



UNIVERSITÄT ZU LÜBECK
INSTITUT FÜR MULTIMEDIALE
UND INTERAKTIVE SYSTEME

Einsatz Transitional Awareness Cues bei virtueller Kollaboration in Cross Reality Umgebungen

Use of Transitional Awareness Cues in Cross Reality Environments with virtual Collaboration

Vertiefungsprofil Cross-Reality Interfaces

Im Rahmen des Studiengangs
Medieninformatik
der Universität zu Lübeck

Vorgelegt von:

**Jona Knoblich,
Mher Kondratyan,
Isabella Miller,
Alexander Schuldt,
Bea Vorhof**

Ausgegeben und betreut von:

Prof. Dr. Hans-Christian Jetter

Mit Unterstützung von:

Jan-Henrik Schröder, M. Sc.

Lübeck 16. August 2021

Gender Disclaimer

Ausschließlich zum Zweck der besseren Lesbarkeit wird auf die geschlechtsspezifische Mehrfachbezeichnung verzichtet. Die in diesem Text gewählte männliche Form (z.B. der Nutzer) bezieht sich immer zugleich auf weibliche, männliche und diverse Personen. Alle personenbezogenen Bezeichnungen in diesem Bericht sind somit geschlechtsneutral zu verstehen.

KURZFASSUNG

Context Awareness spielt eine große Rolle für die Natürlichkeit einer virtuellen Zusammenarbeit. Context Awareness vermittelt das Wissen über eine zeitlich und räumlich begrenzte Umgebung und über Veränderungen in ihr. In kollaborativen Anwendungen spielt vor allem die Workspace Awareness eine wichtige Rolle, welche das Kontext-Verständnis über die Interaktion anderer Personen im Workspace beschreibt. Nutzer von XR brauchen Informationen darüber, welche Personen miteinander arbeiten, wo sich andere Personen befinden, welche Tätigkeit von anderen Personen ausgeführt wird und welche Rollen diese Personen innehalten. Für die Kommunikation können Awareness Cues verwendet werden, die Nutzern beispielsweise über digitale Geräte eine Informationsauskunft geben. Viele kollaborative AR- oder VR-Anwendungen fokussieren die Kollaboration zwischen Nutzern ausschließlich im AR- oder im VR-Raum (Piumsomboon, Dey, Ens, Lee, & Billinghurst, 2019).

Das Projekt verfolgte das Ziel herauszufinden, welche Awareness Cues für VR-Anwendungen in der Kooperation zwischen Personen im VR-Raum und Personen im realen Raum geeignet sind. Dazu werden im ersten Schritt bereits bestehende Projekte mit Bezug zur Kollaboration herangezogen. Auf Grundlage von Awareness Cues aus Multiplayer-Spielen wurde im zweiten Schritt zu Identifizierung eines zweckdienlichen Szenarios mögliche Awareness Cues definiert und klassifiziert. Darauf aufbauend wurden erste Entwürfe entwickelt, welche als Grundlage für die darauffolgende Implementierung in Unity3D dienten. Das Szenario wurde als lauffähige Anwendung für das VR-HMD Valve Index umgesetzt und im VR-Labor der Universität zu Lübeck getestet. Im Rahmen der Arbeit werden die zu beachtenden Vorbedingungen, Erkenntnisse und Herausforderungen angeführt.

SCHLÜSSELWÖRTER

Awareness Cues, Virtual Reality, virtuelle Kollaboration, Feuerwehreinsatz-Szenario, Anleitung.

ABSTRACT

Context awareness plays an important function to archive a natural interaction in virtual collaborations. Context awareness conveys knowledge about a temporally and spatially limited environment. It also conveys changes to it. In collaborative applications, workspace awareness plays an important role, by describing the contextual understanding of the interaction of other people in the workspace. XR-users need information about which people are working together, where other people are, what activities are being carried out by other people and what roles those people have. Awareness cues can be used for communication. Users can for example use digital devices to give out information. Many collaborative AR- or VR-applications focus on the collaboration between users exclusively within the AR- or VR.environment (Piumsomboon, Dey, Ens, Lee, & Billinghurst, 2019).

This project aimed to find out which awareness cues are suitable for VR-applications in the cooperation between people in the VR environment and people in the real world. For this purpose, first we researched already existing projects related to collaboration in AR/MR/VR and evaluated those. By taking in consideration awareness cues from multiplayer game, we classified the potential of various guidance scenarios and possibilities for awareness cues.

Based on this, the first drafts were developed, which served as the basis for a subsequent implementation in Unity3D. The scenario was implemented as an executable application for the VR-HMD Valve Index and tested in the VR laboratory of the University of Lübeck. As part of this project, the respectable preconditions, findings and challenges while conducting such a task are listed.

KEYWORDS

Awareness Cues, Virtual Reality, virtual collaboration, Fire run, Guide.

1 Einleitung

Context Awareness spielt eine große Rolle für die Natürlichkeit einer Zusammenarbeit. Laut Wigdor und Wixon muss ein natürliches Interface den Kontext berücksichtigen, einschließlich der richtigen Metaphern, visuellen Hinweise, Feedback und Eingabe-/Ausgabemethoden. (Wigdor & Wixon, 2011). In Zusammenarbeiten zwischen mehreren Beteiligten werden hauptsächlich Informationen sowohl verbal als auch non-verbal ausgetauscht. Eine virtuelle Kollaboration bezeichnet die Zusammenarbeit ohne persönliche Interaktion zwischen Einzelpersonen oder Mitgliedern eines Teams, die eine gemeinsame Aufgabe mithilfe von Informations- und Kommunikationstechnologien erfüllen (Freire, Schreiner, Mette, Oesselmann, & Kinkelbur, 2008).

Die ausgetauschten Informationen können mit sogenannten Awareness Cues verbunden werden. Awareness Cues sind alle Signale, Symbole und Markierungen, die entweder textlich, grafisch oder auditiv aufbereitet sind und deren Inhalt in Echtzeit durch die Handlungen und Eigenschaften einer entfernten Person beeinflusst werden (Oulasvirta, 2009).

1.1 Ziele der Arbeit

Das Ziel der Arbeit ist es, verschiedene Awareness Cues um eine Kommunikation zwischen Personen im VR-Raum mit Personen im realen Raum für ein bestimmtes Anwendungsszenario zu implementieren. Dabei liegt der Fokus auf den Darstellungen der Ansichten der beiden Nutzer und weniger auf den Realismus des Szenarios. Die Arbeit betrachtet die folgenden Forschungsfragen:

Welche Informationen sollen angezeigt werden?

Awareness Cues sind mit spezifischen Informationen verbunden. Dabei ist es wichtig, welche Informationen die Nutzer von der jeweiligen anderen Person benötigen, um das entsprechende Ziel zu erreichen.

Welche Arten und Dimensionen von Awareness Cues sind geeignet?

Je nach Aufbereitung der Informationen können verschiedene Arten und Dimensionen von *Awareness Cues* verwendet werden. Eine Forschungsgruppe hat im Kontext von Multiplayer-Spielen ein konzeptionelles Design-Framework erstellt, mit welchem verschiedene Awareness Cues aus Computerspielen mit Teamkoordination in Designdimensionen eingeordnet werden können (Wuertz, et al., 2018). Es kann dazu verwendet werden, um Konzepte für VR-Anwendungen aufzustellen und neue Ideen auszuprobieren

1.2 Vorgehensweise

Im ersten Schritt werden bereits vorhandene Forschungsarbeiten aus dem Seminar analysiert und die wichtigsten Informationen zusammengetragen. Darauf folgend wird das entsprechende Szenario definiert, in welchem die Awareness Cues getestet werden. Je nach Szenario stellen sich unterschiedliche Fragestellungen, welche unterschiedliche Informationen und damit verbundene Awareness Cues erzeugen können. Aufbauend auf den Fragestellungen und dem Szenario werden alle möglichen Awareness Cues anhand der Literatur analysiert, definiert und klassifiziert. Diese Vorgehensweise ermöglicht es, ein breiteres Spektrum an möglichen Awareness Cues für spätere Arbeiten offenzuhalten. In der Konzeption werden aus den möglichen Awareness Cues die für das Projekt relevantesten herausgefiltert, anhand von Designdimensionen anderer Arbeiten näher definiert und für die ersten grafischen Entwürfe verwendet. Die Umsetzung des Projekts erfolgt als VR-Anwendung in Unity. Dazu werden die benötigte Serverarchitektur von aufgestellt, Prozesscode und Software zur Kollaboration und Test für das VR-Labor erstellt und die ausgewählten Awareness Cues implementiert. Diese werden im Rahmen dieses Projektes aufgrund der vorherrschenden Pandemie nicht evaluativ getestet, sondern lediglich als ein Grundgerüst mit in diesem Dokument angeführten Vorgehensweisen und relevanten Informationen für spätere Evaluationen und weitere Forschungsarbeit erstellt.

