Frage zum *ICH* zu beantworten. Dadurch sollen sie etwas über ihr Selbstkonzept offenbaren und Vertrauen zueinander aufbauen. Diese Phase wurde für Rückfragen an die Autoren geplant.

Phase drei ist wichtig, um eine Arbeitsbeziehung zwischen den beteiligten Personen zu schaffen. Dabei soll das *WIR* entstehen. Hierfür wird eine einleitende, themenbezogene Frage gestellt, die den Teilnehmern zeigen soll, dass es unterschiedliche Meinungen beziehungsweise Kenntnisstände unter ihnen gibt. Es wurde eine offene Frage nach den Vorerfahrungen mit den Technologien AR und VR gewählt, da durch die Mischung aus Mitarbeitern und Studierenden davon auszugehen war, dass die Teilnehmer des Kolloquiums diesbezüglich unterschiedliche Erfahrungen und Berührpunkte hatten.

In der Hauptphase einer Fokusgruppendiskussion sprechen die Autoren Benighaus [BB12] von der Herausbildung eines *ES* durch konkrete inhaltliche Fragen. Sie empfehlen, mehrere unterschiedliche Themenblöcke mit kleineren leitenden Fragen zu entwerfen. Im ersten Block sollte die allgemeine Akzeptanz für die Innovation abgefragt werden. Hierfür wurden Fragen nach Szenarien und Vor- beziehungsweise möglichen Nachteilen des Konzepts gegenüber bisherigen Remote-Meeting-Technologien ausgesucht. Um Design-Implikationen für die Konzeptverfeinerung zu erhalten, wurde ein zweiter Block mit Fragen nach möglichen Features sowie geeigneter Repräsentationen der Teilnehmer vorgesehen. Aufgrund

der Länge des Kolloquiums und der bisher aufgestellten Fragen, wurde darauf verzichtet weitere Themenblöcke abzuhandeln.

Die letzte Phase schließt mit einer Zusammenfassung der Ergebnisse. Diese wird durch eine abschließende Frage an die Teilnehmer durchgeführt. Hier war geplant, das Publikum zu fragen, ob sie ein solches Kommunikationssystem in ihrem Berufsalltag nutzen würden.

#### 3.3.2 Ergebnisse

Obwohl der Ablauf und die Leitung der Fokusgruppendiskussion detailliert geplant wurden, konnte sie nicht wie beschrieben durchgeführt werden. Einerseits hat die Anzahl von mehr als 15 Personen im Publikum die Leitung einer stringent moderierten Diskussionsrunde erschwert, andererseits wurden im Anschluss an das Kolloquium zu viele Rückfragen seitens der Teilnehmer gestellt. Diese sorgten aber für einen natürlichen Austausch und Diskussionsfluss. Da der Wortwechsel den Zielsetzungen der Methode entsprach, begaben sich die Autoren nur peripher in eine Moderatorenrolle und leiteten die Diskussion selten mit konkreten Fragen. Die große Anzahl beteiligter Personen erschwerte die Moderation, sorgte allerdings auch dafür, dass es einen größeren Austausch unterschiedlicher Meinungen gab. Durch die Mischung aus Studierenden der HCI sowie Mitarbeitern an den zugehörigen Lehrstühlen konnten in der Fokusgruppendiskussion insgesamt hilfreiche und reflektierte Expertenmeinungen gesammelt werden. Allerdings sind diese unter der Berücksichtigung unterschiedlicher Vorkenntnisse der Teilnehmer mit den neuen Technologien zu betrachten, die innerhalb der Diskussionsrunde nicht erfasst werden konnten. Die diskutierten Themen werden im Folgenden erläutert.

**Wie kann nonverbale Kommunikation übertragen werden?** Zu Beginn der Fragerunde im Anschluss an das Kolloquium wurde von einem CSCW-Experten aus dem Publikum in den Raum geworfen, dass das Problem des Blickkontakts in Remote-Settings als „*ewiges Mantra*“ in der Forschung der computergestützten Gruppenarbeit gelte. Wie aus der Literaturrecherche hervorgeht, ist Blickkontakt ein wichtiger Bestandteil von Konversationen [Kle86]. Der Diskussionsteilnehmer sagte dazu, dass es zwar auch in dem vorgestellten Konzept bei einem computermedierten Setting bleiben würde, aber es schon viel beitragen könnte, wenn die Person, die gerade angesehen wird merkt, dass sie aktiv angesehen und adressiert wird. Da der Blickkontakt und die Blickrichtung bereits in den Beobachtungen (siehe Kapitel 3.1), den Interviews (siehe Kapitel 3.2) sowie der Literatur (siehe Kapitel 2) von Bedeutung waren, ergibt sich für das Konzept die Notwendigkeit eine Lösung für dieses Problem zu suchen. Durch die Repräsentation der Teilnehmer und die Interaktion im dreidimensionalen Raum mittels AR und VR ist es denkbar, dass Blickkontakt simuliert werden kann.

In Anknüpfung an die Diskussion zu der Repräsentation der Teilnehmer, wurde von einer Person die Frage gestellt, wie viel durch die Abstraktion von Avataren in der Kommunikation verloren ginge. Es wurde außerdem darüber gesprochen, wie dargestellt werden kann, „*wenn dir jemand eine positive oder negative Nachricht überbringt*“. Daraus entstand ein Austausch über mögliche Implementierungen von Gesten- sowie Mimikübertragung. Vorgeschlagen wurde dabei die manuelle Eingabe von Emotionen über abstrakte Darstellungen. Beispielsweise wurden *GIFs*<sup>10</sup> gewünscht und Emoticons erwähnt, da das Ausdrücken von Emotionen durch Emojis in Textnachrichten laut Aussage der Diskussionsteilnehmer schon als natürlicher Austausch bei den Nutzern akzeptiert sei. Mimik und Gestik sind wichtige Elemente der Kommunikation und gehen mit der Darstellung der Teilnehmer einher. Daher sollte überlegt werden, wie nonverbale Kommunikation natürlich und verlustfrei übertragen werden könnte.

**Kann das Meeting-Management durch neue Technologien vereinfacht werden?** Da in dem Kolloquium nur von dem Zusammenbringen aktiver Teilnehmer zu einem Meeting gesprochen wurde, wurde die Frage gestellt, ob auch eine Art *Spectator-Modus* geplant sei, bei dem ein Außenstehender beziehungsweise passiver Teilnehmer das Meeting ebenfalls sehen und beobachten könne. Darauf hinaus wurde von einer *Replay*-Funktion gesprochen, mit der das gesamte Meeting erneut betrachtet werden könnte. Im Zuge dieser Diskussion wurde vorgeschlagen, den Spectator-Mechanismus nicht nur zur reinen Betrachtung zu nutzen, sondern daraus einen Vorteil zur Nachbereitung zu ziehen. Es wurde die Frage gestellt, ob der Einsatz der neuen Technologien AR und VR einen Mehrwert für das allgemeine Meeting-Management bieten könnte. Daraus ergab sich ein Wortwechsel über mögliche Funktionen, wie einer automatisierten Protokollierung sowie Agenden und zeitbezogene virtuelle Elemente, die im dreidimensionalen Raum platziert werden könnten. Da aus den Interviews extrahiert werden konnte, dass Agenden und Protokolle wichtig für strukturierte Meetings sind, sollten diese Vorschläge aus der Diskussion in der Konzeptverfeinerung berücksichtigt werden.

**Wie sollen die Teilnehmer aussehen?** Ein schwieriges Thema war die geeignete Repräsentation der Teilnehmer in den Meetings. In dem Kolloquium wurde angesprochen, die Teilnehmer der Meetings in Form von Avataren zu repräsentieren. Als Beispiel wurden abstrakte Tierköpfe gewählt. Die Diskussion sollte Aufschluss darüber geben, wie realistisch eine Darstellung der Teilnehmer sein sollte. Während es Meinungsvertreter gab, die sich „*seltsam*“ vorkämen, wenn sie einen unrealistischen Avatar, beispielsweise in Form von Tierköpfen, sehen würden, obwohl sie wüssten, dass sie mit einer realen Person sprechen,

---

10. GIF steht für *Graphics Interchange Format* und beschreibt ein Grafikformat, bei dem mehrere Bilder abgespeichert werden können, um sie in einer (sich meist wiederholenden) Animation abzuspielen.

haben ein paar der Studierenden zum Vergleich Online-Rollenspiele herangezogen, bei denen die Avatare auch unrealistisch sind und trotzdem akzeptiert werden. Daraufhin wurde gefragt, ob eine realistische Repräsentation in Form von 3D-Modellen der Teilnehmer und Technologien wie *Motion Capturing* eine geeignete Darstellung sein könnten. Als Gegenargument für diesen Vorschlag wurde der Uncanny Valley-Effekt<sup>11</sup> angebracht. Die Möglichkeit eines T-Shirts mit darauf abgebildeten Fotos von den realen Personen, das die Avatare tragen, wurde als weitere Alternative erwähnt. Da die Frage nach der geeigneten Repräsentation ein entscheidender Faktor für die allgemeine Akzeptanz des Konzepts darstellt, sollte dies bei der Konzepterarbeitung detaillierter betrachtet werden. Ein Teilnehmer griff das Dilemma zwischen Uncanny Valley und einem zu hohem Abstraktionsgrad passend auf und stellte die Frage, welche von beiden Lösungen den größten Nachteil für die Meeting-Situation haben würde.

**Bieten die neuen Technologien zu viele zusätzliche Nachteile?** Am Schluss der Diskussionsrunde beschäftigten sich die Teilnehmer mit den Herausforderungen und Problemen, die sie im Zusammenhang mit den Technologien sahen. Hinterfragt wurde zunächst das technische Setup, da die Limitationen durch schlechte Verbindungen und mangelnde Qualität von Bild und Ton nicht gelöst, sondern durch die Einbindung zusätzlicher Elemente wie VR-Headsets verschlimmert werden könnten. Daher wurde nach einem wesentlichen Alleinstellungsmerkmal und Mehrwert gefragt, für den die Nutzer zusätzliche technische Herausforderungen eingehen würden. Eine Person stellte die dreidimensionale Interaktion mit anderen Personen und Objekten in der Vordergrund, da die Kollaboration mit 3D-Modellen oder realen Objekten seiner Meinung nach durch eine dreidimensionale geteilte Ansicht deutlich vereinfacht werden könnte. Daran anknüpfend wurde bemängelt, dass gerade in VR zwar eine geringere Ablenkung durch äußerliche Faktoren erzielt werden könnte, andererseits der unmittelbare Zugang zu E-Mails, Notizen oder Browsern in Remote-Meetings nicht nur Nachteile mit sich bringt, sondern sogar zuträglich sein kann. Die „gewohnten Tools“ einbinden zu können scheint ein wichtiger Faktor zu sein, der in der Konzeptentwicklung berücksichtigt werden sollte. Zwar wurden einige mögliche Probleme und Herausforderungen für die Integration der neuen Technologien in die Meeting-Situationen genannt, allerdings wurden diese nicht als ausschlaggebend dargestellt. Im Gegenteil, es wurden Alleinstellungsmerkmale, wie beispielsweise das kollaborative Arbeiten im dreidimensionalen Raum, herausgestellt, die laut dem Konsens in der Diskussion die möglichen Nachteile überwiegen könnten.

**Fazit** Die Diskussion ergab, dass das Konzept eines MR-Kommunikationssystems für Remote-Meetings funktionieren kann, jedoch kritische Punkte beinhaltet, die für eine

---

11. Wurde bereits in Kapitel 2.9 erläutert.

erfolgreiche Integration in den beruflichen Alltag ausschlaggebend sind. Darunter fallen vor allem die geeignete Repräsentation der Teilnehmer beziehungsweise Ausgestaltung der Avatare und zum anderen die Übertragung von Mimik, Gestik und Blickkontakt.

Da die beteiligten Personen eine allgemeine Akzeptanz bezüglich des Konzepts zeigten und sich insgesamt positiv dazu äußerten, wird davon ausgegangen, dass die Grundidee und Zielsetzung der vorliegenden Arbeit Potenzial haben. Zwar wurde die Fokusgruppendiskussion durch den Verzicht auf eine stringente Moderation nicht nach [BB12] methodisch richtig ausgeführt, allerdings trägt die Diskussion trotzdem zu einem Erkenntnisgewinn für die Entwicklung des Konzepts bei. Mit den bisher gesammelten Informationen aus der Literaturstudie und der Empirie konnte eine ausführliche theoretische Basis geschaffen werden, um im nächsten Schritt eine detaillierte Konzeptentwicklung stattfinden zu lassen. Das daraus resultierende, konkretisierte Konzept wird im folgenden Kapitel detailliert dargelegt.

## **4 Das Konzept entwickeln: BeamLite**

Im Anschluss an die Literaturstudie und die empirischen Methoden wurden die Erkenntnisse miteinander verknüpft, um ein ganzheitliches Konzept für ein MR-Kommunikationssystem zur Unterstützung von Remote-Meetings bilden zu können. Die daraus resultierenden Design-Herausforderungen werden im Laufe dieses Kapitels dargestellt und mit Lösungsansätzen in Form von konkreten Design-Implikationen und Designvorschlägen verknüpft. Daraus ergibt sich das Gesamtkonzept für die vorliegende Arbeit. Dieses trägt den Titel *BeamLite*.

### **4.1 Meeting-Formen berücksichtigen**

Meetings sind dazu da, um miteinander zu kommunizieren und zu interagieren, denn in vielen Arbeitsbereichen ist eine Abstimmung mit anderen essenziell, um die Arbeit schaffen zu können [Gof61]. Meetings stellen eine wesentliche Form der Artikulationsarbeit in Teams dar [SS96]. Daher muss das Kommunikationssystem so designt sein, dass zentrale Elemente natürlicher Kommunikation enthalten sind. Die Teilnehmer müssen sich abstimmen und austauschen können. Dies impliziert die Übertragung von Sprache und nonverbalen Signalen, wie Mimik und Gestik. Durch das Medium könnte dies eine Herausforderung darstellen, daher sind Substitutionen fehlender Signale durch Visualisierungen denkbar.

Meetings sind ein wichtiger Bestandteil des beruflichen Alltags von sehr vielen Menschen (siehe Kapitel 3.2.2). In der Literaturrecherche konnten unterschiedliche Arten von Meetings herausgearbeitet werden (siehe Abschnitt 2.1), die ebenso unterschiedliche Gründe, Abläufe und Bedürfnisse haben [Lea+09]. Ein Kommunikationssystem sollte sich daher dieser Bedürfnisse annehmen und sie entsprechend unterstützen. Für *BeamLite* bedeutet dies, entweder eine Spezifizierung auf ein bestimmtes Format von Meetings umzusetzen oder die gesamtheitliche Unterstützung aller Meeting-Formen zu ermöglichen. Allerdings bestehen auch Kombinationen aus verschiedenen Meeting-Formen und die Grenzen sind nicht strikt definiert [VN95]. Da es deshalb schwierig ist, die Formen direkt voneinander abzugrenzen, sollte das Kommunikationssystem flexibel gestaltet werden und an die individuellen Bedürfnisse von unterschiedlichen Meetings anpassbar sein. Das bedeutet, dass es möglich sein soll, virtuelle Elemente auszuwählen, die für das Format des

aktuellen Meetings gebraucht werden. Dies können beispielsweise Tools wie Whiteboards oder Präsentationsflächen sein.

Durch die zunehmende Möglichkeit von Homeoffice ist die Teilnahme an regelmäßigen Meetings für Mitarbeiter schwieriger geworden. Allerdings konnte herausgefunden werden, dass das Arbeiten von zu Hause für Mitarbeiter positive Auswirkungen hat, da diese durch eine ausgewogenere Work-Life-Balance insgesamt zufriedener sind [LZ17]. *BeamLite* soll diese positiven Effekte zusätzlich unterstützen und ein Art der Kommunikation ermöglichen, die Meetings auch im Homeoffice ermöglicht. Dafür ist es aber notwendig, dass das Setup für die Remote-Personen nicht zu aufwändig ist. Eine Installation eines ganzheitlichen Konferenzsystems mit vielen Kameras, Beamern und großen Präsentationsflächen oder Smart Boards ist insbesondere in kleinen Büroräumen nicht umsetzbar. Das System sollte daher alltagstauglich gestaltet sein. Das bedeutet, es sollte sich auch an kleine Räumlichkeiten anpassen können sowie leicht auf- und abzubauen sein.

Erkenntnisse Literatur/Empirie	Design- Herausforderungen	Design-Implikationen
Es gibt unterschiedliche Gründe für Meetings, die verschiedene Bedürfnisse haben [Lea+09], [3.2.2].	Wie kann ein MR-Kommunikationssystem designt sein, sodass es den Bedürfnissen der unterschiedlichen Meeting-Formate gerecht wird?	Das System passt sich an das Meeting-Format an und bietet dementsprechend ausgestattete Umgebungen.
Meetings sind dazu da, um miteinander zu kommunizieren und zu interagieren [Gof61; Sch89].	Wie kann die Kommunikation und Interaktion von Teilnehmern eines Meetings mit der MR-Technologie natürlich gestaltet werden?	Eine natürliche Kommunikation der Teilnehmer soll durch die Übertragung von Sprache, Gestik und Mimik gewährleistet werden.
Homeoffice ist zuträglich für die Work-Life-Balance [LZ17], jedoch sind Meetings ein wichtiger Bestandteil des beruflichen Alltags [3.2.2].	Was muss ein MR-Kommunikationssystem mitbringen, um auch im Homeoffice einsetzbar zu sein?	Das System sollte alltagstauglich sein (wenig Setup). Die System-Bestandteile müssen im Rahmen der Consumer-Elektronik liegen und sollten keine aufwändigen Installationen oder hohe Kosten beinhalten.

Tabelle 4.1: Erkenntnisse aus Literatur und Empirie, Herausforderungen sowie Implikationen zu Meetings im Allgemeinen.

## 4.2 Rahmenbedingungen von Meetings einhalten

Zu den wichtigen Designfaktoren von Meetings gehören Agenden, Protokolle, Zeitmanagement und Moderatoren (siehe Kapitel 2.1). Diese Elemente bilden eine Struktur, die dafür sorgt, dass die Teilnehmer Meetings als effizient bewerten [Lea+09].

Agenden geben den Teilnehmern eines Meetings einen Überblick über Punkte, die besprochen werden müssen. Der Ablauf wird dadurch definiert und sorgt dafür, dass die Beteiligten sich orientieren können [SP92]. Die strukturgebenden Eigenschaften der Agenda sollen auch in *BeamLite* gelten können. Die Agenda soll daher so eingebunden werden, dass sie für alle sichtbar ist. Zusätzlich soll sie von allen bearbeitet werden können, falls sich spontan Punkte auf der Liste ändern oder bereits abgearbeitete Themen gekennzeichnet werden sollen. Somit sind alle Teilnehmer des Meetings jederzeit darüber informiert, welche Punkte bereits besprochen wurden und welche noch folgen.

Die Funktionen von Protokollen sind eindeutig: Sie zeichnen Meetings auf, damit wichtige besprochene Punkte nachvollzogen werden können oder Personen, die das Meeting versäumt haben, nachlesen können, was sie verpasst haben. Außerdem können Aufgaben, die vergeben wurden, nachgesehen werden. Nachweislich werden Aufgaben, die in Protokollen niedergeschrieben werden, seltener vergessen [Tro03]. Protokollanten sind nach Aussagen der Interviewteilnehmer wechselnd, weil sie durch ihre Aufgabe innerhalb des Meetings eher passiv sind und sich schlechter einbringen können. Aus diesem Grund wurde auch in der Fokusgruppendiskussion darüber gesprochen, die innovativen Eigenschaften der neuen Technologien auszuschöpfen und in einem MR-Kommunikationssystem eine automatische Protokollierung einzubauen (siehe Abschnitt 3.3.2). Auch angesprochene Replay-Funktionen oder Aufzeichnungen in Videoform fallen unter diese Art der Protokollierung. Wünschenswert ist eine automatisierte *Speech-to-Text*-Integration. Damit könnte Gesprochenes direkt in Text umgewandelt werden und alle Personen könnten sich aktiv an dem Meeting beteiligen, weil es keinen Protokollanten mehr bräuchte.

Aus der Literaturrecherche geht außerdem hervor, dass neben Agenden und Protokollen Aspekte des Zeitmanagements, wie zum Beispiel Pünktlichkeit, wichtige Faktoren in Meetings sind [Lea+09]. Die Pünktlichkeit von Personen ist zwar ein Aspekt, der individuell von den Teilnehmern abhängt und nicht von dem Design eines Kommunikationssystems, allerdings fällt darunter nicht nur der Startzeitpunkt, sondern auch der Endzeitpunkt eines Meetings. Die Verlängerung eines Meetings hat Nachteile für alle Beteiligten und sollte deshalb vermieden werden. Ein MR-Kommunikationssystem sollte Wege finden das Zeitmanagement zu optimieren. Darunter fallen klassische Uhren, aber auch Hilfestellungen für die Verteilung von Redezeiten oder Agendapunkten. Virtuell angezeigte Timer könnten den Teilnehmern dabei helfen, abzuschätzen, wie lange sie schon an einem Thema arbeiten

oder wann es sinnvoll ist, die Redezeit abzugeben. Dadurch könnte das Zeitmanagement des Meetings einfacher zu handhaben sein.

Agenden, Protokolle und Zeitmanagement sind Aspekte, die in Meetings häufig von Moderatoren übernommen werden. Diese haben die Aufgabe durch das Meeting zu leiten, auf die Zeit zu achten und Aufgaben, wie die Protokollierung, zu delegieren. Außerdem sorgt der Moderator dafür, dass die besprochenen Themen nicht zu sehr von der Zielsetzung des Meetings abschweifen [Car99]. In *BeamLite* soll der Moderator unterstützt und entlastet werden können. Das System soll beispielsweise durch die sichtbare Agenda oder automatische Protokollierung und das Zeitmanagement die wesentlichen Aufgaben bereits übernehmen. Der Fokus auf die relevanten Themenbereiche könnte dem Moderator insbesondere durch die sichtbaren Agendapunkte sowie Timer-Funktionen abgenommen werden.

Erkenntnisse Literatur/Empirie	Design- Herausforderungen	Design-Implikationen
Agenden geben Meetings einen Rahmen und sorgen für eine Struktur [SP92], [3.2.2].	Wie kann ein MR-Kommunikationssystem die Agenda so einbinden, dass sie die Rahmenbedingungen innerhalb von Meetings unterstützen kann?	Die Agenda soll für alle sichtbar virtuell im Raum platziert werden und bearbeitet werden können.
Protokolle dienen der Vor- und Nachbereitung von Meetings [Tro03], [3.2.2].	Wie kann die Protokollierung in einem innovativen Kommunikationssystem gestaltet werden?	Protokolle sollten automatisiert angefertigt werden können [3.3.2] und allen zugänglich gemacht werden.
Zeitmanagement ist ein wichtiger Faktor für die wahrgenommene Effektivität von Meetings [Lea+09], [3.2.2].	Wie kann das Zeitmanagement in einem MR-Kommunikationssystem unterstützt werden?	Das System sollte Indikatoren für die verstrichene Zeit liefern. Beispielsweise klassische Uhren oder Timer für Redezeiten und Agendapunkte.
Ein Moderator ist verantwortlich für Agenden, Protokolle und Zeitmanagement und ermöglicht den Fokus auf das Meeting [Car99].	Wie kann ein MR-Kommunikationssystem den Moderator unterstützen?	Das System übernimmt Funktionen des Moderators, um ihn zu entlasten. Beispielsweise durch virtuelle Agenden, Protokolle und Timer.

Tabelle 4.2: Erkenntnisse aus Literatur und Empirie, Herausforderungen sowie Implikationen zu den strukturgebenden Eigenschaften von Meetings.

### 4.3 Telepräsenz vermitteln

Da die Vermittlung von Telepräsenz als erstrebenswertes Attribut von Kommunikationssystemen gilt, soll auch *BeamLite* dieses Gefühl vermitteln können. In Kapitel 2.4 wurde bereits ausführlich dargelegt, welche wesentlichen Faktoren Telepräsenz beeinflussen. Der Grad der sensorische Wahrnehmung des entfernten Ortes ist eines davon [She92]. Die Beobachtungen haben gezeigt, dass Personen immer automatisch zu der Quelle eines Geräusches gucken, auch wenn der Ton nur aus einem Lautsprecher kommt (siehe Abschnitt 3.1.2). Diese Wahrnehmung von Geräuschquellen soll in *BeamLite* simuliert werden. Positionsabhängige Sprachübertragung könnte beispielsweise dafür sorgen, dass die Teilnehmer besser ausmachen können, wo ihre Gesprächspartner sich im Raum befinden. Aber auch andere Sinne sollten eingebunden werden, um eine möglichst hohe Ausprägung der Telepräsenz zu erhalten. Bei der Interaktion mit virtuellen Elementen könnte haptisches Feedback dafür sorgen, dass die sensorische Wahrnehmung erhöht wird.

Die Kontrolle über die Beziehung der sensorischen Wahrnehmung mit der Umgebung ist der zweite Faktor zur Ausprägung von Telepräsenz [She92]. Das Umdrehen zu der wahrgenommenen Geräuschquelle stellt ein Beispiel für die Umsetzung dieses Faktors dar. Die Remote-Teilnehmer sind durch ihre VR-Brillen dazu in der Lage, ihre Blickrichtung selbst zu bestimmen und sich neu im Raum zu positionieren. Diese Freiheit ermöglicht eine hohe Ausprägung der Kontrollfähigkeit in Bezug auf das Gefühl von Telepräsenz.

Einhergehend mit der Bewegungsfreiheit soll den Teilnehmern die Möglichkeit gegeben werden, mit Elementen aus der Umgebung interagieren zu können, um den dritten Aspekt der Telepräsenz einbinden zu können: Die Fähigkeit in der entfernten Umgebung Veränderungen durchzuführen [She92]. Zwar kann durch das VR-Headset nicht die reale Umgebung selbst verändert werden, aber virtuelle Elemente können interaktiv gestaltet sein. Diese können auch die lokal anwesenden Personen durch ihr AR-Headset sehen. Somit sind die Objekte zwar nicht real existent, gehören aber trotzdem zu der Umgebung. Die kollaborative Interaktion mit den lokal Anwesenden könnte dem Remote-Teilnehmer das Gefühl vermitteln, dass er in der entfernten Umgebung tatsächlich Veränderungen vornehmen kann. Denkbar wären hierfür beispielsweise Flächen, auf denen gezeichnet oder geschrieben werden kann oder die Bearbeitung virtueller Dokumente oder Medien.

Mit der Integration von positionsabhängigen Geräuschen, haptischem Feedback, eigenständiger Änderung von Blickrichtung und Positionen sowie interaktiven, virtuellen Elementen könnte ein sehr hohes Maß an Telepräsenz erreicht werden. In Abbildung 2.2 aus Kapitel 2.4 ließe sich *BeamLite* auf allen drei Ebenen in starker Ausprägung einordnen. Da olfaktorische und gustatorische Reize über das System nicht übertragen werden können, ist die Ausprägung der sensorischen Wahrnehmung nicht voll ausgeschöpft. Die Tatsache, dass

nur virtuelle Elemente manipuliert werden können und die reale Welt von dem Remote-Teilnehmer unberührt bleibt, könnte die Ausprägung der Fähigkeit, Veränderungen in der Welt vorzunehmen, mindern. In Teilbereichen könnte sich das Konzept allerdings der *perfect presence*<sup>1</sup> annähern.

Erkenntnisse Literatur/Empirie	Design- Herausforderungen	Design-Implikationen
Die sensorische Wahrnehmung des entfernten Ortes ist ein wichtiger Faktor für das Gefühl von Telepräsenz [She92]. Personen orientieren sich intuitiv in die Richtung von Geräuschquellen [3.1.2].	Wie können sensorische Wahrnehmungen eines entfernten Ortes in einem MR-Kommunikationssystem übertragen werden?	Die Integration möglichst vieler Sinne soll angestrebt werden. Haptisches Feedback bei Interaktion mit Elementen aus der Umgebung und positionsabhängige Audioübertragung könnten die sensorische Wahrnehmung erhöhen.
Der Grad der Telepräsenz wird durch das Ausmaß der Kontrolle über die Beziehung der sensorischen Wahrnehmungen mit der Umgebung beeinflusst [She92].	Wie kann die Kontrolle über die sensorischen Wahrnehmungen der Personen in einem MR-Kommunikationssystem umgesetzt werden?	Die eigenmächtige Änderung der Blickrichtung sowie die Neupositionierung im Raum werden dem Remote-Teilnehmer durch die Funktionalität des VR-Headsets ermöglicht.
Die Fähigkeit in der entfernten Umgebung Veränderungen durchzuführen, erhöht das Gefühl der Telepräsenz [She92].	Wie kann eine Remote-Person Veränderungen beziehungsweise Manipulationen an dem entfernten Ort durchführen?	Die Umgebung soll auch für die Remote-Person interaktiv gestaltet werden. Dies kann durch virtuelle Elemente realisiert werden, die sich sowohl von lokalen Teilnehmern als auch von der Remote-Person manipulieren lassen (beispielsweise virtuelle Zeichenflächen, Medien oder Dokumente).

Tabelle 4.3: Erkenntnisse aus Literatur und Empirie, Herausforderungen sowie Implikationen zu der Vermittlung von Telepräsenz.

---

1. Perfect presence wird dann erreicht, wenn alle drei Faktoren von Telepräsenz vollständig ausgeprägt sind.

## 4.4 Nonverbale Kommunikation ermöglichen

Die Übertragung und Interpretation nonverbaler Kommunikation stellt eine große Herausforderung in Remote-Settings dar. Dies geht aus den bisherigen Kapiteln besonders stark hervor: Die Kommunikation wird durch Mimik und Gestik wesentlich beeinflusst und einige Autoren, die in Kapitel 2 vorgestellt wurden, sowie Ergebnisse aus den Beobachtungen (siehe Abschnitt 3.1.2) und den Interviews (siehe Abschnitt 3.2.2) bestätigen, dass die nonverbalen Signale in Remote-Meetings fehlen [Bru96; IT94; Kle86; Sum92; Yan+04]. Mimik und Gestik sind zudem wichtig in Verbindung mit sozialer Präsenz. Das Fehlen sozialer Präsenz in Meetings kann bei Mitarbeitern, die häufig Homeoffice nutzen, zu Isolationsgefühlen führen [Bos+04]. Deshalb sollte nicht nur das Gefühl der Telepräsenz in der Konzeption von *BeamLite* enthalten sein, sondern auch das der sozialen Präsenz. Hierfür ist die Übertragung von Mimik und Gestik wichtig. Da eine exakte Übertragung von Mimik und Gestik ohne einen Videokanal aufgrund technischer Gegebenheiten erschwert werden kann, sollte zumindest ein Ersatz für die Vermittlung zwischenmenschlicher Signale gegeben sein. Dabei sollte außerdem die Interpretation nonverbaler Kommunikation vereinfacht werden, denn losgelöst von ihrem Kontext werden auch in Videokonferenzen zusätzliche kognitive Ressourcen benötigt, um nonverbale Signale durch das Video richtig interpretieren zu können [HL91].

Gefühle, die in F2F-Situationen durch Gesichtsausdrücke oder Gesten vermittelt werden, könnten durch zusätzliche virtuelle Elemente ausgedrückt werden. In Kapitel 2.9 wurden hierfür bereits Lösungen von VR-Systemen vorgestellt. Emojis oder einsilbige Satzbausteine, die individuell ausgewählt werden können und neben oder über der Person auftauchen, könnten in *BeamLite* umgesetzt werden. Auch aus der Fokusgruppendifiskussion geht diese Möglichkeit hervor (siehe Abschnitt 3.3.2). Der Austausch von Emotionen durch Emojis ist laut der Teilnehmer bereits eine akzeptierte Methode, um fehlende nonverbale Signale in textbasierter Kommunikation zu übermitteln. Außerdem wurde die Einbindung von GIFs vorgeschlagen. Auch diese könnten manuell eingebunden und neben der Person im dreidimensionalen Raum platziert werden.

Gesten hingegen sind einfacher zu erfassen und zu übertragen, als Gesichtsausdrücke. Besonders im Fall des Remote-Teilnehmers lassen sich die Positionen der Controller und somit der Hände im Raum durch die VR-Technologie erfassen. In Verbindung mit der Kopfposition können auf diese Weise Gesten, die durch die Hände und die Kopfbewegungen ausgedrückt werden, übermittelt werden. Die Hände sollen dabei im besten Fall einem echten Handmodell entsprechen. So können die Bewegungen einzelner Finger übertragen werden. Auch für die lokalen Teilnehmer ist diese Art und Weise der Gestenübertragung denkbar. Auf diese Weise soll es insbesondere den Sprechern möglich sein, Feedback einzuholen und antizipieren zu können, ob die anderen Gesagtes verstehen und zustimmend

oder ablehnend reagieren. In klassischen Remote-Settings besteht darin häufig ein Problem [Kle86]. Durch mangelndes Feedback dauern Dialoge insgesamt länger und weisen deutlich mehr Unterbrechungen auf, als es in F2F-Situationen der Fall ist [Doh+97].

Neben Gesten und Mimik fallen auch Blickkontakt und die Blickrichtung unter nonverbale Kommunikation. In den bisherigen Kapiteln konnte aufgezeigt werden, dass diese Elemente wichtig für eine erfolgreiche Kommunikation sind. Dieses Problem in der CSCW-Forschung (siehe Abschnitt 3.3.2) könnte in *BeamLite* besser angegangen werden, als in bisherigen klassischen Remote-Tools wie Skype. In Kapitel 2.4 wurde ausführlich dargelegt, weshalb es in Videokonferenzen nicht möglich ist, Blickkontakt darzustellen. Die AR- und VR-Technologie könnte die Probleme dabei lösen. Eine geeignete Repräsentation der Teilnehmer des Meetings könnte einen Kopf haben, der durch die Bewegungen des eigenen Kopfes gesteuert wird. Dementsprechend können sich Personen virtuell ansehen, wenn sie die Repräsentationen ansehen. Die Integration eines Eye-Tracking-Systems könnte die Genauigkeit der Blickrichtung zusätzlich erhöhen und natürlichen Blickkontakt simulieren.

Außerdem sollte die Blickrichtung durch Visualisierungen für die anderen Teilnehmer sichtbar gemacht werden. Beispielsweise könnten dadurch Aussagen, die sich auf bestimmte Elemente im Raum beziehen, besser interpretiert werden, da der Kontext mit dem Gesprochenen verknüpft werden kann. In aktuellen Forschungen zu VR-Kommunikation wurde dieses Thema bereits behandelt [Lee+17; Piu+17a]. Die Ergebnisse bestätigen, dass die visuelle Darstellung der Blickrichtung positive Auswirkungen auf die Kollaboration haben kann.

Erkenntnisse Literatur/Empirie	Design- Herausforderungen	Design-Implikationen
Nonverbale Signale wie Mimik und Gestik reichern die Kommunikation an und fehlen in Remote-Meetings [Bru96; IT94; Kle86; Sum92; Yan+04], [3.1.2], [3.2.2]. Durch den entstehenden Mangel sozialer Präsenz entstehen Isolationsgefühle bei Remote-Personen [Bos+04].	Wie können MR-Kommunikationssysteme soziale Präsenz erzeugen und das Gefühl von Isolation verringern?	Mimik und Gestik sollen in hohem Detailgrad übertragen werden oder einen Ersatz bieten, der die nonverbalen Signale simulieren kann, um zwischenmenschliche Kommunikation so realitätsnah wie möglich abzubilden.

Erkenntnisse Literatur/Empirie	Design- Herausforderungen	Design-Implikationen
Nonverbale Signale müssen auch in Videokonferenzen aufwändig interpretiert werden, um sie so zu verstehen wie in F2F-Situationen [HL91].	Wie kann die Interpretation nonverbaler Signale vereinfacht werden?	Nonverbale Signale sollen innerhalb ihres Kontextes übertragen werden. Ersatzlösungen sollen auf bekannte und bereits akzeptierte Metaphern zurückgreifen, deren Interpretation keinen Mehraufwand bedeutet. Hierfür bieten sich beispielsweise Emojis an.
Dialoge dauern länger und werden häufiger unterbrochen, wenn die Gesprächspartner sich nicht sehen [Doh+97]. Kopfbewegungen können wichtige nonverbale Signale senden, ohne den Sprecher zu unterbrechen und trotzdem wichtiges Feedback zu übermitteln [Kle86], [3.1.2], [3.2.2].	Wie können auch subtile nonverbale Signale erfasst und repräsentiert werden, sodass der Sprecher Feedback erhalten kann, ohne den Kommunikationsfluss zu stören?	Die Übertragung nonverbaler Signale sollte dem natürlichen Verhalten entsprechen und auch subtile Gesten übertragen, die den Sprechern Feedback geben, ohne den Kommunikationsfluss zu unterbrechen. Hierfür können die Hardware-Voraussetzungen und Erfassung von Kopf- und Handpositionen in VR und AR herangezogen werden.
Blickrichtung und Blickkontakt sind wichtige Faktoren für erfolgreiche Kommunikation [Bos+04; SSJ78], [3.1.2], [3.3.2].	Wie sollten Blickkontakt und Blickrichtung simuliert werden, um erfolgreiche Kommunikation zu ermöglichen?	Blickkontakt zwischen den Teilnehmern sollte durch geeignete Repräsentationen und Übertragung der Kopfrichtung so natürlich wie möglich dargestellt werden. Die Blickrichtung der Personen sollte durch Visualisierungen sichtbar gemacht und so durch die anderen Teilnehmer antizipiert werden können.

Tabelle 4.4: Erkenntnisse aus Literatur und Empirie, Herausforderungen sowie Implikationen zu nonverbalen Signalen in Remote-Meetings.

## 4.5 Kollaboration unterstützen

Eine geteilte Sicht – *Shared View* – ist für erfolgreiche Kollaboration ein wichtiger Bestandteil. In F2F-Situationen können Folien oder Dokumente geteilt und zusammen angesehen werden. Dabei entsteht der Aspekt der *Seamlessness*, der in Kapitel 2.8 behandelt wurde. Die Personen sind dazu in der Lage, die nonverbalen Signale mit geteilten Dokumenten oder Ähnlichem gleichzeitig wahrzunehmen. In Remote-Situationen ist dies nicht immer der Fall. Deshalb ist zusätzlicher Kommunikationsaufwand notwendig, der häufig vergessen wird [Yan+04]. Die Situation aus den Beobachtungen, bei der Unklarheit über die besprochene Seitenzahl herrschte (siehe Abschnitt 3.1.2), ist ein Paradebeispiel für die zusätzliche Artikulationsarbeit in Remote-Settings [SS96]. Aus den Interviews geht hervor, dass Personen in Meetings gleichzeitig dasselbe sehen und auch daran arbeiten wollen (siehe Abschnitt 3.2.2).