2 Stand der Technik

In den nachfolgenden Abschnitten werden die für das Projekt relevanten Ergebnisse aus Forschungsarbeiten rund um Kollaboration in AR- und VR-Räumen sowie Analysen von Awareness Cues angeführt.

2.1 Virtuelle Kollaboration

Unter virtuelle Kollaboration fallen beispielsweise E-Learning-Plattformen, Videokonferenzen oder Online Multiplayer Spiele. Eine virtuelle Kollaboration bezeichnet die Zusammenarbeit ohne persönliche Interaktion zwischen Einzelpersonen oder Mitgliedern eines Teams, die eine gemeinsame Aufgabe mit Hilfe von Informations- und Kommunikationstechnologien erfüllen (Freire, Schreiner, Mette, Oesselmann, & Kinkelbur, 2008). Aufgrund des technischen Fortschritts von Technologie, die im Augmented-Reality (AR-), Mixed-Reality (MR-) und Virtual-Reality (VR-)Kontext Anwendung finden, bieten sich mehr Optionen an, um virtuell miteinander zusammenzuarbeiten.

Vergleich zwischen virtuell und real:

Tabelle 1: Vergleich virtuelle und reale Kollaboration

Virtuelle Kollaboration	Persönliche reale Kollaboration
Keine Notwendigkeit, an gleichen Orten zu sein	erhöhte soziale Präsenz
Darstellung von fiktiven oder vergangenen Umgebungen und Situationen	Möglichkeit mit physischen Objekten zu interagieren
Kann andere Interaktionsmöglichkeiten bieten	bereits gewohnte, gelernte und damit natürliche Umgangsformen mit anderen Menschen und Arbeitsmitteln

Die kombinierte Darstellung von visuellen Hinweisreizen und Gestik kann eine höhere Social Presence erzeugen, sowie das Gefühl erhöhen, sich in entfernte Umgebungen räumlich hineinzufinden. Die Darstellung der Gaze kann ein besseres Bewusstsein für das räumliche Umfeld, sowie der eigenen Lokalisierung in VR schaffen, weil diese die Tiefen- und Distanzwahrnehmung erhöhen. Durch das Erhalten von visuellen Hinweisen können die lokalen Nutzer eine geringere Arbeitsbelastung als die Remote-Nutzer haben. Das Darstellen des Sichtfeldes (Field of View (FOV)) gibt Aufschluss darüber was ein Nutzer mit einem anderen Head-mounted-Display (HMD) sehen kann. Die Gaze kann als Pointer verwendet werden. Der Lichtstrahl (Raycast) ist präziser als das Zeigen mit den Händen. Die Darstellung von Awareness Cues beeinflusst das Verhalten in der Kollaboration. Die Nutzer können sich stärker auf Effizienz fokussiert, da die Arbeitsmittel dies erlauben. Die Nutzer sollten die Optionen haben, ob sie Hinweisreize möchten oder ein intelligentes UI, welches je nach Kontext die Hinweisreize automatisiert anzeigt bzw. wechselt.

2.2 Workspace Awareness

Die Wahrnehmung aufrechtzuerhalten ist in kollaborativer Software schwierig. Gutwin und Greenberg beschäftigten sich 2002 in ihrer Arbeit mit der Erfassung eines Frameworks für Workspace Awareness in Groupware (Gutwin & Greenberg, 2002). Sie gingen von der Hypothese aus, dass wenn Menschen dabei geholfen wird, in Workspaces mit Groupware die Awareness aufrechtzuerhalten, die Gebrauchstauglichkeit von Groupware-Systemen verbessert wird. Workspace Awareness ist das Verständnis, wie eine andere Person im Moment mit dem Workspace interagiert. Es ist das Wissen darüber, wo sich andere Personen im Workspace aufhalten, welche Tätigkeiten sie ausführen und in der nahen Zukunft ausführen werden. Das Wissen hilft bei allen Arbeiten und Aufgaben, bei denen mit anderen realen oder simulierten Personen

kollaboriert wird. Es verbessert die Koordination von Aufgaben und kann die Vorhersage von Handlungen anderer unterstützen.

Die Autoren entwickelten ein deskriptives Framework, welches Designern bei der Entwicklung von Groupware unterstützen soll. Dieses teilt sich in drei Parts auf. Der erste Part beschäftigt sich damit, welche Informationen Workspace Awareness ausmachen. Dazu zählen Informationen wie die Identität oder der Standort einer Person im Workspace. Der zweite Part beschäftigt sich damit, wie Workspace Informationen gesammelt werden. Das soll Designern eine Idee davon geben, wie Informationen präsentiert werden können. Körper, Gestik, Mimik oder Artefakte im Workspace geben zum Beispiel Aufschluss darüber, was gerade gemacht wird. Der dritte Part beschäftigt sich damit, wie Workspace Awareness in der Zusammenarbeit genutzt wird. Dafür definieren die Autoren fünf Arten von Aktivitäten, die durch Workspace Awareness unterstützt werden.

Im Rahmen des Projekts wird die Awareness der Gegenwart und die entsprechenden Fragen aus der folgenden Grafik betrachtet.

Tabelle 2: Elemente der Workspace Awareness in Bezug auf die Gegenwart (Gutwin & Greenberg, 2002)

Category	Element	Specific questions
Who	Presence	Is anyone in the workspace?
	Identity	Who is participating? Who is that?
	Authorship	Who is doing that?
What	Action	What are they doing?
	Intention	What goal is that action part of?
	Artifact	What object are they working on?
Where	Location	Where are they working?
	Gaze	Where are they looking?
	View	Where can they see?
	Reach	Where can they reach?

2.3 Awareness Cues in Multiplayer-Spielen

Wuertz et al. haben sich in ihrer Arbeit mit Awareness Cues in Multiplayer-Spielen beschäftigt (Wuertz, et al., 2018). Dazu wurden verschiedene Computerspiele untersucht, in welchen Teamkoordination ein wichtiger Faktor war. Die entsprechenden Informationen und dazugehörige Awareness Cues wurden dazu herausgefiltert und in ein Framework übertragen.

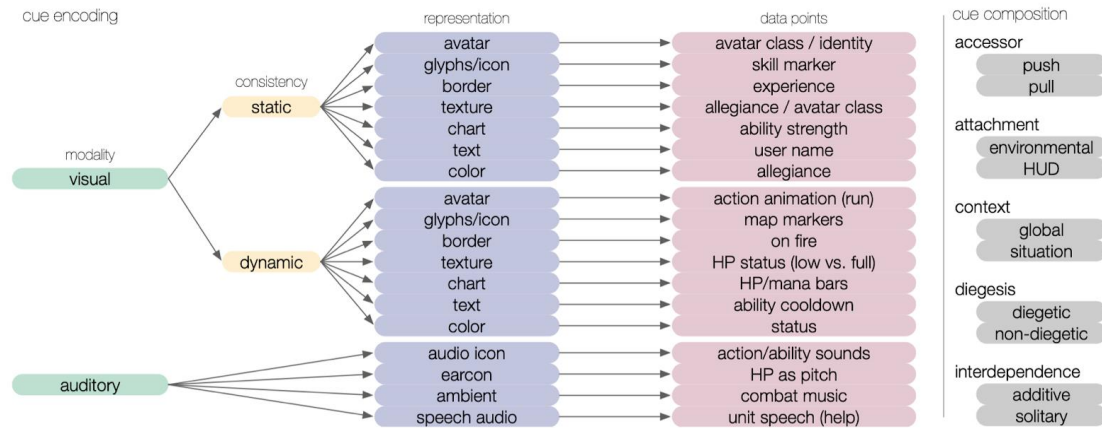


Figure 4. A thematic tree describing the framework for awareness cues in multiplayer games. See Table 1 below for an application to example cues.