Für das vorliegende Konzept stellt sich die Frage, wie die Kollaboration in Remote-Meetings unterstützt werden kann, ohne zusätzlichen Kommunikationsaufwand hervorzurufen. Das Ziel ist deshalb die Umsetzung einer möglichst *seamless* ablaufenden Zusammenarbeit. Hierfür wird vorgesehen, kollaborative, virtuelle Elemente in die Umgebung zu integrieren, die von allen Teilnehmern des Meetings gesehen werden können. Die Elemente können von unterschiedlicher Art sein. Beispielsweise ist es denkbar, ein digitales Whiteboard oder Präsentationsflächen für Folien und Dokumente einzubauen. Es könnten weiterhin Medien in die Umgebung platziert werden. Gemeinsames Browsen im Internet, wie es in Telia der Fall ist (siehe Kapitel 2.9), sollte ebenfalls unterstützt werden. In der Fokusgruppendifiskussion wurde auf die Integration von dreidimensionalen Objekten Wert gelegt, an denen kollaborativ gearbeitet werden kann (siehe Abschnitt 3.3.2). Hierfür bietet sich der dreidimensionale Raum besonders an. Objekte können von allen Seiten betrachtet und von den Teilnehmern annotiert werden. In Kombination mit einer visuellen Übertragung der Blickrichtung (siehe Kapitel 4.4) könnte die Kommunikation über das 3D-Objekt zusätzlich vereinfacht werden. Annotationen könnten der automatischen Protokollierung (siehe Kapitel 4.2) zugute kommen und der Nachvollziehbarkeit über das Meeting hinaus dienen.

Dadurch, dass die Personen sich natürlich im Raum bewegen und ihre Repräsentationen im räumlichen Verhältnis korrekt angezeigt werden, können sie gemeinsam in der Nähe der virtuellen Elementen stehen, daran arbeiten und gleichzeitig die visuellen Kommunikationssignale der anderen Personen wahrnehmen. Diese Umsetzung soll der Kollaboration in einer F2F-Situation in hohem Ausmaß entsprechen.

In einer Studie von Kim et al. [KLS14] wurde die Kollaboration von Teilnehmern eines Meetings in MR-Remote-Settings mit F2F-Situationen verglichen. In der Remote-Situation

konnte nur eine Partei ein geteiltes Objekt manipulieren. Deshalb entstand eine passive Haltung derjenigen, die dies nicht konnten. In der F2F-Situation hingegen entstand eine dynamische Zusammenarbeit. Aus den Interviews geht hervor, dass gemeinsames Arbeiten an analogen Produktivitäts-Tools, wie beispielsweise Whiteboards, in Remote-Meetings umständlich ist (siehe Abschnitt 3.2.2). Die Remote-Teilnehmer können nur passiv Anweisungen geben, welche die lokal anwesenden Personen ausführen. Um diese Situation in *BeamLite* zu vermeiden, ist es wichtig, dass alle beteiligten Personen technisch dazu in der Lage sind, editierbare Elemente zu manipulieren. Eine freie Positionierung im Raum ermöglicht in *BeamLite* außerdem mehr Dynamik und Bewegung, als in klassischen Remote-Meetings.

Erkenntnisse Literatur/Empirie	Design- Herausforderungen	Design-Implikationen
In Telekonferenzen fehlt die Shared View, daher ist zusätzlicher Kommunikationsaufwand notwendig, der häufig vergessen wird [Yan+04], [3.1.2]. Gleichzeitig dasselbe zu sehen und daran zu arbeiten ist ein dringendes Bedürfnis in Meetings [3.2.2].	Wie kann gemeinsames Arbeiten unterstützt werden, ohne zusätzliche, umständliche Kommunikation hervorzurufen?	Die Umsetzung einer Shared View soll die Kommunikation seamless ablaufen lassen. Durch die Integration von virtuellen, kollaborativen Elementen, die sich in das natürliche Sichtfeld integrieren und von allen Beteiligten gleichzeitig gesehen und manipuliert werden können, soll die Kollaboration unterstützt werden.
Der Aktionsradius der Teilnehmer wird durch das Remote-Device eingeschränkt [3.2.2].	Wie kann der Aktionsradius für alle Beteiligten möglichst groß gehalten werden?	Das Remote-Device soll dynamische Kollaboration durch freie Bewegung im Raum ermöglichen, sodass alle Teilnehmer sich aktiv beteiligen können. Die Qualität der Kommunikation soll dabei aber nicht beeinträchtigt werden.

Tabelle 4.5: Erkenntnisse aus Literatur und Empirie, Herausforderungen sowie Implikationen zu Kollaboration in Remote-Meetings.

## 4.6 Ablenkung minimieren

Multitasking in Remote-Meetings ist ein schwieriges Thema. Die dadurch entstehende Ablenkung minimiert nicht nur die Produktivität des Meetings, sondern stört die anderen Teilnehmer (siehe Abschnitt 3.2.2). Auf der einen Seite ist es sinnvoll, dass E-Mails nachgelesen oder beantwortet werden können, andererseits sollte den Gesprächspartnern nicht das Gefühl vermittelt werden, dass das Gesprochene nicht wichtig sei. Aus den Interviews geht außerdem hervor, dass die störende Ablenkung nicht zwangsläufig durch das Lesen von E-Mails kommt, sondern auch durch Umgebungsparameter hervorgerufen wird. In *BeamLite* besteht die Möglichkeit, die Immersion durch die Integration der entsprechenden Technologie auszunutzen. Der Remote-Teilnehmer ist durch die VR-Hardware ohnehin von der Außenwelt abgeschlossen und dadurch – zumindest visuell – auf die virtuelle Umgebung fokussiert. In Verbindung mit Audioübertragung durch Kopfhörer wird auch die Ablenkung durch Umgebungsgeräusche minimiert.

In der Literaturrecherche wurde bereits dargelegt, dass das Design des Besprechungsraums einen wichtigen Faktor für Meetings darstellt [Tro03]. Demnach soll eine produktive Atmosphäre ermöglicht und die Umgebung nicht ablenkend gestaltet werden. In der Fokusgruppendiskussion wurde angesprochen, dass Technologien wie VR oder AR zusätzliche Ablenkung mit sich bringen könnten (siehe Abschnitt 3.3.2). Der VR-Raum sollte daher auf bekannten Räumlichkeiten beruhen, die nicht dafür sorgen, dass die Teilnehmer sich zunächst mit den Bestandteilen des Ortes beschäftigen. Dadurch soll der Fokus auf das Meeting selbst gelegt werden. Virtuelle Elemente sollten sowohl für Remote-Teilnehmer als auch für die lokal anwesenden Personen dezent gehalten werden und sich so in den Raum einfügen, dass sie als natürliche Bestandteile wahrgenommen werden.

Erkenntnisse Literatur/Empirie	Design- Herausforderungen	Design-Implikationen
Multitasking in Remote-Meetings sorgt für Ablenkung [MGP99], [3.1.2]. Die anderen Teilnehmer fühlen sich davon gestört und respektlos behandelt [3.2.2].	Wie können Produktivitäts-Tools in das MR-System integriert werden und dabei gleichzeitig die Ablenkung minimieren?	Der Fokus sollte auf das Meeting gelegt werden. Immersion und ein hohes Gefühl der Telepräsenz sind dafür wichtig. Die, das volle Blickfeld einnehmende, VR-Technologie isoliert bereits eine zentrale visuelle Ablenkungsquelle (privates Umfeld).

Erkenntnisse Literatur/Empirie	Design- Herausforderungen	Design-Implikationen
Der Besprechungsraum sollte durch entsprechendes Design die Ablenkung minimieren [Tro03], aber VR- und AR-Technologien bieten die Gefahr zusätzlicher Ablenkung [3.3.2].	Wie kann ein MR-Kommunikationssystem designt werden, ohne zusätzliche Ablenkung mit sich zu bringen?	Der VR-Teilnehmer sieht eine Repräsentation bekannter Räumlichkeiten, sodass er nicht von neuen Umgebungen abgelenkt wird. Virtuelle Elemente sollen für alle Teilnehmer dezent gehalten werden und sich natürlich im Raum einfügen.

Tabelle 4.6: Erkenntnisse aus Literatur und Empirie, Herausforderungen sowie Implikationen zur Minimierung der Ablenkung in Remote-Meetings.

## 4.7 Teilnehmer repräsentieren

Ein wichtiges Element in dem vorliegenden Konzept stellt die geeignete Repräsentation der Teilnehmer dar, denn ein häufig auftretendes Problem in Remote-Meetings ist die mangelnde Wahrnehmung von entfernten Teilnehmern als aktive Personen. Yankelovich et al. [Yan+04] stellen heraus, dass die zugeschalteten Personen häufig ignoriert oder schlecht in die Kommunikation integriert werden. Vor allem, wenn mehrere Personen lokal anwesend sind. Die Beobachtungen zeigten außerdem, dass die Remote-Teilnehmer den geringsten Redeanteil hatten (siehe Abschnitt 3.1.2). In Audio-only-Systemen kommt hinzu, dass die Sprecher schlecht identifiziert werden können, da die wahrgenommene Stimme nicht eindeutig zugeordnet werden kann [Yan+04]. Videokonferenzen können dies zwar ermöglichen, allerdings geht aus den Interviews hervor, dass einige Personen sich durch die Kamera an ihrem Remote-Device beobachtet fühlen. Die Teilnehmer möchten zwar die anderen Personen sehen, damit sie ihre nonverbalen Signale wahrnehmen, aber gleichzeitig möchten sie nicht gesehen werden (siehe Abschnitt 3.2.2). Um diese Probleme anzugehen, sollen alle Teilnehmer in *BeamLite* als virtuelle Objekte repräsentiert und in einem realen Verhältnis zu den Räumlichkeiten dargestellt werden. Eine mögliche Repräsentation der Teilnehmer ist die Gestaltung von Avataren. Avatare werden nach Sherman und Craig [SC03] wie folgt definiert:

„A virtual object used to represent a participant or physical object in a virtual world; the (typically virtual) representation may take any form. [An avatar is] the object embodied by a participant.“ [SC03, S. 13]

In den verwandten Arbeiten wurden die Vorteile von Avataren bereits dargestellt: Sie können das Gefühl von sozialer Präsenz erhöhen [Gre+17] und die Unterscheidung von Sprechern unterstützen [Nak+96]. Auch bei den Tests der bestehenden, gemeinschaftlichen VR-Systeme (siehe Kapitel 2.9) wurden die anderen Teilnehmer als aktive Person im Raum wahrgenommen.

Die Gestaltung der Avatare stellt eine besondere Herausforderung für das Konzept dar. Schon die starke Diskussion der Fokusgruppenteilnehmer über dieses Thema veranschaulicht, dass die Entscheidung für ein bestimmtes Design den Erfolg des Konzepts maßgeblich beeinflussen könnte (siehe Abschnitt 3.3.2). Für die Präsentation des Kolloquiums wurden den Teilnehmern als Beispiel abstrakt gehaltene Avatare in Form von Panda- und Waschbärköpfen gezeigt. Sie diskutierten stark, ob diese Repräsentation die Produktivität des Meetings einschränken oder die Kreativität sogar erhöhen könnte. Als Alternative wurde über die Möglichkeit einer originalgetreuen 3D-Repräsentation der Teilnehmer gesprochen. Ein Scan der Personen könnte sie als dreidimensionale, virtuelle Elemente in den Raum setzen. Eine Animation dieser 3D-Personen müsste allerdings in einem sehr hohen Detailgrad naturgetreu erfolgen. Ansonsten könnte der Uncanny Valley-Effekt<sup>2</sup> zum Tragen kommen, bei dem Unbehagen auftreten kann. Ein solches Gefühl wurde bei der Exploration der Anwendung Telia hervorgerufen (siehe Kapitel 2.9). Abstraktere oder comicartige Gestaltungen der Avatare wurden als deutlich angenehmer empfunden. Es bleibt jedoch fraglich, ob die Seriosität des Meetings darunter leidet, wenn die beteiligten Personen nicht realitätsgerecht abgebildet werden. Dies ist vermutlich auch abhängig von der Form des Meetings und dem Bekanntheitsgrad der Teilnehmer.

Für *BeamLite* wird festgehalten, dass die Repräsentation der Teilnehmer als Avatare im dreidimensionalen Raum essenziell ist. Die detaillierte Gestaltung der Avatare ist auf unterschiedliche Arten möglich und sollte genauer untersucht werden. Je nach Gestaltungsform sollten zusätzlich Alleinstellungsmerkmale oder visuelle Hinweise, wie beispielsweise Namensschilder, eingebaut werden, die eine Identifikation der Personen ermöglichen. In der Fokusgruppendiskussion wurde die Verwendung von T-Shirts mit Fotos der entsprechenden Personen vorgeschlagen (siehe Abschnitt 3.3.2). Hinweise auf den Sprecher sollten ebenfalls eingebaut werden. Beispielsweise durch visuelle Elemente, die den Sprecher eindeutig als solchen kennzeichnen, aber auch durch die automatisierte Erfassung der nonverbalen Kommunikationssignale.

---

2. Die Erklärung des Uncanny Valley ist in Kapitel 2.9 zu finden.

Erkenntnisse Literatur/Empirie	Design- Herausforderungen	Design-Implikationen
<p>Wenn Remote-Personen zu einem Setting mit mehreren lokal anwesenden Personen geschaltet werden, werden sie schlecht in die Kommunikation integriert oder sogar ignoriert [Yan+04]. Sie haben außerdem einen signifikant geringeren Redeanteil [3.1.2].</p>	<p>Wie kann die Anwesenheit von Remote-Personen deutlicher gemacht werden?</p>	<p>Die Remote-Teilnehmer und ihre Aktionen sollen angemessen repräsentiert werden, um sie jederzeit als aktive Personen wahrzunehmen. Sie sollen als Avatare im dreidimensionalen Raum abgebildet werden.</p>
<p>Die Identifizierung des Sprechers ist besonders in nur-Audio-Systemen schwierig, weil die Stimme nicht zugeordnet werden kann [Yan+04]. Personen möchten die Kommunikationssignale der Gesprächspartner zwar wahrnehmen, aber selbst nicht gefilmt werden, weil sie sich beobachtet fühlen [3.2.2].</p>	<p>Wie kann sichergestellt werden, dass die Sprecher richtig identifiziert und ihre Kommunikationssignale an die Gesprächspartner übertragen werden, ohne dass sie sich beobachtet fühlen?</p>	<p>Die Repräsentationen der Teilnehmer sollten Alleinstellungsmerkmale haben, die sie als Sprecher eindeutig identifizieren lassen. Ihre Kommunikationssignale sollten automatisiert erfasst und geeignet wiedergegeben werden.</p>

Tabelle 4.7: Erkenntnisse aus Literatur und Empirie, Herausforderungen sowie Implikationen zur Repräsentation der Teilnehmer in Remote-Meetings.

## 4.8 Zusammenfassung des Konzepts

Das Konzept *BeamLite* stellt ein MR-Kommunikationssystem dar, das die Kollaboration und Kommunikation in Remote-Meetings verbessern soll. Die wesentlichen Bestandteile werden an dieser Stelle in komprimierter Form dargestellt. Abbildung 4.1 verdeutlicht das Konzept visuell.

Es soll ein bekannter Meeting-Raum als virtuelle Repräsentation in VR abgebildet werden, um einem Remote-Teilnehmer das Gefühl von Telepräsenz zu vermitteln. Die lokalen Teilnehmer sollen sich in diesem realen Raum treffen und AR-Brillen tragen. Die immersiven Eigenschaften der verwendeten Technologien sollen den Fokus auf das Meeting legen und Ablenkung durch äußerliche Faktoren minimieren. Avatare sollen die Teilnehmer repräsentieren und natürliche Gesten in die Kommunikation einbauen, um ein möglichst

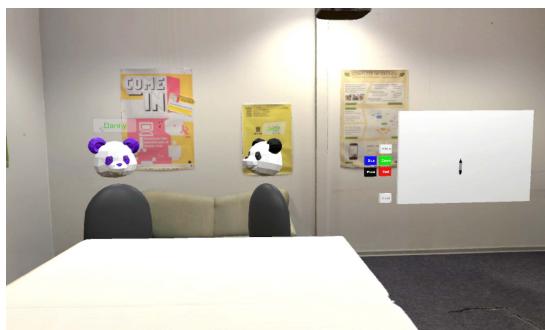
F2F-ähnliches Meeting zu schaffen. Die Mimik soll im Idealfall vollständig erfasst und übermittelt werden. Eine Substitution durch metaphorische Darstellungen ist ebenfalls denkbar. Eine Shared View der Teilnehmer und die Einbindung von virtuellen Elementen, wie beispielsweise geteilten Medien oder Whiteboards, sollen die Kollaboration über die reine Kommunikation hinaus unterstützen. *BeamLite* soll durch die Einbindung von AR- und VR-Technologien den dreidimensionalen Raum ausnutzen und dynamischere und fokussiertere Remote-Meetings ermöglichen, die an die Qualität von F2F-Situationen heranreichen.



(a) Zwei Teilnehmer treffen sich gemeinsam zu einer Kreativ-Session im Kreativlabor.



(b) Ein weiterer Teilnehmer kann nicht vor Ort sein und schaltet sich in VR zu der Kreativ-Session dazu.



(c) Der entfernte Teilnehmer sieht eine realistische Abbildung des Kreativlabors sowie die anderen Teilnehmer als Avatare.



(d) Der entfernte Teilnehmer wird für die lokalen Teilnehmer als Hologramm in Form eines Avatars angezeigt.

Abbildung 4.1: Visuelle Zusammenfassung des Konzepts von BeamLite.

## **5 Das Konzept umsetzen: Implementierung**

Um das Konzept in einer späteren Phase des Designprozesses testen zu können, sollte ein Softwareprototyp entwickelt werden, der die wesentlichen Aspekte des Konzepts umsetzt. Da der Prototyp aufgrund der zeitlichen Rahmenbedingungen nicht ganzheitlich mit allen in Kapitel 4 erwähnten Funktionen ausgestattet werden konnte, wurde der Fokus auf die wesentlichen Features gelegt.

Die Literaturrecherche und die empirische Vorstudie zeigten, dass in Meetings wichtige Kollaboration und Artikulationsarbeit stattfindet, die durch nonverbale Signale maßgeblich beeinflusst wird. Daher wird bei der Auswahl der Features darauf geachtet, wie die genannten Aspekte in einer Anwendung gestaltet werden können, um sie im Nachhinein evaluieren zu können.

Obwohl im Konzept vorgesehen ist, die einzelnen Meeting-Formen dynamisch unterstützen zu können, war es für den Prototypen nicht möglich, jede Meeting-Form gleichermaßen umzusetzen. Der Fokus wurde deshalb auf eine einzige Form gelegt. Die Wahl der unterstützten Meeting-Form fiel auf Kreativ-Sessions.

Die Umsetzung eines Meeting-Raums in VR ist dafür eine wichtige Voraussetzung. Der Raum sollte realitätsgerecht abgebildet werden. Außerdem sollten alle Teilnehmer als Avatare repräsentiert werden und sich frei im Raum bewegen können. Dabei sollte ihre Position den anderen Teilnehmern in Echtzeit und räumlich korrekt angezeigt werden. Die Avatare sollten mindestens die Kopfbewegungen und die Positionen der Hände erfassen und wiedergeben und im Idealfall sogar eine genauere Abbildung der Fingerbewegungen ermöglichen, damit Gesten natürlich übertragen werden können. Die Blickrichtung sollte durch die richtige Rotation und Position der Köpfe von den Teilnehmern antizipiert werden können. Die Übertragung von Mimik stellte eine Herausforderung dar, die mit den zur Verfügung stehenden technischen Möglichkeiten nicht lösbar war. Daher musste darauf verzichtet werden, die Erfassung und Übertragung von Mimik in den Prototypen zu integrieren.

Um den Rahmenbedingungen eines Meetings gerecht zu werden, sollten eine Agenda und ein Zeitindikator eingebaut werden. Automatisierte Protokolle wurden aufgrund des geplanten Evaluationsvorgehens für den Prototypen als nicht notwendig erachtet und deshalb nicht in die Feature-Selektion integriert. Eine Kollaborationsmöglichkeit sollte

durch die Integration eines Whiteboards, das sowohl in AR als auch VR genutzt werden kann, geschaffen werden.

Die Vorgehensweise bei der Entwicklung des Prototypen sowie detaillierte Beschreibungen der einzelnen Features folgen innerhalb dieses Kapitels. Dabei wird zunächst ein Überblick über die verwendete Hardware gegeben und im Anschluss werden die Funktionen chronologisch nach der Reihenfolge ihrer Entwicklung erläutert.

### 5.1 Verwendete Hardware

Bevor mit der Softwareentwicklung begonnen werden konnte, musste zunächst eine Entscheidung für die zu verwendende Hardware getroffen werden. Für den AR-Teil wurde die *Microsoft HoloLens*<sup>1</sup> gewählt, da bereits Erfahrungen in der Entwicklung mit diesem System vorhanden waren und die Hardware als einzige AR-Technologie zur Verfügung stand.

Für VR ergaben sich mehrere Möglichkeiten. Einerseits wäre eine Entwicklung für das Smartphone denkbar gewesen, um die Anwendung mit günstigen VR-Brillen, wie dem *Google Cardboard* oder der *Google Daydream*, zugänglich zu machen. Andererseits wurden teurere Alternativen mit *room-scale* VR<sup>2</sup>, wie das *HTC Vive*-System oder die *Oculus Rift*, in Betracht gezogen. Letztendlich wurde eine Entscheidung für die letztere Variante getroffen, da diese das freie Bewegen im Raum sowie die Handpositionen erfassen kann. Grundsätzlich wurde der Prototyp so gebaut, dass beide genannten Alternativen – Vive und Oculus Rift – mit dem System kompatibel sind. Allerdings wurde für die spätere Evaluierung das Vive-System verwendet.

In den folgenden Abschnitten werden die verwendeten Systeme vorgestellt. Dabei werden die wesentlichen technischen Eigenschaften und Interaktionsmöglichkeiten erklärt, um eine Wissensbasis für die folgenden Abschnitte der Implementierung zu schaffen.

#### 5.1.1 HTC Vive

Für die Umsetzung des VR-Teils des MR-Systems wurde das HTC Vive-System verwendet. Es besteht aus einem HMD, zwei Controllern sowie zwei Basisstationen für das

1. Im Folgenden wird aufgrund der Leserlichkeit der Herstellername nicht weiter aufgeführt. Mit *HoloLens* ist weiterhin *Microsoft HoloLens* gemeint. Dies gilt auch für *HTC Vive*.
2. Room-scale VR oder raumfüllendes VR beschreibt den realen Bewegungsradius des VR-Nutzers. Es unterscheidet sich von stehender beziehungsweise sitzender VR darin, dass sich der Nutzer frei in seiner realen Umgebung bewegen kann und diese Bewegungen in die virtuelle Umgebung übertragen werden. Für room-scale VR wird neben einem entsprechenden Trackingsystem auch eine freie Fläche benötigt, in der sich der Nutzer ungestört bewegen kann.

Trackingsystem, siehe Abbildung 5.1. Optional lässt sich das System durch *Vive Tracker* erweitern.



Abbildung 5.1: HTC Vive-System bestehend aus (1) HMD, (2) Basisstationen und (3) Controllern<sup>3</sup>.

In dem HMD befindet sich für jedes Auge ein Display mit einer Auflösung von 1080 zu 1200 Pixel und einer Bildwiederholrate von 90 Hertz. Zusätzlich befinden sich eine RGB-Kamera an der Vorderseite sowie ein Mikrofon an der Unterseite des HMD. Die Datenübertragung vom und zum Computer findet kabelgebunden statt. An dem HMD ist zudem ein kürzeres Kabel mit einer 3,5mm Klinkenbuchse für den Anschluss von Kopfhörern angebracht.

Als Trackingsystem wird ein optisches, markerbasiertes *inside-out*-System verwendet. Bei einem *inside-out*-System werden keine externen Kameras benötigt. Die zwei Basisstationen werden jeweils an einer festen Position im Raum angebracht und senden unabhängig voneinander, abwechselnd einen horizontalen und einen vertikalen Laserstreifen (laser sweep) mit jeweils einem Winkel von 120 Grad aus. In den zu trackenden Objekten befinden sich in der Oberfläche mehrere Fotodioden, siehe Abbildung 5.2 (6), die den einfallenden Laserstrahl registrieren. Aus der Zeitdifferenz, wann die einzelnen Fotodioden den Laser registriert haben, werden die Position sowie die Orientierung des Objekts im Raum berechnet. Vor jedem Sweep wird der gesamte Trackingbereich mit einem Infrarotblitz<sup>4</sup> ausgeleuchtet. Dieser Blitz dient als Synchronisationsplus. Diese Technologie wurde von *Valve* entwickelt und wird *Lighthouse* genannt. Zusätzlich zu dem Lighthouse wird für die Bewegungserkennung der zu trackenden Objekte eine inertiale Messeinheit (Inertial Measurement Unit (IMU)) verwendet. Dabei handelt es sich um eine Kombination aus mehreren Beschleunigungs- und Drehratensensoren. Diese dienen der Berechnung der relativen Ortsveränderung zwischen der Erfassung durch das Lighthouse. Durch die Kombination von Lighthouse und IMU kann das System die Position des zu trackenden Objekts

---

3. Abgerufen von <https://de.ifixit.com/Anleitung/Image/meta/r4YklkkyQiA165QM> am 02.03.2018.

4. Der Infrarotblitz ist für das menschliche Auge nicht wahrnehmbar.

hochfrequent und hochgenau ermitteln. Das Lighthouse ermöglicht ein raumfüllendes VR-Erlebnis auf einer Fläche von fünf mal fünf Metern<sup>5</sup>.

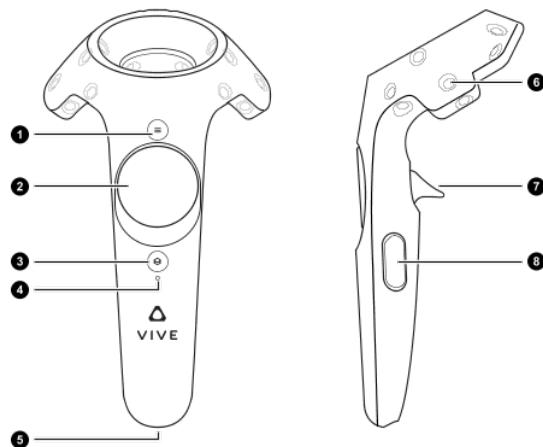


Abbildung 5.2: HTC Vive Controller mit (1) Menü-Button, (2) Trackpad, (3) System-Button, (4) Statuslampe, (5) Micro-USB-Anschluss, (6) Verfolgungssensoren, (7) Trigger, (8) Grab-Button<sup>6</sup>.

In dem Vive-System werden als primäres Eingabegerät die in Abbildung 5.2 dargestellten Controller verwendet. Dabei hat der Nutzer in jeder Hand einen Controller, der durch das Lighthouse getrackt wird. Mit den Daumen werden die Tasten auf der Oberseite des Controllers bedient. Das Trackpad – Abbildung 5.2 (2) – ist per Touch bedienbar und erkennt bei Berührung, an welcher Stelle sich der Finger auf dem Trackpad befindet. Zusätzlich kann auf die gesamte Fläche gedrückt werden, sodass das Trackpad auch als Eingabeknopf verwendet werden kann. Die anderen wichtigen Eingabetasten, Trigger und Grab-Button – Abbildung 5.2 (7) und (8) – sind auf der Rückseite des Controllers und werden mit dem Zeige- beziehungsweise dem Mittelfinger bedient. Durch ein symmetrisches Design der Controller ist eine Zuordnung zu einer bestimmten Hand nicht notwendig.

Welche Funktionalität eine Taste auf dem Controller in einer Anwendung hat, entscheidet der Entwickler der Anwendung. Die in der Marktanalyse gesammelten Erfahrungen, zeigten, dass sich, aufgrund der teilweise stark unterschiedlichen Interaktionskonzepte in VR-Anwendungen, bisher keine best-practice-Tastenbelegung etabliert hat.

Das Vive-System benötigt zum Betrieb einen VR-tauglichen Rechner, auf dem die *SteamVR*-Anwendung installiert ist. SteamVR ist über Valves Entertainmentplattform *Steam* kostenlos erhältlich. Vor der Erstbenutzung muss das System einmalig eingerichtet beziehungsweise kalibriert werden. Die SteamVR-Anwendung führt den Nutzer durch den

- 
- 5. Die maximal unterstützte Distanz zwischen den Basisstationen beträgt 5 Meter. Der begrenzende Faktor ist dabei der Infrarotblitz.
  - 6. Abgerufen von [https://www.vive.com/de/support/vive/category\\_howto/about-the-controllers.html](https://www.vive.com/de/support/vive/category_howto/about-the-controllers.html) am 02.03.2018.

Prozess. Dabei wird die Bodenebene kalibriert und der Spielbereich festgelegt. Anhand des Bodens und des vom Nutzer definierten Spielbereichs wird ein drei-achsiges, kartesisches Koordinatensystem aufgespannt, dessen Nullpunkt auf Bodenhöhe mittig im Spielfeld liegt. Innerhalb des Koordinatensystems kann die Position eines getrackten Objekts in absoluten Werten angegeben werden.

### 5.1.2 Microsoft HoloLens

Die Microsoft HoloLens wird in dieser Arbeit für die Umsetzung des AR-Teils des MR-Kommunikationssystems verwendet. Bei der HoloLens handelt es sich um ein komplett autark arbeitendes HMD. Als Betriebssystem wird *Windows 10* mit der *Mixed Reality Platform* verwendet. In der HoloLens befindet sich ein SoC<sup>7</sup> auf dem neben der CPU, GPU und RAM auch die Holographic Processing Unit (HPU) verbaut ist. Bei der HPU handelt es sich um einen eigens für die HoloLens entwickelten Chip, der für die Darstellung und Positionierung der virtuellen Objekte designt wurde. Der integrierte Akku lässt – je nach Auslastung der HoloLens – eine Laufzeit von bis zu vier Stunden zu.



Abbildung 5.3: Microsoft HoloLens<sup>8</sup>.

Die HoloLens verwendet ähnlich wie die Vive ebenfalls ein optisches inside-out-Trackingsystem, allerdings kommt die HoloLens dabei ohne Marker aus. Die Umgebung wird kontinuierlich gescannt und als Netzstruktur intern abgespeichert. Dafür wird eine Kombination aus vier schwarz-weiß Kameras und einer Tiefenkamera verwendet. Zusätzlich dazu besitzt die HoloLens auch eine IMU.

Über zwei transparente Displays werden virtuelle Elemente in das Sichtfeld des HoloLens-Trägers projiziert, die als Hologramme bezeichnet werden. Die reale Umgebung kann durch die Displays weiterhin wahrgenommen werden. Diese Technologie wird auch *optical see-through* genannt. Für die auditive Anreicherung besitzt die HoloLens zwei Lautsprecher, die sich unmittelbar über den Ohren des Trägers befinden. Die Helligkeit der Displays sowie die Lautstärke der Lautsprecher lassen sich über jeweils zwei Knöpfe auf der

7. Der Begriff SoC – System on a Chip – beschreibt ein elektronisches System, bei dem sich der Großteil der Hardware auf einem Chip befindet.

8. Abgerufen von <https://de.ifixit.com/Anleitung/Image/meta/r4YklkkyQiA165QM> am 02.03.2018.

Oberseite der HoloLens steuern. Zusätzlich sind insgesamt vier Mikrofone verbaut, die beispielsweise Sprachbefehle aufnehmen können. Als Schnittstelle zu anderen Geräten stehen ein Micro-USB-Anschluss, Bluetooth 4.1 LE sowie Wi-Fi zur Verfügung.

Das Interaktionskonzept mit der HoloLens besteht aus drei Hauptkomponenten: Blickrichtung (Gaze), Handgesten (Gesture) und Sprachbefehlen (Voice). Die Blickrichtung wird durch die Kopfbewegung des HoloLens-Trägers gesteuert. Das Bewegen der Pupillen hat keine Auswirkung. Über den Gaze werden virtuelle Objekte mit einem virtuellen Cursor anvisiert. Die Interaktion mit dem anvisierten Objekt erfolgt anschließend mittels Handgesten oder Sprachbefehlen.

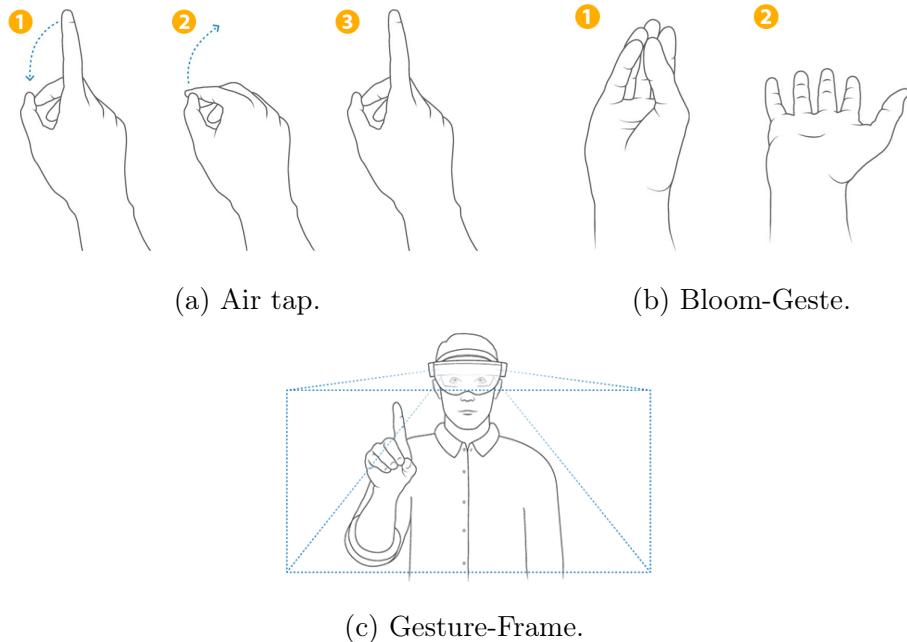


Abbildung 5.4: HoloLens-Gesten und Gesture-Frame<sup>9</sup>.

Die HoloLens erkennt zwei grundlegende Handgesten: den *Air tap* sowie die *Bloom*-Geste (siehe Abbildung 5.4). Der Air tap ist mit einem einfachen Klick am Computer vergleichbar. Um einen Air tap auszuführen, muss der Zeigefinger – wie in Abbildung 5.4a (1) dargestellt – erhoben werden. Diese Haltung wird auch *ready state* oder *Ready-Gesture* genannt. Anschließend wird der Zeigefinger ruckartig in Richtung des Daumens bewegt und direkt wieder in die Ausgangsposition angehoben. Abbildung 5.4a (2) verdeutlicht diese Bewegung. Verweilt der Finger wie in Abbildung 5.4a (2), ohne ihn wieder zu erheben, wird von der *Tap and hold*-Geste gesprochen. Mit dieser Geste lassen sich beispielsweise Kontextmenüs aufrufen. Mit der Bloom-Geste kann das Startmenü geöffnet, beziehungsweise die aktuelle Anwendung verlassen werden. Für die Bloom-Geste müssen alle Finger, wie in Abbildung 5.4b (1), zusammengenommen und anschließend geöffnet werden. Alle Gesten lassen sich mit beiden Händen ausführen. Die HoloLens kann die

<sup>9</sup>. Abgerufen von <https://support.microsoft.com/en-us/help/12644/hololens-use-gestures> am 11.03.2018.

Gesten nur erfassen, wenn sich die Hände im sogenannten *Gesture-Frame* befinden (siehe Abbildung 5.4c).

### 5.2 Iterative und agile Softwareumsetzung

Für die softwareseitige Entwicklung des Prototypen wurde auf die Game Engine *Unity* gesetzt, da bereits Erfahrungen im Umgang mit dieser vorhanden waren und sie sich für die Entwicklung von 3D-Anwendungen für die HoloLens etabliert hat<sup>10</sup>.

Die Entwicklung des Prototypen erfolgte iterativ und agil. Dabei wurde stetig Nutzerfeedback eingeholt und in die Anwendung eingebunden. Da die Entwicklung in einem festen Raum der Universität Siegen stattfand und sich dort häufig Studierende und wissenschaftliche Mitarbeiter aufhielten, wurden diese spontan gebeten sich die VR- oder AR-Brillen aufzusetzen und sich den aktuellen Stand des Prototypen anzusehen. Das Feedback wurde dabei handschriftlich auf einem Plakat in DIN A1-Größe festgehalten und – sofern möglich – zeitnah umgesetzt.

In den folgenden Abschnitten wird die Vorgehensweise bei der Implementierung genauer beschrieben. Zunächst wird ein Überblick zu Unity und dem allgemeinen Aufbau der Anwendung gegeben, um im Anschluss die Einbindung der einzelnen Features von *BeamLite*, die sich aus der Konzeptentwicklung und dem Nutzerfeedback ergaben, zu erläutern.

#### 5.2.1 Entwicklungsumgebung und verwendete Toolkits

Unity besteht aus der Laufzeitumgebung, die für das Rendering und die Physik-Engine verantwortlich ist, sowie der Entwicklungsumgebung, in der die 3D-Szenen erstellt werden. Die Unity-Entwicklungsumgebung ist nicht in der Lage die Anwendung direkt für die HoloLens zu exportieren. Es wird zunächst ein Universal Windows Platform (UWP) Code-Projekt erstellt, das anschließend mittels *Visual Studio* zu einer HoloLens-Anwendung gebaut wird. Für die Prototypenentwicklung wurden Unity in der Version 2017.1.2p2 und Visual Studio 2017 verwendet<sup>11</sup>. Die Entwicklung der VR-Anwendung wurde ebenfalls mit Unity durchgeführt. Hierfür fungiert Visual Studio nur peripher als Editor der Unity-Skripte, die das Verhalten der Anwendung definieren. Die Skripte werden sowohl für die AR- als auch für die VR-Anwendung in der Programmiersprache C# geschrieben.

- 
10. Es wird innerhalb dieses Kapitels Vokabular aus dem Gaming- und Videospieleentwicklungsreich, speziell von Unity, verwendet, das als bekannt vorausgesetzt und deshalb nicht weiter erklärt wird.
  11. Es ist zu beachten, dass die Entwicklung der Unity Game Engine im Bereich AR und VR während der Bearbeitungszeit der Masterarbeit sehr schnelllebig war und Updates teilweise breaking changes beinhalteten, wodurch die verwendeten Toolkits inkompatibel wurden. Aus diesem Grund wurde eine ältere Version verwendet und während der Entwicklung nicht aktualisiert.

Zu den verwendeten Toolkits gehören auf der AR-Seite das *MixedRealityToolkit-Unity (MRTK)*<sup>12</sup> und für die VR-Seite das *SteamVR Unity Plugin*<sup>13</sup> sowie das *Virtual Reality Toolkit (VRTK)*<sup>14</sup>. Bei dem MRTK handelt es sich um eine Sammlung von Skripten und Komponenten, welche die Hürde bei dem Einstieg in die Entwicklung von MR-Anwendungen verringern und die Entwicklung von HoloLens-Anwendungen beschleunigen soll [Mic]. Das Toolkit ist quelloffen und wird gemeinsam von Microsoft und der Community stetig weiterentwickelt. Das SteamVR Unity Plugin sowie das VRTK sind ebenfalls quelloffen. Über das SteamVR Unity Plugin wird die Verbindung zwischen der VR-Anwendung und der SteamVR-Anwendung hergestellt. Darüber werden beispielsweise der VR-Anwendung die Positionen des HMDs sowie der Controller mitgeteilt. Im VRTK sind dagegen, ähnlich wie im MRTK, vor allem Skripte enthalten, die übliche Basisfunktionalitäten, wie beispielsweise Lokomotion, abbilden und so die Entwicklung von VR-Anwendungen beschleunigen sollen.

### 5.2.2 Struktur der Unity-Anwendung

Der Aufbau der Anwendung wurde durch das Projekt *HoloViveObserver* von Drew Gottlieb [Got17] inspiriert. Dabei handelt es sich um ein Konzept, bei dem Aktionen, die in der VR-Umgebung erlebt werden, für Außenstehende mittels der HoloLens sichtbar gemacht werden sollen. Dazu befinden sich Vive- und HoloLens-Träger in einem Raum. Der Vive-Nutzer kann mit seinen Controllern Quader in seiner virtuellen Umgebung erstellen. Diese werden an die HoloLens übertragen und im realen Raum angezeigt. Zusätzlich wird dem VR-Nutzer eine minimalistische Darstellung des HoloLens-Trägers in der virtuellen Umgebung präsentiert. Die virtuelle Position stimmt dabei mit der realen Position der Person überein.

Gottlieb nutzt die Cross-Platform Fähigkeit der Unity Engine und implementiert die AR- und VR-Sicht beide gemeinsam in einer Unity-Anwendung und in einer Szene. In dieser Szene befinden sich sowohl Elemente, die teilweise nur für die AR- oder VR-Seite benötigt werden, als auch Elemente, die für beide Plattformen notwendig sind, zum Beispiel Elemente, welche die Netzwerkkommunikation übernehmen. Dieser Aufbau kann aufgrund der unterschiedlichen Plattformen zu Problemen beim Kompilieren der Anwendung führen. Während des Kompilervorgangs werden alle Skripte, die sich in dem Projekt befinden, auf mögliche Kompilierfehler geprüft. Werden plattformspezifische Anweisungen verwendet,

---

12. Es ist auch unter dem Namen HoloToolkit bekannt. In der Arbeit wurde die Version v1.2017.2.0 (abrufbar unter <https://github.com/Microsoft/MixedRealityToolkit-Unity/releases/tag/v1.2017.2.0>) verwendet.

13. SteamVR Plugin auf GitHub: [https://github.com/ValveSoftware/steamvr\\_unity\\_plugin](https://github.com/ValveSoftware/steamvr_unity_plugin)

14. VRTK auf GitHub: <https://github.com/thestonexox/VRTK>

die auf der Plattform, für die gerade gebaut wird, nicht vorhanden sind, führen diese zu einem Scheitern des Kompiliervorgangs.

Dies ist unter anderem bei der Verwendung des SteamVR Unity Plugins der Fall. Der Versuch die Anwendung für UWP zu bauen schlägt fehl, da das SteamVR Unity Plugin nicht für UWP ausgelegt ist und Anweisungen nutzt, die nur unter Windows zur Verfügung stehen. Für diese Problematik besitzt Unity die Eigenschaft der *Platform Dependent Compilation*. Über Präprozessoranweisungen kann festgelegt werden, ob ein Code-Abschnitt für eine bestimmte Plattform ausgeführt werden soll oder nicht. Da das SteamVR Unity Plugin quelloffen ist, können gezielt die Passagen deaktiviert werden, die bei dem Kompiliervorgang für UWP Fehler verursachen. Dies stellt für die HoloLens-Anwendung kein Problem dar, da diese nicht auf die Funktionalität aus dem SteamVR Unity Plugin zugreift.

Da beim Start einer Unity-Anwendung alle Elemente, die sich in der Szene befinden, instanziert werden, stellt der Aufbau der Anwendung ein weiteres Problem für die Integration beider Systeme in einer Anwendung dar. Elemente, die plattformabhängig sind, wie zum Beispiel die Controller für die VR-Seite, müssen zur Laufzeit nur auf den für sie vorgesehenen Plattformen vorhanden sein. Dieses Problem behebt Gottlieb, indem er ein Skript an diese Elemente anhängt, das prüft, ob ein Element für die aktuelle Plattform benötigt wird und deaktiviert es, wenn es nicht gebraucht wird.

Die Implementierung beider Anwendungen in einem Projekt hat allerdings einen großen Vorteil: Prefabs, die für beide Plattformen benötigt werden, sind einfacher zu warten und zu modifizieren. Die Lösung für die plattformabhängigen Prefabs ist für Gottliebs Implementierung akzeptabel, da die Szene nur eine geringe Anzahl an Elementen aufweist. Nimmt die Anzahl jedoch zu und differenziert sich die Ansicht auf den unterschiedlichen Plattformen stark, wird die Szene unübersichtlich, wodurch die Wartbarkeit negativ beeinflusst werden kann. Deshalb wurde im späteren Verlauf der Implementierung von *BeamLite* je eine Szene für AR und VR erstellt. Diese Szenen beinhalten nur die für die jeweilige Plattform benötigten sowie der gemeinsam genutzten Elemente. Beim Erstellen der Anwendung wird nur die zu der Plattform passende Szene für den Buildprozess ausgewählt.

### 5.2.3 Netzwerk

Die Basis für *BeamLite* stellt die Kommunikation zwischen den einzelnen Instanzen der Anwendung dar. Unity stellt für die Entwicklung von Multiplayer-Anwendungen eine High Level API (HLAPI) zur Verfügung, die alle üblichen Multiplayer-Funktionen beinhaltet und die Datenverarbeitung für den Netzwerktransport übernimmt. Die HLAPI setzt für die

Kommunikation eine Server-Client-Architektur voraus. Eine direkte Kommunikation zwischen den einzelnen Clients ist dabei nicht möglich. Der gesamte Datenaustausch läuft über den Server. Damit nicht zwangsläufig dedizierte Server für die Anwendung bereitgestellt werden müssen, hat die HLAPI das Konzept des Hosts integriert. Dabei werden in einem Prozess die Server- sowie Client-Funktionalitäten bearbeitet (siehe Abbildung 5.5). Der Server hat zudem die Kontrolle über das Erstellen von *GameObjects*, die sich im Netzwerk befinden. Damit ein GameObject netzwerkfähig wird, muss es das NetworkIdentity-Skript enthalten. Zusätzlich müssen Skripte, die eine Netzwerkaktion auslösen, nicht von der üblichen Klasse MonoBehaviour<sup>15</sup>, sondern von NetworkBehaviour<sup>16</sup> abgeleitet werden.

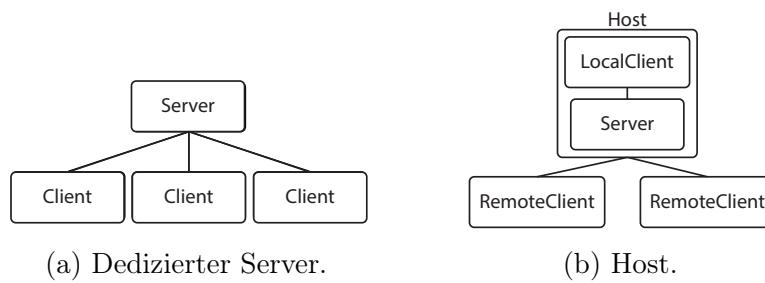


Abbildung 5.5: Netzwerkarchitektur.

Um eine Unity-Anwendung mit der HLAPI mehrspielerfähig zu machen, muss zunächst ein GameObject mit dem NetworkManager<sup>17</sup>-Skript in die Szene eingefügt werden. Der NetworkManager kümmert sich vor allem um die Aufgaben bezüglich des Netzwerkstatus der Anwendung, wie beispielsweise welche Rolle die Instanz einnimmt (Server, Host oder Client) sowie die Verwaltung bei der Erstellung von Netzwerkobjekten. Über die öffentlichen Methoden `StartServer()`, `StartHost()` beziehungsweise `StartClient()` der NetworkManager-Klasse wird die Rolle der Instanz festgelegt. Als Server horcht die Anwendung auf eingehende Verbindungen auf dem im NetworkManager festgelegten Port. Als Client wird versucht eine Verbindung zu der festgelegten IP-Adresse und dem Port aufzubauen.

Bei *BeamLite* übernimmt die Anwendung, die auf dem Vive-Rechner läuft, die Rolle des Hosts. Die HoloLens-Anwendungen erhalten die Client-Rolle. Für den Fall, dass mehrere Remote-Personen teilnehmen sollten, übernimmt die VR-Anwendung, die zuerst startet, die Host-Rolle und alle weiteren VR-Anwendungen werden zu Clients. Dies hat zur Folge, dass zum Kompilierzeitpunkt nicht bekannt ist, unter welcher IP-Adresse der Server

15. <https://docs.unity3d.com/ScriptReference/MonoBehaviour.html> – MonoBehaviour-Klasse in der Unity Dokumentation.

16. <https://docs.unity3d.com/ScriptReference/Networking.NetworkBehaviour.html> – NetworkBehaviour-Klasse in der Unity Dokumentation.

17. <https://docs.unity3d.com/ScriptReference/Networking.NetworkManager.html> – NetworkManager-Klasse in der Unity Dokumentation.

erreichbar sein wird. Eine hard-coded IP-Adresse ist somit nicht möglich und sollte zudem vermieden werden. Um diese Problematik zu beheben, wurde die `NetworkDiscovery`<sup>18</sup>-Klasse verwendet. Diese Klasse stellt Funktionalitäten zur Verfügung, damit sich Unity-Anwendungen gegenseitig in einem lokalen Netzwerk finden können. In dieser Klasse wird ebenfalls zwischen Client und Server unterschieden. Der Server versendet in einem bestimmten Intervall Broadcast-Nachrichten mit den wichtigsten Informationen zu der Anwendung. Diese Nachrichten werden von den Clients gelesen und entsprechend verarbeitet. Diese Prozedur wird vor der Festlegung der Netzwerk-Rolle im `NetworkManager` ausgeführt. Jede VR-Instanz startet zunächst in der Rolle eines Clients und sucht nach einem verfügbaren Server. Wird innerhalb eines bestimmten Intervalls keine Broadcast-Nachricht empfangen, wird im `NetworkManager` sowie bei der `NetworkDiscovery` die Server-Rolle für diese Instanz festgelegt.

Diese Implementierung funktioniert allerdings nur, wenn sich alle Teilnehmer in einem identischen Netzwerk befinden. Zudem gab es zum Zeitpunkt der Implementierung den bekannten Fehler, dass die `NetworkDiscovery`-Klasse auf der HoloLens die Broadcast-Nachrichten nicht empfangen hat<sup>19</sup>. Eine Alternative zu `NetworkDiscovery` stellt der Multiplayer-Service von Unity dar. Dabei schickt die Server-Anwendung an die von Unity zur Verfügung gestellten Onlineservices eine Nachricht, die Informationen über die Session beinhaltet. Dazu gehören beispielsweise der Name des Matches sowie der maximalen Teilnehmeranzahl. Über diese Nachricht wird der Server in einer Liste registriert, die von anderen Instanzen der Anwendung abgerufen werden kann. Der Name dient der Identifizierung des Matches. Über den Onlineservice ist es somit möglich, andere Sessions der Anwendung zu finden, auch wenn sich die Geräte nicht in demselben Netzwerk befinden. Allerdings setzt der Onlineservice eine Internetverbindung zwangsläufig voraus.

Zunächst wurde für die Implementierung des Prototypen Unitys Onlineservice genutzt, da dieser einen hohen Komfort bei der Benutzung des Systems mitbringt. Allerdings ergaben sich im Laufe der Implementierung Probleme in Form von Verbindungsabbrüchen. Eine oberflächliche Untersuchung wies darauf hin, dass aufgrund einer hohen Datenrate zwischen den einzelnen Instanzen, der Onlineservice die Verbindungen geschlossen hatte. Als Lösung hierfür wurde für die VR-Anwendung weiterhin auf die `NetworkDiscovery`-Klasse gesetzt. In die HoloLens-Anwendung wurde eine minimalistische UI für die Eingabe der IP-Adresse eingebaut, die in Abbildung 5.6 dargestellt ist. Dass die Anwendung auf diese Weise nur in einem lokalen Netzwerk funktionieren kann, wurde für den Prototypen in Kauf genommen.

---

18. <https://docs.unity3d.com/ScriptReference/Networking.NetworkDiscovery.html> – `NetworkDiscovery`-Klasse in der Unity Dokumentation.

19. <https://issuetracker.unity3d.com/issues/uwp-networkdiscovery-as-client-on-uwp-does-not-receive-networkevents> – `NetworkDiscovery` Fehler im Unity Issue Tracker.

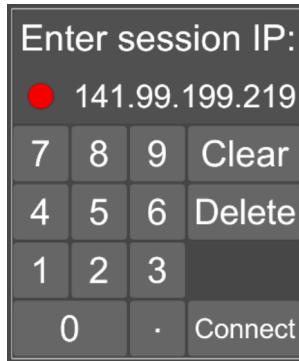


Abbildung 5.6: Eingabemaske für die Session-IP.

Nachdem eine Verbindung zwischen Client und Server aufgebaut wurde, ist der Server dafür verantwortlich, ein entsprechendes Playerobjekt zu erstellen. Dieses Objekt wird nicht nur auf dem Server erstellt, sondern auf allen verbundenen Clients. Im primitivsten Fall ist dies ein leeres GameObject, das eine Transform-Komponente und eine NetworkIdentity besitzt. Aus diesem GameObject wurde zunächst ein Prefab für die Wiederverwendbarkeit erstellt und NetworkPlayer genannt. Der NetworkPlayer wurde während der Implementierung kontinuierlich mit Eigenschaften und Funktionen erweitert.

#### 5.2.4 Positionsübertragung der Teilnehmer

Die Positionsübertragung der Teilnehmer stellte durch die unterschiedliche Positionsbestimmung der Systeme von HoloLens und Vive eine besondere Herausforderung bei der Implementierung dar. Wie in Abschnitt 5.1.1 beschrieben, kann die Position und Orientierung des Vive-HMDs innerhalb des Lighthouses immer mit einem wiederholbaren absoluten Wert angegeben werden. Wiederholbar bedeutet in diesem Fall, dass das System immer dieselbe Position zurückgibt, wenn sich das HMD an derselben Stelle im realen Raum befindet. Dieser Wert ist unabhängig davon, wo das Headset sich vorher oder zum Zeitpunkt des Starts der Anwendung befunden hat. Die Werte der Position beziehen sich dabei auf das Spielfeld, das in der Ersteinrichtung festgelegt wurde. Beispielsweise wäre die von dem System berechnete Position des HMDs  $P(0|0|0)$ <sup>20</sup>, wenn das HMD in der exakten Mitte des Spielfelds auf dem Boden liegen würde.

Die HoloLens verhält sich bei der Positionsangabe durch ihr markerloses Tracking anders als die Vive. Die Stelle im Raum, an der sich die HoloLens zum Zeitpunkt des Starts der

---

20. Zu Gunsten des Verständnisses wird hier eine gerundete Positionsangabe gewählt. Die reale Position wäre  $P(0|0.05|0)$ . Die Werte werden in Meter angegeben. Die Y-Koordinate (0,05 Meter) stellt die Höhenangabe der HMD-Position dar. Als Position gibt das Trackingsystem den Mittelpunkt des HMDs an. Deshalb ist die Y-Koordinate ungefähr 5 Zentimeter über dem Boden, obwohl das HMD den Boden bereits berührt.

Anwendung befindet, wird in der Unity-Anwendung auf die Position P(0|0|0) festgelegt. Neben der Position spielt auch die Rotation des Kopfes eine Rolle. Die HoloLens kann zwar durch die IMU die Rotation um die X- und Z-Achse (roll und pitch) messen, allerdings nicht die um die Y-Achse (yaw). Deshalb entspricht eine Rotation von 0 Grad um die Y-Achse der Blickrichtung, welche die HoloLens zum Zeitpunkt des Anwendungsstarts hatte. Die Rotationen um die X- und Z-Achse spiegeln die reale Orientierung der HoloLens im Raum wieder. Eine wiederholbare Positionsangabe ist nur dann möglich, wenn sich die HoloLens beim Starten der Anwendung immer an exakt derselben Stelle im Raum befindet und sich in dieselbe Richtung orientieren würde. Dies ist bei einer normalen Nutzung nicht möglich.

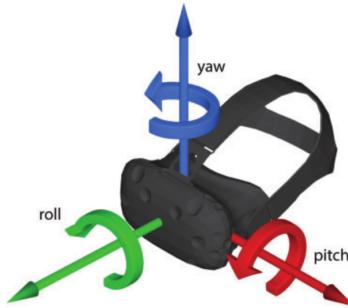


Abbildung 5.7: Rotationen am Beispiel der Vive [NLL17].

Würde beispielsweise die Position der HoloLens unmittelbar nach dem Start der Anwendung direkt an den Vive-Teilnehmer übertragen und in der virtuellen Umgebung an dieser Position ein Avatar angezeigt werden, würde der Vive-Teilnehmer den Avatar mittig im Spielfeld im Boden sehen. Bei der Übertragung von VR zu AR sieht es ähnlich aus. Angenommen der Vive-Träger befände sich mittig in seinem Spielfeld, dann würde sich der Avatar des VR-Teilnehmers in der AR-Sicht ungefähr in der Decke über dem Startpunkt der HoloLens-Anwendung befinden. Abbildung 5.8 stellt dieses Problem grafisch dar.

Gottlieb löst dieses Problem in dem bereits erwähnten Projekt HoloViveObserver [Got17], indem für den HoloLens-Träger ein Hologramm des Vive-Controllers angezeigt wird, in das er einen Controller halten und dabei die Trigger-Taste drücken muss. Da Position und Rotation des Hologramms sowie des Controllers in Unity bekannt sind, können die beiden Koordinatensysteme synchronisiert werden. Dieser Lösungsansatz lässt sich für *BeamLite* allerdings nicht einsetzen, da sich HoloLens- und Vive-Träger nicht in einem Raum befinden. Es musste also eine Lösung gefunden werden, die sich auch in einem verteilten Setting einsetzen lässt.

Bei der Entwicklung einer Lösung wurde dennoch zunächst der Fall betrachtet, dass sich HoloLens- und Vive-Träger in einem Raum befinden, um das Testen der Anwendung zu vereinfachen. Eine Übertragbarkeit auf ein Remote-Setting wurde jedoch stets berücksichtigt. In einem lokalen Setting ist die unbekannte Verschiebung zwischen HoloLens-

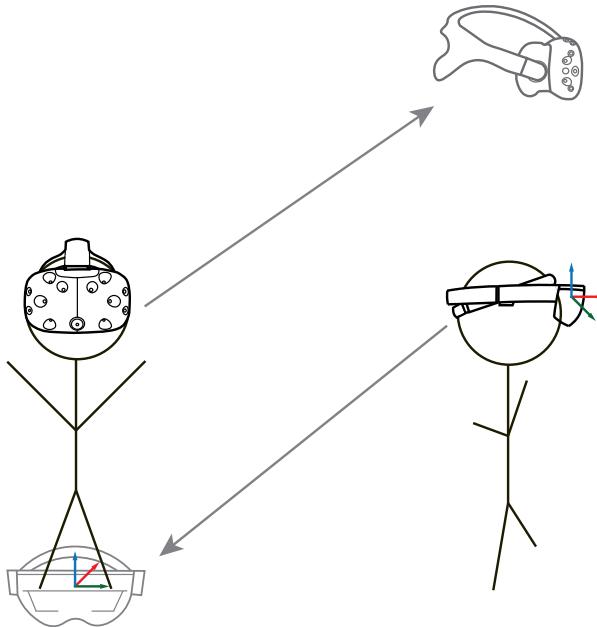


Abbildung 5.8: Vereinfachte, zweidimensionale Darstellung der Verschiebung von HoloLens- und Vive-Koordinatensystem. Die Abbildung zeigt den Zeitpunkt unmittelbar nach dem Start der HoloLens-Anwendung. Die Avatare befinden sich an den falschen Positionen und haben eine falsche Rotation.

und Vive-Koordinatensystem das ausschlaggebende Problem. Gottlieb [Got17] bestimmt mit dem Hologramm und dem Controller die Verschiebung der beiden Koordinatensysteme. Dafür wird das Controller-Hologramm an der Position  $P_{HL}(0|0|0)$ <sup>21</sup> angezeigt. Wird der Controller in das Hologramm gehalten, entspricht die Position des Controllers im Vive-Koordinatensystem der Verschiebung der beiden Systeme. Durch die Betätigung des Trigger-Buttons wird die aktuelle Controller-Position<sub>V</sub> beziehungsweise die Verschiebung gespeichert. Wird diese Verschiebung auf die HoloLens-Position<sub>HL</sub> addiert, entspricht das Ergebnis der Position im Vive-Koordinatensystem. Für die korrekte Übertragung der Vive-Position in das HoloLens-Koordinatensystem muss die Verschiebung von der Vive-Position<sub>V</sub> subtrahiert werden.

Für die Bestimmung der Verschiebung kommen bei *BeamLite* Marker zum Einsatz, die QR-Codes ähnlich sind. Die HoloLens kann die genaue Position sowie Rotation der Marker über die eingebaute RGB-Kamera erfassen. Bei der konkreten Implementierung der Marker wurde das *Vuforia*<sup>22</sup>-SDK in der Version 6.2.10 verwendet. Es handelt sich um ein Plugin für Unity, das speziell für den AR-Bereich entwickelt wurde. Mittels Computervision kann es unter anderem visuelle Marker, wie in Abbildung 5.9, erkennen und ihre Transformation<sup>23</sup> bestimmen. Diese Transformation kann beispielsweise genutzt werden, um an der Position

21. Der Index HL bedeutet, dass die Positionsangabe sich auf das HoloLens-Koordinatensystems bezieht. Für das Vive-Koordinatensystem wird der Index V verwendet.

22. <https://vuforia.com/>

23. Unter Transformation wird im Folgenden die Kombination aus Position und Rotation verstanden.

des Markers in der realen Welt virtuelle Elemente zu platzieren. Der Marker aus Abbildung 5.9 wurde auf einem DIN A4-Papier ausgedruckt, um ihn später scannen zu können. Der eigentliche Marker stellt das Quadrat mit dem Muster in der Mitte dar. Die äußeren Striche dienen der korrekten Ausrichtung des Markers vor dem Scan.

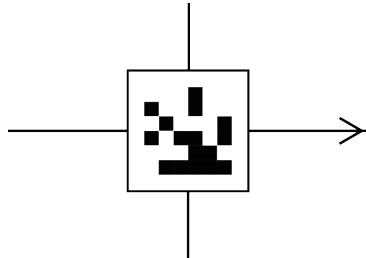
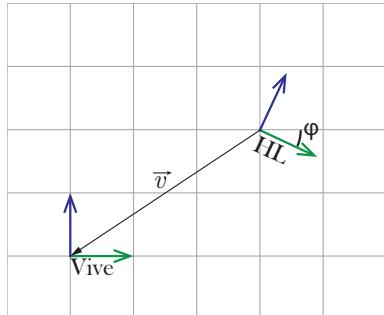


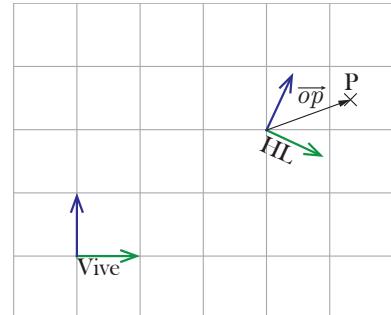
Abbildung 5.9: Verwendeter Marker für die Synchronisation der Koordinatensysteme.

Zunächst wurde im lokalen Setting der Marker in der Mitte des Vive-Spielfelds auf dem Boden platziert. Die Position des Markers war somit  $P_V(0|0|0)$ . Im HoloLens-Koordinatensystem entspricht die Position des Markers der Verschiebung der beiden Systeme. Neben der reinen positionellen Verschiebung der Koordinatensysteme, müssen zusätzlich die Ausrichtungen der Systeme betrachtet werden, da diese in der Regel nicht übereinstimmen. Mit der Ausrichtung der Systeme ist die räumliche Orientierung gemeint. Eine korrekte Positionsübertragung ist nur möglich, wenn die Koordinatensysteme gleich orientiert sind. Bei der Vive wird die Ausrichtung durch die Kalibrierung bei der Ersteinrichtung definiert. Die Ausrichtung des HoloLens-Koordinatensystems wird durch die Orientierung der HoloLens bei jedem Start der Anwendung neu bestimmt. Allerdings unterscheiden sich die Ausrichtungen der beiden Systeme nur in der Y-Achsenrotation, da die integrierten IMUs die Rotation um die X- und Z-Achse für beide Geräte identisch bestimmen: Die X- und Z-Achse verlaufen bei beiden Geräten parallel zum Boden. Um die Differenz in der Y-Achsenrotation zu ermitteln, wird ebenfalls der Marker verwendet. Dabei wird der Marker so ausgerichtet, dass seine Y-Rotation der des Vive-Koordinatensystems entspricht. Die von der HoloLens gemessene Y-Rotation des Markers entspricht der Differenz zwischen den beiden Koordinatensystemen.

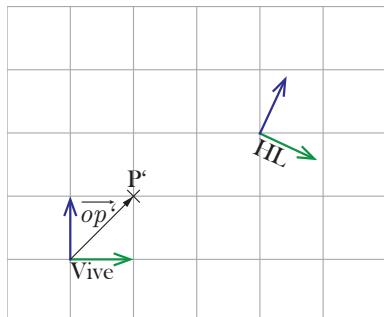
Bevor die aktuelle Position der HoloLens an die anderen Teilnehmer übertragen wird, muss sie in das Koordinatensystem der Vive transformiert werden. Die HoloLens-Position im Vive-Koordinatensystem berechnet sich dabei wie folgt: Von der HoloLens-Position<sub>HL</sub> wird die Marker-Position<sub>HL</sub> subtrahiert und der resultierende Vektor anschließend um die Marker-Y-Rotation<sub>HL</sub> rotiert. Zusätzlich zu der Position muss auch die Orientierung der HoloLens in das Vive-Koordinatensystem transformiert werden. Dazu wird nur die Rotation des HMDs um die Marker-Y-Rotation<sub>HL</sub> rotiert. Das Vorgehen für diese Berechnung wird in Abbildung 5.10 an einem Beispiel grafisch dargestellt.



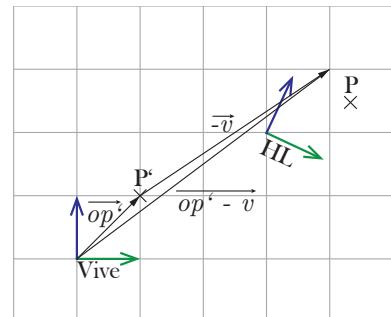
- (1) Ermittlung der Verschiebung  $\vec{v}$  und  $\varphi$  zwischen den Koordinatensystemen durch das Scannen des Markers.



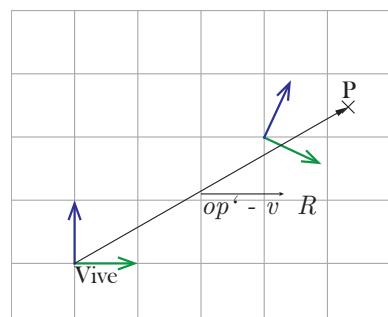
- (2) Die HoloLens befindet sich an der Position  $P_{HL}(1|1)$ .



- (3) Position  $P$  wird in das Vive-Koordinatensystem zu der Position  $P'v(1|1)$  übertragen.



- (4) Von dem Ortsvektor  $op'$  wird die Verschiebung  $\vec{v}$  subtrahiert. Der resultierende Vektor  $op' - v$  zeigt an die falsche Position.



- (5) Der Vektor  $op' - v$  wird mit der Rotationsmatrix  $R$  multipliziert.  $R$  berechnet sich aus der abweichenden Ausrichtung der Koordinatensystem  $\varphi$ . Der resultierende Vektor entspricht dem Ortsvektor der HoloLens im Vive-Koordinatensystem.

Abbildung 5.10: Beispielhaftes Vorgehen bei der Berechnung der HoloLens-Position im Vive-Koordinatensystem. Reduziert auf zwei Dimensionen.

Diese Berechnung wird in dem neu erstellten Skript `NetworkPlayer` ausgeführt. Dieses Skript wurde dem gleichnamigen Prefab hinzugefügt. Das Skript aktualisiert die Position und Rotation des `NetworkPlayer`-GameObjects abhängig von der Transformation des HMDs und der ermittelten Transformation des Markers. Da das Skript sowohl für den HoloLens- als auch den Vive-Teilnehmer verwendet wird, wird vor der Berechnung eine Fallunterscheidung vorgenommen. Im Fall eines HoloLens-Teilnehmers wird die oben beschriebene Berechnung verwendet. Für einen Vive-Teilnehmer muss innerhalb dieses Skripts keine Berechnung stattfinden, da die Position des HMDs bereits in der richtigen Form vorliegt. Die Positionen aller `NetworkPlayer`-Objekte werden somit in das Koordinatensystem der Vive überführt. Dadurch, dass sie sich nun in einem gemeinsamen Koordinatensystem befinden, können sie einfacher über das Netzwerk synchronisiert werden. Die Synchronisation wird durch das Unity `NetworkTransform`<sup>24</sup>-Skript übernommen.

Für eine räumlich korrekte Anzeige des Vive-Teilnehmers in der AR-Anwendung ist diese Berechnung allerdings noch nicht ausreichend. Die Position des Vive-Teilnehmers, die an die HoloLenses übertragen wird, bezieht sich auf das VR-Koordinatensystem. Diese Position muss für jeden AR-Teilnehmer separat in das Koordinatensystem der jeweiligen HoloLens transformiert werden. Für die Transformation von Vive- in das HoloLens-Koordinatensystem wird die Position des `NetworkPlayer`-Objekts um die negative Marker-Y-Achsenrotation rotiert und der resultierende Vektor mit der Position des Markers addiert. Die Rotation des `NetworkPlayer`-Objekts muss ebenfalls um die negative Marker-Y-Achsenrotation rotiert werden, damit der Vive-Teilnehmer für die HoloLens-Träger korrekt im Raum angezeigt werden kann.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass durch die Transformation in ein gemeinsames Koordinatensystem die Synchronisation der Positionen von den Teilnehmern vereinfacht wird, da die Geräte nur jeweils ihre eigne Verschiebung zum Referenzsystem ermitteln müssen. Diese Verschiebung wird im `NetworkPlayer`-Skript gespeichert. Abbildung 5.11 fasst die Vorgänge visuell zusammen. Auf der AR-Seite wird aus den Transformationen des HMDs und des Markers die Transformation des `NetworkPlayer`-Objekts berechnet. Für die Anzeige eines Avatars auf der AR-Seite wird aus den Transformationen des `NetworkPlayer`-Objekts und des Markers die Position eines Avatar-Objekts<sup>25</sup> ermittelt. Für VR sind die Vorgänge einfacher, da alle übermittelten Transformationsdaten der Teilnehmer sich bereits auf das Vive-Koordinatensystem beziehen und somit keine weiteren Berechnungen erforderlich sind.

---

24. <https://docs.unity3d.com/ScriptReference/Networking.NetworkTransform.html> – `NetworkTransform`-Klasse in der Unity Dokumentation.

25. Ein Avatar-Objekt wurde im späteren Verlauf der Implementierung eingeführt (siehe 5.2.6).

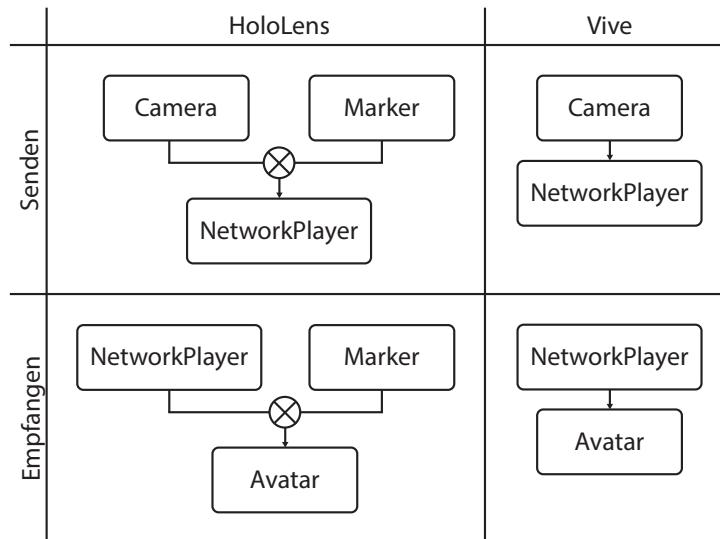


Abbildung 5.11: Komponenten zur Berechnung der Position des NetworkPlayers beziehungsweise Avatars.

In dem bisher beschriebenen lokalen Setting, bei dem sich HoloLens- und Vive-Träger in einem Raum befinden, wurde der Marker in die Mitte des VR-Spielfelds auf den Boden gelegt, weil bekannt war, dass dieser Punkt im realen Raum dem Ursprung des Vive-Koordinatensystems entspricht. Der Marker muss sich allerdings nicht zwangsläufig im Ursprung des Vive-Koordinatensystems befinden. Es muss lediglich bekannt sein, wo sich der Marker in diesem Koordinatensystem befindet. Die Verschiebung zwischen Marker und Ursprung fließt zusätzlich in die Berechnung der NetworkPlayer-Objekte ein. Für ein Remote-Setting bedeutet dies, dass bekannt sein muss, welche Position ein realer Punkt in der virtuellen Abbildung hat. Liegt ein maßstabgetreues Modell des Raums vor, lässt sich die Position jedes beliebigen Punktes im Unity-Editor ablesen.

### 5.2.5 Abbildung des Meeting-Raums für VR

Damit die entfernten Teilnehmer des Meetings das Gefühl haben, sich tatsächlich in demselben Raum zu befinden, in dem sich gerade die lokalen Teilnehmer aufhalten, spielt es eine entscheidende Rolle, wie der entfernte Teilnehmer diesen Raum wahrnehmen kann (siehe Kapitel 2.4). Die Zielsetzung für ein hohes Maß an Telepräsenz erfordert die Integration möglichst vieler sensorischer Wahrnehmungen des entfernten Ortes. In *BeamLite* werden vor allem die Aspekte der auditiven und visuellen Wahrnehmung umgesetzt. Für die Simulation von haptischen Reizen standen nur die Standard Vive-Controller zur Verfügung. Mit den Controllern ist es möglich, den Nutzer durch Vibrationen haptisches Feedback zu geben, wenn dieser beispielsweise seine Hand auf ein virtuelles Objekt legt. Aufgrund einer geringen Priorität dieser Funktion wurde sie nicht in dem Prototypen umgesetzt.

Für *BeamLite* wurde besonders die visuelle Wahrnehmung des Raums priorisiert. Für die Darstellung einer Umgebung in einer VR-Brille haben sich bisher drei grundlegende Vorgehensweisen etabliert:

- Aufnahme und Darstellung von 360-Grad-Aufnahmen
- (Nach-)Modellierung einer Umgebung in einer 3D-Modellierungssoftware
- Rekonstruktion der Umgebung mittels Scanningtechnologien

Alle Vorgehensweisen haben ihr Stärken und Schwächen, die im Rahmen der Implementierung gegeneinander abgewogen wurden. Es sei angemerkt, dass alle drei Vorgehensweisen keine Echtzeitübertragung des Raums ermöglichen. Vorab wird einmalig der Meeting-Raum erfasst und anschließende Änderungen kann der entfernte Teilnehmer nicht wahrnehmen.

Mit der Zunahme der 360-Grad-Kameras, die für Verbraucher finanziell erschwinglich sind, stellt die Aufnahme von qualitativ hochwertigen 360-Grad-Aufnahmen keine Hürde dar [Pho16]. Diese Aufnahmen lassen sich in Unity-Anwendungen integrieren und durch VR-Brillen betrachten. Dabei wird die Aufnahme auf die Innenseite einer Kugel gelegt um einen räumlichen Effekt bei der Betrachtung zu erhalten. Im Zentrum der Kugel befindet sich der Nutzer mit dem VR-Headset und kann sich mit seinen Kopfbewegungen umschauen. Außer der Änderung des Viewports ist bei dieser Vorgehensweise keine freie Bewegung möglich. Deshalb eignet sich die Umgebungsdarstellung durch 360-Grad-Aufnahmen besonders für Anwendungen, bei denen eine hoch realistische Abbildung der Umgebung benötigt wird, aber der Betrachter sich nicht frei bewegen muss. Soll eine Bewegung durch die Umgebung trotzdem ermöglicht werden, können mehrere Aufnahmen an unterschiedlichen Standpunkten erstellt werden, zwischen denen der Nutzer wechseln kann. *Google Street View*<sup>26</sup> ist ein bekanntes Beispiel für diese Technik. Da für *BeamLite* eine natürliche Bewegung in der virtuellen Welt geplant war, damit ein ausgeprägtes Gefühl an Telepräsenz wahrgenommen werden kann, schieden 360-Grad-Aufnahmen für die Darstellung des Meeting-Raums aus.

Für klassische 3D-Videospiele werden Umgebungen entweder vollständig oder teilweise in 3D-Modellierungsprogrammen erstellt. Bei einer teilweisen Erstellung werden einzelne Objekte modelliert und anschließend in einer Game Engine, beispielsweise Unity, für die gewünschte Umgebung angeordnet. Einfache Umgebungen können schnell entsprechend des realen Vorbilds modelliert werden und, wenn vorhanden, mit fotorealistischen Texturen ausgestattet werden. Diese Vorgehensweise erlaubt es, sich frei in der Umgebung zu bewegen. Allerdings ist die Erstellung von komplexen Szenen mit sehr hohem Aufwand verbunden, der im Rahmen dieser Masterarbeit nicht geleistet werden konnte.

---

26. <https://www.google.de/intl/de/streetview/>

Mit Scanningtechnologien können reale Umgebungen digitalisiert werden, um sie später unter anderem in VR zu verwenden. Für das Scannen von Umgebungen, die in VR eingesetzt werden sollen, eignet sich vor allem die Technologie der Fotogrammetrie. Mit Fotogrammetrie ist es möglich, aus normalen Fotos eine dreidimensionale Abbildung zu erstellen. Dazu werden aus unterschiedlichen Perspektiven Fotos von dem zu scannenden Objekt oder der Umgebung gemacht und anschließend wird von einer Fotogrammetriesoftware ein 3D-Modell berechnet. Dieses Modell bildet das gescannte Objekt in Form und Textur realistisch ab. Dadurch eignet sich Fotogrammetrie für die Erfassung von komplexen Umgebungen, die in der Nachmodellierung zu aufwändig wären. Zudem können fotorealistische Texturen aus den Fotos erstellt werden, was besonders für VR interessant ist.