Abbildung 1: Beschreibung der Awareness Cues in Multiplayer-Spielen in Baumstruktur

2.3.1 Cue-Encoding

Das Cue-Encoding beschreibt, wie Game Designer in Videospielen die stimulierenden Informationen den Spielern zur Verfügung stellen. Das Cue-Encoding ist in die Designdimensionen Modality, Consistency und Representation unterteilt.

Modality

Die Modalität beschreibt, in welchen der zwei großen sensorischen Informationskanäle ein Awareness Cue eingeteilt ist. Awareness Cues in Multiplayer-Spielen können entweder visuell oder auditiv aufbereitet werden.

Consistency

Die Konsistenz beschreibt, ob ein visueller Awareness Cue sich im Laufe des Spielgeschehens dynamisch verändert oder statisch bleibt. Beispielsweise sind die Usernamen statische Awareness Cues, hingegen ein Lebensbalken dynamisch, da sich dieser im Laufe des Spiels ändern kann.

Representation

Die Repräsentation unterteilt sich verschiedene Darstellungsformen:

- **Avatar:** z.B. Animation am Avatar
- **Glyphs:** z.B. Dreieck auf einer Mini-Map, welches Position und Blickrichtung anzeigt
- **Icon:** z.B. Zielpunkt
- **Border:** z.B. Umrandung von Spieler-Icons mit gleicher Farbe eines Teams
- **Textures** z.B. Darstellung einer Bilddatei auf einem Objekt
- **Chart:** z.B. Energiebalken
- **Text** z.B. Beschreibungen auf einem Button
- **Color** z.B. Farbigkeit des UI

2.3.2 Cue Composition

Die Cue Composition beschreibt, wie ein Awareness Cue für die Spielerfahrung in die Spielumgebung eingebaut werden kann.

Cue Accessor

Spieler sind in der Lage, sich Awareness Cues entweder mittels Interaktion abzurufen (Pull) oder werden vom Game-Design automatisch für den Nutzer angezeigt (Push).

Cue Context

Informationen können über den gesamten Spielverlauf oder innerhalb von Spielrunden zu jeder Zeit abrufbar sein. Alternativ hängen die Informationen mit dem Aufkommen bestimmter Situationen z.B. Events zusammen. Die Awareness Cues können entweder als global (z.B. Teamlisten, Leaderboard, etc.) oder vor oder nach einem Event (z.B. Spieler 1 hat Spieler 2 getötet) zur Verfügung stehen.

Cue Diegesis

Die Cue Diegesis beschreibt, ob ein Awareness Cue in die narrative Umgebung eingebaut ist und ob die Charaktere und Objekte im Spiel diese wahrnehmen. Beispielsweise gehört die Sprache von Non-Player-Characters (NPCs) dazu. Wenn ein Spieler bei NPC von einem Gegner beispielsweise gelähmt wurde, bewegt sich die Spielerfigur nicht mehr; Dies ist ein Diegetic Cue. Sind Awareness Cues nur im Interface eingebaut und nicht für die Charaktere im Spiel sichtbar, so spricht man von Non-diegetic Cues.

Cue Interdependence

Die Cue Interdependence beschreibt, ob ein Awareness Cue unabhängig von anderen Awareness Cues vom Spieler richtig interpretiert werden kann und somit selbsterklärend ist (solitary). Auch zeigt es auf, ob dieser Awareness Cue mit anderen Awareness Cues verbunden ist und nur in Kombination mit den anderen Awareness Cues richtig interpretiert werden kann (additive).

Cue Attachment

Awareness Cues können entweder im Benutzerbildschirm mit einer fixen Position zu finden sein (Head-Up-Display (HUD)) oder in die Umgebung eingebaut werden (environmental).

2.4 Awareness zwischen VR-Nutzer und Observer

Ein VR-System muss eine große Bandbreite des Engagements abdecken. Beobachtende Teilnehmer profitieren von einer räumlichen Darstellung der virtuellen Welt. Diesbezüglich wird nun das Paper ShareVR: Enabling Co-Located Experiences for Virtual Reality between HMD and Non-HMD Users vorgestellt (Gugenheimer, Stemasov, Frommel, & Rukzio, 2017).

Die Meisten VR Systeme konzentrieren sich hauptsächlich auf den Benutzer des HMDs. Dabei würden Observer von einer räumlichen Darstellung der virtuellen Welt profitieren. Außerdem sollte es möglich sein eine MR-Darstellung der Interaktion zu verwenden, die kein HMD benötigt. Damit könnte der Observer, der das System nur kurz verwenden möchte, dies ohne das Aufsetzen einer VR-Brille tun. Daher liegt der Fokus dieser Arbeit auf der Einbeziehung eines Observers in die VR-Erfahrung.

In Vorbereitung auf die Entwicklung von ShareVR wurde eine Onlineumfrage durchgeführt. Das Thema dieser Umfrage war das Konzept der asymmetrischen Interaktion. Durchgeführt wurde sie, indem der Link zu der Umfrage in Foren, wie z.B. Reddit und Maillisten von Early-Adoptern gepostet wurde. Teilgenommen haben 48 Personen, von denen 46 männlich waren. Die Ergebnisse zeigen dabei mehrere interessante Dinge, die sich auf die Entwicklung der des Systems auswirkten. Basierend auf den Aussagen der Teilnehmer besteht der Wunsch, den HMD-Nutzer zu beeinflussen, ohne dabei selbst eine VR-Brille zu tragen. Dabei sollte die Hauptinteraktionsform zwischen den beiden Benutzern die Sprache sein. Außerdem fiel auf, dass derzeit lieber mit einer traditionellen Konsole gespielt wird, wenn Aktivitäten mit Freunden geplant sind. Allerdings wurde klar, dass öfter mit VR gespielt werden würde, wenn es eine bessere Möglichkeit der Interaktion

zwischen HMD-Nutzer und Observer gäbe. Dabei wird ein asymmetrischer Ansatz bevorzugt, allerdings sollte dieser an das jeweilige Spiel angepasst sein.

Auf Basis dieser Umfrage wurde das zu entwickelnde System ShareVR konzipiert. Es wurde ein Proof-of-Concept-Prototyp erstellt, der aus einer HTC Vive, zwei Projektoren, einem TV und einem 7-Zoll-Display an einem HTC-Vive-Controller besteht. Das Hauptaugenmerk lag hierbei auf der Interaktion und Visualisierung für den Non-HMD-Nutzer. Zunächst wird die Interaktion und anschließend die Visualisierung betrachtet. Bei der Interaktion war es wichtig, dass der Non-HMD-Benutzer getrackt wird. Hierfür wurde ein HTC Vive Controller verwendet. Außerdem wurde sich überlegt physische Requisiten an dem Controller anzubringen und somit eine Interaktion mit haptischem Feedback zu ermöglichen. Als Letztes wurde, auf Basis der Onlineumfrage festgelegt, dass keine Kopfhörer verwendet werden sollten. Für die Visualisierung wurde festgelegt, dass für den Observer und den Zuschauer auf dem Sofa designt werden soll. Das 7-Zoll-Display dient hierbei als ein Fenster in die virtuelle Welt, durch das der Observer in die virtuelle Welt blicken kann. Dieses Display musste allerdings aus Latenzgründen mit einem HDMI-Kabel verbunden werden, da eine drahtlose Variante ein zu großes Delay erzeugt hatte. Für die räumliche Darstellung wurden zwei synchronisierte Projektoren verwendet, die auf den Boden strahlen. Durch die Verwendung von mehr als einem Projektor kann mögliches Verdecken von Dingen und Schattenwurf verhindert werden. Das Letzte, was der Szenerie hinzugefügt worden ist, ist ein TV, welcher die Sicht des HMD-Nutzers zeigt.

ShareVR wurde mit Unity und dem SteamVR Plugin entwickelt. Zusätzlich wurde das Plugin NewtonVR von Tomorrow Today Labs als eine weitere Ebene über SteamVR für physische Interaktion. Um die zwei Projektoren auszurichten wurde zunächst während der Entwicklung mit einem Projektor getestet. Auf Basis dieses Tests wurden dann zwei orthografische Kameras eingerichtet, die den Spielbereich auf dem Boden darstellen.