Auch wenn die meisten Meeting-Räume keine hohe Komplexität aufweisen, wurde für die Erstellung des Modells, das der entfernte Teilnehmer von dem Meeting-Raum in der VR-Brille sieht, Fotogrammetrie gewählt. Dazu wurde zunächst der Entwicklungsraum gescannt, in dem die Vive installiert war. Mit einer Spiegelreflexkamera wurden mehrere hundert Fotos gemacht, damit alle im Raum befindlichen Objekte aus unterschiedlichen Perspektiven aufgenommen werden konnten. Außerdem ist es für Fotogrammetrie wichtig, dass die Fotos sich zu Teilen überlappen. Die Überlappungen sorgen dafür, dass die Fotos von einer geeigneten Software für Fotogrammetrie richtig angeordnet werden können. Als Fotogrammetriesoftware wurde *RealityCapture*<sup>27</sup> verwendet. Fotos, die nicht automatisch angeordnet werden können, weil sie beispielsweise zu wenig Überlappung mit anderen Fotos besitzen, können in der Software manuell angeordnet werden. Dazu werden Merkmale in den bereits verarbeiteten Fotos gesucht und markiert, die sich auch auf dem nicht zugeordneten Foto befinden. Die manuell gesetzten Markierungen in den einzelnen Fotos heißen *Control Points*. Auf diese Weise wird das Merkmal in den unterschiedlichen Fotos miteinander verknüpft und die Fotos können in das Gesamtbild eingeordnet werden.

Aus den verknüpften Fotos ermittelt RealityCapture zunächst eine Punktwolke. Diese Punktwolke bietet eine erste Vorschau auf das Modell und zeigt an, ob die automatische Anordnung der Fotos fehlerfrei ist. Sollten sich in der Vorschau Fragmente befinden, deutet dies darauf hin, dass nicht alle Fotos fehlerfrei angeordnet wurden. In diesem Fall müssen weitere Control Points festgelegt werden, um die automatische Anordnung zu korrigieren. Wenn sich in der Punktwolke keine Fragmente mehr befinden, berechnet die Software das sogenannte *Mesh*. Dies stellt eine Netzstruktur dar, welche die Oberfläche des gescannten Objekts beschreibt. Abschließend werden von der Software die Texturen für das Mesh auf Grundlage der Fotos berechnet. Nach diesem Schritt ist das 3D-Modell des Raums bereit, um exportiert und beispielsweise in einer VR-Anwendung verwendet zu werden.

---

27. <https://www.capturingreality.com/Product>

Wurden die Fotos sorgsam aufgenommen, begrenzt sich die Interaktion mit RealityCapture im Idealfall auf den Import der Fotos und das Starten des Rechenprozesses. Dieser Prozess ist sehr rechenintensiv und dauert, abhängig von der Anzahl der Fotos und der verwendeten Rechenhardware, zwischen einigen Minuten und mehreren Stunden. Die Berechnung des Modells hat ungefähr zwölf Stunden gedauert. Dazu kommt die Zeit, die für die Aufnahme der insgesamt 600 Fotos benötigt wurde, sowie das Setzen von Control Points<sup>28</sup>.

Das berechnete Modell wies Fehler auf, die typisch bei der Verwendung von Fotogrammetrie sind. Beispielsweise entsprach das Modell nicht 1:1 der Größe des realen Raums. Um dieses Problem zu lösen, verfügt RealityCapture über die Funktion, Distanzen in einem Modell manuell definieren zu können. Dazu werden Control Points an markanten Positionen gesetzt, die Distanzen zwischen den Positionen im realen Raum gemessen und in die Software eingetragen. Anhand dieser Distanzen skaliert die Software das Modell, sodass es 1:1 mit dem realen Raum übereinstimmt.

Neben der fehlerhaften Größe waren vor allem Fehler in der Form der Netzstruktur vorhanden. Zum Beispiel fehlten teilweise die Oberflächen von Tischen. Diese Fehler entstehen, wenn die realen Oberflächen wenig oder keine Struktur beziehungsweise Muster aufweisen. Die fehlerhaften Tische besitzen in der Realität eine einfarbige graue Oberfläche. Unter diesen Voraussetzungen kann die Software keine Oberfläche generieren, da sie auf unterschiedliche Farbinformationen in den Fotos angewiesen ist. Weitere Beispiele für die fehlerhafte Bestimmung der Oberfläche sind die Projektionsfläche für den Beamer, saubere Whiteboards oder nicht ausreichend ausgeleuchtete Ecken in der Zimmerdecke. Auch die weiße Raufasertapete an den Wänden reichte nicht aus, um eine gerade Abbildung von der Wand zu erhalten.

Da jedoch die Qualität der Texturen die Ansprüche an die Darstellung des Raums erfüllte, wurde überlegt, wie die bestehenden Probleme behoben werden könnten, um das Modell zu optimieren. Für die Problematik mit den Tischoberflächen wurde über den Einsatz von Stofftischdecken nachgedacht, um durch die Struktur des Stoffs und gegebenenfalls eines Musters, für ein besseres Resultat bei dem Modell zu sorgen. Auch die Nachbearbeitung des Modells in einer 3D-Modellierungssoftware wurde in Erwägung gezogen. Dies wurde jedoch aufgrund mangelnder Erfahrung im Umgang mit 3D-Modellierungsprogrammen, die eine effiziente Nachbearbeitung verhinderte, nicht weiter verfolgt.

Als Lösung wurde letztendlich ein Laserscanner des Herstellers *Leica Geosystems* verwendet. Dieser wurde von der lokal ansässigen Firma *HS 3D-Laserscanning GmbH*<sup>29</sup> bereitgestellt. Normalerweise kommt dieser Laserscanner in der Landvermessung zum

---

28. Das Ergebnis kann unter <https://sketchfab.com/models/baa0549517ad45178f497d2607f05c02> betrachtet werden.

29. <https://hs-3ds.de/>

Einsatz. Dabei tastet der Scanner mit seinem Laser die Umgebung hochpräzise ab und erstellt aus der Abtastung eine Punktwolke der Umgebung. Diese enthält jedoch keine Farbinformationen. Durch das optische Messverfahren kann es durch Objekte in der Landschaft zu Schattenwürfen kommen, die in der Punktwolke in Form von Löchern zu sehen sind. Um diese Löcher zu schließen, wird nicht nur ein einziger Scan angefertigt, sondern es werden mehrere Scans an unterschiedlichen Positionen in der Umgebung gemacht, um sie anschließend in der Herstellersoftware an einem Rechner zu einer Punktwolke zusammenzulegen.

Die resultierende Punktwolke bildet die Umgebung zwar hochpräzise ab, allerdings fehlen die entsprechenden Farbinformationen. RealityCapture kann neben Fotos auch 3D-Scannerdaten in Form von Punktwolken einlesen. Gemeinsam mit Fotos erstellt die Software aus den Punktwolken ein texturiertes Modell. Dazu wird zunächst aus den Fotos eine Punktwolke erstellt, die mittels Control Points manuell mit der Punktwolke des Scanners verknüpft wird. Als Grundlage für das Modell wird die Punktwolke des Laserscanners verwendet, da mit diesen Daten die oben beschriebenen Problematiken der Fotogrammetrie automatisch umgangen werden können. Außerdem werden aus den Scannerdaten die Größeninformationen verwendet, sodass das Modell automatisch richtig skaliert ist.

Bei dem simulierten Meeting in der Evaluierung sollte es sich um eine Kreativ-Session handeln (siehe Kapitel 5), weshalb für den Meeting-Raum ein Kreativlabor an der Universität Siegen gewählt wurde. Dieser Raum ist unter anderem mit zwei hohen Tischen, Sitzhockern, einem Sofa, einem Sitzsack und einem mobilen Whiteboard ausgestattet. Die offene Gestaltung des Raums bietet zudem ein hohes Maß an Bewegungsfreiheit. Vor dem Scannen des Raums wurden allerdings die Sitzhocker und das mobile Whiteboard aus dem Raum entfernt. Der Hauptgrund dafür war, dass der Scan den Raum so festhält, wie er zum Zeitpunkt des Scans ist. Da es sich bei den Hockern und dem Whiteboard um Gegenstände handelt, die häufiger ihre Position im Raum ändern, wurde überlegt, diese nachträglich in das Modell einzufügen und, beispielsweise mittels Markern, ihre reale Position in das virtuelle Modell zur Laufzeit zu übertragen. Dieses Feature wurde aufgrund einer geringen Priorität allerdings nicht innerhalb des Prototypen umgesetzt.

Die Bedienung des Laserscanners und die Nachbearbeitung der Punktwolken wurden von HS 3D-Laserscanning übernommen. Vor allem durch die Tische kam es zu Schattenwürfen in den Scans, weshalb insgesamt sieben Scans des Raums angefertigt wurden. Ein Scanvorgang benötigte circa zwei Minuten. Zusätzlich zu dem Laserscan wurden 288 Fotos von dem Raum gemacht. Der gesamte Prozess von der Aufnahme bis zu dem fertigen Modell dauerte sechs Stunden, wovon circa 80 Prozent Rechenzeit waren. Das generierte

Modell stellt den Raum detailgetreu und realistisch nach und könnte so das Gefühl der Telepräsenz positiv beeinflussen.

Das Modell wurde anschließend in die VR-Anwendung integriert. Es wurde dabei so platziert, dass der VR-Teilnehmer in dem offenen Teil des Raums startet. Bewegt sich der Vive-Träger in seinem Spielfeld, wird seine Bewegung 1:1 in die Anwendung übertragen. Da das VR-Spielfeld allerdings kleiner ist, als das Modell des Kreativlabors, kann der Vive-Träger nicht alle Positionen in dem Modell erreichen. Als Lösung für dieses Problem wurde eine VR-Lokomotionmechanik hinzugefügt, in diesem Fall ein Teleportationssystem. Der Nutzer sucht sich dabei eine Position im Raum aus und wird anschließend an diese Stelle teleportiert, ohne dabei seine reale Position zu ändern. Die Auswahl des konkreten Zielortes wird dabei mit einem der Controller vorgenommen. Wenn das Trackpad gedrückt wird, erscheint aus dem Controller ein gebogener Strahl (siehe Abbildung 5.12). Der Strahl endet immer auf dem Fußboden. Dort wird ein leuchtender Kreis angezeigt, der das Ziel der Teleportation visualisiert. Während das Trackpad gedrückt ist, kann der Nutzer den Strahl mit dem Controller bewegen und auf diese Weise sein Ziel anvisieren. Durch das Loslassen des Trackpads wird die Teleportation bestätigt. Der Positionswechsel geschieht ohne Verzögerung und sprunghaft. Der Sprung zu der neuen Position dauert nur einen Bruchteil einer Sekunde. Um den Positionswechsel für den Nutzer angenehm zu gestalten, wird die Ansicht in der VR-Brille aus und wieder eingeblendet – vergleichbar mit einem Lidschlag.

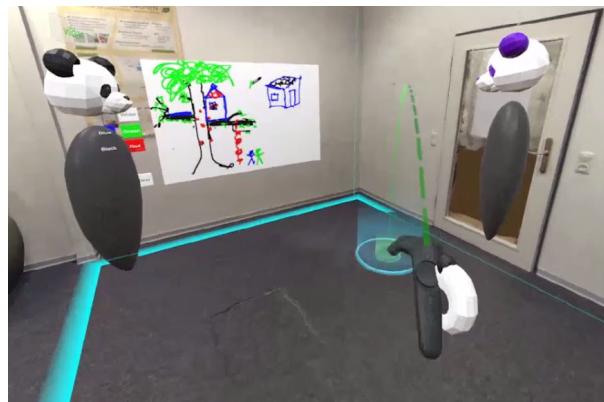


Abbildung 5.12: Positionsauswahl beim Teleportieren.

Rein technisch war der bis hierher beschriebene Prototyp in der Lage, dass sich mehrere Instanzen der Anwendung mit dem Host verbinden können und die Positionen der Teilnehmer synchronisiert werden konnten. Eine sichtbare Repräsentation der Teilnehmer war allerdings noch nicht vorhanden. Die Implementierung der Repräsentation wird im folgenden Abschnitt erläutert.

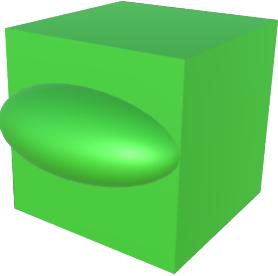
### 5.2.6 Repräsentation der Teilnehmer

Damit sowohl AR- als auch VR-Teilnehmer das Gefühl haben, sich bei dem Meeting gemeinsam in einem Raum zu befinden, reichte es auf der VR-Seite nicht aus, eine statische Abbildung des entfernten Meeting-Raums zu sehen. Auf der AR- und VR-Seite müssen jeweils die anderen Teilnehmer, an den Positionen im Raum sichtbar gemacht werden, an denen sich diese gerade befinden. Wie bereits in der Marktanalyse (Kapitel 2.9) und der Konzeptdarstellung (Kapitel 4.7) beschrieben wurde, gibt es für die Repräsentation von Personen unterschiedliche Möglichkeiten. Warum bestimmte Repräsentationsformen für *BeamLite* verwendet wurden, wird im Folgenden beschrieben.

Gegen einen Avatar, der den gesamten Körper abbildet, sprachen vor allem die Erkenntnisse aus der Marktanalyse in Kapitel 2.9. Aus den getesteten Systemen lässt sich ableiten, dass Avatare nur die Teile abbilden sollten, die erfasst werden oder zuverlässig aus den erfassten Daten rekonstruiert werden können. Im Fall der Vive wird nur die Transformation des Kopfes zuverlässig getrackt. Auch wenn die Position der Hände durch die Controller aufgenommen werden kann, ist dies nicht so zuverlässig wie die Kopfposition. Der Nutzer könnte die Controller während der Nutzung ablegen oder am Handgelenk durch das Sicherheitsband hängen lassen und somit die Positionen der Hände verfälschen. Für die Animation der Beine wären weitere Sensoren notwendig. Aus diesen Gründen werden bei VR-Avataren häufig nur der Kopf, der Torso und die Hände angezeigt, weshalb sich *BeamLite* auch auf diese Art der Repräsentation beschränkte.

Für einen ersten Test der Repräsentation wurde eine sehr primitive Darstellung gewählt, die von Gottliebs HoloViveObserver-Projekt [Got17] übernommen wurde. Dabei handelte es sich um einen Würfel mit einer Kantenlänge von 20 Zentimetern. An eine Seite wurde eine gestauchte Kugel zur Hälfte in den Würfel versenkt (siehe Abbildung 5.13a). Die Seite mit der gestauchten Kugel soll dabei das Gesicht repräsentieren. Die Raumposition und -orientierung der verschiedenen Teilnehmer werden bereits, wie in Abschnitt 5.2.4 beschrieben, innerhalb der Prototypen synchronisiert. Die synchronisierte Position entspricht dabei der Kopfposition der Teilnehmer. An dieser Position wird für jeden Teilnehmer ein Würfel angezeigt. Durch die Übertragung der Position sowie der Rotation des Kopfes, war es bereits mit dieser sehr primitiven Repräsentation der Teilnehmer möglich, zu antizipieren, in welche Richtung ein Teilnehmer blickte. Auf der HoloLens wurde darauf verzichtet, für andere HoloLens-Teilnehmer einen Avatar anzuzeigen, da dieser den realen Kopf überlagern würde.

Unter Berücksichtigung der Ergebnisse aus der Fokusgruppendiskussion (siehe Abschnitt 3.3.2) sowie der möglichen Umsetzung im Bezug auf die Evaluierung wurden als Repräsentationsform Avatare in Form von abstrakten Tierköpfen gewählt (siehe Abbildung



(a) Würfel-Avatar.



(b) Panda-Avatar.



(c) Waschbär-Avatar.

Abbildung 5.13: Verschiedene Avatare in BeamLite.

5.13b und 5.13c). Die HoloLens-Träger werden in VR als Pandaköpfe dargestellt und der Vive-Träger wird den AR-Teilnehmern als Waschbär angezeigt. Es wurde darauf geachtet die Köpfe in einer Low-Poly-Form zu übertragen, damit sie nicht zu realistisch aussehen und einen Uncanny Valley-Effekt hervorrufen (siehe Kapitel 2.9). Das Einfügen von 3D-Scans der Köpfe von Personen ist zwar möglich, allerdings bedeutete dies, dass jeder Evaluationsteilnehmer vorab gescannt und in die Anwendung integriert werden müsste. Dieser Vorgang wäre für die Evaluation zu zeitintensiv gewesen. In einem Selbstversuch wurde allerdings getestet wie der Scan eines Kopfes auf andere Teilnehmer in AR und VR wirkt. Dazu wurden 3D-Scans der Köpfe der Autoren angefertigt und in die Anwendung integriert. Der Scan beinhaltete neben dem Kopf außerdem den oberen Teil der Schultern. Da es sich bei dem Scan um eine statische Abbildung handelt, bewegten sich die Schultern mit, wenn genickt wurde. Dies bewerteten die Autoren sowie eine weitere Person als sehr unrealistisch und störend.

Die Tierköpfe wirkten bei ersten Tests mit Nutzern auf diese unrealistisch. Allerdings empfanden sie die Repräsentation nicht als störend und nahmen sie schnell an. Eine Person fragte während des Tests: „*Kann ich meinem Panda auch einen Schnäuzer verpassen, damit die anderen wissen wer ich bin?*“. Diese Aussage wies auf zwei Dinge hin, die weiter untersucht werden sollten:

- Wie kann das Bedürfnis der Individualisierung der Avatare gelöst werden?
- Wie kann die Zuordnung eines Avatars zu der realen Person unterstützt werden?

Für die Individualisierung der Avatare bieten sich vor allem Avatar-Editoren, wie beispielsweise in Facebook Spaces (siehe Kapitel 2.9) an. Eine Integration eines solchen Editors war im Rahmen dieser Masterarbeit aus Zeitgründen nicht möglich. Aus der Konzeptentwicklung geht hervor, dass die Identifizierung von Personen in Remote-Meetings eine Herausforderung ist, wenn sie visuell nicht unterscheidbar sind (siehe Kapitel 4.7). Um die Zuordnung eines Avatars zu einer realen Person zu erleichtern, wurde in *BeamLite* über den Köpfen der Avatare ein Namensfeld eingebaut. Vor dem Beitritt zu dem Meeting, wird der

Nutzer aufgefordert seinen Namen anzugeben, der anschließend für die anderen Teilnehmer sichtbar ist. Außerdem werden die Farben der Pandaköpfe unterschiedlich dargestellt, sodass der Vive-Träger zwei unterschiedliche AR-Teilnehmer den Farben zuordnen und sie auf diese Weise leichter unterscheiden kann.

Mit der Übertragung und Darstellung der Kopfposition und -rotation wurde versucht, einen wichtigen Aspekt der natürlichen Kommunikation zu ermöglichen: den Blickkontakt. Neben dem Blickkontakt sind Mimik und Gestik ebenfalls wichtige Faktoren bei einer natürlichen Kommunikation (siehe Kapitel 2.3). Besonders über die Mimik kann auf die Emotionen des Gesprächspartners geschlossen werden. Die Erfassung und Übertragung der Mimik stellte allerdings eine Herausforderung dar. Zwar kann Mimik über Motion Capturing erfasst und auf einen virtuellen Avatar in Echtzeit übertragen werden, jedoch erfordert diese Technologie, dass das gesamte Gesicht von einer Kamera erfasst wird. Dies ist bei der Nutzung eines HMDs nicht gegeben, da das HMD große Teile des Gesichts verdeckt. Da die Erfassung und Übertragung der Mimik zu diesem Zeitpunkt nicht gelöst werden konnte, wurde der Fokus für die Entwicklung des Prototypen auf die anderen Aspekte des Konzepts gelegt.

Gestik lässt sich im Gegensatz zu Mimik mit den integrierten Eigenschaften der HoloLens und Vive – wenn auch nur begrenzt – erfassen. So können beispielsweise die Positionen der Hände der Teilnehmer übertragen werden. Bei der Vive kann dafür die Position der Controller verwendet werden. Bedingt dadurch, dass der Nutzer den Controller mit seiner gesamten Hand halten muss, entfällt die Möglichkeit die Finger in das natürliche Gestikulieren einzubinden. Aus diesem Grund wird in den meisten VR-Anwendungen nur eine flache Hand angezeigt. In *BeamLite* werden keine normalen Hände angezeigt, sondern – passend zu den Avataren – Tatzen.

Die HoloLens kann die Hände des Nutzers zwar auch tracken, allerdings ist der Trackingbereich sehr klein (siehe Abbildung 5.4c), und die Hände werden nur getrackt, wenn sie sich in der Ready-Gesture befinden. Ein weiterer Nachteil beim Handtracking der HoloLens ist, dass die HoloLens lediglich die Position der Hand angibt und die Rotation nicht abgefragt werden kann. Aus diesem Grund werden die Tatzen immer mit einer in Unity vordefinierten Rotation angezeigt. Sie stehen senkrecht im Raum und übernehmen die Y-Achsenrotation des Kopfes. Eine natürliche Gestikulierung kann daher aufgrund der Voraussetzungen der verwendeten Hardware nicht gewährleistet werden.

Da die Repräsentation nur aus schwebenden Köpfen und Händen bestand, hatten besonders die HoloLens-Träger in den Nutzertests während der Entwicklung des Prototypen häufiger Schwierigkeiten, die VR-Teilnehmer zu finden. Dies lässt sich auf den kleinen Hologrammanzeigebereich der HoloLens zurückführen. Damit die Avatare präsenter im Raum wirken, wurde ein generischer Torso hinzugefügt (siehe Abbildung 5.12 und 5.14b).

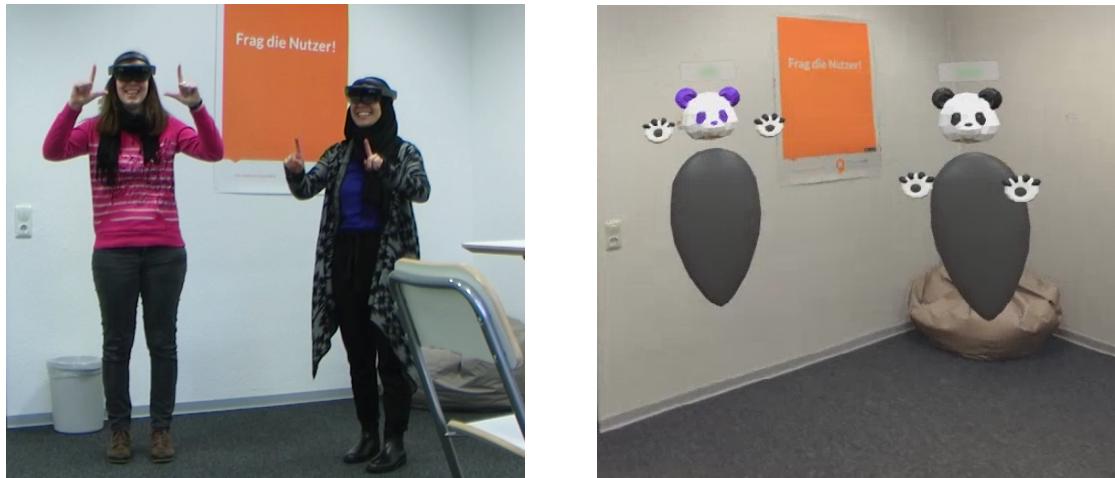


Abbildung 5.14: Nutzer testen die Gestenübertragung während der Evaluierung.

Auch wenn durch die Repräsentation der Teilnehmer eine primitive Kommunikation in Form von Nicken oder Winken möglich ist, wird für ein System, das bei Meetings eingesetzt werden soll, eine Möglichkeit der verbalen Kommunikation benötigt. Daher wurde zusätzlich zu den Elementen der nonverbalen Kommunikation die Übertragung der Sprache in *BeamLite* eingebaut. Im folgenden Abschnitt wird die Vorgehensweise dabei erläutert.

### 5.2.7 Sprachübertragung

Die primäre Tätigkeit in einem Meeting ist die verbale Kommunikation zwischen den Teilnehmern. Für eine möglichst natürliche verbale Kommunikation setzt *BeamLite* auf die Übertragung der Stimme. Dafür sollte keine zusätzliche Hardware oder Software verwendet werden. HoloLens und Vive bringen bereits die benötigte Hardware für die Aufnahme und Wiedergabe von Audiosignalen mit. Aus der Verwendung der integrierten Mikrofone gegenüber eines Raummikrofons ergibt sich der Vorteil, dass jeder Teilnehmer sein eigenes Mikrofon hat. Somit ist es in Kombination mit den Positionsdaten der HMDs möglich, die Wiedergabe als *positional sound* zu implementieren. Dabei werden die virtuellen Audioquellen so platziert, dass sie den Positionen der Teilnehmer im Raum entsprechen. Die Stimme wird zusätzlich abhängig von der Rotation des Kopfes des Hörers so wiedergeben, dass es diesem über binaurales Hören möglich ist, die Stimme im Raum orten zu können. Da der Bereich für die Anzeige der Hologramme bei der HoloLens relativ klein ist, kann die reine visuelle Ortung einer Person schwierig sein. Der *positional sound* ist deshalb besonders für die HoloLens-Träger hilfreich. Zudem unterstützt er die natürlich Kommunikation.

Die Sprachübertragung wird in *BeamLite* mit dem kostenpflichtigen Asset *Dissonance Voice Chat*<sup>30</sup> umgesetzt. Dieses Asset integriert den für *BeamLite* wichtigen positional sound und ist kompatibel zu der verwendeten Netzwerktechnologie. Mit der grundlegenden Integration des Assets in das Projekt war kein Programmieraufwand verbunden und die Sprachübertragung funktionierte *out of the box*. Nur bei der Integration des positional sounds mussten aufgrund der unkonventionellen Positionsübertragung auf der HoloLens Anpassungen vorgenommen werden. Da das im Dissonance Voice Chat-Plugin enthaltene Skript, das für das Senden und Empfangen der Stimme zuständig ist, an das NetworkPlayer-Objekt angefügt werden muss, wird die Soundquelle an der Position des NetworkPlayer-Objekts platziert. Auf der HoloLens stellt dies ein Problem dar, da diese Position nicht der Position des dazugehörigen Avatars entspricht und somit die Stimme räumlich falsch wiedergegeben wurde. Durch geringfügige Anpassungen in dem Skript konnte dieses Problem behoben werden.

Um die Identifizierung des Sprechers zu vereinfachen, sollte sich während des Sprechens die Schriftfarbe des Namens über dem Avatar von weiß in grün ändern. Für die Implementierung dieses Features stellt das Dissonance Voice Chat-Plugin Events bereit, die ausgelöst werden, wenn ein Spieler anfängt beziehungsweise aufhört zu sprechen. Allerdings kann es zu Problemen kommen, wenn beispielsweise zwei HoloLens-Träger nah beieinander stehen und nur einer von beiden spricht. Das Mikrofon des anderen Teilnehmers kann das Gesprochene teilweise auch registrieren und daher werden die Namen beider Teilnehmer grün hervorgehoben, obwohl nur einer spricht. Eine weitere Herausforderung stellen die Lautsprecher der HoloLens dar: Sind diese zu laut eingestellt, kann es zu Rückkopplungen kommen.

Da die Sprachübertragung technisch bedingt nicht komplett latenzfrei stattfindet, wird die Stimme nur von HoloLens zu Vive und andersherum übertragen. Durch die Verzögerung würden die lokalen Teilnehmer sich bei einer Übertragung von HoloLens zu HoloLens zwei Mal leicht zeitversetzt hören.

Für Kreativ-Sessions, wie sie in der Evaluierung simuliert werden sollten, muss das System nicht nur die Kommunikation zwischen den Teilnehmern ermöglichen, sondern auch eine Möglichkeit bieten, gemeinsam an Sachen zu arbeiten (siehe Kapitel 4.5). Welche Kollaborationsmöglichkeit *BeamLite* integriert, zeigt der folgende Abschnitt.

### 5.2.8 Kollaboratives Arbeiten – Whiteboard

Damit in *BeamLite* die Kollaboration nicht auf die reine Kommunikation begrenzt ist, wurde eine Kollaborationsmöglichkeit integriert, mit der gemeinsam an Sachen gearbeitet

---

30. <https://assetstore.unity.com/packages/tools/audio/dissonance-voice-chat-70078>

werden kann. Im Hinblick auf den geplanten Einsatz bei Kreativ-Sessions wurde hierfür als Kollaborationsunterstützung ein Whiteboard gewählt. Aus der Empirie (siehe Abschnitt 3.1.2 und Abschnitt 3.2.2) geht hervor, dass diese bei Kreativ-Sessions häufig zum Einsatz kommen. Außerdem konnten Whiteboards in einigen der getesteten Anwendung während der Marktanalyse (siehe Kapitel 2.9) gefunden werden.

Die Implementierung eines Whiteboards für VR besteht in der Regel aus einer begrenzten Fläche, auf die mit einem virtuellen Zeichenwerkzeug geschrieben werden kann. Dabei kann der Nutzer dieses über den Controller bedienen. Die Marktanalyse zeigt, dass es bei der Interaktion von Stift und Whiteboard Unterschiede gibt. Bei allen getesteten Anwendungen muss zunächst ein Stift mit dem Controller aufgenommen und in Richtung des Whiteboards bewegt werden. Die größte Unterscheidung der Anwendungen besteht hauptsächlich in der konkreten Zeicheninteraktion. Bei einigen Anwendungen kann der Nutzer bereits schreiben, wenn die Stiftspitze das Whiteboard berührt, bei anderen muss zusätzlich eine Taste an dem Controller betätigt werden, um schreiben zu können.

Bei der Implementierung in AR gibt es unterschiedliche Vorgehensweisen: Es ist beispielsweise möglich, mit einem realen Stift auf ein reales Whiteboard zu schreiben. Das gesamte Whiteboard wird dann mit der AR-Brille abfotografiert und dieses Foto wird auf einem anderen Whiteboard als Überlagerung angezeigt. Um das gesamte Board fotografieren zu können, ist es erforderlich, ein paar Schritte von dem Whiteboard zurückzutreten. Die eigentliche Interaktion mit dem Whiteboard ist dabei zwar sehr natürlich, allerdings ist eine Übertragung in Echtzeit nicht gegeben, was sich negativ auf die Kollaboration auswirken kann. Als Alternative zu dem Abfotografieren besteht die Möglichkeit, die Bewegung des Stifts direkt zu digitalisieren. Dies ist zum Beispiel über Marker an dem Stift möglich.

Um im gegebenen zeitlichen Rahmen der Masterarbeit eine echtzeitfähige Kollaboration mit dem Whiteboard zu ermöglichen, wurde für die VR-Anwendung sowie für die AR-Teilnehmer eine rein digitale Form des Whiteboards implementiert. Dies ermöglichte außerdem, dass gleiche Objekte und Skripte sowohl für die AR- als auch für die VR-Implementierung verwendet werden konnten. Das Whiteboard-GameObject ist beispielsweise auf beiden Seiten identisch. Es besteht aus einem Quader in der Größe der Zeichenfläche des realen Whiteboards, das sich im Kreativlabor befindet. Die Position, an der das Whiteboard angezeigt werden soll, ist im Unity-Editor festgelegt und ändert sich zur Laufzeit nicht. Dabei wurde das virtuelle Objekt so im Raum platziert, dass es in AR ungefähr der Position entspricht, an der sich in der realen Umgebung das reale Whiteboard befindet. In VR befindet sich das Whiteboard entsprechend an der gleichen Position.

Dem Whiteboard-GameObject wurde das gleichnamige, selbsterstellte Whiteboard-Skript angefügt. Die wichtigste Methode in diesem Skript stellt die öffentliche SetPixels-Methode dar. Sie nimmt als Parameter eine X- und eine Y-Koordinate sowie einen Farbwert entgegen und färbt die entsprechenden Pixel auf der Oberfläche des Quaders ein. Welche Pixel in welcher Farbe eingefärbt werden sollen, wird von einem anderen GameObject gesteuert, dem WhiteboardPen. Der WhiteboardPen wird auf der AR- und VR-Seite mit demselben 3D-Modell dargestellt (siehe Abbildung 5.15). Die Interaktionen von Stift und Nutzer sowie Stift und Whiteboard unterscheiden sich allerdings je nach Plattform und werden in den folgenden Abschnitten für beide Systeme beschrieben.

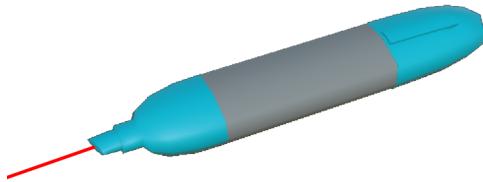


Abbildung 5.15: WhiteboardPen-Modell mit Raycast als rote Linie. Die Linie wird in der Anwendung nicht angezeigt.

In VR spawnt der Stift unmittelbar vor dem Whiteboard und schwebt in der Luft. Der Vive-Träger muss zunächst mit dem Controller das Modell des Stifts berühren. Sobald der Controller den Stift berührt, erhält der Nutzer visuelles Feedback in Form eines neongrünen Aufleuchten des Stifts. Um den Stift zu greifen, muss die Grab-Taste (siehe Abbildung 5.2 (8)) betätigt werden. Der Stift bewegt sich dann starr mit den Bewegungen des Controllers mit und nimmt eine natürlich wirkende Ausrichtung im Verhältnis zu der Hand des Nutzers ein. Wird die Grab-Taste ein zweites Mal betätigt, verweilt der Stift an genau der Position, an der er losgelassen wurde. Für die Implementierung dieser Eigenschaften wurden die Skripte VRTK\_InteractableObject und VRTK\_TrackObjectGrabAttach aus dem VRTK verwendet. Die Interaktion zwischen Stift und Whiteboard wurde mit dem selbsterstellten WhiteboardPen-Skript implementiert. Das Skript prüft in jedem Frame, wo sich die Stiftspitze befindet. Ist der Stift auf das Whiteboard gerichtet und zwischen Stiftspitze und Whiteboard ist eine maximale Distanz von drei Zentimetern, wird mit einem *Raycast*<sup>31</sup> ermittelt, an welcher Position sich die Stiftspitze am Whiteboard-Objekt befindet. Der Raycast zeigt dabei aus der Stiftspitze heraus. In Abbildung 5.15 wird er durch eine rote Linie visualisiert. Die Position, wo der Raycast das Whiteboard trifft, wird als Parameter für die SetPixels-Methode des Whiteboard-Skripts verwendet und die Pixel auf dem Whiteboard-GameObject werden eingefärbt. Über den Raycast-Treffer erhält das WhiteboardPen-Skript eine Referenz auf das Whiteboard-Skript.

---

31. <https://docs.unity3d.com/ScriptReference/Physics.Raycast.html> – Raycast in der Unity Dokumentation.

Die Pixel auf dem Whiteboard werden nur dann eingefärbt wenn die Stiftspitze das Whiteboard berührt oder, wie oben erwähnt, einen maximalen Abstand von drei Zentimeter zu diesem hat. Somit kann der Stift bereits beziehungsweise immer noch schreiben, wenn der Stift das Whiteboard nicht direkt berührt. Dies erleichtert die Interaktion mit dem Whiteboard, da der VR-Nutzer dabei in die Luft zeichnet und keinen haptischen Widerstand hat, wie er es von der Nutzung eines realen Whiteboards gewohnt ist.

Die Interaktion zwischen Stift und Whiteboard für die AR-Teilnehmer funktioniert prinzipiell so wie in der VR-Anwendung. Allerdings unterscheidet sich die Interaktion zwischen Nutzer und Stift grundlegend. Zunächst wurde der Ansatz verfolgt, den Stift direkt an der Handposition des HoloLens-Trägers anzuzeigen, um das Gefühl zu vermitteln, dass der Nutzer wirklich einen Stift in der Hand hält. Ähnlich wie in der VR-Implementierung musste der Nutzer den Stift zunächst greifen. Dazu wurde dieser mit dem Cursor anvisiert und die Tap and hold-Geste ausgeführt. Der Stift bewegte sich daraufhin automatisch an die Handposition. Solange die Tap and hold-Geste ausgeführt wurde, bewegte sich der Stift mit den Handbewegungen mit. Dabei stellte die Tatsache, dass die Rotation der Hand nicht abgefragt werden kann, ein Problem dar. Deshalb wurde die Rotation testweise so festgelegt, dass der Stift parallel zum Boden ausgerichtet war und die Y-Achsenrotation der HoloLens entsprach. Eine Interaktion mit dem Whiteboard war so prinzipiell möglich, allerdings musste der Nutzer, wie bei einem normalen Whiteboard, sehr nah an dieses heran gehen, um zeichnen zu können. Durch den kleinen Hologrammanzeigebereich ist auf diese Weise keine akzeptable Nutzung möglich, weshalb bei der Implementierung erneut der Anzeigebereich der HoloLens berücksichtigt werden und eine andere Art der Interaktion umgesetzt werden musste.

Damit der Nutzer während der Interaktion mit dem Whiteboard einen besseren Überblick über dieses hat, musste der Abstand zwischen HoloLens und dem virtuellen Whiteboard erhöht werden. Dieser Abstand muss technisch bedingt so groß sein, dass selbst bei voll ausgestrecktem Arm, mit der oben beschriebenen Methode eine Interaktion mit dem virtuellen Whiteboard möglich ist. In der finalen Implementierung befindet sich der Stift nicht mehr an der Handposition, sondern wird auf dem Whiteboard durch die Bewegungen der Hand ferngesteuert. Steht der HoloLens-Träger vor dem Whiteboard und führt die Ready-Gestue aus, befindet sich der Stift automatisch an dem Whiteboard. Der Stift steht dabei senkrecht zu der Whiteboard-Oberfläche. Die Position des Stifts berechnet sich aus der Position der Hand sowie der Rotation der HoloLens. Wird eine Hand in der Ready-Gestue von der HoloLens erkannt, geht von der Position der Hand ein Raycast aus. Die Richtung des Raycasts entspricht dabei der Blickrichtung der HoloLens. An die Stelle, wo der Raycast das Whiteboard trifft, wird der Stift platziert. Die horizontalen und vertikalen Bewegungen der Hand werden 1:1 auf den Stift übertragen. Da sich durch diese Art der Steuerung der Stift immer an der Oberfläche des Whiteboards befindet,

muss das Schreiben erst mit der Tap and hold-Geste aktiviert werden. Während der Tap and hold-Geste wird der Stift orange umrandet, um dem Nutzer Feedback zu geben, dass der Schreibmodus aktiv ist.

Damit auch mit der Fernsteuerung des Stifts eine relativ normale Situation, bezogen auf die räumliche Verteilung der Teilnehmer, bestehen bleibt, wurde die maximale Distanz zwischen Hand und Whiteboard auf 70 Zentimeter festgelegt. Bei dieser Entfernung hat der Nutzer zwar nicht das volle Whiteboard im Überblick, allerdings wird der Nutzer, wie bei einem realen Whiteboard, dazu gezwungen, sich zu dem Board zu bewegen, wenn er damit interagieren möchte.