In den Ergebnissen der Benutzerstudie zeigte sich, dass bei dem GEQ Fragebogen herauskam, dass sowohl der HMD-Nutzer als auch der Observer im Kontext des ShareVR eine höhere Experience empfunden wurde, als im Kontext der Baseline. Bei dem Behavioural Involvement des GEQ Fragebogens kam hingegen raus, dass der Mittelwert bei sowohl ShareVR als auch Baseline sehr ähnlich. Der System-Usability-Scale-(SUS-)Fragebogen zeige einen ähnlichen Effekt, wie bei der Experience, nur eben für die Presence. Die Gesamtberechnung der Ergebnisse wurde aufgeteilt auf die drei Bereiche: Vergnügen, Presence und die soziale Interaktion. Hier zeigte sich, dass in allen Bereichen die Baseline niedrigere Werte, als ShareVR erreicht hatte. Besonders auffällig war dies bei dem Observer.

Insgesamt kann gesagt werden, dass dieses Paper eine Grundlage für das Prinzip der Interaktion zwischen VR-Nutzer und Observer bietet. Anhand der entwickelten Theorien kann eine Umgebung erschaffen werden, die die Interaktion zwischen einem VR-Nutzer und einem Observer unterstützt und benötigt.

2.5 Recognition: Gaze als Awareness Cue

Wenn in der virtuellen Umgebung interagiert wird, bieten Awareness Cues die Möglichkeit dem VR-Nutzer zu suggerieren, welche Aktivität aktuell vom Kollaborationspartner in der VR durchgeführt wird.

Erickson et al. haben 2020 eine Studie veröffentlicht, die untersuchte, welche Darstellungsform des Gaze beim Kollaborationspartner sinnvoll ist um seine Blickrichtung repräsentieren. Dazu haben sie zwei Experimente durchgeführt. Beim ersten Experiment haben sie zwei Formen von Gaze Visualisierung verglichen. Dazu zählen der verkürzte Raycast und eine Cursor Visualisierung. Im Experiment hat ein simulierter Interaktionspartner auf eine aus 8 simulierten Personen bestehende Menschenmenge geblickt. 23 Probanden mussten im Experiment erraten auf welche Person in der sich bewegenden Menschenmenge der Kollaborationspartner geblickt hat.

Das Ergebnis zeigt, dass die Verwendung des Cursors einen starken negativen Effekt hatte, wenn bestimmt werden sollte, inwieweit der simulierte Kollaborationspartner in die Tiefe blickte. Allgemein waren die Ergebnisse mit dem Cursor ungenauer, als bei der Verwendung des verkürzten Raycasts.

Das zweite Experiment verglich die subjektive wahrgenommene Performance mit Cursor, verkürztem Raycast, Infinity Raycast und einem Raycast mit einem Cursor am Ende. Die Probanden bewerteten die Nutzung eines Raycasts mit einem Cursor am Ende am positivsten (Erickson, et al., 2020).

Um Anzuzeigen wohin ein CR-Nutzer schaut, sollte somit nach der Studie ein zur Darstellung Raycast präferiert werden. Optimal einer, welcher am Ende über einen Cursor verfügt. Die Experimente wurde in einer AR Umgebung mit der Microsoft HoloLens1 durchgeführt. Die HoloLens hat mit 1268 x 720 Pixeln ein, im Verhältnis zur Valve Index mit 1.440 x 1.600 Pixeln deutlich kleinere Sichtfeld. Die Ergebnisse der Studie sind aufgrund der unterschiedlichen Darstellungsform nur bedingt übertragbar.

2.6 Recognition: Nutzung von Avatar-Repräsentation und Interaktionsobjekten um Awareness Cues zu erzeugen

Um darzustellen, wie ein entfernter Kollaborationspartner handelt, haben die Forscher des Korea Advanced Institute of Science and Technology kindliche Avatare designt, welche die Bewegungen des Kollaborationspartners nachempfanden, wobei die Software aufgrund des Raumlays der unterschiedlichen Umgebungen ihre Position transferierte.

Die Avatare konnten sich in der Welt bewegen und auf Objekte und Positionen zeigen. Durch das Zeigen wurden entsprechende Awareness Cues zu einer Tätigkeit geben. Auch ein Interaktionsobjekt gab dabei Awareness Cues ab. Interaktionsobjekte sind Objekte, welche sich in beiden Räumen befanden. Falls ihre Form und Größe variierten, konnten die Probanden in der Studie mit beiden Objekten interagieren. Das Objekt veränderte sich in der Virtualität entsprechend der Veränderungen, die der Kollaborationspartner und der Nutzer durchführten.

Die Kollaboration wurde von den Probanden als unterhaltsam empfunden. Durch das Gefühl der sozialen Präsenz, gaben die Probanden an die Aufgaben konzentrierter ausführen zu können (Yoon, Yan, Chung, & Lee, 2021).

3 Analyse

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse aus dem 2. Abschnitt, Stand der Technik, analysiert und auf der Grundlage eines ausgewählten Szenarios auf Fragestellungen zu notwendigen Informationen für die Awareness Cues eingegangen. Im ersten Schritt wird das Szenario definiert und die notwendigen Informationen zusammengetragen. Darauf aufbauend werden eine Reihe von möglichen Awareness Cues definiert und kurz beschrieben.

Verwendete Hardware

Es wurde entschieden für die Umsetzung der Anwendung die Valve Index mit Knuckle Controllern zu verwenden. Die nachfolgende Analyse zeigt auf, wieso dieses HMD verwendet wurde.

Der Valve Index ist ein High-End-HMD. Sie zählt zu den HMDs die direkt mit der SteamVR-Plattform kompatibel sind. Die Valve Index verwendet eine verbesserte Version des Lighthouse-Tracking-Systems, dessen Ursprungsversion bei der HTC Vive verwendet wurde. Durch dieses Tracking-System ist ein Ganzkörpertracking möglich. Es verfügt über ein 120 Hz-Display mit einer Option bis zu 144 Hz, um eine realistische VR sogar bei Kopfbewegungen zu erzeugen (Robertrson, 2019).

Zu der Valve Index gehören die Knuckle-Controller. Diese können alle fünf Finger tracken, eine hohe Immersion ermöglichen könnte. Sie bieten ein rudimentäres haptisches Feedback. Die Controller von Windows sind deutlich schwerer, gröber und schwergängiger (Robertrson, 2019).

Im Gegensatz zur Valve Index bietet zum Beispiel die Oculus Rift (Oculus VR, Inc., 2016) zwar auch eine Kopplungsmöglichkeit mit Steam VR, aber die Valve Index könnte durch die direkte Entwicklung für dieses System eine bessere Leistung liefern. Außerdem könnte die Kompatibilität der Knuckle-Controller mit der Valve Index besser sein, als mit der Oculus Rift.

Die HoloLens 2 (Microsoft, 2019) wiegt mit 566 Gramm sehr viel. Das erhöhte Gewicht ist besonders anstrengend für eine ältere Zielgruppe und verschlechtert den Tragekomfort und damit die Mobilität. Die HoloLens 2 verfügt nicht über einen Dioptrienausgleich. Die Magic Leap One (Magic Leap, 2018) ist etwas leichter, mit 316 Gramm und ermöglicht damit eine höhere Bewegungsfreiheit. Außerdem wäre die Magic Leap One für Brillenträger geeignet und ermöglicht einen Dioptrienausgleich.

Eine weitere Alternative bildet die Varjo XR-1 bzw. die neuere Version Varjo XR-3 (Varjo, 2020). Die Varjo benötigt eine konstante Stromzufuhr über eine Kabelanbindung. Da sich der Nutzer so nicht frei in der Umgebung bewegen kann, ergibt sich ein großer Nachteil.

Da in der Konzeption entschieden wurde, dass das System für eine Kombination von VR und Non-VR implementiert werden soll, wurde sich für das Valve HMD entschieden.

3.1 Szenario

Für das Projekt standen die folgenden möglichen Szenarien zur Auswahl:

- Feuerwehreinsatz
- Labyrinth
- Mission Impossible
- Lieferdienst
- Behördengang

Es wurde sich für das Feuerwehrszenario entschieden, da dieses eine gute Teamkoordination erfordert und ein zeitlicher Aspekt eingebaut werden kann, um so einen gewissen Stressfaktor zu geben. In diesem Szenario geht es darum, in einem Gebäude zu navigieren. Das Gebäude besteht aus verschiedenen Gängen und Räumen. Ziel ist es, die Feuer zu lokalisieren.