Aufgrund des gewählten Synchronisationsmechanismus des Whiteboards ist es nicht möglich, dass mehr als ein Teilnehmer gleichzeitig an das Whiteboard schreiben kann. Zwar ist das Whiteboard-GameObject ein geteiltes Objekt, das für alle Teilnehmer sichtbar ist und dessen Inhalt über das Netzwerk synchronisiert wird, jedoch ist der WhiteboardPen kein geteiltes Objekt und jeder Teilnehmer besitzt seinen eigenen Stift. Die Stifte der anderen Teilnehmer sind daher nicht sichtbar.

Der WhiteboardPen schreibt standardmäßig schwarz. Damit der Ausdruck von kreativen Gedanken nicht durch die Farbauswahl begrenzt wird, wurden in *BeamLite* auf der linken Seite neben dem Whiteboard vier Buttons angelegt, über die unterschiedliche Farben ausgewählt werden können. Die Farbauswahl besteht aus den Farben, die in üblichen Whiteboard-Marker-Sets zu finden sind: Schwarz, Rot, Grün und Blau. Jeder der vier Buttons ist ein Würfel, mit einer Kantenlänge von 15 Zentimetern, der in einer der vier Farben eingefärbt ist und auf dessen Vorderseite sich zusätzlich der englische Begriff der jeweiligen Farbe befindet. Um eine Farbe auszuwählen, muss mit dem entsprechenden Button interagiert werden. Der VR-Teilnehmer muss hierfür mit dem Controller den Button berühren. Als visuelles Feedback für die Berührung leuchtet der Button auf und die Farbe des Stiftmodells ändert sich entsprechend. Die Interaktion für die AR-Teilnehmer geschieht über den Cursor und einen Air tap.

Zusätzlich zu den vier Farben wurden zwei weitere Buttons hinzugefügt. Dabei handelt es sich um eine Radier- und eine Löschfunktion. Wird die Radierfunktion ausgewählt, wechselt der Stift die Farbe auf Weiß, während bei der Löschfunktion das gesamte Whiteboard zurückgesetzt wird. Die Buttons wurden nach dem Gesetz der Nähe der Gestaltgesetze angeordnet [Wer23]. Dabei sind die Farb-Buttons in der Mitte in einem Quadrat angeordnet. Über diesen befindet sich rechtsbündig der Button für die Radierfunktion. Der Abstand zwischen Farb- und Radier-Button ist größer, als der Abstand zwischen den einzelnen Farb-Buttons selbst. Die Löschfunktion befindet sich unterhalb der Farb-Buttons und ist ebenfalls rechtsbündig ausgerichtet. Der Abstand zu den Farb-Buttons wurde aus Gründen

der Usability etwas größer gewählt als der von der Radierfunktion zu den Farb-Buttons. In Abbildung 5.16 ist die Anordnung visualisiert.

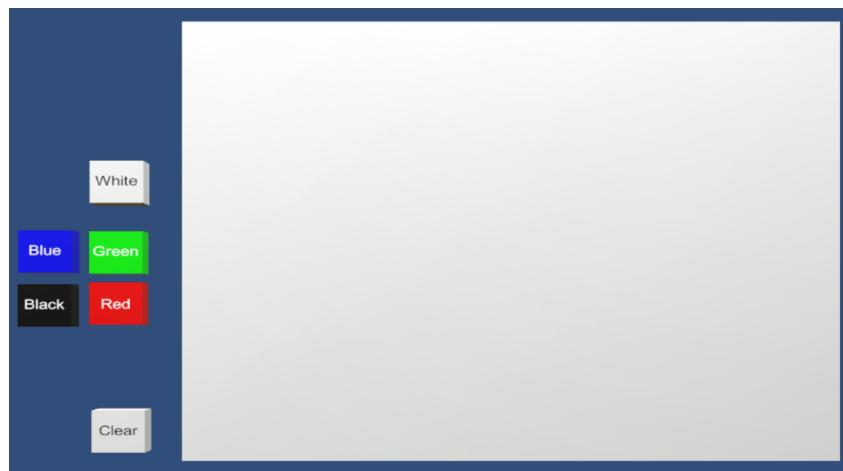


Abbildung 5.16: Anordnung der Whiteboard-Buttons.

Mit dem Whiteboard wurde eine Möglichkeit geschaffen, in Echtzeit auf einer visuellen Ebene zu kollaborieren. Das folgende Kapitel beschäftigt sich abschließend mit der Implementierung der Agenda und dem Zeitmanagement in *BeamLite*.

### 5.2.9 Agenda und Zeitmanagement

Die Agenda gibt den Teilnehmern einen Überblick über die Themen, die in einem Meeting besprochen oder bearbeitet werden müssen und verleiht dem gesamten Meeting eine Struktur. Um dies gewährleisten zu können, ist es wichtig, dass die Agenda – im Idealfall bereits vor dem Meeting – allen Teilnehmern zur Verfügung steht.

Bei *BeamLite* wurde die Agenda als Hologramm für alle Beteiligten sichtbar im Raum platziert. Im Hinblick auf die Evaluierung wurde die Funktionalität der Agenda zunächst begrenzt. Die einzige aktive Interaktion, die der Nutzer mit der Agenda ausführen kann, ist das Abhaken von einzelnen Punkten auf der Agenda. Die Agendapunkte wurden vordefiniert<sup>32</sup>. Eine Anpassung der Punkte oder das Hinzufügen von neuen Punkten ist zur Laufzeit nicht möglich.

Für die Darstellung der Agenda wurde das CheckBox-Prefab aus dem MRTK verwendet. Diese CheckBox besteht aus einer dreidimensionalen Box mit einem zweidimensionalen Text, der rechts daneben platziert wird. Wenn eine CheckBox abgehakt wird, wechselt sie die Farbe der Box und es erscheint ein Haken auf der Vorderseite. Zusätzlich wird der Text durchgestrichen (siehe Abbildung 5.17). Für eine möglichst natürliche Integration

---

32. Der Inhalt für die Agendapunkte wurde auf Grundlage der geplanten Evaluierung gewählt (siehe Abschnitt 6.1.3).

des Hologramms, wie es in der Konzeptentwicklung vorgesehen ist (siehe Kapitel 4.6), wurde die Agenda in Augenhöhe auf der Projektionsfläche für den Beamer im Kreativlabor platziert.



Abbildung 5.17: Aussehen der CheckBoxen der Agenda im abgehakten und nicht abgehakten Modus.

AR-Teilnehmer können einen Agendapunkt abhaken, indem entweder die Box oder der dazugehörige Text mit dem Cursor anvisiert und in diesem Zustand ein Air tap ausgeführt wird. Diese Funktionalität ist in dem `CheckBox`-Prefab aus dem MRTK bereits vorhanden. Da in der gesamten Anwendung versucht wurde, die Darstellung in AR und in VR identisch zu halten, wurde für die VR-Implementierung der Agenda dasselbe Prefab verwendet, obwohl es von dem Entwickler des MRTK nicht für den Einsatz in VR gedacht ist. Dies äußert sich darin, dass eine Interaktion mit der CheckBox zunächst nicht möglich war. Um eine Interaktion zu ermöglichen, wurde das Prefab um das `VRTK_InteractableObject`-Skript aus dem VRTK erweitert. Wenn der Vive-Träger mit dem Pointer<sup>33</sup> auf eine CheckBox zeigt und die Trigger-Taste drückt, wird die interne Logik der CheckBox ausgelöst.

Für die Implementierung des Pointers wurde das `VRTK_Pointer`-Skript aus dem VRTK verwendet. Bei dem Pointer handelt es sich um eine theoretisch unendlich lange Linie, die aus dem Controller entspringt und sich über die Controllerbewegungen steuern lässt. Um den Pointer zu aktivieren, muss die Trigger-Taste gedrückt werden. Da es sich bei der Trigger-Taste um einen analogen Input gepaart mit einem digitalen Taster am Ende der Druckskala handelt, ergeben sich daraus verschiedene Möglichkeiten für das Aktivieren des Pointers beziehungsweise der Interaktion mit Objekten. In *BeamLite* wird der Pointer bereits aktiviert, sobald der Trigger nur geringfügig gedrückt wird. Die Interaktion mit der CheckBox wird beispielsweise erst ausgelöst, wenn sich der Pointer auf dieser befindet und der Taster durch komplettes Durchdrücken und anschließendem Loslassen betätigt wurde. Der Pointer muss sich zum Zeitpunkt des Drückens und Loslassen auf der CheckBox befinden. Wie viel Zeit zwischen Drücken und Loslassen vergeht, spielt keine Rolle.

---

33. Die Erklärung des Pointers folgt in den nächsten Abschnitten.

Um dem Nutzer visuelles Feedback zu geben, mit welchen Elementen er in der virtuellen Welt über den Pointer interagieren kann, ändert dieser seine Farbe. Der Pointer wechselt von rot auf grün, sobald er auf ein Objekt trifft, mit dem eine Interaktion möglich ist (siehe Abbildung 5.18). In *BeamLite* lässt sich durch den Pointer lediglich mit den Buttons neben dem Whiteboard sowie der Agenda interagieren. Der Pointer ist nur für den jeweiligen VR-Teilnehmer sichtbar, denn eine Übertragung an die anderen Teilnehmer findet nicht statt.

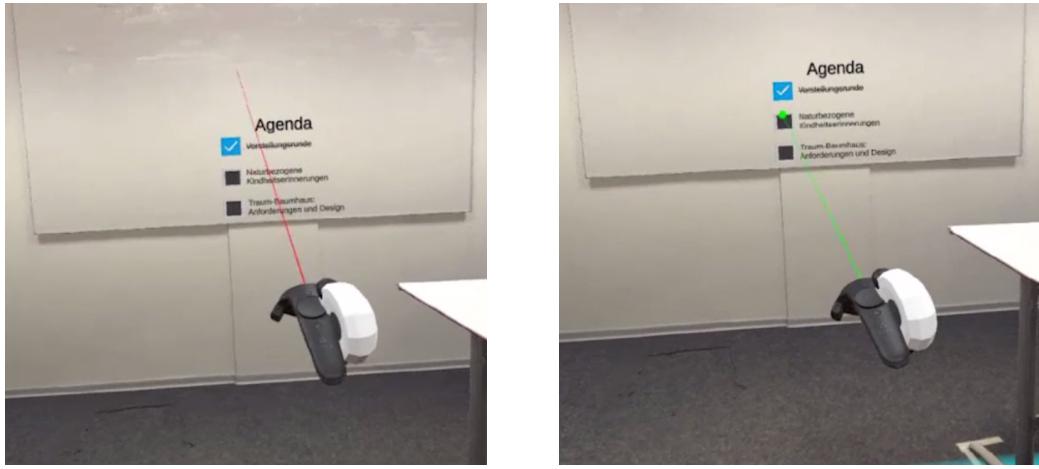


Abbildung 5.18: Der Pointer des VR-Teilnehmers mit visuellem Feedback.

Das Zeitmanagement wurde für den Prototypen in Form einer virtuellen Uhr über der Tür des Kreativlabors gelöst, welche die aktuelle Uhrzeit in analoger Form anzeigt. Eine aktive Unterstützung beim Zeitmanagement durch das System war geplant, konnte allerdings aus zeitlichen Gründen nicht mehr umgesetzt werden.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass der entstandene Prototyp die grundlegenden Funktionen für die Unterstützung von Remote-Meetings enthält. Den entfernten Teilnehmern wird eine realitätsnahe Abbildung des Meeting-Raums geboten, in der sich die Teilnehmer frei bewegen und umschauen können. Die jeweils anderen Teilnehmer werden in Echtzeit an den korrekten Positionen im Raum durch Avatare repräsentiert. Außerdem wird durch die Übertragung der Kopfbewegung und der Stimme eine verbale sowie eine limitierte nonverbale Kommunikation ermöglicht. Kollaboratives Arbeiten in Kreativ-Sessions wird durch ein Whiteboard, das eine Shared View bietet, unterstützt. Weitere unterstützende Eigenschaften und Funktionen stellen eine interaktive Agenda und eine analoge Uhr dar.

Der Quellcode des Prototypen kann unter <https://github.com/FlorianJa/BeamLite-Unity> abgerufen werden.

## 6 Das Konzept testen: Evaluierung

Um dem Ansatz des nutzerzentrierten Designs gerecht zu werden und das Konzept am Ende der Arbeit bewerten zu können, wurde der fertige Prototyp aus Kapitel 5 mit Nutzern evaluiert.

Die Planung der Evaluierung erfolgte in mehreren Schritten. Zunächst wurden Kernelemente des Prototypen ausgewählt, deren Bedeutung für das Konzept besonders hoch sind. Dazu gehören die Repräsentation der Teilnehmer und des Raums, die Kommunikation und Interaktion zwischen den Teilnehmern sowie die Möglichkeit, gemeinsam eine Aufgabe lösen zu können. Im Hinblick auf die Forschungsfragen dieser Arbeit (siehe Kapitel 1.2) und die Erkenntnisse aus der Literaturrecherche und der empirischen Vorstudie wurden folgende Fragestellungen für die Evaluierung gesammelt:

1. Wie ausgeprägt ist das Gefühl von Telepräsenz und sozialer Präsenz durch die gewählte Repräsentation des Raums und der Teilnehmer?
2. Ist die gewählte Repräsentation der Teilnehmer geeignet beziehungsweise ausreichend für das aktuelle Setting?
3. Inwieweit ermöglicht *BeamLite* die verbale und nonverbale Kommunikation zwischen den Teilnehmern? Welche Hindernisse und Grenzen gibt es?
4. Wird die Möglichkeit, gemeinsam an virtuellen Elementen arbeiten zu können, genutzt und ist sie notwendig?
5. Welchen Mehrwert bietet *BeamLite* im Vergleich zu klassischen Remote-Settings, wie Skype oder Telefon?

Aufbauend auf diesen Fragen wurden verschiedene nutzerzentrierte Methoden in Erwägung gezogen. Der detaillierte Ablauf, die ausgewählten Methoden und die gewonnenen Erkenntnisse werden im Folgenden dargestellt.

## 6.1 Methodische Vorgehensweise

Da es schwierig war, die Fragestellungen mit einer einzigen Methode vollständig erfassen zu können, fiel die Wahl auf eine Kombination mehrerer Methoden. Aufgrund der Tatsache, dass es sich um eine Anwendung handelt, bei der mehrere Personen miteinander interagieren, wurde ein soziales Setting gewählt. Insgesamt sollten jeweils drei Personen gemeinsam den Prototypen testen. Die Wahl fiel auf drei Personen, da das Setting mit mehreren lokal anwesenden Meeting-Teilnehmern und einer Remote-Person getestet werden sollte, aber nur zwei HoloLens-HMDs für die lokalen Teilnehmer zur Verfügung standen.

Die Evaluierung wurde in vier Teile eingeteilt. In den nächsten Abschnitten werden diese chronologisch anhand des Ablaufs der Evaluierung erklärt.

### 6.1.1 Teilnehmer-Akquise und Einladung

Der Prototyp wurde auf Kreativ-Sessions ausgelegt und sollte deshalb hauptsächlich von Personen getestet werden, die mit dieser Form von Meetings vertraut sind. Deshalb wurde die gleiche Nutzergruppe wie in Kapitel 3.2 herangezogen. Da das Konzept unter anderem auf Grundlage der Bedürfnisse dieser Personengruppe designt wurde, eigneten sich die Interviewteilnehmer besonders, um den Nutzen von *BeamLite* für Remote-Meetings zu testen.

Die jeweiligen Teams wurden nach keinen besonderen Kriterien ausgewählt, sondern aufgrund der Terminauswahl der Teilnehmer zusammengestellt. Die Termine für die Evaluierung erstreckten sich über einen Zeitraum von zwei Wochen. Eine Session wurde für einen Zeitrahmen von anderthalb bis zwei Stunden geplant.

Die Teilnehmer wurden eine Woche vor ihrem Termin via E-Mail eingeladen. Da innerhalb der Evaluierung ein Meeting simuliert werden sollte, wurden die E-Mails wie eine offizielle Einladung zu einem Meeting gestaltet<sup>1</sup>. Darin wurde den Teilnehmern eine Agenda mitgeteilt<sup>2</sup>, die von diesen während des Meetings bearbeitet werden sollte. Auf diese Weise sollten die klassischen und bekannten Rahmenbedingungen eines Meetings auch für die Evaluierung erhalten bleiben, um eine möglichst alltagsnahe Ausgangssituation zu schaffen.

---

1. Die E-Mail ist in Anhang D zu finden.

2. Der Inhalt der Agenda wird in Abschnitt 6.1.3 behandelt.

### 6.1.2 Einführung in die Evaluierung und den Prototypen

Die drei Teilnehmer wurden im Rahmen ihres Termins jeweils gemeinsam in dem Raum begrüßt, in dem die lokalen Teilnehmer sich treffen sollten. So wurde auch der Person, die später als Remote-Teilnehmer bestimmt wurde, die Möglichkeit gegeben, den realen Raum zu sehen, bevor sie diesen als virtuelle Repräsentation in VR besuchte.

Nach der Begrüßung der Teilnehmer wurde der Ablauf der Evaluierung kurz erläutert. Außerdem wurden sie darüber aufgeklärt, dass Audio- und Videoaufnahmen gemacht werden<sup>3</sup>. Daraufhin wurden zwei einleitende Fragen gestellt, um die Geschehnisse während der nächsten Schritte besser auswerten zu können. Es wurde gefragt, wie gut die Teilnehmer sich untereinander kennen, um Unterschiede in der Interaktion auszumachen, die abhängig von dem Vertrautheitsgrad der Beteiligten sind. Außerdem wurden Vorerfahrungen mit den Technologien VR und AR erfasst. Diese Informationen können genutzt werden, um die Interaktion der Teilnehmer mit *BeamLite* besser bewerten zu können.

Die Teilnehmer wurden daraufhin gefragt, ob sie eine Präferenz für das Testen von VR oder AR hätten und entsprechend ihrer Entscheidungen voneinander getrennt. Die beiden AR-Teilnehmer blieben gemeinsam mit einem der beiden Versuchsleiter in dem Besprechungsraum. Der dritte Teilnehmer wurde von dem anderen Versuchsleiter in den Nebenraum geführt, in dem ein Vive-System aufgebaut war. Den Teilnehmern wurde im nächsten Schritt die jeweilige Interaktion mit dem Prototypen grob erklärt. Daher wurde nur die Grundfunktionen der Anwendung eingegangen. Feinheiten wurden nicht thematisiert, damit die Teilnehmer den Prototypen selbst erkunden konnten. Um die Ergebnisse der Evaluierungen vergleichbar zu machen, wurde darauf geachtet, den Personen jedes Mal die gleichen Informationen mitzuteilen.

### 6.1.3 Gemeinsame Exploration des Prototypen

Der nächste Schritt in der Evaluierung bestand in der gemeinsamen Exploration des Prototypen. Dafür wurde ein Meeting simuliert, in dem die beiden HoloLens-Träger die lokalen Teilnehmer darstellten und die Remote-Person durch die Person im Nebenraum simuliert wurde. Jede Session wurde mit zwei unterschiedlichen Videoaufnahmen inklusive Ton aufgezeichnet, die im Nachhinein synchronisiert und zusammengeschnitten wurden. Die beiden AR-Teilnehmer wurden mit einer Videokamera aufgezeichnet, während bei dem Vive-Träger die Sicht des Remote-Teilnehmers durch die VR-Brille mitgeschnitten wurde.

---

3. In einer schriftlichen Einverständniserklärung wurde festgehalten, dass die Teilnehmer mit Audio- und Videoaufnahmen zu Zwecken der Auswertung der Evaluierung einverstanden waren.

Die Teilnehmer sollten in dem Meeting eine Agenda mit folgenden drei Punkten bearbeiten:

1. Vorstellungsrunde
2. Naturbezogene Kindheitserinnerungen
3. Traum-Baumhaus: Anforderungen und Design

Die Aufgaben wurden so gewählt, dass die Teilnehmer dazu angehalten waren, unterschiedliche Arten der Kommunikation und Interaktion zu nutzen. Die erste Aufgabe bestand darin, sich den anderen Teilnehmern kurz vorzustellen. Da es sich um eine Kreativ-Session handelte, bei der sie ein Design erarbeiten sollten, hatten sie an dieser Stelle die Möglichkeit, ihre Expertise sowie ihre Stärken und Schwächen vorzustellen. Diese Aufgabe wurde gewählt, damit die Beteiligten sich kennenlernen und damit eine Aufgabe auf der Agenda ist, bei der erfahrungsgemäß wenig körperliche Interaktion vorkommt.

Die nächste Aufgabe diente als Vorbereitung für den dritten Punkt auf der Agenda: Die Teilnehmer sollten sich gegenseitig von naturbezogenen Erinnerungen aus ihrer Kindheit berichten. Ausgesucht wurde diese Aufgabe, weil davon auszugehen ist, dass die Teilnehmer sich bei lebhaften Erzählungen viel nonverbaler Kommunikation bedienen und gestikulieren würden. Die Erinnerungen dienten außerdem dazu, den darauf folgenden Designprozess anzuregen.

Zuletzt sollte ein Traum-Baumhaus entworfen werden. Es wurde bewusst angemerkt, dass es um die Definition von Anforderungen und den konkreten Entwurf eines Designs ging. Dadurch sollten die Teilnehmer kollaborativ an dem virtuellen Whiteboard im Raum arbeiten und nicht nur darauf zeichnen, sondern im Idealfall auch schreiben.

Die Gruppen hatten jeweils 30 Minuten Zeit, die Agenda zu bearbeiten. Sie waren in der Zeit auf sich allein gestellt und erhielten nur Hilfestellung der Versuchsleiter, wenn sie explizit danach fragten.

### 6.1.4 Fragebögen, Diskussion und Nachbesprechung

Die Beobachtung und Auswertung des Verhaltens der Personen während des simulierten Meetings schienen bei der Planung der Evaluierung nicht ausreichend, um die Fragestellungen vollständig abdecken zu können. Daher wurde im Anschluss an die Exploration des Prototypen eine Diskussionsrunde mit den Teilnehmern angesetzt.

Vor dem Beginn der Diskussion wurden die Teilnehmer gebeten, einen kurzen Fragebogen auszufüllen, der innerhalb von drei Minuten bearbeitet werden konnte. Dabei ging es um die Erfassung von Telepräsenz, die Wahrnehmung der anderen Teilnehmer sowie die

Ablenkung durch äußerliche Faktoren<sup>4</sup>. Die Fragebögen wurden von den Teilnehmern vor der Diskussionsrunde ausgefüllt, um ihre Meinung unmittelbar nach der Erfahrung mit *BeamLite* und möglichst ohne Beeinflussung durch die anderen zu erfassen.

Damit die einzelnen Diskussionsrunden miteinander vergleichbar sind und die Teilnehmer Anhaltspunkte erhalten konnten, worüber sie reden sollten, wurden explizite Diskussionsfragen erstellt, die im Folgenden aufgelistet sind. Bei der Formulierung wurde darauf geachtet, offene und erzählgenerierende Fragestellungen zu wählen, damit die Teilnehmer sich besser austauschen konnten.

1. Wie waren eure Eindrücke während der Benutzung und wie habt ihr euch während des Meetings gefühlt?
2. Im Vergleich zu klassischen Remote-Meetings via Skype, Google Hangouts oder Ähnlichem: Was hat euch an *BeamLite* besser gefallen und was hat euch gefehlt? Was hättet ihr anders gemacht, um die Aufgaben zu lösen?
3. Wie gut konnten die Aufgaben mit den bestehenden Mitteln in *BeamLite* gelöst werden?
4. Welche Probleme sind während der Nutzung aufgetreten?
5. Welche Features würdet ihr euch noch wünschen?
6. Könnte sich das System in euren Arbeitsalltag integrieren? Wenn Nein: Warum nicht und welche Voraussetzungen müssten erfüllt werden?

Einer der Versuchsleiter übernahm die Rolle eines Moderators und leitete anhand der Fragen durch die Diskussion. Es wurden teilweise zusätzlich Fragen zu Vorkommnissen gestellt, die den Versuchsleitern während der Meeting-Simulation aufgefallen waren und Erklärung bedurften. Die Diskussionsrunde nahm in etwa eine halbe Stunde in Anspruch und wurde mit einem Aufnahmegerät auditiv aufgezeichnet, um im Rahmen der Auswertung die Möglichkeit zu erhalten, Aussagen im Kontext bewerten zu können.

## 6.2 Teilnehmer

Es wurden acht Runden mit je drei Teilnehmern durchgeführt. Insgesamt nahmen 24 Personen – zwölf Männer und zwölf Frauen – an der Evaluierung teil. Davon waren 13 Masterstudierende an der Universität Siegen. Neun studierten HCI, drei Wirtschaftsinformatik (WI) und eine Person Betriebswirtschaftslehre (BWL). Außerdem nahmen sieben

---

4. Die Fragebögen unterscheiden sich je nach AR- oder VR-Teilnehmer minimal und sind beide in Anhang E einzusehen.

wissenschaftliche Mitarbeiter und ein technischer Mitarbeiter der Lehrstühle CSCW und Soziale Medien sowie Wirtschaftsinformatik und Neue Medien teil. Drei Teilnehmer waren außerhalb der Universität berufstätig. Einige Teilnehmer wurden schon in der agilen und iterativen Entwicklungsphase des Prototypen einbezogen und konnten frühe Stadien des Prototypen bereits testen<sup>5</sup>.

Die Erfahrungsgrade der Teilnehmer mit AR und VR wurden in die Kategorien *Neu*, *Anfänger*, *Fortgeschritten* und *Experte* eingeteilt. Neu bedeutet, dass die Teilnehmer noch keine Berührungspunkte mit der Technologie hatten. Teilnehmer, welche die Technologie bereits ein oder zwei Mal getestet hatten, aber ansonsten keine weiteren Erfahrungen sammeln konnten, wurden als Anfänger bezeichnet. Als Fortgeschritten wurden die Teilnehmer eingestuft, wenn sie mehr als zwei Mal VR beziehungsweise AR getestet hatten. Die letzte Stufe – Experte – wurde den Personen zugeordnet, die auch im Rahmen ihres Studiums oder Berufs mit der Technologie arbeiteten. Die meisten Teilnehmer verfügten über sehr wenig Vorerfahrung mit AR und VR. Alle wussten zwar, welche Besonderheiten diese mit sich bringen, hatten aber insgesamt wenige Berührungspunkte damit. Insbesondere AR war für einige Teilnehmer noch vollkommen unbekannt. Experten oder fortgeschrittene Nutzer gab es in den meisten Fällen nur für eine der beiden Technologien. In Tabelle 6.1 werden die Erfahrungen der einzelnen Teilnehmer sowie deren berufliche Funktion ausführlich dargestellt.

Die Gruppenkonstellationen wurden willkürlich gewählt. Der Vertrautheitsgrad der Teilnehmer war in sechs der Gruppen vergleichbar: Zwei der drei Teilnehmer kannten sich in der Regel gut oder zumindest oberflächlich und die dritte Person kannte keinen der anderen beiden. In zwei Gruppen kannten sich alle Teilnehmer untereinander gut.

Den Teilnehmern der Evaluierung wurden Kennzeichen zugeteilt, die sie für die Auswertung der verschiedenen Aufzeichnungen sowie die Erläuterung der Ergebnisse erkennbar machen. Unterschieden wird dabei zwischen AR und VR – je nachdem, welche Rolle sie in der Meeting-Simulation einnahmen. An die entsprechenden Buchstabenkürzel folgt eine Zahlenfolge. Die erste Zahl stellt jeweils die Gruppenbezeichnung dar und die zweite steht für die Teilnehmerkennziffer innerhalb der Gruppe. Beispielsweise ist die Person AR7.2 der zweite AR-Teilnehmer aus der siebten Gruppe.

---

5. Eine Übersicht aller Teilnehmer und deren Einbindung in sämtliche Methoden innerhalb der vorliegenden Arbeit ist der Tabelle in Anhang C zu entnehmen.

<b>Gruppe</b>	<b>Teilnehmer</b>	<b>Funktion (Beruf)</b>	<b>Erfahrung AR</b>	<b>Erfahrung VR</b>
G01	AR1.1	Student, HCI	Anfänger	Anfänger
	AR1.2	Student, HCI	Anfänger	Experte
	VR1.1	Wiss. Mitarbeiter	Anfänger	Anfänger
G02	AR2.1	Student, HCI	Anfänger	Fortgeschritten
	AR2.2	Techn. Mitarbeiter	Fortgeschritten	Fortgeschritten
	VR2.1	Wiss. Mitarbeiter	Anfänger	Neu
G03	AR3.1	Vermessungstechniker	Anfänger	Anfänger
	AR3.2	Vermessungstechniker	Anfänger	Anfänger
	VR3.1	Wiss. Mitarbeiter	Anfänger	Neu
G04	AR4.1	Wiss. Mitarbeiter	Neu	Anfänger
	AR4.2	Wiss. Mitarbeiter	Neu	Anfänger
	VR4.1	Softwareentwickler	Fortgeschritten	Experte
G05	AR5.1	Student, HCI	Anfänger	Anfänger
	AR5.2	Student, HCI	Neu	Anfänger
	VR5.1	Student, HCI	Neu	Neu
G06	AR6.1	Student, HCI	Anfänger	Anfänger
	AR6.2	Student, HCI	Anfänger	Anfänger
	VR6.1	Student, HCI	Anfänger	Fortgeschritten
G07	AR7.1	Student, WI	Neu	Experte
	AR7.2	Student, BWL	Neu	Anfänger
	VR7.1	Student, WI	Neu	Anfänger
G08	AR8.1	Wiss. Mitarbeiter	Anfänger	Anfänger
	AR8.2	Wiss. Mitarbeiter	Anfänger	Anfänger
	VR8.1	Student, WI	Neu	Anfänger

Tabelle 6.1: Übersicht der Teilnehmer aus der Evaluierung.

### 6.3 Nachbereitung

Um die Evaluierung auswerten zu können, wurden die beiden Videoaufnahmen zunächst mithilfe der Software *Premiere Pro CC*<sup>6</sup> synchronisiert und in eine Videodatei zusammen geschnitten. Von dem entstandenen Videomaterial wurden im Anschluss Teiltranskripte erstellt. Auch von den Audioaufnahmen der Diskussionen wurden Teiltranskripte angefertigt. Es wurden vornehmlich die Teile transkribiert, die Antworten auf die Fragestellungen geben, die bei der Planung der Evaluierung aufgestellt wurden.

Die Transkripte der Videos und der Diskussionen wurden anschließend in das bereits bestehende MAXQDA-Projekt (siehe Kapitel 3.2.1) integriert, um sie im nächsten Schritt

---

6. <https://www.adobe.com/de/products/premiere.html>

kodieren zu können<sup>7</sup>. Für die Kodierung wurden teilweise bereits bestehende Codes verwendet, beispielsweise konnten die Kategorien *Repräsentation der Teilnehmer* oder *Verhalten der Personen in Meetings* übernommen werden. Zusätzlich wurden induktiv neue Codes erstellt, um Aspekte kategorisieren zu können, die sich keiner der bestehenden Kategorien zuordnen ließen<sup>8</sup>. Zum Beispiel wurden Aussagen aus den Diskussionen und Situationen in der Exploration des Prototypen, die sich auf wünschenswerte Features beziehen, mit neuen Codes versehen. Indikatoren für die Wahrnehmung der Personen untereinander wurden ebenfalls hinzugefügt. Weitere Kategorien ergaben sich hinsichtlich der Bedienung des Prototypen und technischen Problemen während der Evaluierung.

Die ausgefüllten Fragebögen wurden in eine *Microsoft Excel*-Tabelle überführt, damit eine Auswertung der Antworten erfolgen konnte. Auf eine aufwändige statistische Datenanalyse wurde verzichtet, da die Fragebögen nicht im Mittelpunkt der Evaluierung standen, sondern lediglich Anhaltspunkte für Fragen liefern sollten, die aufgrund ihrer geschlossenen Formulierung nicht in die Diskussionsrunde aufgenommen wurden.

## 6.4 Ergebnisse

Die wichtigsten Erkenntnisse aus den unterschiedlichen Teilen der Evaluierungsrunden werden in den folgenden Abschnitten beschrieben, miteinander kombiniert und diskutiert, um Implikationen für das Konzept von *BeamLite* entnehmen zu können. Im Anschluss werden zusammenfassend die Fragen beantwortet, die im Rahmen der Planung der Evaluierung entworfen wurden.

### 6.4.1 Rahmenbedingungen von Meetings

Die allgemeinen Rahmenbedingungen von Meetings sollten in *BeamLite* eingehalten werden, um die Struktur wahren zu können und die Teilnehmer zu unterstützen. Der Prototyp beinhaltet deshalb eine Uhr und eine Agenda, mit der interagiert werden kann (siehe Abschnitt 5.2.9). Die Agenda wurde von allen Gruppen aktiv in das Meeting integriert. Sehr häufig schauten die Teilnehmer auf die Agenda, um sich zu vergewissern, was als nächstes geschehen sollte – wie zum Beispiel in einer Situation aus G01, in der VR1.1 fragte: „Was sollen wir jetzt machen?“ und sich zu der Agenda umdrehte. Daraufhin richteten auch die beiden AR-Teilnehmer ihren Blick auf die Agenda. Auch die Interaktion mit der Agenda – das Abhaken der einzelnen Punkte – wurde von allen

---

7. Zwischen der Kodierung der Interviews und der Evaluierung wurde *MAXQDA 2018* veröffentlicht.  
Daher wurde die Kodierung der Evaluierung mit dieser Version angefertigt.

8. Alle Codes sind dem Kodierleitfaden in Anhang B zu entnehmen.

Gruppen genutzt. In G02 übernahm die VR-Person die Leitung des Meetings und wies auf neue Agendapunkte hin. Alle anderen Gruppen orientierten sich auch stark an den Punkten auf der Agenda, allerdings herrschte eine ausgeglichene Ordnung und die Personen wechselten die Moderatorenrolle unbewusst untereinander.

Die virtuelle Uhr ist nicht allen Teilnehmern aufgefallen, half allerdings den meisten Gruppen dabei, ihre vorgegebene Zeit von 30 Minuten einzuhalten. In zwei Gruppen übernahm jeweils eine Person das Zeitmanagement, schaute immer wieder auf die Uhr und teilte den anderen mit, wie viel Zeit noch blieb.

Eine automatische Protokollierung oder Aufzeichnung des Meetings wurde innerhalb des Prototypen nicht implementiert, ist allerdings Bestandteil des Konzepts (siehe Kapitel 4.2). Lediglich AR2.1 sprach die fehlende Protokollierung explizit an: „*Hat eigentlich einer Protokoll geführt?*“ In den anderen Gruppen wurde nur auf die fehlende Speicherfunktion für Whiteboard-Zeichnungen hingewiesen. Eine Protokollierung scheint den Teilnehmern daher nicht wichtig gewesen zu sein, allerdings könnte der Kontext der Evaluierung dies beeinflusst haben. Daher sollte in alltagsnahen Settings untersucht werden, ob die Protokollierung wirklich ein wichtiger Bestandteil des Konzepts ist. Die beobachtete Interaktion mit der Agenda und der Uhr bestätigen die Annahmen, dass virtuelle Elemente in der Umgebung dabei helfen können, die Strukturen in Meetings zu unterstützen.

### 6.4.2 Telepräsenz

Der Begriff der Telepräsenz spielt für das Konzept von *BeamLite* eine besondere Rolle. Mentale Immersion stellt einen Bestandteil der Telepräsenz dar, da es dabei um das Gefühl geht, sich als selbstwirksam in der virtuellen Umgebung wahrzunehmen. Das Verhalten der Teilnehmer während der Meeting-Simulation zeigt, dass die VR-Personen ein hohes Maß an mentaler Immersion spürten. Aus Kapitel 2.5 geht hervor, dass ein Indikator für das Präsenzerleben vorliegt, wenn die Personen sich so verhalten, wie sie es in der realen Welt auch machen würden. Dieses Verhalten konnte bei den VR-Teilnehmern beobachtet werden. Beispielsweise versuchten zwei Personen ihre Hände beziehungsweise Controller auf dem virtuellen Tisch in dem Raum abzulegen. VR3.1 wich vor der virtuellen Wand zurück, weil er<sup>9</sup> dachte, dass er dagegen stoßen würde, als er sich ihr näherte. Verhaltensweisen wie diese weisen auf eine Ortsillusion hin, die ein wesentlicher Bestandteil von mentaler Immersion und Telepräsenz ist.

Die Aussagen der VR-Teilnehmer in der Diskussionsrunde im Anschluss an das Meeting bestätigen die Beobachtungen. VR7.1 startete die Diskussionsrunde sogar mit folgender

---

9. Das Personalpronomen „er“ zur Beschreibung einer konkreten Person bezieht sich innerhalb dieses Kapitels auf „der Teilnehmer“ und ist unabhängig von dem Geschlecht der Person.

Anmerkung: „*Also ich muss zuallererst mal sagen, dass man vergisst, dass man sich in dem anderen Raum befindet mit der VR-Brille.*“ Als ausschlaggebend für dieses Gefühl wurden neben der immersiven Eigenschaft der VR-Brille die reale Repräsentation des Raums (siehe Abschnitt 5.2.5) sowie der positional sound (siehe Abschnitt 5.2.7) angesprochen. VR1.1 sagte noch während der Meeting-Situation zu den beiden AR-Teilnehmern: „*Was ich auch interessant finde ist, dass ich jetzt auch weil mir der Ton eure Verortung gibt, dann doch irgendwie geneigt bin zu euch zu gucken. Müsste ich ja nicht, aber sozusagen die reale Gesprächssituation im Raum. Man bewegt sich genau so im VR-Raum, wie man eigentlich im normalen Gespräch sein müsste.*“ Aussagen wie diese implizieren, dass der visuelle und der auditive Wahrnehmungskanal ausreichend sind, um eine hohe Ausprägung der Telepräsenz in *BeamLite* erzeugen zu können.

Der Aspekt der Kontrolle über die sensorischen Wahrnehmungen kann laut VR3.1 durch *BeamLite* ebenfalls ermöglicht werden: „*Weil ich mich auch bewegen konnte. [...] Für mich war das wirklich als ob ich hier gewesen wäre.*“ Ein weiterer wichtiger Aspekt für Telepräsenz ist die Interaktion mit Elementen aus der entfernten Umgebung. Im Konzept und in der Implementierung wurde daher die Interaktion mit virtuellen Elementen vorgesehen, die sowohl lokale als auch entfernte Teilnehmer sehen können. Fraglich war, ob es einen Unterschied in der Ausprägung von Telepräsenz bei den Teilnehmern gibt, wenn sie nur mit virtuellen und nicht mit realen Objekten interagieren können (siehe Kapitel 4.3). In der Evaluierung konnten hierfür keine Anhaltspunkte beobachtet werden. Allerdings wurde der Abschnitt zu Telepräsenz im Fragebogen – „*Ich hatte das Gefühl, mich tatsächlich in dem Meeting-Raum zu befinden.*“ – von allen Personen als zutreffend markiert. Daher wird davon ausgegangen, dass *BeamLite* die drei wesentlichen Faktoren von Telepräsenz (Ausmaß der sensorischen Informationen, Kontrolle der sensorischen Wahrnehmung und die Fähigkeit, mit der Umgebung zu interagieren) ausreichend adressiert und dadurch eine hohe Intensität von Telepräsenz vermitteln kann. Da das Konzept nur mit einer begrenzten Anzahl an Testern evaluiert wurde, können allerdings keine generischen Aussagen getroffen werden. Eine quantitative Analyse mit Fragebögen, die das Ausmaß von Telepräsenz erfassen, könnte mehr Aufschluss darüber geben, welche Ausprägung *BeamLite* hinsichtlich der Wahrnehmung des entfernten Ortes tatsächlich erreicht.

Auch die AR-Teilnehmer berichteten von immersivem Erleben während der Meetings. Das Pendant zu Immersion in VR stellt für AR, wie in Kapitel 2.8 dargelegt, der Begriff der Transportation dar. Full transportation weist das System auf, wenn die virtuellen Objekte und Remote-Teilnehmer sich natürlich in die reale Umgebung integrieren. In der Diskussionsrunde drehten sich zwei AR-Teilnehmer zu der Position um, an der die Uhr im Prototypen platziert ist, um die Uhrzeit zu erfahren. Daraus lässt sich schließen, dass sich das virtuelle Objekt für die Teilnehmer natürlich in den realen Raum integriert hat und *BeamLite* nicht nur ein hohes Maß an Telepräsenz für den Remote-Teilnehmer, sondern

auch eine starke Ausprägung von Transportation für die lokalen Teilnehmer erreichen kann. Aufgrund der geringen Teilnehmeranzahl reichen die Aussagen auch hier nicht aus, um feststellen zu können, dass Transportation durch den Prototypen erreicht werden konnte. Daher könnte auch dieser Aspekt durch eine höhere Anzahl von Nutzern und Fragebögen näher untersucht werden.

### 6.4.3 Nonverbale Kommunikation

Blickkontakt, Blickrichtung, Gesten und Mimik sind zentrale Bestandteile nonverbaler Kommunikation, die sowohl in der Literaturrecherche als auch in der empirischen Vorstudie als fehlende Elemente von Remote-Meetings genannt wurden (siehe Kapitel 4.4). Daher wurde bei der Auswertung der Evaluierung stark auf die nonverbalen Signale bei der Kommunikation während der Meeting-Simulation geachtet. Dabei ist vor allem die Auswirkung der Blickrichtung aufgefallen. Durch die Übertragung der Kopfbewegungen in Echtzeit sollte die Blickrichtung der Beteiligten von den anderen jederzeit antizipiert werden können. Das Verhalten der Teilnehmer während des Meetings lässt darauf schließen, dass diese Umsetzung in *BeamLite* funktioniert. Besonders aufgefallen ist die Blickrichtung in der Bearbeitung der ersten beiden Aufgaben. Hierfür stellten die meisten Gruppen sich in einem Dreieck zueinander auf und erzählten von sich und ihren Kindheitserinnerungen. Dabei blickten die erzählenden Personen abwechselnd zu den anderen beiden – unabhängig davon, ob es sich um einen Avatar oder die lokal anwesende Person handelte. Andersherum schauten die Zuhörenden in den meisten Fällen auf die erzählende Person. Während der dritten Aufgabe konnten Situationen beobachtet werden, in denen die VR-Teilnehmer an das Whiteboard zeichneten und sich über die Schulter zu den hinter ihnen stehenden Avataren umdrehten, um eine Rückfrage zu stellen oder Feedback zu dem Gezeichneten zu erhalten. Dieses Verhalten entspricht vermutlich dem in F2F-Situationen<sup>10</sup> und impliziert, dass *BeamLite* natürliche Situationen in Gesprächen simulieren kann. Die Anzahl der durchgeföhrten Beobachtungen von Kreativ-Sessions in der empirischen Vorstudie (siehe Kapitel 3.1) reichen nicht aus, um diese Annahme bestätigen zu können, unterstützen diese aber. Rückblickend lässt sich daher feststellen, dass die Beschränkung auf sechs Beobachtungen zu wenig war. Durch einen Vergleich der Interaktion mit dem Prototypen und der Interaktion in F2F-Situationen sollte die Natürlichkeit der Kommunikation in *BeamLite* genauer untersucht werden.

Dass die Blickrichtung der Teilnehmern durch den Avatar wahrgenommen wurde, zeigt beispielsweise folgende Situation nach der Vorstellungsrunde in G04: AR4.1 war fertig mit seiner Vorstellung und richtete seinen Blick auffordernd auf VR4.1 an. VR4.1 schaute

---

10. Aufgrund mangelnder empirischer Daten kann an dieser Stelle nur eine Vermutung aufgestellt werden, die sich aus den Erfahrungen der Autoren ergibt.

abwechselnd von AR4.1 zu AR4.2, sagte: „*Oh, man guckt mich schon an*“, und erzählte dann seine Kindheitserinnerung. Aber nicht nur die Wahrnehmung des Blicks, der auf die eigene Person gerichtet war, konnte beobachtet werden, sondern auch eine relativ eindeutige Antizipation der Blickrichtung anderer Teilnehmer bezogen auf die Umgebung. Häufig schaute ein Teilnehmer auf die virtuelle Agenda im Raum und die anderen folgten mit ihrem Blick. In G03 wurde die Blickrichtung sogar direkt angesprochen, als VR3.1 häufiger auf die Uhr schaute und AR3.2 ihn fragte: „*Du guckst immer auf die Uhr, oder?*“ Aus dieser Situation geht außerdem hervor, dass die Platzierung der VR-Teilnehmer in dem virtuellen Abbild desselben Raums, in dem die AR-Teilnehmer sich befinden, einen merklichen Effekt hat. Zwar wurde innerhalb des Prototypen keine Visualisierung der Blickrichtung zusätzlich zu den Kopfbewegungen umgesetzt, allerdings lässt das Verhalten der Teilnehmer darauf schließen, dass diese nicht zwangsläufig notwendig ist. Die Blickrichtung des Tierkopfes scheint auszureichen, um Anhaltspunkte liefern zu können, auf was eine Person durch den Avatar ihren Blick richtet. Allerdings wurde in Kapitel 2.8 dargestellt, dass die Visualisierung der Blickrichtung in verwandten Forschungsarbeiten für besonders wichtig erachtet wird. Ein Test mit der Visualisierung im Vergleich mit der jetzigen Umsetzung könnte Aufschluss darüber geben, ob dies wirklich notwendig ist.

Da eine durchgehende Übertragung der Handgesten vor allem aufgrund von hardware-technischen Voraussetzungen der HoloLens für Schwierigkeiten bei der Umsetzung des Gesamtkonzepts in einem Prototypen sorgte, wurde dem Gestikulieren während der Evaluierung besondere Aufmerksamkeit gewidmet. Auffällig war, dass alle Teilnehmer trotz der mangelnden Übertragung vollständiger Gesten nicht darauf verzichteten, Körpersprache einzubauen. VR5.1 stellte im Nachhinein sogar fest: „*Aber an sich hab ich auch Gestiken benutzt, glaube ich, die ihr gar nicht sehen konntet, einfach weil ich.. wie natürlich..*“ Vor allem bei Erzählungen aus ihrer Kindheit versuchten viele Teilnehmer, Gesagtes durch Gesten zu verdeutlichen.

Die AR-Teilnehmer können die Bewegungen der Hände des VR-Teilnehmers zwar sehen, aber andersherum müssen die AR-Teilnehmer erst die Ready-Gestur ausführen, damit die Hände auf Seite des Remote-Teilnehmers gesehen werden können (siehe Abschnitt 5.2.6). Eine Situation aus G05 verdeutlicht die Umstände durch die erschwerte Ausführung von Gesten für die HoloLens-Träger: Die Teilnehmer unterhielten sich über die Form eines Dachs und AR5.1 versuchte seine Gedanken mit beiden Händen zu visualisieren. Er zeigte dies erst auf natürliche Art und danach erneut mit der Ready-Gestur, weil ihm auffiel, dass VR5.1 seine Bewegungen vorher nicht sehen konnte. Trotz des kognitiven Aufwands, die Gesten richtig auszuführen, funktionierte die nonverbale Kommunikation und VR5.1 zeichnete mit dem Kommentar, „*Ah, ich glaub ich weiß was du meinst*“, die richtige Form des Dachs an das Whiteboard. AR5.1 kommentierte die Situation in der Diskussion später:

*„Ich wollte VR5.1 halt ganz oft was zeigen, aber da musste ich immer so machen [zeigt Ready-Gesture] und dann war dieses Natürliche verloren.“*

Die unnatürliche Ausführung der Ready-Gestur hat teilweise zu Unterbrechungen der natürlichen Kommunikation geführt, da die Personen sich zusätzlich darüber austauschen mussten. Andernfalls wussten sie nicht, ob die Gesten wirklich übertragen wurden: „*Also zwischenzeitlich hab ich versucht VR2.1 was zu zeigen am Whiteboard, hab dann halt mit dieser Geste versucht... ohne zu wissen, ob es bei ihr angekommen ist oder nicht*“ (AR2.1). Ein Indikator in Form von visuellem Feedback, beispielsweise, dass die Personen ihre virtuelle Hand selbst sehen können, sobald diese übertragen wird, könnte solche Unsicherheiten mindern. AR3.1 bestätigte in der Diskussion, dass nicht nur das mangelnde Feedback die nonverbale Kommunikation erschwere, sondern die Gesten der AR-Teilnehmer allgemein zu selten übertragen werden: „*Der Effekt dadurch ist ja, dass dann auch Gestik fehlt. Zumindest mir. Ich konnte die Tatzen ja wirklich eigentlich nur in den Tests sehen. Kannst du sie jetzt sehen? – ja – und dann war sie auch schon wieder weg.*“ Dies zeigt, dass *BeamLite* zwar Gesten vermitteln kann, diese aber unter Umständen nicht nonverbaler oder unbewusster Natur sind, sondern explizit von den Nutzern für das System verständlich gemacht werden müssen.

Eine mangelnde Gestenübertragung der VR-Teilnehmer wurde von den AR-Personen nicht angesprochen, da die Hände der VR-Person durch das Tracking der Controller durchgehend übertragen werden. Daher ist davon auszugehen, dass die fehlende Gestik mit einer Möglichkeit, die Hände der AR-Teilnehmer durchgehend zu übertragen, gelöst werden könnte. Die Controller wurden von VR7.1 allerdings als unnatürlich empfunden. Er wünschte sich stattdessen eine freihändige Bedienung des Systems. VR4.1 merkte dies auch an und schlug vor, die Hände direkt mittels der *Leap Motion*<sup>11</sup>-Technologie zu erfassen und zu übertragen. Diese Art der Übertragung von Gesten aller Teilnehmer könnte für eine Verbesserung der nonverbalen Kommunikation in *BeamLite* sorgen.

Auch wenn die groben Gesten von den Teilnehmern gesehen werden konnten, wurden feine Bewegungen, wie das Zeigen mit Fingern auf Objekte, nicht erfasst. Daher kam es häufiger zu Situationen, in denen die Teilnehmer auf einen bestimmten Punkt am Whiteboard oder in der Umgebung zeigen wollten, aber die anderen dies nicht sehen konnten: „*Das war fast das einzige, was von der normalen Interaktion gefehlt hat, dass man Dinge zeigen kann, gerade auf dem Whiteboard*“ (AR1.1). Die VR-Teilnehmer nutzten zum Zeigen auf ein Objekt häufig den Laserpointer, der für die Interaktion mit virtuellen Objekten in den

---

11. *Leap Motion, Inc.* (<https://www.leapmotion.com>) hat eine Technologie entwickelt, bei der die Bewegungen der Hände und der Finger durch Infrarotstrahlen erfasst und verarbeitet werden können. Obwohl der Sensor ursprünglich für den Desktop entwickelt wurde, nutzen ihn bereits einige VR-Anwendungen, um freihändige Bedienung zu ermöglichen.

Prototypen eingebaut wurde (siehe Abschnitt 5.2.9)<sup>12</sup>. Daraus ergaben sich Situationen wie die Folgende: VR1.1 benutzte den Laserpointer, um auf etwas an dem Whiteboard zu zeigen und fragte: „*Ihr habt den hier gemeint?*“ AR1.1: „*Ich sehe jetzt nicht was zu zeigst.*“ VR1.1 teleportierte sich daraufhin an das Whiteboard und hielt die Hand mit dem Controller an die Stelle, über die geredet wurde, fragte erneut, „*Ihr meint den dort?*“, und wackelte mit der Hand, um zu verdeutlichen, was er meinte. Daraus ergibt sich die Notwendigkeit, das Zeigen in *BeamLite* anders umzusetzen oder funktional zu erweitern. AR2.2 schlug in der Diskussion diesbezüglich vor: „*Dass du halt wirklich wie so einen Laserpointer dann in der Hand hast und dann halt zeigen könntest.*“ Vor allem, weil die VR-Teilnehmer den Laserpointer bereits als natürliches Element in die Kommunikation integrierten, obwohl er dafür nicht entwickelt wurde, scheint diese Lösung sinnvoll zu sein. Eine visuelle Substitution der Zeigegesten durch einen Laserpointer wäre daher eine denkbare Alternative für das Zeigen mithilfe der Hände und sollte mit weiteren Nutzern getestet werden.

Unabhängig von den Händen wurde die allgemeine Körpersprache von den Teilnehmern positiv aufgenommen und bewertet. Vor allem das Feedback an den Sprecher durch die Übertragung der Kopfbewegungen wurde in den Diskussionen explizit angesprochen: „*Du hast schonmal genickt und den Kopf bewegt [...]. Das bringt einen ja schon ein bisschen weiter, wenn man schonmal jemanden bestätigt*“ (AR3.2). Außerdem wurde angemerkt, dass die Identifikation des Sprechers durch die Übertragung der Körpersprache einfacher war. In G03 beispielsweise kannte der VR-Teilnehmer die anderen beiden Personen vor der Evaluierung nicht und konnte ihre Stimmen nicht auf Anhieb unterscheiden. Da der visuelle Indikator für den Sprechenden in Form von Farbänderungen der Namen über den Avataren nicht gut funktionierte (siehe Abschnitt 5.2.7), konnte VR3.1 den Sprecher zunächst nicht gut unterscheiden. In der Diskussionsrunde danach erklärte er, dass die Körpersprache ihm aber dabei helfen konnte: „*Anhand der Bewegung des Avatars konnte man halt schon [...] rausbekommen, wer spricht eigentlich.*“ Aussagen wie diese heben die Notwendigkeit von subtiler Körpersprache in der Kommunikation hervor und bestätigen, dass *BeamLite* die Übertragung solcher Gesten durch die Avatare auch für Remote-Meetings umsetzen kann.

Weitere Faktoren zwischenmenschlicher Kommunikation stellen die Wahrnehmung und die Interpretation von Mimik dar. In Kapitel 4.4 wurde dargelegt, dass die Integration von Mimikübertragung oder zumindest eines geeigneten Ersatzes – beispielsweise in Form von Emojis – ein Bestandteil des vorliegenden Konzepts ist, auch wenn dies nicht in der Prototypenentwicklung umgesetzt werden konnte (siehe Abschnitt 5.2.6). Wie zu erwarten war, wurde die fehlende Mimik in den Diskussionsrunden nach der Meeting-

---

12. Den Teilnehmern wurde zu Beginn der Evaluierung mitgeteilt, dass die anderen den Laserpointer nicht sehen können.

Simulation häufig bemängelt. In sechs der acht Diskussionen wurden die Gesichtsausdrücke angesprochen. Die meisten Personen sagten, dass sie die Mimik vermisst hätten. Teilweise wurde auch angesprochen, dass das Fehlen der Mimik nicht sehr gestört habe. AR1.2 sagte beispielsweise: „*Man schaut schon auch den Panda an, wenn er spricht, also die Aufmerksamkeit geht halt wie bei einem normalen Gespräch dahin und, dass sich kein Mund bewegt hat, hat mich am Anfang schon ein bisschen kurz aus [dem Konzept gebracht]. Aber daran hat man sich sehr schnell gewöhnt.*“ Zwei Teilnehmer merkten außerdem an, dass die Stimmlage ein guter Indikator für die Gefühlslage der Personen sei. Die Notwendigkeit, die Erfassung und Übertragung von Mimik zu berücksichtigen, wird von den Ergebnissen der Evaluierung hervorgehoben und sollte bei einer Umsetzung des Konzepts in jedem Fall beachtet werden.

### 6.4.4 Gefühl von Gemeinsamkeit

In Kapitel 4.4 wurde herausgestellt, dass das Gefühl von sozialer Präsenz durch *BeamLite* vermittelt werden soll, um beispielsweise Isolationsgefühle zu vermeiden. Die bereits dargestellte Wahrnehmung von Mimik und Gestik ist dafür besonders wichtig. Zwar fehlten den Teilnehmern der Evaluierung teilweise die Gesichtsausdrücke, allerdings weisen die Interaktionen während des Meetings und die Äußerungen in der anschließenden Diskussion darauf hin, dass die Personen die Avatare trotzdem als anwesende Personen wahrgenommen haben: „*So hatte man zumindest nicht das Gefühl man ist da alleine. Also wenn da jetzt die Avatare eben nicht wären*“ (VR4.1).

Das Bedürfnis von Personen, eine gewisse Distanz zu Gesprächspartnern zu bewahren, ist ein Konzept aus F2F-Situationen, das sich auch in der Evaluierung zeigte. Die von den Personen individuell ermessene Distanz wird *Personal Space* genannt und variiert je nach Vertrautheitsgrad und persönlicher Beziehung zu den Gesprächspartnern [Ken+09]. In allen Gruppen der Evaluierung spielte der Personal Space zwischen den Teilnehmern und den Avataren eine Rolle. Beispielsweise gab es in jeder Runde mindestens einmal die Situation, dass die Avatare umgangen wurden, anstatt durch sie hindurch zu gehen. In der ersten Gruppe testete VR1.1 den Personal Space sogar direkt aus und ging immer näher auf AR1.1 zu während er sich vorstellte. AR1.1 kommentierte die Situation später: „*Also auch, dass VR1.1 einfach im Raum anwesend war – klar als Panda – aber ich mein allein schon, wo er das getestet hat mit dem näher kommen und so. Man hat gemerkt, dass man trotzdem irgendwie so diesen Abstand haben will und nicht das Bedürfnis hat, da jetzt unbedingt durchzulaufen.*“ AR2.2 berichtete von einem ähnlichen Erlebnis: „*Das hat sich so geäußert, dass ich, wenn ich mir mein Getränk geholt hab, was halt am Tisch stand oder so, um dich [VR2.1] herumgelaufen bin. Für mich warst du halt wirklich ein Teil von der Geschichte.*“ Sehr häufig sind kurze Momente in den Meetings aufgetreten, die Hinweise

auf die Wahrnehmung des Personal Space und der Anwesenheit der Personen geben. Zum Beispiel konnte in fünf Gruppen beobachtet werden, dass die VR-Person einem Avatar nach hinten auswich, als dieser sich rückwärts auf sie zubewegte.

In der Diskussionsrunde von G06 ergab sich ein kurzer Dialog, der verdeutlicht, dass die Avatare tatsächlich als physisch anwesende Personen wahrgenommen wurden. AR6.2 erwähnte, dass es für die AR-Teilnehmer schwierig war, das ganze Whiteboard zu sehen. Folgender Wortwechsel zwischen AR6.1 und VR6.1 entwickelte sich daraus:

AR6.1: „*Ja, das hatte ich auch. Wenn ich weiter zurück gegangen bin, stand VR6.1 da.*“

VR6.1: „*Ja, ja. Das stimmt. Hättest du was gesagt. Da achte ich natürlich nicht drauf, ne. Weil für mich.. ich hab halt ein super weites Sichtfeld. Ich stand quasi direkt vor der Tafel und konnte halt alles sehen und auch darüber hinaus.*“

AR6.1: „*Weiß nicht, hab auch gar nicht darüber nachgedacht dir das zu sagen, weil ich konnte ja an der Seite gucken.*“

Daraufhin wurde AR6.1 von dem Moderator der Diskussion gefragt, ob er nicht darüber nachgedacht hätte, dass er auch durch die Person hindurch gehen konnte, da es sich lediglich um virtuelle Avatare handelte. AR6.1 beantwortete die Frage: „*Also auf die Idee durchzugehen bin ich nicht gekommen. Ich bin einmal aus Versehen durch ihn durch gelaufen, das hat mich erschreckt. [...] Also VR6.1 war schon da. Also das wäre unhöflich gewesen.*“

Äußerungen wie diese und die zuvor aufgeführten Wahrnehmungen des Personal Space in der Remote-Situation implizieren, dass die für den Prototypen gewählten Avatare ausreichen, um das Gefühl zu vermitteln, dass eine Person im Raum anwesend ist. Auch die Ergebnisse aus den Fragebögen bestätigen diese Annahme. Lediglich je ein AR- und ein VR-Teilnehmer gaben an, dass sie die anderen eher nicht als anwesende Personen im Raum wahrgenommen haben. Drei AR- und eine VR-Person wählten die Antwortmöglichkeit *teils-teils*. Die anderen zwölf AR- und sechs VR-Teilnehmer bestätigten, dass die entfernten Personen durch die Avatare als anwesende Teilnehmer des Meetings wahrgenommen werden können.

### 6.4.5 Repräsentation der Teilnehmer

Die gewählte Repräsentation der Teilnehmer als abstrakte Tierköpfe wurde lediglich in vier Gruppen angesprochen. Allerdings wurden die Panda- und Waschbärköpfe dabei von keiner Person negativ bewertet. Für das gewählte Kreativ-Meeting empfand VR1.1 die Avatare

sogar als Mehrwert: „*Ich könnte mir auch vorstellen, dass das in einer realen Situation also so ein bisschen Distanzen schafft und auflockert und dann irgendwie Kreativität fördert.*“

Für andere Meeting-Situationen wurde die Repräsentation in Tierform jedoch mehrmals in Frage gestellt. Die Seriosität ginge dabei stark verloren: „*Das Abstrakte ist ja gar nicht so das Problem. Aber dass man halt meinewegen auch menschliche Avatare nimmt: Die Frau kriegt eine Frau, der Mann einen Mann. Aber, dass halt irgendwo so ein bisschen die Seriosität gewahrt wird. Weil, wenn ich jetzt meinen Chef als Panda sehen würde, ich müsste mich glaube ich zusammenreißen nicht zu lachen*“ (VR7.1). Auch AR7.2 schlug eine realitätsnahe Darstellung vor: „*Vielleicht kann man das ja wirklich auch einfügen, dass man nicht der Panda ist, sondern jeder hat so einen eigenen Avatar mit eigenem Bild.*“ In Kapitel 4.7 und Abschnitt 5.2.6 wurde eine geeignete Repräsentation bereits diskutiert. Eine Evaluierung von unterschiedlichen Umsetzungsmöglichkeiten der Avatare könnte Aufschluss darüber geben, welche Repräsentation für welche Art von Meeting geeignet ist.

Unabhängig von dem Realismus der Repräsentation wurde eine bessere Unterscheidung zwischen den Avataren gewünscht. Da sich ein paar Gruppen untereinander nicht kannten, fiel es den VR-Teilnehmern in zwei Gruppen schwer, die Avatare den Personen zuzuordnen. Dass die Körpersprache dabei half, wurde bereits in Abschnitt 6.4.3 angesprochen. VR6.1 merkte zusätzlich den positional sound in Kombination mit den Farben der Köpfe an: „*Gut, die Pandas sind sich schon relativ ähnlich, weil die einzige Unterscheidung sind im Prinzip die Farben. Aber dadurch, dass man die beiden Personen ja hört... [...]. Also ich könnte jetzt die Augen zu machen und wüsste trotzdem noch wo die Leute sind und dadurch, dass man das halt am Anfang klarstellt, ist es eigentlich so, dass man auf Dauer weiß, wer wer ist.*“ Eine bessere Unterscheidung der Avatare könnte durch eine individuell anpassbare Gestaltung ermöglicht werden. Bereits in den ersten Nutzertests mit frühen Stadien des Prototypen wurde eine Individualisierung gewünscht (siehe Abschnitt 5.2.6). Zwei Teilnehmer aus G05 schlugen eine persönlichere Gestaltung des Avatars nicht nur zur besseren Unterscheidung der Gesprächspartner vor, sondern merkten außerdem an, dass dadurch fehlende Informationen in der nonverbalen Kommunikation ausgeglichen werden könnten, da die Gestaltung des Avatars ihrer Meinung nach bereits viel über eine Person aussagen kann.

Für Verwirrung sorgte in mehreren Gruppen das Teleportieren des VR-Teilnehmers: „*VR7.1 ist öfters mal gesprungen und dann stand er erst da und auf einmal stand er da. Dann musste man ihn erstmal wieder suchen*“ (AR7.2). Teilweise wurde die Verwirrung durch den positional sound reduziert. In G03 teleportierte sich VR3.1 zum Beispiel während er sprach und AR3.2 konnte die Veränderung der Sound-Richtung wahrnehmen: „*Das hat mich einmal irritiert, wo du [VR3.1] dich da rüber transportiert hast. Weil*

*du hast in der Zeit irgendwie gesprochen [...] und dann hörte ich das auf dem rechten Ohr und auf einmal auf dem linken. Also so schlagartig. Also das funktioniert schon.“* Für die AR-Teilnehmer könnte zusätzlich ein Indikator eingebaut werden, der visuelles Feedback gibt und somit Aufschluss darüber ermöglicht, ob und wohin sich ein Avatar teleportiert. In der Marktanalyse wurde ein solcher Mechanismus bei den getesteten VR-Anwendungen ausgemacht (siehe Kapitel 2.9). Dabei wird den anderen Teilnehmern durch eine Animation der Avatare angezeigt, wohin diese sich bewegen. Eine solche Umsetzung in *BeamLite* könnte Verwirrung und dadurch hervorgerufene Unterbrechungen des Meetings reduzieren.

### 6.4.6 Ablenkung

In den Interviews wurde die Repräsentation der Teilnehmer in Verbindung mit der Ablenkung in Remote-Meetings gebracht (siehe Abschnitt 3.2.2). Daraus wurde deutlich, dass die Remote-Teilnehmer von der Kamera abgelenkt werden, da sie sich Gedanken machen, wie sie selbst aussehen und wirken. Unbehagen und Ablenkung diesbezüglich sollten durch den MR-Ansatz in *BeamLite* umgangen werden. AR1.2 ging in der Diskussion darauf ein, dass die Meeting-Simulation durch eine Videokamera aufgezeichnet wurde und dadurch die Kamera in der Remote-Situation bei der Evaluierung nicht umgangen werden konnte: „*Was mir halt aufgefallen ist, normalerweise wäre es mir vielleicht wahrscheinlich schon ein bisschen unangenehm gewesen, darüber nachzudenken, dass ich gefilmt werde, aber da hab ich zum Beispiel gar nicht drüber nachgedacht.*“ Seine Aussage impliziert, dass der MR-Ansatz dazu in der Lage ist, die Ablenkung zu reduzieren und den Fokus weniger auf die eigene Wahrnehmung, sondern mehr auf das Meeting zu legen. Auch AR6.2 bestätigte, dass *BeamLite* dazu beitragen kann, die Gedanken über die eigene Erscheinung zu reduzieren: „*Also ich hab ja ihn [VR6.1] gesehen, aber ich hab nicht darüber nachgedacht, dass er uns auch sehen kann. Also das war nicht in meinem Hirn vorhanden dieser Gedanke. Obwohl es ja Sinn macht.*“

Zusätzlich zu ablenkenden Faktoren, wie der Videokamera an Remote-Devices, wurden Formen der Ablenkung durch äußerliche Faktoren in den Interviews genannt, die während Remote-Meetings als störend wahrgenommen werden (siehe Abschnitt 3.2.2). Deshalb wurde die immersive Eigenschaft von VR als vielversprechend für die Reduzierung von Ablenkung in *BeamLite* aufgeführt (siehe Kapitel 4.6). Die Ergebnisse aus den Evaluierungen bestätigen dies allerdings nur teilweise. In vier Gruppen war der VR-Teilnehmer zwischenzeitlich stark abgelenkt und teleportierte sich durch den virtuellen Raum. VR7.1 schien sich während des gesamten Meetings mehr mit den Controllern zu beschäftigen, als mit seinen Gesprächspartnern. Häufiger versuchte er außerdem, mit seinen Händen die Ohren der Avatare zu berühren. Damit lassen sich die Befürchtungen der Fokusgruppe, dass die

neue Technologie Ablenkung hervorrufen kann, anstatt sie zu vermeiden (siehe Abschnitt 3.3.2), bestätigten. Allerdings können die Ergebnisse nicht darauf reduziert werden. Zwar waren vier Personen während des Meetings abgelenkt, allerdings gab es genauso viele Gruppen, in denen die Teilnehmer sich voll auf das Meeting konzentrierten. Beispielsweise berichtete VR8.1: „*Also man ist da wirklich in diesem Raum und man konzentriert sich darauf, was man macht, wie man arbeitet, wie die anderen Teilnehmer reagieren. Man hat mehr dieses Gefühl dafür. Was halt bei so einem geteilten Bildschirm meiner Ansicht nach wirklich wegfällt.*“ Außerdem war VR7.1 mit der VR-Technologie noch nicht sehr vertraut (siehe Tabelle 6.1) und es könnte sein, dass sich der Ablenkungseffekt bei regelmäßiger Nutzung einstellt.

Nicht nur die VR-Teilnehmer, die durch das immersive Vive-Headset ohnehin von der Außenwelt abgeschottet werden, bestätigten den Fokus auf das Meeting durch *BeamLite*. Auch einige AR-Teilnehmer erwähnten in der Diskussionsrunde, dass sie ihren Fokus stark auf das Meeting gelenkt hatten. AR6.1 verglich die Situation mit klassischen Remote-Settings: „*Aber gerade wenn es jetzt was Längeres ist, finde ich neigt man – also gerade bei so einer Telko oder so – dazu, doch mal kurz was anderes zu machen... Grad mal so aufs Handy... und das wäre mir hier glaube ich nicht passiert. Ich meine, dir [VR6.1] ist ja sogar aufgefallen, dass ich mich hingesetzt habe. Also ich wäre nicht auf die Idee gekommen, mein Handy rauszuholen, mal eben E-Mails zu checken oder so. Also ich finde da war schon ein bisschen mehr Druck, weil alle da waren.*“ Auch die Antworten auf die Aussage „*Ich habe mich während des Meetings von äußerlichen Faktoren abgelenkt gefühlt.*“ im Fragebogen weisen darauf hin, dass die Ablenkung durch die Umgebung in *BeamLite* keine große Rolle spielt. Lediglich eine Person gab an, dass die Aussage für sie eher nicht zutraf und drei Personen wählten *teils-teils* während die deutliche Mehrheit die Aussage verneinte.

Auch wenn die dargestellten Angaben der Teilnehmer darauf hinweisen, dass die Ablenkung während Remote-Meetings in *BeamLite* reduziert werden kann, sei angemerkt, dass es sich bei der Evaluierung um ein Labor-Setting handelt. AR8.2 merkte diesbezüglich an: „*Also ich war auch komplett auf das jetzt fokussiert, aber das ist natürlich auch eine künstlich geschaffene Situation.*“ Daher kann zwar angenommen werden, dass *BeamLite* dafür sorgen kann, den Fokus auf das Meeting zu legen, allerdings sollte dies nicht generalisiert und in einer Aneignungsphase mit alltagsnahen Meeting-Situationen überprüft werden.

### 6.4.7 Kollaboration

Um das kollaborative Arbeiten durch ein MR-Kommunikationssystem in der Evaluierung testen zu können, wurde nicht nur die verbale und nonverbale Kommunikation in den

Prototypen integriert, sondern auch das gemeinsame Arbeiten an einem virtuellen Whiteboard (siehe Abschnitt 5.2.8). Im Fokus der Evaluierung stand neben der Frage, ob das Whiteboard überhaupt genutzt werden würde, auch, wie es sich in die Kommunikation der Teilnehmer integriert und ob es zu einer Lösung der Aufgabenstellung beitragen würde.

Genutzt wurde das Whiteboard von allen Gruppen. Wie zu erwarten war, zogen die Teilnehmer es hauptsächlich für die visuelle Darstellung eines Baumhauses in der dritten Aufgabe heran. Zwei Gruppen hielten neben einem Entwurf für das Haus auch die Anforderungen schriftlich an dem Whiteboard fest. G02 fertigte sowohl eine Innenansicht als auch eine Außenansicht an. Insgesamt arbeiteten die Teilnehmer alle intensiv zusammen und schafften es innerhalb der vorgegebenen Zeit ihre Ziele zu erreichen.

In der Diskussionsrunde wurde allen Gruppen die Frage gestellt, ob sie die Aufgaben auch in einem klassischen Remote-Setting, wie beispielsweise einer Skype-Konferenz, genauso gut hätten lösen können. Hier gab es gruppenübergreifend einen Konsens, dass sie zwar die Aufgaben hätten bearbeiten können, aber auf eine andere Art und Weise zu einem Ergebnis gekommen wären. Beispielsweise sagte VR4.1: „*Im klassischen System würden wir uns einfach nur dahin setzen und quasi per, keine Ahnung, was wir zum Beispiel in der Firma haben – wir haben einfach nur einen Lautsprecher und da sprechen wir halt rein und Punkt. Und wenn jetzt so Zeichnungsgeschichten sein müssen, dann gibt man halt den Bildschirm frei und dann zeichnet einer und dann sieht das jeder. Das wäre jetzt so für mich der klassische Weg. Und jetzt in VR ist es für mich dadurch interessant geworden, dass ich mich frei im Raum bewegen kann. Das ist natürlich schon ein bisschen gelassener, als wenn man dann die ganze Zeit starr da sitzt.*“ Häufig wurde angemerkt, dass die Aufgabe durch eine Bildschirmfreigabe lösbar gewesen wäre, bei der eine Person das zeichnet, was die anderen ihm sagen. Allerdings wurde darauf jedes Mal das Argument erwidert, dass der MR-Ansatz hilfreich ist, damit jeder selbst mitarbeiten und in dem Designprozess tätig werden kann: „*Sagen wir mal so, wenn der VR7.1 jetzt nur per Video dabei wäre, dann hätte er ja selbst nicht am Whiteboard agieren können. Dann hätte er uns nur sagen können, was wir da machen sollen und so konnte er halt selber eingreifen*“ (AR7.2).

Die Kollaboration wurde von den Teilnehmern zwar gut bewertet, beispielsweise von AR8.1: „*Also der Kollaborationsansatz war auf jeden Fall da und das war echt eigentlich ein gutes Teamwork*“, allerdings wurde bei der Auswertung der Meeting-Simulationen deutlich, dass die Interaktion mit dem System die Zusammenarbeit deutlich einschränkte. Die meisten AR-Teilnehmer hatten zunächst Schwierigkeiten mit der Whiteboard-Interaktion. Zum einen lag dies daran, dass sie nicht die richtige Distanz zu dem Whiteboard hatten, um daran zeichnen zu können (siehe Abschnitt 5.2.8). Zum anderen kamen sie nicht gut mit den Gesten der HoloLens zurecht. In einigen Fällen stellte sich ein Lerneffekt ein, sodass

sie gegen Ende der Evaluierung besser an das Whiteboard zeichnen konnten: „*Also man hat ja zwischendurch schon gemerkt so – ok, ich weiß jetzt wie das geht – [...] ; Das ging dann schon besser*“ (AR8.1). Zwei AR-Teilnehmer erklärten den anderen HoloLens-Trägern aus ihrer Gruppe, die Schwierigkeiten beim Zeichnen hatten, wie die Interaktion mit dem Whiteboard funktioniert. Trotzdem zeigte sich bei sechs Gruppen, dass die VR-Teilnehmer deutlich mehr an das Whiteboard zeichneten und Anweisungen von den anderen beiden umsetzten. In der anschließenden Diskussion wurde die unnatürliche Interaktion über die Gesten der HoloLens daher stark kritisiert. Einige Teilnehmer führten die Schwierigkeiten auf das sehr kleine Sichtfeld der HoloLens zurück, beispielsweise AR5.1: „*Weil sobald ich dann näher ran gegangen bin, hat man wieder nur so einen Ausschnitt gesehen und dann konnte ich nie das ganze Whiteboard sehen.*“ Für den Prototypen wurde die Zeichendistanz zu dem Whiteboard zwar schon stark erhöht, damit ein besserer Überblick zu dem Gezeichneten gegeben werden kann, allerdings scheint dieser Abstand noch deutlich zu gering zu sein. Eine längere Einführung in den Prototypen, bei der die Teilnehmer sich zunächst an die Gesten der HoloLens und das Zeichnen gewöhnen können, hätte eventuell für einen schneller einsetzenden Lerneffekt gesorgt, sodass die AR-Teilnehmer aktiver mit dem Whiteboard umgegangen wären. Dies sollte in einer weiteren Entwicklungsphase untersucht werden.

Als Möglichkeit das Zeichnen an dem Whiteboard zu verbessern, gaben drei Teilnehmer an, dass eine Interaktion mit realen Objekten wünschenswert wäre. Hierfür würden sie sich einen realen Stift wünschen, mit dem sie zeichnen könnten und diese Zeichnungen automatisiert übertragen werden. Zum Beispiel merkte AR4.1 an: „*Dass du wirklich die Realität, wie sie ist, nimmst und machst halt da mit dem Stift und dann nimmt das System das quasi auf und erkennt irgendwie das ist jetzt der blaue Stift und dann tue ich den weg und nehme den roten und halte den so hin und dann weiß das System das.*“

Aufgrund der schwierigen Bedingungen auf Seiten der AR-Teilnehmer bewerteten diese die Interaktion mit dem System in den Fragebögen als eher unnatürlich. Die VR-Personen hatten lediglich Probleme mit der Belegung der Buttons und deren Funktionen auf dem Controller, allerdings erlernten sie diese schnell und konnten deshalb insgesamt besser mit dem System interagieren. Ihre Bewertung der Interaktion in den Fragebögen fiel daher besser aus. Allerdings sollte die in Abschnitt 6.4.3 erwähnte Möglichkeit in Betracht gezogen werden, die Controller durch die freie Interaktion mit den Händen zu ersetzen. Dadurch könnten Probleme mit der Belegung von Buttons umgangen werden, die unter Umständen die Immersion stören.

Die Teilnehmer merkten bezüglich der Kollaboration in der Diskussionsrunde nicht nur Probleme mit der Whiteboard-Interaktion an, sondern auch einige Funktionen, die sie sich gewünscht hätten, um die gestellten Aufgaben noch besser lösen zu können:

- Gleichzeitiges Zeichnen an das Whiteboard ermöglichen (aus technischen Gründen wurde dies im Prototypen nicht umgesetzt, siehe Abschnitt 5.2.8)
- Mehrere Whiteboard-Flächen, die verschoben werden können
- Zusätzliche Medien, um etwas im Internet nachzuschauen zu können oder den anderen Bilder, Videos, Links oder Ähnliches zu zeigen
- Mehr Farben für den Stift
- Vordefinierte Standardformen, wie Kreise, Vierecke etc.
- Unterschiedliche Strichstärken
- Texteingabe über eine Tastatur
- Undo-Funktion, um den letzten Schritt rückgängig zu machen
- Speichern der Whiteboard-Fläche und die Möglichkeit, diese anschließend im Raum platzieren zu können

Diese Aspekte stellen zwar Features für ein voll funktionsfähiges virtuelles Whiteboard dar, allerdings sind sie für die Ergebnisse der Evaluierung nur peripher von Bedeutung. Die Funktionen des Whiteboards wurden für den Prototypen auf das Notwendigste beschränkt, um zu testen, ob Kollaboration durch *BeamLite* unterstützt werden kann. Die Ergebnisse der Evaluierung bestätigen dies bereits. Die aufgeführten zusätzlichen Funktionen dienen als Anhaltspunkte für Weiterentwicklungen des Prototypen.