Für die Grundfunktionen des Systems werden nur zwei ausführende Personen benötigt. Zum einen den VR-Nutzer, welcher sich in der Umgebung bewegt. Zum anderen eine Person in der realen Umgebung, welche im weiteren Verlauf der Arbeit als "Observer" bezeichnet wird, welcher über eine entsprechende

Interaktionsfläche auf einem Bildschirm verschiedene Anweisungen an den VR-Nutzer gibt. Die Rollen wurden von echten Feuerwehreinsätzen inspiriert, in welchem der VR-Nutzer den Feuerwehrmann darstellt, welcher ins Gebäude geht und die Feuer lokalisiert und löscht, und der Observer, welcher der Einsatzleiter ist, der mithilfe eines Bauplans des Gebäudes die Einsatzkräfte koordiniert. Anders als in einem echten Einsatz müssen die Personen im aufgebauten Szenario ohne sprachliche Kommunikation das Ziel erreichen. Der VR-Nutzer navigiert durch das Gebäude, um die Feuerstelle zu finden. Dabei hat der VR-Nutzer einen egozentrischen und damit eingeschränkten Blick über den Zustand des Gebäudes. Zum Beispiel, sieht er nur in nächster Nähe, ob und wo Objekte liegen, sich besondere Gefahrenbereiche befinden und welche Wege versperrt sind. Der Observer muss den VR-Nutzer durch das Gebäude zur Feuerstelle leiten. Dabei besitzt die Person, ähnlich wie in einem Feuerwehreinsatz, nur einen Grundriss des Gebäudes und entsprechende Interaktionsflächen, um bestimmte Hinweise und Anweisungen geben zu können. Für beide Personen stellen sich für das Szenario unterschiedliche Fragestellungen:

Für den VR-Nutzer

- In welche Richtung muss ich gehen?
- Zu welchem Ziel muss ich gehen?
- Wie viel Zeit habe ich noch bzw. wie viel Sauerstoff ist noch im Tank?
- Wie sieht der Fortschritt aus?

Für den Observer

- Wie sieht das Gebäude von innen aus?
- Wo befindet sich der VR-Nutzer?
- In welche Richtung schaut der VR-Nutzer?
- Wie viele Feuer sind im Gebäude?
- Welche Räume wurden schon durchsucht oder müssen noch durchsucht werden?

Anhand dieser Fragestellungen wurden im folgenden Abschnitt die entsprechenden Awareness Cues ermittelt.

3.2 Awareness Cues

Jeder Awareness Cue ist mit einer bestimmten Information verbunden. Diese werden zwischen den beiden beteiligten Personen des Szenarios ausgetauscht und verarbeitet. Aufgrund der aus der Arbeit von Wuertz et al. resultierenden Designdimensionen stellten sich für den Verlauf der Projektarbeit die folgenden Fragestellungen, anhand welcher die Awareness Cues definiert werden:

- Soll die Darstellung der Awareness Cues vom Observer bestimmt werden oder vordefiniert vom System?
- Wie können auditive Awareness Cues eingesetzt werden?
- Werden Awareness Cues nur von dem Observer gesteuert oder können vereinzelte Awareness Cues und die entsprechenden Informationen vom VR-Nutzer (z.B. durch das Drücken eines Buttons) abgerufen werden?
- Welche Informationen können mittels Awareness Cues in der VR-Umgebung eingebettet werden und welche sollten eher im HUD visualisiert werden?
- Welche Awareness Cues sollen konstant sichtbar sein (global) oder situationsabhängig angezeigt werden (situational)?
- Welche Menge an Awareness Cues ist angemessen, um Unsicherheiten zu vermeiden?
- Wie kann man die Position und die Blickrichtung des VR-Nutzers für die Observer darstellen?

- Stellt eine Kollaboration einen Mehrwert gegenüber einer alleinigen Bewältigung der Situation darstellen?

Anhand dieser Fragestellungen und der benötigten Informationen für das ausgewählte Szenario wurden die folgenden Awareness Cues ermittelt. Diese werden in die Kategorien Richtung, Orientierung, Status und Fortschritt eingeteilt und in den folgenden Abschnitten mittels Tabellen angeführt.

3.2.1 Richtung und Orientierung

Die in der folgenden Tabelle angeführten Awareness Cues dienen dem Team zur Orientierung und Richtungsvorgabe für den VR-Nutzer, um durch die Umgebung zu navigieren.

Tabelle 3: Beschreibung der richtungsweisenden Awareness Cues

Nr.	Bezeichnung	Funktion	Umsetzung
1	Richtungspfeile	In welche Richtung muss der VR-Nutzer gehen?	Pfeile im zentralen Sichtfeld des Nutzers, welche für ein paar Sekunden angezeigt werden
2	Richtungslinie	Wie ist der genaue Weg?	farbliche Linie auf dem Boden, durchgezogen oder gestrichelt, die den Weg anzeigt
4	Beacon	Wo im Raum befindet sich das Ziel?	Lichtstrahl, der von überall von der Umgebung aus zu sehen ist
5	Icon	Wo befindet sich das Ziel?	Dreieck oder Raute, welche überall von der Umgebung aus zu sehen ist (auch durch Wände)
6	VR-Nutzer	Wo befindet sich der VR-Nutzer?	Dreieck auf der Minimap mit Position und Blickrichtung
7	Kompass	In welche Himmelsrichtung blickt der VR-Nutzer?	Kompass in einer der unteren Ecken vom VR-Nutzer-HUD
8	Fortgeschrittener Kompass	In welche Himmelsrichtung blickt der VR-Nutzer und wo befindet sich das Ziel?	Linie oder Balken am oberen, mittleren Bildschirmrand, welche mit Buchstaben die Himmelsrichtungen und das Zielobjekt anzeigt und sich je nach Blickrichtung nach links oder rechts bewegen.

3.2.2 Status und Fortschritt

Die folgenden Awareness Cues geben dem Team Informationen über den Statuszustand verschiedener Faktoren, die zur Zielerfüllung notwendig sind und Aufschluss über den Fortschritt bis zur Zielerfüllung selbst. Die Tabelle zählt die Awareness Cues auf, ordnet ihnen Bezeichnungen zu, beschreibt ihre Funktion und ihre Umsetzung.

Tabelle 4: Beschreibung der Awareness Cues zur Informationsweitergabe

Nr.	Bezeichnung	Funktion	Umsetzung
-----	-------------	----------	-----------

1	Sauerstoffanzeige	Wie viel Sauerstoff ist im Tank?	Ein farbiger Balken, welcher kontinuierlich kleiner wird
2	Sauerstoffanzeige Text	Was bedeutet die Anzeige?	Text mit "Sauerstoffanzeige" in der Nähe der Sauerstoffanzeige
3	Sauerstoffanzeige Meldung	Wann wird mein Sauerstoff knapp?	Texteinblendung, dass der Sauerstoff bei x% liegt
4	Raumanzeige	Wie viele Räume wurden durchsucht?	Anzeige "Räume durchsucht / Gesamtanzahl Räume
5	Raumnummer	Welche Räume wurden durchsucht?	Kleine Kreise mit Nummern auf der Minimap für alle Räume + Nummern auf Interaktionsfläche zum Abhaken
6	Wasseranzeige	Wie viel Wasser ist im Tank?	Ein farbiger Balken, welcher nach Finden eines Feuers kleiner wird
7	Wasseranzeige Text	Was bedeutet die Anzeige?	Text mit "Wasser" in der Nähe der Wasseranzeige

3.2.3 Audio Cues

Die nachfolgenden Beschreibungen zur Visualisierung von den zuvor angeführten Awareness Cues die sich auf die Richtung und den Fortschritt der Zielerfüllung bezogen. Die Tabelle zählt die Visualisierungen auf und beschreibt ihre Funktionalität in Bezug zu ihrer Bezeichnung.