### 6.4.8 Zusammenfassung der Ergebnisse

Um die Ergebnisse der Evaluierung abschließend zusammenzufassen, werden innerhalb dieses Abschnitts die Fragestellungen, die zu Beginn des Kapitels aufgeführt wurden, herangezogen und beantwortet.

**1. Wie ausgeprägt ist das Gefühl von Telepräsenz und sozialer Präsenz durch die gewählte Repräsentation des Raums und der Teilnehmer?** Wie stark das Gefühl von Telepräsenz oder sozialer Präsenz tatsächlich ist, konnte innerhalb der Evaluierung nicht direkt gemessen werden. Eine quantitative Erfassung hätte eine höhere Anzahl an Testpersonen vorausgesetzt. Die Beantwortung der Fragebögen sowie die Aussagen der Teilnehmer über die Wahrnehmung des virtuellen Raums lassen allerdings darauf schließen, dass die Umsetzung des Raums und die Interaktion mit der Umgebung insgesamt für ein ausgeprägtes Gefühl von Telepräsenz bei den VR-Teilnehmern sorgte. Das beobachtete

Verhalten der Gruppen bezüglich des allgemeinen Umgangs miteinander bestätigt außerdem die Wahrnehmung der Avatare als anwesende Personen. Aus den Ergebnissen lässt sich ableiten, dass soziale Präsenz durch die Platzierung der Avatare in der MR-Umgebung durchaus vermittelt werden kann.

**2. Ist die gewählte Repräsentation der Teilnehmer geeignet beziehungsweise ausreichend für das aktuelle Setting?** Die Avatare als abstrakte Tierwesen darzustellen, hatte für die Lösung der Aufgaben in der Evaluierung keine negativen Konsequenzen. Die Repräsentation scheint ausreichend für das Kreativ-Setting. Allerdings weisen die Äußerungen in der Diskussionsrunde darauf hin, dass die Darstellung der Personen in anderen Meeting-Formen möglicherweise nicht funktioniert. Um die Seriosität zu wahren, wurden realitätsnahe Avatare in Menschenform gewünscht. Da der Fokus der Arbeit nicht ausschließlich auf der geeigneten Repräsentation lag, lässt sich festhalten, dass die gewählten Avatare für die Evaluierung geeignet waren. Für andere Meeting-Formen sind weitere Untersuchungen mit Nutzern erforderlich.

**3. Inwieweit ermöglicht BeamLite die verbale und nonverbale Kommunikation zwischen den Teilnehmern? Welche Hindernisse und Grenzen gibt es?** Die verbale Kommunikation wurde von den Teilnehmern positiv bewertet. Vor allem der positional sound sorgte für eine bessere Orientierung und Identifikation der anderen Teilnehmer. Nonverbale Kommunikation hingegen wurde vermehrt kritisch betrachtet. Eine der größten Herausforderungen für das Konzept und das Design des Prototypen bestand darin, die nonverbalen Gesprächssignale durch *BeamLite* zu vermitteln. Die Evaluierung zeigt, dass dies teilweise gelungen ist, teilweise aber auch nicht. Eine hardwaretechnisch erschwerte Übertragung der Hände der HoloLens-Trägern führte dazu, dass die Gesten der Hände nicht ganzheitlich übertragen werden können. Dadurch fehlten den VR-Teilnehmern häufig Gesten der anderen. Auf Seite der VR-Teilnehmer kann eine durchgängige Übertragung der Hände durch die Controller zwar ermöglicht werden, allerdings wurden diese als lästig empfunden und explizite Zeigegesten mussten kompliziert dargestellt werden. Zusätzlich zu mangelnden Handgesten wurde das Fehlen der Gesichtsausdrücke angemerkt. Subtile Gesten, wie die Blickrichtung oder Kopfbewegungen wie etwa Nicken, wurden während der Meetings häufig beobachtet. Insgesamt lässt sich daher festhalten, dass nonverbale Kommunikation durch den Prototypen zwar teilweise vermittelt werden kann, aber sehr wichtige Elemente für die erfolgreiche Kommunikation weiterhin fehlen. Die Übertragung von Mimik und Zeigegesten ist daher für das Konzept von zentraler Bedeutung.

**4. Wird die Möglichkeit, gemeinsam an virtuellen Elementen arbeiten zu können, genutzt und ist sie notwendig?** Das Whiteboard als kollaboratives Element innerhalb des Prototypen war wichtig für das Lösen der dritten Aufgabe und wurde von allen Gruppen genutzt. Die Bedienung des Whiteboards stellte die Teilnehmer allerdings vor eine Herausforderung. Vor allem bei den HoloLens-Trägern sorgte die unnatürliche Interaktion für Frustration. Trotzdem war das Whiteboard hilfreich für das Lösen der Design-Aufgabe. Die Shared View wurde in der Diskussion als besonders hilfreich und im Vergleich zu Remote-Kollaboration mit Tools wie Google Docs als Mehrwert von *BeamLite* hervorgehoben. Die starke Einbindung des Whiteboards verdeutlicht, dass virtuelle Elemente, an denen gemeinsam gearbeitet werden kann, essenziell für das MR-Kommunikationssystem sind. Die zusätzlich gewünschten Features und Elemente, die in Abschnitt 6.4.7 aufgelistet sind, zeigen allerdings, dass der Prototyp sich noch nicht eignet, um die Kollaboration im beruflichen Alltag vollständig unterstützen zu können.

**5. Welchen Mehrwert bietet *BeamLite* im Vergleich zu klassischen Remote-Settings, wie Skype oder Telefon?** Die Teilnehmer verglichen *BeamLite* in der Diskussionsrunde mit klassischen Remote-Settings. Sie erklärten dabei, dass sich die Kollaboration in den Systemen unterscheidet. Ein geteilter Bildschirm in einem klassischen Remote-Meeting würde zwar ein visuelles Design ermöglichen, allerdings könnte nur eine Person direkt damit interagieren. Diesbezüglich wurde an *BeamLite* die Bewegungsfreiheit und die Möglichkeit, dass alle Beteiligten gleichermaßen eingreifen können, als wesentlicher Vorteil in den Vordergrund gestellt.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Evaluierung Anhaltspunkte dafür liefert, dass einige Aspekte, die für ein MR-Kommunikationssystem notwendig sind, um Remote-Meetings geeignet unterstützen zu können, innerhalb des Prototypen bereits zufriedenstellend umgesetzt wurden. Darunter fallen beispielsweise die Vermittlung von Telepräsenz und die Erzeugung des Gefühls von Gemeinsamkeit. Gleichzeitig unterstreichen die Erkenntnisse die Notwendigkeit nonverbaler Elemente in der Kommunikation, die der Prototyp nur unzureichend umsetzen konnte. Hier ist insbesondere die Mimik zu nennen. Trotzdem kann auf Basis der Ergebnisse festgehalten werden, dass *BeamLite*, um alle Aspekte des Konzepts vollständig und zufriedenstellend umsetzen zu können, weiterer iterativer Entwicklungsschleifen bedarf, aber bereits in der implementierten Form vielversprechende Anhaltspunkte für den erfolgreichen Einsatz in Remote-Settings liefert.

## **7 Fazit**

Zum Abschluss der Arbeit wird innerhalb dieses letzten Kapitels eine Zusammenfassung gegeben, in der die Ergebnisse der Arbeit mit Rückbezug auf die Forschungsfragen aus Kapitel 1.2 komprimiert dargestellt werden. Das Kapitel endet mit einem Ausblick auf weiteres Forschungsvorgehen.

### **7.1 Zusammenfassung**

Zu Beginn wurden drei Forschungsfragen aufgestellt, die im Laufe der Masterarbeit beantwortet werden sollten. Die Fragen wurden vor dem Hintergrund entwickelt, Remote-Meetings in einen Paradigmenwechsel einzubetten und hierfür Potenziale von neuen Technologien wie AR und VR zu ermitteln. In einer Literaturrecherche wurden zunächst wesentliche Aspekte von Telekommunikation und Videokonferenzsystemen dargestellt. In Verbindung mit einer empirischen Vorstudie in Form von Interviews, Beobachtungen und einer Fokusgruppendiskussion konnten Antworten auf die erste Forschungsfrage – *Welche Probleme treten bei klassischen Remote-Meetings auf?* – erarbeitet werden.

Es wurde herausgefunden, dass besonders die nonverbalen Kommunikationssignale mit klassischen Remote-Systemen, wie Telefonen oder Skype, nur unzureichend vermittelt werden können. Die Identifikation von Sprechern, Feedback durch Gesten und Mimik sowie ein geteiltes Sichtfeld und die Antizipation der Blickrichtung eines Gesprächspartners wurden als wesentliche Bestandteile von F2F-Situationen ausgemacht, die in klassischen Remote-Settings nicht ausreichend substituiert werden können. Auch Kollaboration, die über die reine Kommunikation hinaus geht, wird in den meisten Systemen nicht hinreichend unterstützt. Zudem kann es in Situationen, in denen sich mehrere Personen in einem Raum befinden und weitere Remote-Personen zugeschaltet werden, dazu kommen, dass die Remote-Personen weniger intensiv in das Meeting einbezogen werden als die lokal anwesenden Personen. Telepräsenz und soziale Präsenz wurden darüber hinaus als wichtige theoretische Konstrukte für die Entwicklung von Kommunikationssystemen identifiziert.

Die zweite Forschungsfrage – *Wie können AR- und VR-Technologien Remote-Meetings unterstützen?* – konnte durch die Recherche zu verwandten Arbeiten, welche die Integration von AR oder VR in Remote-Settings bereits erforschten, sowie einer Marktanalyse

beantwortet werden. Es wurde dargelegt, welche Faktoren von F2F-Situationen durch die Erweiterung der Realität auch in Remote-Settings umgesetzt werden könnten. AR und VR bieten neue Möglichkeiten, um räumliche Distanzen zu überwinden. Die Fähigkeit, mentale Immersion zu erzeugen und einem VR-Nutzer die Illusion zu vermitteln, sich als anwesend und wirksam in einer entfernten Umgebung wahrzunehmen, wurde als signifikantes Merkmal ausgemacht, um Telepräsenz erzeugen zu können. Auch das Gefühl der sozialen Präsenz könnte durch die immersiven Eigenschaften der Technologien in Remote-Situationen verstärkt werden. Vielversprechend ist außerdem das geteilte Sichtfeld, das durch die Virtualität und Flexibilität von AR und VR nicht mehr durch einen zweidimensionalen Bildschirm begrenzt wird.

Durch die Verknüpfung der Ergebnisse aus der Literaturrecherche und der empirischen Vorstudie konnten Design-Herausforderungen und daraus resultierende Implikationen sowie konkrete Lösungsvorschläge herausgearbeitet werden. Daraus ergab sich das Gesamtkonzept *BeamLite*, aus dem Antworten auf die dritte Forschungsfrage – *Welche Features braucht ein MR-Kommunikationssystem, um Remote-Meetings unterstützen zu können?* – abgeleitet werden können. Das MR-Kommunikationssystem sollte eine natürliche Kommunikation ermöglichen, die der in F2F-Situationen möglichst ähnlich ist. Dazu gehört die Übertragung von Sprache sowie nonverbaler Signale, insbesondere Mimik und Gestik. Zudem sollte das System durch die Einbindung geteilter Dokumente oder Medien eine Kollaborationsform unterstützen, die über die reine verbale und nonverbale Kommunikation hinausgeht. Außerdem konnte festgestellt werden, dass die allgemeinen Rahmenbedingungen von Meetings wichtige strukturgebende Elemente sind und deshalb in dem System abgebildet werden sollten. Dazu gehören Features zum Zeitmanagement, Agenden und automatisierte Protokolle. Als wichtigster Punkt ist herauszustellen, dass das System in der Lage sein sollte, Gefühle von Gemeinsamkeit und Telepräsenz zu vermitteln, sodass die Beteiligten sich gegenseitig als anwesende und aktive Teilnehmer des Meetings wahrnehmen können, obwohl sie sich physisch nicht gemeinsam an einem Ort befinden.

Um das Konzept gemäß dem Vorgehen der Design Case Studies [Wul+11] evaluieren und die erarbeiteten Features für ein MR-Kommunikationssystem bewerten zu können, wurde ein Softwareprototyp umgesetzt, der iterativ und agil unter der Berücksichtigung von Nutzerfeedback implementiert wurde. Der Prototyp legt den Fokus auf die wesentlichen Aspekte des Konzepts, die zeitlich und finanziell im Rahmen der Masterarbeit umsetzbar waren. Hierfür wurde das konkrete Szenario eines Kreativ-Meetings gewählt. Zunächst wurde eine fotorealistische Abbildung eines Meeting-Raums angefertigt, die den Aspekt der Telepräsenz für den VR-Teilnehmer maßgeblich beeinflussen sollte. Die Teilnehmer werden als Avatare mit abstrakten Tierköpfen, Tatzen als Hände und einem generischen Torso dargestellt. Die Position der Teilnehmer im Raum wird in Echtzeit an die anderen Teilnehmer übertragen, sodass eine F2F-ähnliche Situation entstehen kann. Als Kollabora-

tionsmöglichkeit wurde ein Whiteboard implementiert, das die Zeichnungen der anderen Teilnehmer überträgt. Zusätzlich wurden eine interaktive Agenda und eine virtuelle Uhr eingebaut, um allgemeine Meeting-Strukturen zu integrieren.

Die Auswertung der anschließenden Evaluierung zeigt, dass die Vermittlung von Telepräsenz und die Erzeugung eines Gefühls von Gemeinsamkeit durch den MR-Ansatz umsetzbar ist. Nonverbale Kommunikationssignale, insbesondere Mimik, fehlten den Personen jedoch, da diese im Prototypen nicht ausreichend umgesetzt werden konnten. Die gemeinsame Sicht und Kollaborationsmöglichkeit in Form eines Whiteboards wurden, im Gegensatz zu klassischen Remote-Systemen, wie Telefon oder Skype, als Mehrwert herausgestellt. Insgesamt ließen die Reaktionen und Äußerungen der Teilnehmer darauf schließen, dass *BeamLite* die Remote-Kollaboration unterstützen kann und durch die freie Bewegung im Raum eine dynamische Meeting-Situation schafft, die in klassischen Audio- oder Videokonferenzen bisher nicht ausreichend umgesetzt werden konnte.

## 7.2 Ausblick

Die Ergebnisse der Evaluierung liefern Anhaltspunkte dafür, dass das entworfene Konzept Potenzial hat, um Remote-Meetings durch MR unterstützen zu können. Allerdings sind für ein vollumfängliches Konzept und den Einsatz im beruflichen Alltag weitere Schritte notwendig. Vorschläge hierfür werden in den nächsten Abschnitten beschrieben.

Zunächst sollten zusätzliche Iterationsschleifen in der Entwicklung des Prototypen durchlaufen werden, um alle notwendigen Funktionen ausreichend umsetzen zu können, die in dem Konzept vorgesehen sind und von den Nutzern gewünscht werden. Die gewünschten Features aus der Evaluierung innerhalb dieser Arbeit sollten in einem ersten Schritt implementiert werden. Beispielsweise könnten eine Erweiterung des Whiteboards durch mehr Farben und vordefinierte Formen sowie die Integration einer Texteingabe in den Prototypen eingearbeitet und erneut evaluiert werden. Die spontane Einholung des Nutzerfeedbacks während der Entwicklungsphasen hat sich bewährt und sollte beibehalten werden.

Die Notwendigkeit, nonverbale Kommunikation in das System zu integrieren, wurde bereits in der Literaturrecherche deutlich und konnte in den nutzerzentrierten Methoden unterstrichen werden. Insbesondere die fehlenden Gesichtsausdrücke wurden bei der Evaluierung bemängelt. Daher sollte eine Möglichkeit gefunden werden, die Mimik der Teilnehmer in das System zu integrieren. Da eine Erfassung der realen Gesichtsausdrücke aus technischer Sicht schwierig ist, sollte eine Substitution entwickelt werden, die trotzdem eine Äußerung von Emotionen und nonverbalen Signalen ermöglicht. Diese könnte in

Zusammenarbeit mit Nutzern, beispielsweise im Rahmen eines Workshops, erarbeitet und anschließend getestet werden.

Da das Setting für den Prototypen auf Kreativ-Meetings beschränkt wurde, kann keine Aussage über die Eignung des Systems für andere Meeting-Formen getroffen werden. Die simulierten Meetings aus den Evaluierungen liefen durch die Bewegung im Raum deutlich dynamischer ab als die in der Vorstudie beobachteten Remote-Meetings. Die beobachteten Situationen beinhalteten allerdings andere Aufgaben, die sich mit einem MR-Kommunikationssystem eventuell sogar schlechter lösen lassen. Für Meetings, bei denen die reine Kommunikation im Vordergrund steht oder an Textdokumenten gearbeitet werden muss, reicht ein klassisches Remote-Setting via Skype oder sogar Telefon vielleicht sogar aus. Diese Hypothese sollte mit Erweiterungen des Prototypen für verschiedene Meeting-Formen überprüft werden. Außerdem sollte die Repräsentation der Teilnehmer in den unterschiedlichen Meeting-Formen im Hinblick auf die Seriosität und Akzeptanz getestet werden, um die Kritik aus der Evaluierung zu überprüfen. Es ist beispielsweise denkbar, verschiedene Avatare zu implementieren und diese von Nutzern in unterschiedlichen Meeting-Situationen bewerten zu lassen.

Nachdem der Prototyp in den weiteren Entwicklungsschleifen optimiert wurde, sollte eine Aneignungsphase durchgeführt werden, um die bisher partiell durchgeführte Vorgehensweise der Design Case Study nach Wulf et al. [Wul+11] zu vervollständigen. Der Prototyp sollte dabei von einer Nutzergruppe über einen längeren Zeitraum in die Alltagspraxis integriert werden. Dabei sollte überprüft werden, ob sich *BeamLite* tatsächlich eignet, um das alltägliche Berufsleben zu verbessern und Remote-Meetings innovativ zu unterstützen.

Zwar bedarf es weiterer Schritte, um die Eignung des Konzepts ausreichend belegen zu können, allerdings kann abschließend festgehalten werden, dass es im Rahmen der vorliegenden Arbeit gelungen ist, das Potenzial eines MR-Ansatzes für Remote-Meetings aufzuzeigen.

## Literatur

- [AD65] Michael Argyle und Janet Dean. „Eye-Contact, Distance and Affiliation“. In: *Sociometry* 28.3 (1965), S. 289–304. DOI: 10.2307/2786027 (siehe S. 13).
- [AGR17] Mohammad Alsharo, Dawn Gregg und Ronald Ramirez. „Virtual team effectiveness: The role of knowledge sharing and trust“. In: *Information and Management* 54.4 (2017), S. 479–490. ISSN: 03787206. DOI: 10.1016/j.im.2016.10.005 (siehe S. 3).
- [Alm+12] Igor De Souza Almeida u. a. „AR-Based Video-Mediated Communication: A Social Presence Enhancing Experience“. In: *Proceedings - 2012 14th Symposium on Virtual and Augmented Reality, SVR 2012*. 2012, S. 125–130. ISBN: 9780769547251. DOI: 10.1109/SVR.2012.4 (siehe S. 23).
- [Aug87] Bert Y. Auger. *How to run better business meetings: a reference guide for managers*. McGraw-Hill, 1987. ISBN: 9780070310292. URL: <https://books.google.de/books?id=zTd02gUPb2AC> (siehe S. 8).
- [Azu97] Ronald T. Azuma. „A Survey of Augmented Reality“. In: *Presence* 6.4 (1997), S. 355–385. DOI: 10.1162/pres.1997.6.4.355 (siehe S. 18, 19).
- [BA80] Otis W. Baskin und Craig E. Aronoff. *Interpersonal communication in organizations*. Goodyear Pub. Co., 1980 (siehe S. 7).
- [BAD15] Jacob T. Biehl, Daniel Avrahami und Anthony Dunnigan. „Not Really There: Understanding Embodied Communication Affordances in Team Perception and Participation“. In: *CSCW 2015 - Proceedings of the 2015 ACM International Conference on Computer-Supported Cooperative Work and Social Computing* (2015), S. 1567–1575. DOI: 10.1145/2675133.2675220. URL: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84968736726&partnerID=40&md5=d0718993b0bb038b7bc48e916c275451> (siehe S. 20).
- [Bal+02] Boris B. Baltes u. a. „Computer-Mediated Communication and Group Decision Making: A Meta-Analysis“. In: *Organizational Behavior and Human Decision Processes* 87.1 (2002), S. 156–179. DOI: 10.1006/obhd.2001.2961 (siehe S. 1, 2).

- [BAN94] Elizabeth A. Boyle, Anne H. Anderson und Alison Newlands. „The Effects of Visibility on Dialog and Performance in a Cooperative Problem-Solving Task“. In: *Language and speech* 37.1 (1994), S. 1–20. DOI: 10.1177/002383099403700101 (siehe S. 12).
- [BB04] Yevgenia Bondareva und Don Bouwhuis. „Determinants of social presence in videoconferencing“. In: *AVI2004 Workshop on Environments for Personalized Information Access*. Citeseer. 2004, S. 1–9 (siehe S. 14).
- [BB12] Christina Benighaus und Ludger Benighaus. „Moderation, Gesprächsaufbau und Dynamik in Fokusgruppen“. In: *Fokusgruppen in der empirischen Sozialwissenschaft*. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften, 2012, S. 111–132. URL: [https://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-3-531-19397-7\\_6](https://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-3-531-19397-7_6) (siehe S. 51, 55).
- [BCL15] Mark Billinghurst, Adrian Clark und Gun Lee. „A Survey of Augmented Reality“. In: *Foundations and Trends® in Human–Computer Interaction* 8.2-3 (2015), S. 73–272. ISSN: 1551-3955. DOI: 10.1561/1100000049. URL: <http://www.nowpublishers.com/article/Details/HCI-049> (siehe S. 4, 18, 20, 23, 24).
- [Ben+98] Steve Benford u. a. „Understanding and constructing shared spaces with mixed-reality boundaries“. In: *ACM Transactions on Computer-Human Interaction* 5.3 (Sep. 1998), S. 185–223. ISSN: 10730516. DOI: 10.1145/292834.292836 (siehe S. 20, 21).
- [BK00] Mark Billinghurst und Hirokazu Kato. „Out and About — Real World Teleconferencing“. In: *BT Technology Journal* 18.1 (2000), S. 80–82. ISSN: 13583948. DOI: 10.1023/a:1026582022824 (siehe S. 23, 24).
- [BK02] Mark Billinghurst und Hirokazu Kato. „Collaborative augmented reality“. In: *Communications of the ACM* 45.7 (2002), S. 64–70. ISSN: 0001-0782. DOI: 10.1145/514236.514265 (siehe S. 23).
- [BK99] Mark Billinghurst und Hirokazu Kato. „Collaborative Mixed Reality“. In: *Proceedings of the First International Symposium on Mixed Reality (ISMVR)*. 1999, S. 261–284 (siehe S. 20, 22, 23).
- [Blo+13] Nicholas Bloom u. a. *Does Working from Home Work? Evidence from a Chinese Experiment*. Techn. Ber. 1. Cambridge, MA: National Bureau of Economic Research, März 2013, S. 165–218. DOI: 10.3386/w18871. URL: <http://www.nber.org/papers/w18871.pdf> (siehe S. 3).

- [Bos+04] Nathan Bos u. a. „In-group/out-group effects in distributed teams: an experimental simulation“. In: *CSCW '04: Proceedings of the 2004 ACM conference on Computer supported cooperative work*. Bd. 6. 2004, S. 429–436. ISBN: 1-58113-810-5. DOI: 10.1145/1031607.1031679 (siehe S. 11, 62–64).
- [Bri90] William Bricken. „Virtual Reality: Directions of Growth Notes from the SIGGRAPH'90 Panel.“ In: *Virtual Reality: Directions of Growth* (1990) (siehe S. 16).
- [Bro13] Wolfgang Broll. „Augmentierte Realität“. In: *Virtual und Augmented Reality (VR/AR)*. 2013. Kap. 8, S. 241–294 (siehe S. 18, 19).
- [Bru96] Vicki Bruce. „The role of the face in communication: Implications for video-phone design“. In: *Interacting with Computers* 8.2 (1996), S. 166–176. ISSN: 09535438. DOI: 10.1016/0953-5438(96)01026-0 (siehe S. 12, 13, 62, 63).
- [BS89] Liam J. Bannon und Kjeld Schmidt. „CSCW - Four Characters in Search of a Context“. In: *DAIMI Report Series* 18.289 (Sep. 1989), S. 358–372. ISSN: 2245-9316. DOI: 10.7146/dpb.v18i289.6667 (siehe S. 3).
- [Bun16] Bundesministerium für Arbeit und Soziales. „Monitor Digitalisierung am Arbeitsplatz“. In: *Berlin* (2016), S. 24. ISSN: 0174-4992. URL: [http://www.bmas.de/SharedDocs/Downloads/DE/PDF-Publikationen/a875-monitro-digitalisierung%20am%20Arbeitsplatz.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=1](http://www.bmas.de/SharedDocs/Downloads/DE/PDF-Publikationen/a875-monitro-digitalisierung%20am%20Arbeitsplatz.pdf?__blob=publicationFile&v=1) (siehe S. 3).
- [Car99] Catherine L. Carozzi. „Make your meetings count“. In: *Journal of Accountancy* 187.2 (1999), S. 53 (siehe S. 10, 59).
- [CH93] Christer Carlsson und Olof Hagsand. „DIVE-A platform for multi-user virtual environments“. In: *Computers and Graphics* 17.6 (1993), S. 663–669. ISSN: 00978493. DOI: 10.1016/0097-8493(93)90115-P (siehe S. 20).
- [CK14] Marja Coenen und Robert A.W. Kok. „Workplace flexibility and new product development performance: The role of telework and flexible work schedules“. In: *European Management Journal* 32.4 (2014), S. 564–576. ISSN: 02632373. DOI: 10.1016/j.emj.2013.12.003 (siehe S. 3, 12).
- [Cru93] Carolina Cruz-Neira. „Virtual reality overview“. In: *SIGGRAPH*. Bd. 93. 23. 1993, S. 1 (siehe S. 15, 16).
- [Del16] Dell Intel. „Future Workforce Study 2016“. In: (2016). URL: [http://www.pr-com.de/sites/pr-com.de/files/u15/future\\_workforce\\_de.pdf](http://www.pr-com.de/sites/pr-com.de/files/u15/future_workforce_de.pdf) (siehe S. 1).

- [DFA16] Lotta Dellve, Sara L. Fallman und Linda Ahlstrom. „Return to work from long-term sick leave: a six-year prospective study of the importance of adjustment latitudes at work and home“. In: *International Archives of Occupational and Environmental Health* 89.1 (2016), S. 171–179. ISSN: 03400131. DOI: 10.1007/s00420-015-1061-y (siehe S. 3).
- [DGB08] Andreas Duenser, Raphael Grasset und Mark Billinghurst. „A Survey of Evaluation Techniques Used in Augmented Reality Studies“. In: (2008), S. 27. URL: [https://www.researchgate.net/publication/216867631\\_A\\_Survey\\_of\\_Evaluation\\_Techniques\\_Used\\_in\\_Augmented\\_Reality\\_Studies](https://www.researchgate.net/publication/216867631_A_Survey_of_Evaluation_Techniques_Used_in_Augmented_Reality_Studies) (siehe S. 20).
- [DH17] James H. Dulebohn und Julia E. Hoch. „Virtual teams in organizations“. In: *Human Resource Management Review* 27.4 (2017), S. 569–574. ISSN: 10534822. DOI: 10.1016/j.hrmr.2016.12.004 (siehe S. 2).
- [DI01] Paul De Greef und Wijnand A. Ijsselsteijn. „Social Presence in a Home Tele-Application“. In: *CyberPsychology & Behavior* 4.2 (2001), S. 307–315. ISSN: 1094-9313. DOI: 10.1089/109493101300117974 (siehe S. 13).
- [DIN11] DIN Deutsches Institut für Normung e.V. *DIN EN ISO 9241-210 Ergonomie der Mensch-System-Interaktion - Teil 210: Prozess zur Gestaltung gebrauchstauglicher interaktiver Systeme (ISO 9241-210:2010)*. 2011. URL: <https://www.din.de/de/mitwirken/normenausschusse/naerg/normen/wdc-beuth:din21:135399380> (siehe S. 5).
- [DKU98] John V. Draper, David B. Kaber und John M. Usher. „Telepresence“. In: *Human Factors* 40.3 (1998), S. 354–375. DOI: 10.1518/001872098779591386 (siehe S. 14).
- [Doe+13] Ralf Doerner u. a. *Virtual und Augmented Reality (VR/AR)*. Hrsg. von Ralf Dörner u. a. eXamen.press. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2013. ISBN: 978-3-642-28902-6. DOI: 10.1007/978-3-642-28903-3 (siehe S. 15–17).
- [Doh+97] G. Doherty-Sneddon u. a. „Face-to-face and video mediated communication: A comparison of dialogue structure and task performance“. In: *Journal of Experimental Psychology* 3.2 (1997), S. 105–125. ISSN: 1076-898X. DOI: 10.1037/1076-898X.3.2.105 (siehe S. 12, 24, 63, 64).
- [Dru99] Peter F. Drucker. „Knowledge-Worker Productivity: The Biggest Challenge“. In: *California Management Review* 41.2 (1999), S. 79–94. ISSN: 0008-1256. DOI: 10.2307/41165987 (siehe S. 43).

- [Fel+06] Alan Felstead u. a. „Opportunities to work at home in the context of work-life balance“. In: *Human Resource Management Journal* 12.1 (2006), S. 54–76. ISSN: 1748-8583. DOI: 10.1111/j.1748-8583.2002.tb00057.x (siehe S. 12).
- [Fis90] John Fiske. *Introduction To Communication Studies, Second edition*. Routledge, 1990, S. 220. ISBN: 0203134311 (siehe S. 11).
- [FP14] Thorsten Fischer und Daniel Postert. „User-Centered Design“. In: *UseTree* (2014). URL: <http://www.elotse.de/MD/Redaktion/DE/PDF/user-centered-design,property=pdf,bereich=md,sprache=de,rwb=true.pdf> (siehe S. 5).
- [FPF17] Robert C. Ford, Ronald F. Piccolo und Loren R. Ford. „Strategies for building effective virtual teams: Trust is key“. In: *Business Horizons* 60.1 (2017), S. 25–34. ISSN: 00076813. DOI: 10.1016/j.bushor.2016.08.009 (siehe S. 3).
- [Gao+17] Lei Gao u. a. „Static local environment capturing and sharing for MR remote collaboration“. In: *SIGGRAPH Asia 2017 Mobile Graphics & Interactive Applications on - SA '17*. 2017, S. 1–6. ISBN: 9781450354103. DOI: 10.1145/3132787.3139204 (siehe S. 24).
- [Gof61] E Goffman. *Encounters: two studies in the sociology of interaction*. The advanced studies in sociology series. Bobbs-Merrill, 1961. URL: <https://books.google.de/books?id=Kso3AAAAIAAJ> (siehe S. 7, 56, 57).
- [Got17] Drew Gottlieb. *Mixing Reality with Virtual Reality*. 2017. URL: <http://drewgottlieb.net/2017/01/31/mixing-reality-with-vr.html> (siehe S. 79, 84, 85, 95).
- [Gre+17] Scott W. Greenwald u. a. „Investigating Social Presence and Communication with Embodied Avatars in Room-Scale Virtual Reality“. In: *International Conference on Immersive Learning*. Bd. 725. 2017, S. 75–90. ISBN: 978-3-319-60632-3. URL: [https://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-3-319-60633-0\\_7](https://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-3-319-60633-0_7) (siehe S. 24, 69).
- [Ham+17] Stephanie E. Hampton u. a. „Best Practices for Virtual Participation in Meetings: Experiences from Synthesis Centers“. In: *The Bulletin of the Ecological Society of America* 98.1 (2017), S. 57–63. ISSN: 00129623. DOI: 10.1002/bes2.1290 (siehe S. 3).
- [HC17] Martin Hassell und John Cotton. „Some things are better left unseen: Toward more effective communication and team performance in video-mediated interactions“. In: *Computers in Human Behavior* 73 (2017), S. 200–208. ISSN: 07475632. DOI: 10.1016/j.chb.2017.03.039 (siehe S. 47).

- [Hel11] Cornelia Helfferich. *Die Qualität qualitativer Daten - Manual für die Durchführung qualitativer Interviews*. 3. Aufl. VS Verlag für Sozialwissenschaften, 2011. ISBN: 978-3-531-17382-5. DOI: 10.1007/978-3-531-92076-4. URL: <http://link.springer.com/10.1007/978-3-531-92076-4> (siehe S. 40).
- [HL91] Christian Heath und Paul Luff. „Disembodied conduct: Communication through video in a multi-media office environment“. In: *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems Reaching through technology - CHI '91*. New York, New York, USA: ACM Press, 1991, S. 99–103. ISBN: 0897913833. DOI: 10.1145/108844.108859 (siehe S. 13, 46, 62, 64).
- [HM12] Bruce Hanington und Bella Martin. *Universal methods of design: 100 ways to research complex problems, develop innovative ideas, and design effective solutions*. Rockport Publishers, 2012 (siehe S. 40, 50).
- [IT94] Ellen A. Isaacs und John C. Tang. „What video can and cannot do for collaboration: A case study“. In: *Multimedia Systems* 2.2 (1994), S. 63–73. ISSN: 09424962. DOI: 10.1007/BF01274181 (siehe S. 11, 62, 63).
- [Ken+09] Daniel P. Kennedy u. a., „Personal space regulation by the human amygdala“. In: *Nature Neuroscience* 12.10 (2009), S. 1226–1227. ISSN: 10976256. DOI: 10.1038/nn.2381 (siehe S. 121).
- [Kie88] George David Kieffer. *The strategy of meetings*. Simon & Schuster, 1988 (siehe S. 8, 9).
- [Kle86] Chris L. Kleinke. „Gaze and eye contact: A research review“. In: *Psychological Bulletin* 100.1 (1986), S. 78–100. DOI: 10.1037/0033-2909.100.1.78 (siehe S. 13, 52, 62–64).
- [KLS14] Seungwon Kim, Gun Lee und Nobuchika Sakata. „Improving Co-Presence with Augmented Visual Communication Cues for Sharing Experience through Video Conference“. In: *Mixed and Augmented Reality (ISMAR)*. 2014, S. 83–92. ISBN: 9781479961849. DOI: 10.1109/ISMAR.2014.6948412 (siehe S. 23, 65).
- [KP10] D.W.F. van Krevelen und R. Poelman. „A Survey of Augmented Reality Technologies, Applications and Limitations“. In: *The International Journal of Virtual Reality* 9.2 (2010), S. 1–20. URL: <http://kjcomps.6te.net/upload/paper1%20.pdf> (siehe S. 23).
- [KP96] S.T. Kinney und R.R. Panko. „Project teams: profiles and member perceptions-implications for group support system research and products“. In: *Proceedings of HICSS-29: 29th Hawaii International Conference on System Sciences* 3 (1996), S. 128–137. DOI: 10.1109/HICSS.1996.493184 (siehe S. 1).

- [KTY00] Kiyoshi Kiyokawa, Haruo Takemura und Naokazu Yokoya. „SeamlessDesign for 3D object creation“. In: *IEEE Multimedia* 7.1 (2000), S. 22–33. ISSN: 1070986X. DOI: 10.1109/93.839308 (siehe S. 22).
- [Lea+09] Desmond J. Leach u. a. „Perceived meeting effectiveness: The role of design characteristics“. In: *Journal of Business and Psychology* 24.1 (2009), S. 65–76. ISSN: 08893268. DOI: 10.1007/s10869-009-9092-6 (siehe S. 7, 9, 10, 56–59).
- [Lee+17] Gun A. Lee u. a. „Mixed reality collaboration through sharing a live panorama“. In: *SIGGRAPH Asia 2017 Mobile Graphics & Interactive Applications on - SA '17*. 2017, S. 1–4. ISBN: 9781450354103. DOI: 10.1145/3132787.3139203 (siehe S. 24, 63).
- [LZ17] Louis Leung und Renwen Zhang. „Mapping ICT use at home and telecommuting practices: A perspective from work/family border theory“. In: *Telematics and Informatics* 34.1 (2017), S. 385–396. ISSN: 07365853. DOI: 10.1016/j.tele.2016.06.001 (siehe S. 3, 11, 12, 57).
- [MB07] Philipp Mayring und Eva Brunner. „Qualitative Inhaltsanalyse“. In: *Qualitative Marktforschung: Konzepte — Methoden — Analysen*. Hrsg. von Renate Buber und Hartmut H Holzmüller. Wiesbaden: Gabler, 2007, S. 601–613. ISBN: 978-3-8349-9258-1. URL: [https://doi.org/10.1007/978-3-8349-9258-1\\_42](https://doi.org/10.1007/978-3-8349-9258-1_42) (siehe S. 35, 36, 42).
- [MBP95] Lothar Muehlbach, Martin Boecker und Angela Prussog. „Telepresence in Videocommunications - A Study on Stereoscopy and Individual Eye Contact“. In: *Human Factors* 37.2 (1995), S. 290–305. ISSN: 00187208. DOI: 10.1518/001872095779064582 (siehe S. 14).
- [MC99] Paul Milgram und Herman Colquhoun. „A Taxonomy of Real and Virtual World Display Integration“. In: *Mixed Reality-Merging Real and Virtual Worlds* (1999), S. 5–30. URL: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.32.6230> (siehe S. 19).
- [Mes17] Jon C. Messenger. „Working anytime, anywhere: The evolution of Telework and its effects on the world of work“. In: *IUSLabor* 2017.3 (2017), S. 301–312. DOI: 10.2806/372726 (siehe S. 3).
- [MGP99] Gloria Mark, Jonathan Grudin und Steven E. Poltrock. „Meeting at the desktop: An empirical study of virtually collocated teams“. In: *Ecscw'99*. 1999, S. 159–178. ISBN: 0-7923-5948-X. URL: [http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-94-011-4441-4\\_9](http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-94-011-4441-4_9) (siehe S. 11, 67).
- [Mic] Microsoft. *MixedRealityToolkit-Unity auf GitHub.com*. URL: <https://github.com/Microsoft/MixedRealityToolkit-Unity> (siehe S. 79).