Tabelle 5: Beschreibung der auditiven Awareness Cues

Nr.	Bezeichnung	Umsetzung und Teilfunktion
1	Beacon Sound	Hinweis, der auditiv vermittelt, in welcher Entfernung das Ziel liegt
2	Teleport Sound	Hinweis, dass sich die VR-Person bewegt
3	Progress Sound	Hinweis, dass ein Feuer gefunden wurde
4	Finish Sound	Hinweis, dass die Aufgabe abgeschlossen wurde
5	Environment	Umgebungsgeräusche
6	Fire Sound	Feuergeräusche, wenn VR-Person in der Nähe eines Feuers ist
7	Icon Set Sound	Hinweis, dass Observer einen neuen Zielpunkt gesetzt hat

4 Konzeption

Im folgenden Kapitel werden auf der Grundlage der Analyse die Awareness Cues in ersten grafischen Entwürfen aufgeführt. Zuerst werden die für das Projekt wichtigsten Awareness Cues aus der Analyse herausgefiltert und mithilfe der Designdimensionen definiert. Im nächsten Schritt werden erste grafische Entwürfe mit Erklärungen gezeigt.

4.1 Awareness Cues

In der Analyse zu den Awareness Cues ergab sich eine hohe Anzahl von Hinweisreizen und Informationen, welche für die entsprechende maximal verfügbare Arbeitszeit im Projekt gekürzt werden musste. Dazu wurden Vorüberlegungen darüber getroffen, welche Awareness Cues für die Bearbeitung der Aufgabe im Szenario essenziell sind, damit die teilnehmenden Personen das vorgegebene Ziel erreichen können. Zum einen ist das Geben von Richtungsanweisungen eine zentrale Aufgabe des Observers. Ohne diese kann der VR-Nutzer nicht sicher oder schnell durch die Umgebung gelangen und damit die Ziele nicht zuverlässig erreichen. Zum anderen müssen beide Personen zu jedem Zeitpunkt wissen, wie der Status der Aufgabe ist. Somit fallen unter den wichtigen Awareness Cues die über den Fortschritt und Status der Kategorie. Hinweise zur Wassermenge wurden für das Szenario als zweitrangig eingestuft, da diese nur ein zusätzliches Gameplay-Element bieten und für den Grundaufbau nur als Ergänzung gesehen werden. Dementsprechend fallen die Texte zu den Anzeigen weg, da bereits die Sauerstoffanzeige umgesetzt wird und die Menge des verbleibenden Sauerstoffes im Szenario eindeutig beschrieben werden kann. Da durch den Einsatz eines HMD der Fokus auf den visuellen Awareness Cues liegt, fallen die auditiven Awareness Cues in die Nice-To-Have Kategorie. Während der technischen Implementierung wurde entschieden, dass für das Szenario die Feuer für den Observer auf seiner Minimap angezeigt werden sollen, um das Finden dieser zu erleichtern und dem Observer eine klarer definierte Aufgabe zu geben.

In der folgenden Tabelle werden anhand dieser Vorüberlegungen die für das Projekt wichtigsten Awareness Cues aufgelistet und entsprechend der Designdimensionen definiert.

Tabelle 6: Zuordnung der Awareness Cues Teil 1

Awareness Cue	Welcher Nutzer?	Modality	Consistency	Representation
Richtungspfeile	VR-Nutzer	Visual	Dynamic	Icon
Richtungslinie	VR-Nutzer	Visual	Dynamic	Texture
Kompass 1	VR-Nutzer	Visual	Dynamic	Icon
Kompass 2	VR-Nutzer	Visual	Dynamic	Chart
Icon	VR-Nutzer	Visual	Dynamic	Icon
Beacon	VR-Nutzer	Visual	Dynamic	Glyph
VR-Nutzer	Observer	Visual	Dynamic	Glyph
Raumnummern	Observer	Visual	Dynamic	Icon
Feuer	Observer	Visual	Dynamic	Icon
Fortschrittsanzeige	VR-Nutzer	Visual	Dynamic	Text
Sauerstoffanzeige	VR-Nutzer	Visual	Dynamic	Chart

Tabelle 7: Zuordnung der Awareness Cues Teil 2

Awareness Cue	Accessor	Diegesis	Context	Attachment	Interdependence
Richtungspfeile	Push	Non-Diegetic	Situational	HUD	Solitary
Richtungslinie	Push	Non-Diegetic	Situational	Environmental	Solitary
Kompass 1	Push	Non-Diegetic	Global	HUD	Solitary
Kompass 2	Push	Non-Diegetic	Global	HUD	Solitary
Icon	Push	Non-Diegetic	Situational	HUD	Solitary
Beacon	Push	Non-Diegetic	Situational	Environmental	Solitary
Raumnummern	Push	Non-Diegetic	Global	HUD	Solitary
Feuer	Push	Non-Diegetic	Global	HUD	Solitary
Fortschrittsanzeige	Push	Non-Diegetic	Global	HUD	Solitary
Sauerstoffanzeige	Push	Non-Diegetic	Global	HUD	Solitary

4.2 Entwürfe

Um während der Implementierung der Awareness Cues klare Vorgaben als Referenz nutzen zu können, wurden Entwürfe mithilfe einer vorgerenderten Ansicht des VR-Nutzers erstellt und in einem Bildbearbeitungsprogramm durch die möglichen Darstellungsformen der Awareness Cues und des Observer-Panels erweitert. In den Entwürfen werden, mit entsprechend gekennzeichneten Ausnahmen, jeweils das FOV des Observers (links) und das FOV des VR-Nutzers (rechts) angezeigt.

4.2.1 Richtung und Orientierung

Die größte Herausforderung bei einer Kollaboration in der Virtualität ist eine konstruktive Übermittlung der Richtung, in der sich ein Ziel befindet. Variablen, wie die Blickrichtung des VR-Nutzers, die Position des VR-Nutzers im Raum, das Raumlayout, Hindernisse, ein eingeschränktes FOV und die Positionierung im Verhältnis zu globalen Richtungsmerkmalen, wie den Himmelsrichtungen haben einen Einfluss auf die Wahrnehmung einer Wegbeschreibung. Den Weg für eine andere Person konstruktiv zu beschreiben erfordert grundlegend andere kognitive Prozesse und Strategien als selbst zu einem Ziel gehen. Der beschreibende Observer greift verstärkt auf Erinnerungsressourcen und grafenbasierte Strukturen zurück. Zudem wird beim sprachlichen Ausdruck mit einbezogen, was für den Adressaten, also den VR-Nutzer als verständlich gelten könnte (Hölscher, Tenbrink, & Wiener, 2011).

Der Observer hat die Aufgabe, den VR-Nutzer durch das Szenario zu leiten und Kommunikation über die Richtung, in die der VR-Nutzer laut Observer gehen soll, ist aufgrund der beschriebenen Variablen sehr komplex.

Richtungspfeile

Für den Observer stehen die Pfeile mit den möglichen Richtungsanweisungen als klickbare Icons in der Form eines grünen Pfeils zur Verfügung. Dem VR-Nutzer wird der jeweils angeklickte Pfeil in der Mitte seines Sichtfeldes angezeigt.

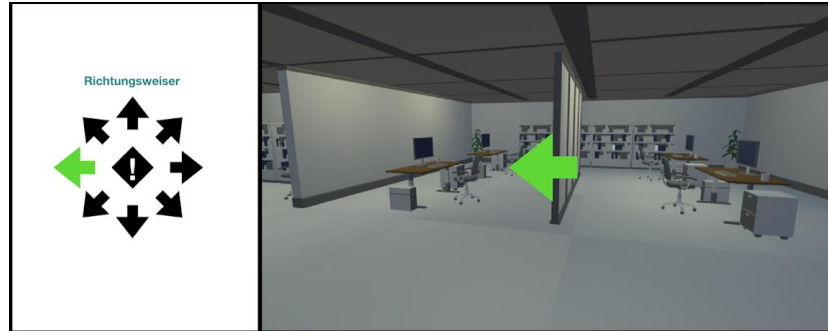


Abbildung 2: Konzeptionelle Observer- und VR-Nutzer-Ansicht des Richtungspeils

Kompass

Für den Kompass gibt es zwei mögliche Darstellungsformen. Zum einen wird ein Kompass in der linken unteren Bildschirmcke immer angezeigt, der sich je nach Blickrichtung des VR-Nutzers dreht (linke Seite der Abbildung). Zum anderen gibt es die Darstellung des Kompasses als Balken, welcher angelehnt aus dem Spiel "The Elder Scrolls: Skyrim" konzipiert wurde. Auf diesem Balken sind jeweils die Himmelsrichtungen mit entsprechenden Buchstaben sowie das Icon zum Ziel zu sehen und je nach Blickrichtung schieben sich diese Markierungen nach links oder rechts auf dem Balken. Blickt der VR-Nutzer beispielsweise direkt nach Norden, würde das "N" genau in der Mitte des Balkens liegen (rechte Seite der Abbildung).

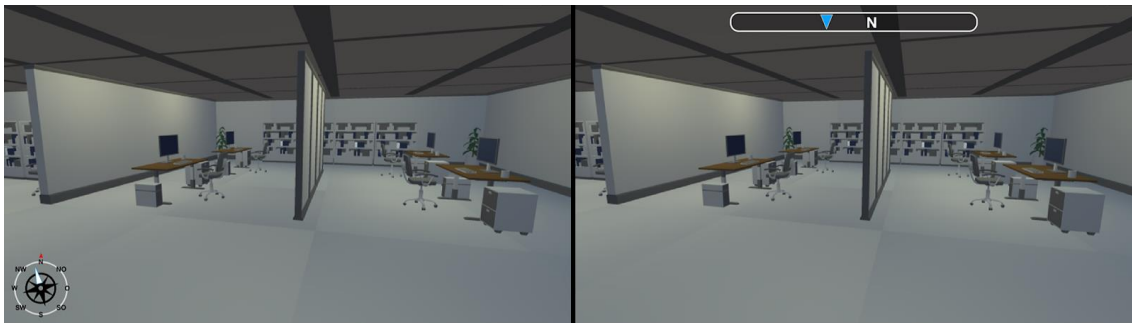


Abbildung 3: Konzeptionelle VR-Nutzer-Ansicht zweier Kompassmöglichkeiten

Richtungslinie

Der Observer kann auf einer Minimap mithilfe des Geräteentsprechenden Eingabegerätes eine Linie zeichnen. Die Linie wird für den VR-Nutzer auf dem Boden in der Umgebung sichtbar. Die Richtungslinie dient als Awareness Cue und zeigt den genauen Weg zum Ziel an.

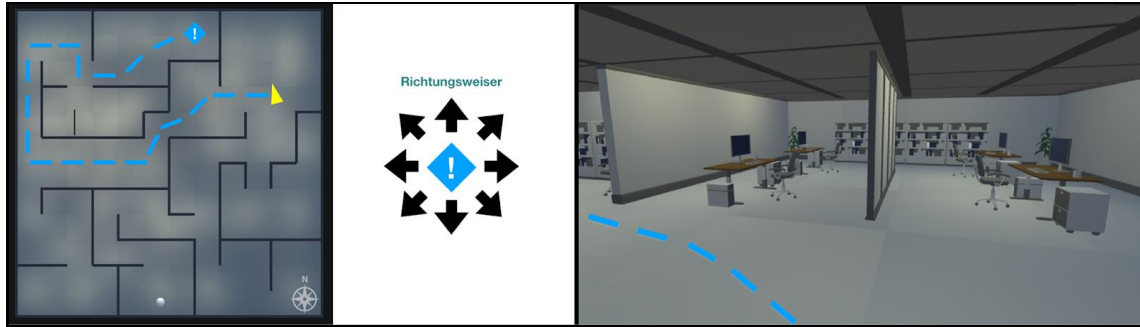


Abbildung 4: Konzeptionelle Observer- und VR-Nutzer-Ansicht der Richtungslinie

Icon

Der Observer kann auf einer Minimap einen Zielpunkt festlegen. Der Zielpunkt wird dem VR-Nutzer als ein Icon angezeigt. Das Icon ist blau, rautenförmig und enthält ein Ausrufungszeichen. Dieses Icon kann durch Wände hindurch graduell transparenter wahrgenommen werden.

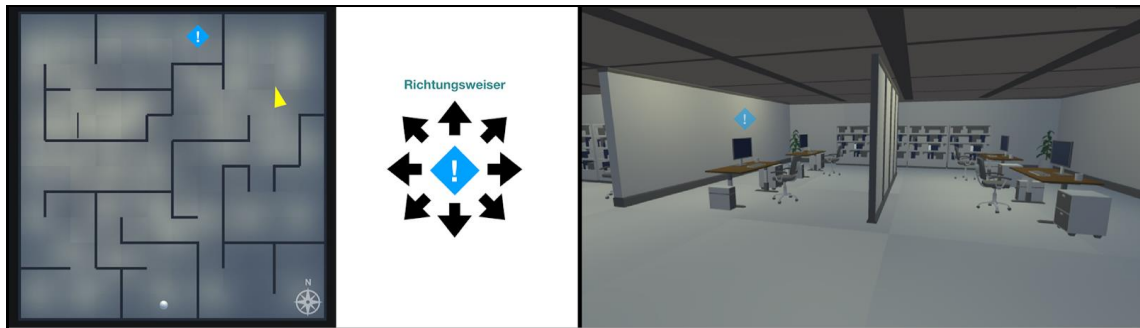


Abbildung 5: Konzeptionelle Observer- und VR-Nutzer-Ansicht des Icons

Beacon

Der Observer kann beim Festlegen des Zieles einen Beacon erscheinen lassen. Bei der Visualisierung des Beacon handelt es sich um eine Lichtsäule, die den exakten Zielpunkt anzeigt.



Abbildung 6: Konzeptionelle VR-Nutzer-Ansicht des Beacons

VR-Nutzer

Für den Observer wird der VR-Nutzer mittels gleichschenkligen spitzen Dreiecks dargestellt. Da es spitz zuläuft erfüllt es die Funktion eines Richtungsanzeigers. Somit kann nicht nur die Position, sondern auch die Blickrichtung des VR-Nutzers angezeigt.

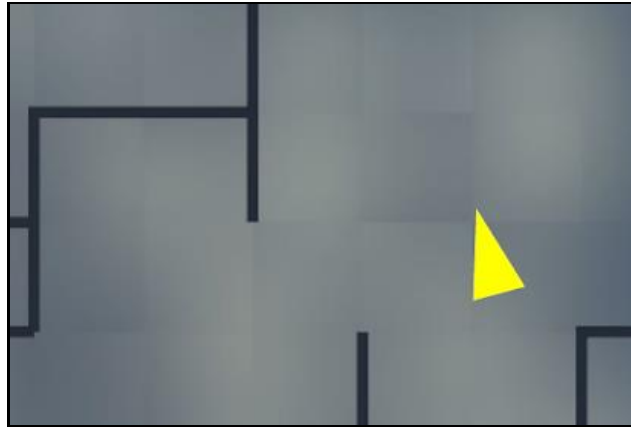


Abbildung 7: Konzeptionelle Darstellung des VR-Nutzers auf der Minimap

4.2.2 Fortschritt und Status

Manuelle Einstellung

Der Observer kann mittels Schaltflächen die Anzahl der durchsuchten Räume sowie die der gefundenen Feuer manuell erhöhen oder verringern.

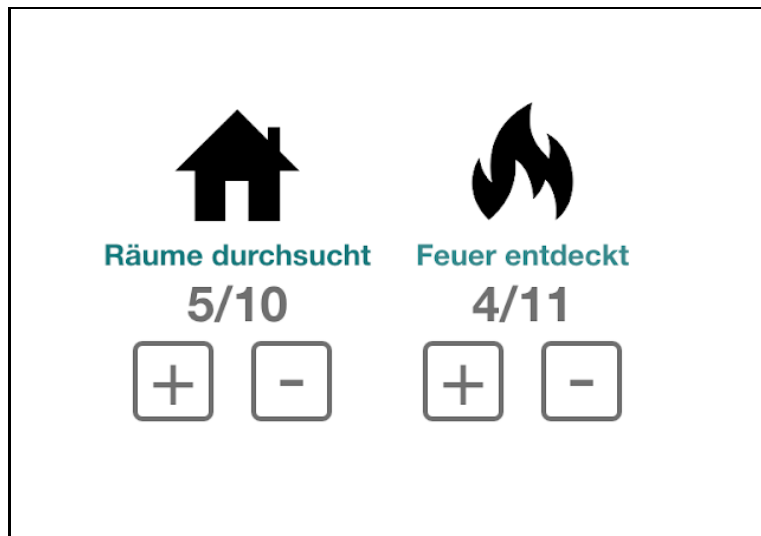


Abbildung 8: Konzeptionelle Ansicht der Manuellen Einstellungsmöglichkeiten des Observers

Raumnummern

Für den Observer werden auf der Minimap den Räumen Nummern zugewiesen. Über das Panel kann der Observer mittels Buttons anklicken, welche Räume der VR-Nutzer bereits besucht hat. Diese werden farblich markiert.