- [MK94] Paul Milgram und Fumio Kishino. „A Taxonomy of mixed reality visual displays“. In: *IEICE Transactions on Information and Systems* E77-D.12 (1994), S. 1321–1329. URL: [https://www.researchgate.net/publication/231514051\\_A\\_Taxonomy\\_of\\_Mixed\\_Reality\\_Visual\\_Displays](https://www.researchgate.net/publication/231514051_A_Taxonomy_of_Mixed_Reality_Visual_Displays) (siehe S. 16, 19).
- [MMW89] Peter R Monge, Charles McSween und JoAnne Wyer. *A profile of meetings in corporate America: Results of the 3M meeting effectiveness study*. Annenberg School of Communications, University of Southern California, 1989 (siehe S. 8).
- [Mor70] Masahiro Mori. „The Uncanny Valley“. In: *Energy* 7.4 (1970), S. 33–35 (siehe S. 32).
- [MRR17] Jens Mueller, Roman Raedle und Harald Reiterer. „Remote Collaboration With Mixed Reality Displays“. In: *Proceedings of the 2017 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems - CHI '17*. 2017, S. 6481–6486. ISBN: 9781450346559. DOI: 10.1145/3025453.3025717 (siehe S. 23).
- [Nak+96] Hideyuki Nakanishi u. a. „FreeWalk : Supporting Casual Meetings in a Network“. In: *Encounter* (1996), S. 308–314. ISSN: 1069-5419. DOI: 10.1145/240080.240314 (siehe S. 23, 69).
- [NG73] Rodney W Napier und Matti K Gershenfeld. *Groups: Theory and experience*. Houghton Mifflin, 1973 (siehe S. 8).
- [NLL17] Diederick C. Niehorster, Li Li und Markus Lappe. „The accuracy and precision of position and orientation tracking in the HTC vive virtual reality system for scientific research“. In: *i-Perception* 8.3 (2017), S. 1–23. ISSN: 20416695. DOI: 10.1177/2041669517708205 (siehe S. 84).
- [NW02] Bonnie A Nardi und Steve Whittaker. „The place of face-to-face communication in distributed work“. In: *Distributed work* (2002), S. 83–110 (siehe S. 10).
- [Ohs+98] T. Ohshima u. a. „AR2Hockey: a case study of collaborative augmented reality“. In: *Proceedings. IEEE 1998 Virtual Reality Annual International Symposium (Cat. No.98CB36180)*. 1998, S. 268–275. ISBN: 0-8186-8362-7. DOI: 10.1109/VRAIS.1998.658505 (siehe S. 20, 22).
- [OMa+96] Claire O’Malley u. a. „Comparison of face-to-face and video-mediated interaction“. In: *Interacting with Computers* 8.2 (Juni 1996), S. 177–192. ISSN: 09535438. DOI: 10.1016/0953-5438(96)01027-2 (siehe S. 13).

- [OMK10] Evan H. Offstein, Jason M. Morwick und Larry Koskinen. „Making telework work: leading people and leveraging technology for competitive advantage“. In: *Strategic HR Review* 9.2 (2010), S. 32–37. ISSN: 1475-4398. DOI: 10.1108/14754391011022244 (siehe S. 10).
- [Pej+16] Tomislav Pejsa u. a. „Room2Room: Enabling Life-Size Telepresence in a Projected Augmented Reality Environment“. In: *Proceedings of the 19th ACM Conference on Computer-Supported Cooperative Work & Social Computing - CSCW '16* Figure 1 (2016), S. 1714–1723. DOI: 10.1145/2818048.2819965. URL: <http://dl.acm.org/citation.cfm?doid=2818048.2819965> (siehe S. 23, 24).
- [Pho16] Photoindustrie-Verband e.V. „Trendreport 2016“. In: *Foto- und Imagingmarkt* (2016) (siehe S. 90).
- [Piu+17a] Thammathip Piumsomboon u. a. „CoVAR: a collaborative virtual and augmented reality system for remote collaboration“. In: *SIGGRAPH Asia 2017 Emerging Technologies on - SA '17*. 2017, S. 1–2. ISBN: 9781450354042. DOI: 10.1145/3132818.3132822 (siehe S. 25, 63).
- [Piu+17b] Thammathip Piumsomboon u. a. „Exploring enhancements for remote mixed reality collaboration“. In: *SIGGRAPH Asia 2017 Mobile Graphics & Interactive Applications on - SA '17*. 2017, S. 1–5. ISBN: 9781450354103. DOI: 10.1145/3132787.3139200 (siehe S. 4, 23, 34).
- [PMB94] Angela Prussog, Lothar Muehlbach und M. Boecker. „Telepresence in Videocommunications“. In: *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting* 38.3 (1994), S. 180–184. ISSN: 1071-1813. DOI: 10.1177/154193129403800302 (siehe S. 15).
- [RN01] Nicholas C Romano und Jay F Nunamaker. „Meeting analysis: Findings from research and practice meeting: A definition“. In: *Proceedings of the 34th Hawaii International Conference on System Sciences*. 2001, S. 1–13. ISBN: 5206213918 (siehe S. III, 1).
- [Rog+10] Steven G Rogelberg u. a. „Employee satisfaction with meetings: A contemporary facet of job satisfaction“. In: *Human Resource Management* 49.2 (2010), S. 149–172. ISSN: 1099-050X. DOI: 10.1002/hrm.20339 (siehe S. 7).
- [San02] Elizabeth B.-N. Sanders. „From user-centered to participatory design approaches“. In: *Design and the Social Sciences Making connections* (2002), S. 1–8. DOI: 10.1201/9780203301302.ch1 (siehe S. 5).
- [SC03] William R. Sherman und Alan B. Craig. *Understanding Virtual Reality*. 2003. ISBN: 9781558603530 (siehe S. 15–18, 25, 68).

- [Sch+98] D. Schmalstieg u. a. „Studierstube: An environment for collaboration in augmented reality“. In: *Virtual Reality* 3.1 (März 1998), S. 37–48. ISSN: 1359-4338. DOI: 10.1007/BF01409796 (siehe S. 23).
- [Sch89] Helen B Schwartzman. *The meeting : gatherings in organizations and communities*. Plenum Press New York, 1989, xvi, 344 p. : ISBN: 0306431335 (siehe S. 7, 57).
- [Sch94] Kjeld Schmidt. „Cooperative Work and its Articulation“. In: *Le Travail Humain* 57.4 (1994), S. 345–366. ISSN: 0041-1868. URL: <https://www.jstor.org/stable/40659884> (siehe S. 10).
- [Sch95] D.W. Schloerb. „A quantitative measure of telepresence“. In: *Presence: Teleoperators and Virtual Environments* 4.1 (1995), S. 64–80. ISSN: 1054-7460. DOI: 10.1162/pres.1995.4.1.64. URL: <http://web.mit.edu/schloerb/www/publications/schloerb-6.pdf> (siehe S. 14).
- [Sel92] Abigail J. Sellen. „Speech patterns in video-mediated conversations“. In: *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems - CHI '92*. 1992, S. 49–59. ISBN: 0897915135. DOI: 10.1145/142750.142756 (siehe S. 12).
- [SF92] Liu Shu und Woodie Flowers. „Groupware experiences in three-dimensional computer-aided design“. In: *Proceedings of the 1992 ACM conference on Computer-supported cooperative work*. 1992, S. 179–186. ISBN: 0897915429. DOI: 10.1145/143457.143477 (siehe S. 13).
- [She92] Thomas B. Sheridan. „Musings on Telepresence and Virtual Presence“. In: *Presence: Teleoperators and Virtual Environments* 1.1 (1992), S. 120–126. ISSN: 1054-7460. DOI: 10.1162/pres.1992.1.1.120 (siehe S. 14, 15, 60, 61).
- [Sis93] Rebecca Sisco. „What to Teach Team Leaders.“ In: *Training* 30.2 (1993), S. 62–67 (siehe S. 10).
- [Sla09] Mel Slater. „Place illusion and plausibility can lead to realistic behaviour in immersive virtual environments“. In: *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 364.1535 (2009), S. 3549–3557. ISSN: 0962-8436. DOI: 10.1098/rstb.2009.0138 (siehe S. 17).
- [SP92] John L Spencer und Adrian Pruss. *Managing your team: How to organise people for maximum results*. Piatkus, 1992 (siehe S. 9, 58, 59).
- [SS96] Kjeld Schmidt und Carla Simone. „Coordination Mechanisms: Towards a Conceptual Foundation of CSCW Systems Design“. In: *Computer Supported Cooperative Work: The Journal of Collaborative Computing* 5.2-3 (1996), S. 155–200. ISSN: 0925-9724. DOI: 10.1007/BF00133655 (siehe S. 10, 56, 65).

- [SSJ78] Harvey Sacks, Emanuel A. Schegloff und Gail Jefferson. „A Simplest Systematics for the Organization of Turn Taking for Conversation“. In: *Studies in the Organization of Conversational Interaction*. Elsevier, 1978, S. 7–55. DOI: 10.1016/B978-0-12-623550-0.50008-2 (siehe S. 13, 64).
- [Sta17] Statista. *Prognose zum Umsatz mit Virtual Reality weltweit in den Jahren 2016 bis 2021 (in Milliarden US-Dollar)*. 2017. URL: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/318536/umfrage/prognose-zum-umsatz-mit-virtual-reality-weltweit/> (siehe S. 4).
- [Ste92] Jonathan Steuer. „Defining Virtual Reality: Dimensions Determining Telepresence“. In: *Journal of Communication* 42.4 (1992), S. 73–93. ISSN: 00219916. DOI: 10.1111/j.1460-2466.1992.tb00812.x. URL: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1460-2466.1992.tb00812.x> (siehe S. 18).
- [Sum92] Q. Summerfield. „Lipreading and Audio-Visual Speech Perception“. In: *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 335.1273 (1992), S. 71–78. ISSN: 0962-8436. DOI: 10.1098/rstb.1992.0009 (siehe S. 13, 62, 63).
- [SW97] Mel Slater und Sylvia Wilbur. „A Framework for Immersive Virtual Environments (FIVE): Speculations on the Role of Presence in Virtual Environments“. In: *Presence: Teleoperators and Virtual Environments* 6.6 (1997), S. 603–616. DOI: 10.1162/pres.1997.6.6.603 (siehe S. 17).
- [Tav17] Aida Isabel Tavares. „Telework and health effects review“. In: *International Journal of Healthcare* 3.2 (2017), S. 30–36. ISSN: 2377-7346. DOI: 10.5430/ijh.v3n2p30 (siehe S. 3).
- [Tho89] Michael C Thomsett. *The little black book of business meetings*. American Management Association, 1989 (siehe S. 8).
- [Tro03] John E Tropman. *Making meetings work: Achieving high quality group decisions*. Sage, 2003 (siehe S. 9, 58, 59, 67, 68).
- [VB94] Melanie Vitkovich und Paul Barber. „Effect of video frame rate on subjects' ability to shadow one of two competing verbal passages“. In: *Journal of Speech, Language, and Hearing Research* 37.5 (1994), S. 1204–1210 (siehe S. 13).
- [VN95] Roger J. Volkema und Fred Niederman. „Organizational Meetings: Formats and Information Requirements“. In: *Small Group Research* 26.1 (1995), S. 3–24. ISSN: 15528278. DOI: 10.1177/1046496495261001 (siehe S. 7–9, 56).
- [Wat92] R. J. Watt. „Faces and vision“. In: *Processing Images of Faces* Eds V Bruce, M Burton (1992) (siehe S. 13).

- [Wer23] Max Wertheimer. „Untersuchungen zur Lehre von der Gestalt. II“. In: *Psychologische Forschung* 4.1 (1923), S. 301–350. ISSN: 03400727. doi: 10.1007/BF00410640 (siehe S. 103).
- [Wex93] Alan Wexelblat. „The Reality of Cooperation: Virtual Reality and CSCW“. In: *Virtual Reality*. Elsevier, 1993, S. 23–44. ISBN: 0127450459 (alk. paper). doi: 10.1016/B978-0-12-745045-2.50010-6 (siehe S. 20).
- [WS98] Bob G. Witmer und Michael J. Singer. „Measuring Presence in Virtual Environments: A Presence Questionnaire“. In: *Presence: Teleoperators and Virtual Environments* 7.3 (1998), S. 225–240. ISSN: 1054-7460. doi: 10.1162/105474698565686 (siehe S. 17).
- [Wul+11] Volker Wulf u. a. „Engaging with practices: design case studies as a research framework in CSCW“. In: *Proceedings of the ACM 2011 conference on Computer supported cooperative work - CSCW '11*. New York, New York, USA: ACM Press, 2011, S. 505–512. ISBN: 9781450305563. doi: 10.1145/1958824.1958902 (siehe S. 5, 35, 132, 134).
- [Yan+04] Nicole Yankelovich u. a. „Meeting central: making distributed meetings more effective“. In: *Proceedings of the 2004 ACM conference on Computer supported cooperative work* 6.3 (2004), S. 419–428. doi: 10.1145/1031607.1031678 (siehe S. 10, 11, 62, 63, 65, 66, 68, 70).

## A Interviewleitfaden

**Ziel des Interviews:** Sammeln von Informationen über Meetings, Meeting-Strukturen und Tools rund um Meetings

**Teilnehmer:** Studierende und Mitarbeitende der Gruppen CSCW und Soziale Medien sowie Wirtschaftsinformatik und Neue Medien an der Universität Siegen, die regelmäßig Meetings abhalten

Im Folgenden wird der Interviewleitfaden zu Kapitel 3.2 vollständig aufgelistet. Den Teilnehmern wurde jeweils die Oberfrage eines Themenblocks gestellt. Weitere aufgelistete Fragen wurden kontextabhängig an passenden Stellen hinzugefügt.

**Einleitung des Interviews:** Kurze Vorstellung der interviewenden Personen und Einführung in das Oberthema: Meetings.

**Themenblock 1 - Informationen zu der Person** Könntest du dich kurz vorstellen?

- Alter
- Beruflicher Hintergrund

**Frage zur Überleitung** Wie wichtig sind Meetings in deinem beruflichen Alltag?

**Themenblock 2 - Rund um (Remote-)Meetings** Erzähl ein bisschen über die Meetings - zum Beispiel: Wo finden diese statt und wie ist ein typischer Ablauf?

- Wie oft nimmst du an Meetings teil? (F2F von Remote-Meetings unterscheiden)
- Wann finden Meetings statt?
- Wo finden Meetings statt?
- Wie viele Personen nehmen an den Meetings teil?
- Wie lange dauern Meetings im Schnitt?
- Gibt es eine festgelegte Dauer für Meetings?
- Welche Rollen gibt es unter den Teilnehmern und welche nimmst du dabei ein?
- Wie laufen Meetings bei euch in der Regel ab?
- Mit welchem Ziel haltet ihr Meetings ab?

- Warum werden Remote-Meetings abgehalten?
- Mit welchen Tools werden Remote-Meetings durchgeführt?
- Werden Remote-Meetings eher audio- oder videobasiert durchgeführt?
- Welche Hilfsmittel werden bei (F2F-)Meetings verwendet (Whiteboard etc.)? Welche der Hilfsmittel würdest du auch in Remote-Meetings verwenden wollen?
- Wie oft werden die Hilfsmittel in den Meetings verwendet?
- Wie würdest du die Hilfsmittel bewerten?
- Werden Meetings aufgezeichnet? Wenn ja: Wie?

**Themenblock 3 - Probleme und Bedürfnisse bei Remote-Meetings** Wenn du über deine Erfahrungen mit Remote-Meetings nachdenkst, welche Probleme treten auf und was funktioniert deiner Meinung nach gut?

- Welche Probleme treten bei Remote-Meetings auf?
- Was funktioniert bei Remote-Meetings gut?
- Findest du Remote-Meetings sinnvoll? Erreicht ihr eure Ziele?
- Welche Vor- und Nachteile siehst du bei F2F- beziehungsweise Remote-Meetings?
- Warum ist dir welche Form von Meetings am liebsten?
- Für welche Art von Meetings findest du welche Art (F2F, Remote) sinnvoll und warum?
- Nimmst du gerne an Meetings teil?
- Gibt es Situationen, bei denen du dich als Remote-Teilnehmer von der Gruppe ausgeschlossen gefühlt hast?
- Welche Gründe gibt es dafür, dass du dich als Remote-Teilnehmer nicht aktiv beteiligt fühlst?
- Gab es Situationen, in denen du einen (oder mehrere) Remote-Teilnehmer vergessen beziehungsweise nicht aktiv eingeschlossen hast?
- Was könnte deiner Meinung nach dabei helfen, Remote-Teilnehmer besser in das Meeting einbeziehen zu können?

## B Kodierleitfaden

Kategorie	Kodierregeln	Ankerbeispiel
Präferenzen: F2F oder Remote	Explizite und implizite Aussagen und Beobachtungen, die einen Hinweis darauf geben, ob F2F-Meetings oder Remote-Meetings präferiert werden.	„Also ich nehme eigentlich lieber F2F teil, es sei denn, ich bin gerade unter Zeitnot und bin gerade lieber zuhause oder leicht erkältet, dann will ich die Leute auch nicht anstecken.“ (P10)
Wichtigkeit von Meetings	Explizite Aussagen aus den Interviews über die Rolle von Meetings im beruflichen Alltag.	„Ich glaube das ist Bestandteil der meisten modernen Jobs, dass halt relativ viele Meetings einfach passieren. Egal, ob sie notwendig sind oder nicht, aber Meetings gibt es schon relativ häufig.“ (P03)
Häufigkeit von Meetings	Frequenz von Meetings in absoluten Angaben (wöchentlich/monatlich etc.).	„Wir haben zwei Jour Fixe jeden Montag.“ (P01)
Arten von Meetings	Klassifikation unterschiedlicher Arten von Meetings. Sowohl Nennung als auch Definition.	„Wenn man aber jetzt sagt, man möchte was entwickeln in dem Meeting, quasi so eine Brainstorm-Session, [...].“ (P07)
Räumlichkeiten von Meetings	Räumlichkeiten, in denen Meetings abgehalten werden.	„Hauptsächlich ist das bei uns im Büro [...], manchmal im FabLab [...]. Dann haben wir CIP-Pool manchmal, manchmal haben wir Bibliothek, also das ist abwechselnd, das sind abwechselnde Orte.“ (P03)
Dauer von Meetings	Aussagen und Beobachtungen über die durchschnittliche Länge eines Meetings.	„So ne Stunde. Im Schnitt eine Stunde.“ (P01)
Anzahl der Personen in Meetings	Durchschnittliche Anzahl beteiligter Personen an einem Meeting.	„Das kann von zwei, drei bis zu dann... bis zu 20 kann das schon variieren.“ (P04)

Kategorie	Kodierregeln	Ankerbeispiel
Rollenverteilung in Meetings	Unterschiedliche Rollen und Aufgaben von Personen in Meetings. Sowohl Erwähnungen als auch detaillierte Definitionen.	„Also der Teamleiter ist quasi fix und wenn der mal krank ist, gibt es quasi so einen Stellvertreter, wo man weiß, dass er es dann macht.“ (P07)
Agenden in Meetings	Aussagen und Beobachtungen zur Erstellung und dem Umgang mit Agenden.	„Wenn es eine Agenda gibt, dann halten wir uns eigentlich daran.“ (P05)
Interaktionen mit der Agenda	Situationen, in denen die Teilnehmer der Evaluierung mit der Agenda interagierten.	Vorstellungsrunde ist fertig, VR4.1: „Vorstellungsrunde haben wir ja abgehakt.“, schaut auf die Agenda und zielt mit dem Laserpointer darauf. VR4.1: „Muss man die abhaken?“ (Evaluierung G04)
Protokollierung und Aufzeichnung von Meetings	Erstellung und allgemeiner Umgang mit Protokollen oder anderen Aufzeichnungsmethoden sowie Personen, die daran beteiligt sind.	„Eingebürgert hat es sich so, dass die Leute dann wirklich direkt alles in einem vorgefertigten Template mitschreiben und es gefühlt fünf Sekunden nachdem die Besprechung vorbei ist eigentlich schon an alle rumschicken, mit der Bitte einer ersten Einsicht dieses Protokollvorschlags, um eventuell dann Ergänzungen vorzunehmen.“ (P09)
Tools und Hilfsmittel bei Meetings	Tools und Hilfsmittel, die in allen Arten von Meetings verwendet werden. Zusätzliche Einordnung in Unterkategorien (Whiteboard, Bildschirm/Beamer/Viewing-Tools, Post-Its etc., Taskmanager, Devices, Wiki, Kollaborative Editing-Tools, Remote-Technologien, Messaging (E-Mail/Chat), Sonstige Remote-Tools, Sonstige Tools).	„Es gab auch schon den Fall, da waren einige Leute F2F und eine Person remote dazugeschaltet und dann haben wir beispielsweise offline irgendwas gemacht für uns, irgendwas notiert oder was geskizzt.“ (P01)
Tools und Hilfsmittel bei Remote-Meetings	Analoge oder digitale Tools und Hilfsmittel, die sich auf Meetings beziehen, bei denen mindestens eine Person remote zugeschaltet wird.	„Da arbeiten wir ziemlich viel mit RealtimeBoard, also mit einem geteilten, mit einer geteilten Software für Whiteboard. Da ist es halt so, dass alle quasi am Whiteboard stehen.“ (P05)

Kategorie	Kodierregeln	Ankerbeispiel
Tools und Hilfsmittel bei F2F-Meetings	Analoge oder digitale Tools und Hilfsmittel, die sich auf Meetings beziehen, bei denen keine Person remote zugeschaltet wird und alle sich im gleichen Raum befinden.	„In der Regel schauen wir über Trello auch gemeinsam; da ist unsere To-Do-Liste drin und planen ein bisschen, rekoordinieren, räumen auf, löschen Karten, fügen neue Karten hinzu.“ (P01)
Videokanal vs. Audiokanal bei Remote-Meetings	Es wird sich auf Meetings bezogen, bei denen mindestens eine Person remote zugeschaltet ist. Sowohl empfinden des Videokanals als auch Nutzungsverhalten von Audio oder Video.	„Ich will mein Video selbst nicht zeigen, aber ich möchte gerne das andere sehen.“ (P07)
Probleme bei Remote-Meetings	Es wird sich auf Meetings bezogen, bei denen mindestens eine Person remote zugeschaltet ist. Kategorie beschränkt sich auf explizite Anmerkungen der interviewten Person.	„Manchmal ist auch ein Problem, dass die Leute nicht so diese Cues, also diese Zeichen beim Wechseln, also das Turn-taking, also ne, wenn ich rede und ihr redet und so, dann durch unser Körperliches sehen wir halt, wer was sagen will und das sieht man da halt nicht.“ (P06)
Vorteile bei Remote-Meetings	Es wird sich auf Meetings bezogen, bei denen mindestens eine Person remote zugeschaltet ist. Sowohl explizite als auch implizite, subjektiv empfundene Vorteile werden einbezogen.	„Wir haben auch gern mal irgendwelche Meetings mal abends um 20 Uhr remote. Über Skype und Zoom. Und dann bin ich wiederum dankbar, dass es diese Form gibt, dass ich nicht mehr im Büro sitzen muss und alles zu Hause machen kann.“ (P08)
Gründe für Remote-Meetings	Es wird sich auf Meetings bezogen, bei denen mindestens eine Person remote zugeschaltet ist. Gründe können auch implizit in anderen Aussagen enthalten sein.	„Manchmal sind wir auch alle per Skype dabei, also wenn wir mal am Wochenende einen Call haben, manchmal auch spät nachmittags oder abends. Dann sitzen meistens alle zu Hause und dann sind wir quasi alle per Skype dabei.“ (P01)
Gemeinsam an Sachen arbeiten	Aussagen und Beobachtungen, die wichtig für die Konzeptidee sind und sich damit beschäftigen, wie Menschen während Meetings gemeinsam an etwas arbeiten.	„Sagen wir mal so, wenn der VR7.1 jetzt nur per Video dabei wär, dann hätte er ja selbst nicht am Whiteboard agieren können. Dann hätte er uns nur sagen können, was wir da machen sollen und so konnte er halt selber eingreifen.“ (AR7.2)

Kategorie	Kodierregeln	Ankerbeispiel
Repräsentation der Teilnehmer	Aussagen und Beobachtungen, die wichtig für die Konzeptidee sind und sich auf die Repräsentation der Teilnehmer, Wahrnehmung anderer Personen oder Kameras in Remote-Meetings beziehen.	„Das Abstrakte ist ja gar nicht so das Problem. Aber, dass man halt meinetwegen auch menschliche Avatare nimmt: Die Frau kriegt eine Frau, der Mann einen Mann. Aber, dass halt irgendwo so ein bisschen die Seriosität gewahrt wird. Weil, wenn ich jetzt meinen Chef als Panda sehen würde, ich müsste mich glaube ich zusammenreißen nicht zu lachen.“ (AR7.1)
Ablenkung	Aussagen und Beobachtungen, die wichtig für die Konzeptidee sind und sich auf Ablenkung der Personen während Meetings beziehen.	„Es gibt einfach Punkte, die sind nicht so relevant für einen selber oder für die eigene Arbeit und dann sitzt man eh an seinem Rechner und wie es halt so ist, dann guckt mal... keine Ahnung... die E-Mail durch oder kriegt oder beantwortet E-Mail oder andere Aufgaben und macht die schnell“ (P02)
Sonstiges Konzept	Aussagen und Beobachtungen, die wichtig für die Konzeptidee sind und den anderen Kategorien nicht eindeutig zuzuordnen sind. Dabei sind alle subjektiven Empfindungen, Meinungsäußerungen oder Anhaltspunkte zu betrachten, die der Konzeptentwicklung zuträglich erscheinen.	„Und vor allem auch die Stimme, weil das ist dann das primäre Kommunikationsorgan, die Stimme, und das muss crispy sein.“ (P01)
Verhalten der Personen in Meetings	Beobachtungen über das allgemeine Verhalten der Personen in den Meetings und der Evaluierung.	Remote-Teilnehmer zeigt ein Buch in die Kamera: Spiegelverkehrt für Anwesende zu sehen. (Beobachtung03)
Sprechlautstärke	Beobachtungen zur Sprechlautstärke der Personen.	F. aus dem Abseits redet auch lauter, wenn er auf D. direkt antwortet. (Beobachtung05)
Blickrichtung	Beobachtungen zur Blickrichtung der Personen.	VR3.1 stellt sich vor, AR-Teilnehmer schauen ihn an, VR3.1 hat beide AR-Teilnehmer im Sichtfeld und blickt hin und her. (Evaluierung G03)

Kategorie	Kodierregeln	Ankerbeispiel
Bewegungen/ Personal Space	Beobachtungen und Aussagen, die sich auf die Wahrnehmung des Personal Space in der Evaluierung beziehen.	VR1.1 geht weiter auf AR1.1 zu, testet Körperrgrenzen im virtuellen Raum aus. AR1.1: „Cyber Personal Space.“ (Evaluierung G01)
Gestikulieren	Beobachtungen zu der Verwendung von Gesten während des Gesprächs.	VR6.1 winkt AR-Teilnehmern zu. AR6.1 bemerkt dies. (Evaluierung G06)
Gegenseitige Wahrnehmung	Aussagen und Beobachtungen aus der Evaluierung, die Aufschluss über die gegenseitige Wahrnehmung der Teilnehmer durch die Avatare geben.	„Was ich aber cool fand war, dass VR6.1 gemerkt hat, dass ich mich hingesetzt hab. Weil damit hab ich irgendwie überhaupt nicht gerechnet, dass er das halt auch so wahrnimmt.“ (AR6.1)
Gefühl von Gemeinsamkeit	Aussagen und Beobachtungen aus der Evaluierung, die darauf schließen lassen, dass die Teilnehmer als anwesende Personen wahrgenommen wurden.	„Also ich hatte die ganze Zeit das Gefühl, dass man zusammen irgendwie in dem Raum ist. Dass, also, dass die anderen dabei sind.“ (VR6.1)
Immersion	Aussagen und Beobachtungen, die Hinweise auf die Ausprägung der mentalen Immersion während der Evaluierung geben.	„Ich muss noch sagen, von wegen, wie man sich gefühlt hat, ich hatte wirklich das Gefühl, das hatte ich ja schon gesagt, ne; ich dachte echt irgendwann nach einer ganz kurzen Zeit das Gefühl, ich bin wirklich hier in dem Raum.“ (VR3.1)
Mimik/Gestik	Aussagen aus der Evaluierung, die sich mit der Übertragung nonverbaler Kommunikationssignale beschäftigen.	„Ja, die Mimik und Gestik hat halt glaube ich ein bisschen gefehlt.“ (AR5.1)
Features	Aussagen und Situationen aus der Evaluierung, die Hinweise auf fehlende Features in den Prototypen geben. Die einzelnen Features werden in Unterkategorien eingesortiert.	„Ja, wenn man vielleicht noch irgendwas sucht, was man nicht selber malen will, dass man in einem Browser schnell was suchen kann. Das vielleicht über Sprachnavigation oder so.“ (AR8.1)
Lerneffekt	In der Evaluierung festgestellte Lerneffekte bei der Bedienung des Systems.	„Also man hat ja zwischendurch schon gemekt so - ok, ich weiß jetzt wie das geht. Dann lässt man halt los und setzt neu an - Das ging dann schon besser.“ (AR8.1)

Kategorie	Kodierregeln	Ankerbeispiel
Verwirrung	Situationen aus der Evaluierung, in denen die Teilnehmer nicht wussten, was sie zu tun hatten oder von Funktionen des Systems verunsichert waren.	VR2.1 steht vor dem Whiteboard und weiß nicht, wie die Interaktion mit dem Stift funktioniert. (Evaluierung G02)
Falsche Bedienung	Situationen aus der Evaluierung, in denen die Teilnehmer das System falsch bedienten.	VR5.1 hat Probleme die Farbe zu wechseln, teleportiert sich in die Buttons. (Evaluierung G05)
HoloLens	Aussagen und Situationen aus der Evaluierung, die sich auf hardwarespezifische Probleme oder Interaktionen mit der Microsoft HoloLens beziehen	„Und, was ich schade finde, aber das könnt ihr nicht beeinflussen, ist dieses eingeschränkte Sichtfeld der HoloLens. Weil, wenn man an das Whiteboard geht, um zu zeichnen, muss man immer sehr stark den Kopf bewegen, um überhaupt was mitzubekommen.“ (AR1.1)
Technische Probleme (Evaluierung)	Situationen aus der Evaluierung, in denen es technische Probleme mit dem Prototypen gab.	AR5.1 schreibt durch vorher Geschriebenes, da er dies nicht sieht, weil die App abgestürzt ist und die HoloLens neu gestartet werden musste. (Evaluierung G05)
Fazit Evaluierung	Aussagen aus der Diskussion am Ende der Evaluierung, in denen Teilnehmer die Eignung des Systems für den beruflichen Alltag bewerten.	„Gerade so wirklich mit so Kreativ-Sessions, wo du sonst immer vor Ort sein musst. Auf jeden Fall für sowas. Wenn man sowas in einen virtuellen Raum legen kann, finde ich das schon spannend. Das würde ich auf jeden Fall nutzen.“ (AR8.1)

Tabelle B.1: Deduktive und induktive Kategorien zur Kodierung der Interviewtranskripte, Beobachtungsprotokolle sowie Transkripte der Evaluierung (Meeting-Simulation und Diskussion am Ende).

## C Übersicht aller Teilnehmer

Nr.	Funktion (Beruf)	Interview	Beobachtung	Fokusgruppe	Zwischenev.	Hauptev.
1	HCI Student	P01	Nein	Nein		AR2.1
2	Wiss. Mitarbeiter	P02	Nein	Ja	Nein	AR8.2
3	Wiss. Mitarbeiter	P03	Nein	Nein	Nein	
4	Wiss. Mitarbeiter	P04	Nein	Nein	Nein	VR1.1
5	Wiss. Mitarbeiter	P05	Nein	Nein	Nein	AR4.1
6	Wiss. Mitarbeiter	P06	Ja	Nein	Nein	
7	HCI Student	P07	Ja	Ja	Nein	AR5.1
8	Wiss. Mitarbeiter	P08	Nein	Nein	Nein	
9	Wiss. Mitarbeiter	P09	Ja	Ja	Nein	
10	HCI Student	P10	Ja	Nein	Nein	
11	HCI Student		Nein	Ja	Nein	AR1.1
12	HCI Student		Nein	Nein	Nein	AR1.2
13	Wiss. Mitarbeiter		Nein	Nein	Nein	VR2.1
14	Techn. Mitarbeiter		Nein	Ja	Ja	AR2.2
15	Vermessungstechniker		Nein	Nein	Nein	AR3.1
16	Vermessungstechniker		Nein	Nein	Nein	AR3.2
17	Wiss. Mitarbeiter		Nein	Ja	Nein	VR3.1
18	Junior Prof.		Nein	Nein	Nein	AR4.2
19	Softwareentwickler		Nein	Nein	Nein	VR4.1
20	HCI Student		Nein	Nein	Nein	VR5.1
21	HCI Student		Nein	Ja	Ja	VR6.1
22	HCI Student		Nein	Nein	Nein	AR6.1
23	HCI Student		Ja	Nein	Nein	AR6.2
24	HCI Student		Nein	Nein	Nein	VR7.1
25	WI Student		Nein	Nein	Nein	AR7.1
26	WI Student		Nein	Nein	Nein	AR7.2
27	BWL Student		Nein	Nein	Nein	VR8.1
28	WI Student		Nein	Nein	Nein	AR8.1
29	Wiss. Mitarbeiter				Nein	

Tabelle C.1: Übersicht aller Personen, die in den Designprozess integriert wurden. Mit *Zwischenev.* ist das Einholen von Feedback während der Prototypenentwicklung aus Kapitel 5 gemeint. *Hauptev.* steht für die Evaluierung aus Kapitel 6.

## D Einladung zu der Evaluierung

Folgende Einladung wurde den Teilnehmern jeweils eine Woche vor dem Termin ihrer Evaluierung via E-Mail zugesendet (siehe Kapitel 6):

*Hallo Name,*

*vielen Dank, dass Du dich für die Evaluierung unseres Prototypen interessierst. Hiermit bestätigen wir deine Teilnahme. In der Evaluierung wird ein Meeting simuliert. Im Folgenden erhältst Du nähere Informationen zum Zeitpunkt und zum Ablauf.*

*Dein Meeting mit den anderen Teilnehmern findet am xy.xy.2018 um xy.00 Uhr in Raum US-E109 am Campus Unteres Schloss der Universität Siegen statt.*

*Das Ziel des Meetings wird es sein, gemeinsam mit den anderen Teilnehmern Anforderungen an ein Baumhaus zu definieren und dieses zu designen. Dafür habt ihr ca. 30 Minuten Zeit. Damit Du weißt, wie das Meeting ablaufen wird, schicken wir dir schonmal die vorläufige Agenda zu:*

1. *Vorstellungsrunde (Stellt euch darin kurz vor, damit ihr eure Expertise sowie Stärken und Schwächen kennenlernen.)*
2. *Naturbezogene Kindheitserinnerungen (Erzählt euch von euren schönsten, prägendsten oder lustigsten Kindheitserinnerungen, die ihr in der freien Natur erlebt habt.)*
3. *Traum-Baumhaus: Anforderungen und Design (Entwerft gemeinsam ein Design für das perfekte Baumhaus und definiert Anforderungen, die es erfüllen muss.)*

*Im Anschluss an das simulierte Meeting könnt ihr euch in einer Diskussionsrunde über eure Erfahrungen mit unserem System austauschen.*

*Ein paar Tage vor dem Meeting werden wir uns noch einmal mit einer Bestätigungsmaile melden. Falls Du doch nicht teilnehmen kannst, sag uns bitte Bescheid.*

*Wir freuen uns auf dich  
Florian und Jasmin*

## **E Fragebögen der Evaluierung**

### **Fragebogen AR-Teilnehmer**

1. Ich konnte den Avataren durchgehend die entsprechenden Personen zuordnen.

- Trifft nicht zu
- Trifft eher nicht zu
- Teils-teils
- Trifft eher zu
- Trifft zu

2. Ich habe mich während des Meetings von äußerlichen Faktoren abgelenkt gefühlt.

- Trifft nicht zu
- Trifft eher nicht zu
- Teils-teils
- Trifft eher zu
- Trifft zu

3. Die Interaktion mit dem System hat sich natürlich angefühlt.

- Trifft nicht zu
- Trifft eher nicht zu
- Teils-teils
- Trifft eher zu
- Trifft zu

4. Ich habe den Remote-Teilnehmer als anwesende Person wahrgenommen.

- Trifft nicht zu
- Trifft eher nicht zu
- Teils-teils
- Trifft eher zu
- Trifft zu

## Fragebogen VR-Teilnehmer

1. Ich konnte den Avataren durchgehend die entsprechenden Personen zuordnen.
  - Trifft nicht zu
  - Trifft eher nicht zu
  - Teils-teils
  - Trifft eher zu
  - Trifft zu
2. Ich habe mich während des Meetings von äußerlichen Faktoren abgelenkt gefühlt.
  - Trifft nicht zu
  - Trifft eher nicht zu
  - Teils-teils
  - Trifft eher zu
  - Trifft zu
3. Die Interaktion mit dem System hat sich natürlich angefühlt.
  - Trifft nicht zu
  - Trifft eher nicht zu
  - Teils-teils
  - Trifft eher zu
  - Trifft zu
4. Ich hatte das Gefühl, mich tatsächlich in dem Meeting-Raum zu befinden.
  - Trifft nicht zu
  - Trifft eher nicht zu
  - Teils-teils
  - Trifft eher zu
  - Trifft zu
5. Ich habe die anderen Teilnehmer als anwesende Personen wahrgenommen.
  - Trifft nicht zu
  - Trifft eher nicht zu
  - Teils-teils
  - Trifft eher zu
  - Trifft zu

## **Eidesstattliche Versicherung**

Hiermit versichern wir, dass wir die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel verwendet haben - insbesondere keine anderen als die angegebenen Informationen aus dem Internet. Diejenigen Paragraphen der für uns gültigen Prüfungsordnung, welche etwaige Betrugsversuche betreffen, haben wir zur Kenntnis genommen. Der Speicherung unserer Masterarbeit zum Zweck der Plagiatsprüfung stimmen wir zu. Wir versichern, dass die elektronische Version mit der gedruckten Version inhaltlich übereinstimmt.

---

Ort, Datum

---

Florian Jasche

---

Ort, Datum

---

Jasmin Kirchhübel

## **Aufteilung der schriftlichen Arbeit**

Die folgende Tabelle schlüsselt auf, welcher Autor für welchen Abschnitt der schriftlichen Arbeit verantwortlich ist.

Kapitel	Autor
1 - 1.3	Jasmin Kirchhübel
2 - 2.4	Florian Jasche
2.5 - 2.10	Jasmin Kirchhübel
3 - 3.3.2	Florian Jasche
3.3 - 4.8	Jasmin Kirchhübel
5 - 5.2.9	Florian Jasche
6 - 6.4.8	Jasmin Kirchhübel
7 - 7.2	Florian Jasche

Aufteilung der schriftlichen Arbeit.