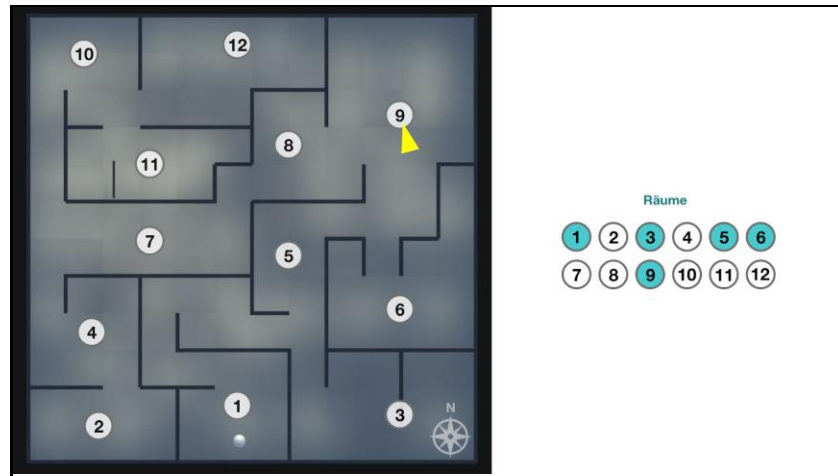


Abbildung 9: Konzeptionelle Ansicht der Raumnummern für den Observer

Feuer

Für den Observer werden auf der Minimap die Feuer angezeigt, welche der VR-Nutzer finden muss.

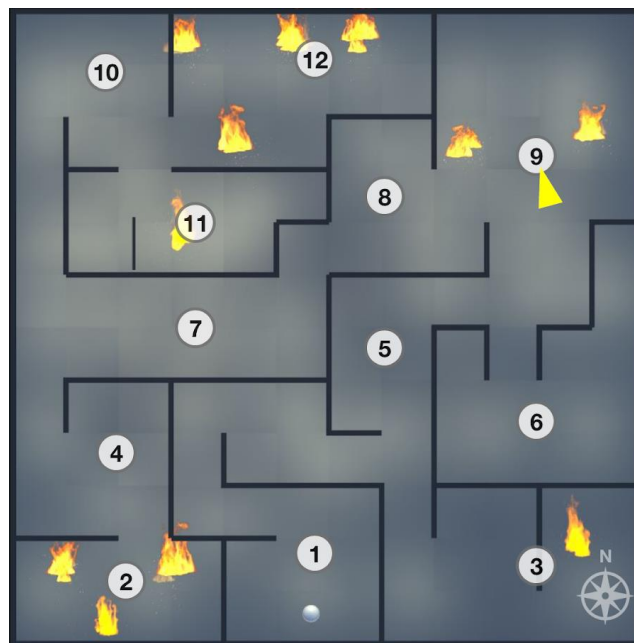


Abbildung 10: Konzeptionelle Ansicht der Feuer auf der Minimap

Fortschrittsanzeige

Um den VR-Nutzer nicht zu überfordern, wird diesem lediglich ein Text angezeigt, welcher den aktuellen Fortschritt der Aufgabe anzeigt. Durch diese Anzeige weiß der VR-Nutzer wie viele Aufgaben noch vor ihm liegen und er kann so seine Energien und sein Tempo regulieren.



Abbildung 11: Konzeptionelle Ansicht des Fortschritts für den VR-Nutzer

Sauerstoffanzeige

Der Observer kann zu jedem Zeitpunkt die aktuelle Sauerstoffanzeige dem VR-Nutzer im HUD anzeigen lassen. Für den Observer ist diese Anzeige im Panel immer sichtbar.



Abbildung 12: Konzeptionelle Observer- und VR-Nutzer-Ansicht der Sauerstoffanzeige

4.2.3 Zusammenfassung

Die oben angeführten Entwürfe dienen als Referenz für die Implementierung. An diese wurden sich auch für die weitere Vorgehensweise in der Implementierung orientiert. Die folgende Abbildung zeigt eine mögliche kombinierte Darstellung der oben angeführten Awareness Cues für den Observer und VR-Nutzer.

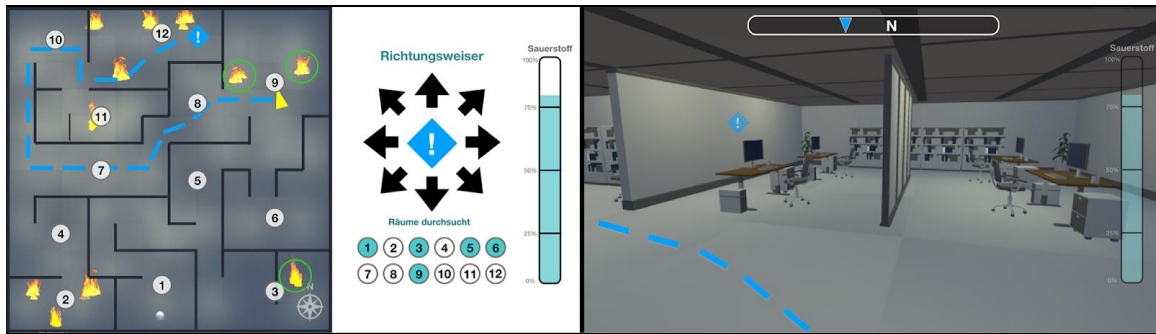


Abbildung 13: Konzeptionelle Observer- und VR-Nutzer-Ansicht mit vielen Cues

5 Implementierung

In diesem Kapitel wird die Implementierung beschrieben. Dafür wird zunächst die Entwicklungsumgebung und die Umsetzung der ausgewählten Awareness Cues erläutert. Außerdem werden Herausforderungen dargestellt, die während der Implementierung auftraten.

5.1 Entwicklungsumgebung

Zur Umsetzung des Projektes wird die kostenlose Spiele-Engine Unity3D (Unity Technologies, 2021) verwendet. Hiermit wird eine Szene für das in der Analyse ausgewählte Feuerwehr Szenario erstellt. In dieser Szene befinden sich alle Gameobjects. Durch die hierarchische Unterteilung findet eine Trennung zwischen dem Spieler, der VR-Umgebung und den Awareness Cues in den einzelnen Gameobjects statt.

Um das Bürogebäude als VR-Umgebung zu modellieren, wurde das kostenlose Asset Snaps Prototype Office (Asset Store Originals, 2020) aus dem Asset Store verwendet. Dieses bietet fertige Modelle (Prefabs) für Stühle, Tische, Wände, Böden und Ähnliches an. Die Prefabs können dann in Unity3D nach eigenen Vorstellungen kombiniert und zusammengesetzt werden. Das ermöglicht die Umsetzung des Labyrinth-Charakters in diesem Projekt. Weiterhin werden Feuervisualisierungen aus dem Unity Particle Pack (Unity Technologies, 2021) an unterschiedliche Stellen des Gebäudes platziert.

Mithilfe von dem SteamVR Unity Plugin ist es möglich, einen VR-Spieler zu erstellen. Das Plugin verbindet sich mit dem Valve Index HMD und den Knuckle Controllern und bietet Möglichkeiten zur Fortbewegung des Spielers. Für dieses Projekt wurde die Fortbewegung als Teleportation umgesetzt. Dafür wird auf den Boden des Bürogebäudes eine unsichtbare Teleportations-Plane gelegt, was es dem Spieler mit den Knuckle Controllern ermöglicht, durch das Gebäude zu navigieren.

Die 2D-Ansicht des Observers wird durch eine zweite Kamera umgesetzt, die von oben auf das Bürogebäude zeigt und dieses orthografisch rendert. Mit einer sogenannten Culling-Mask werden außerdem nur Wände, Boden und Feuer gerendert, was eine simplere Minimap-Ansicht erzeugt. Weiterhin wird neben die Minimap ein Canvas mit unterschiedlichen Interaktionselementen platziert, um die verschiedenen Awareness Cues via Mausclick aktivieren oder deaktivieren zu können.

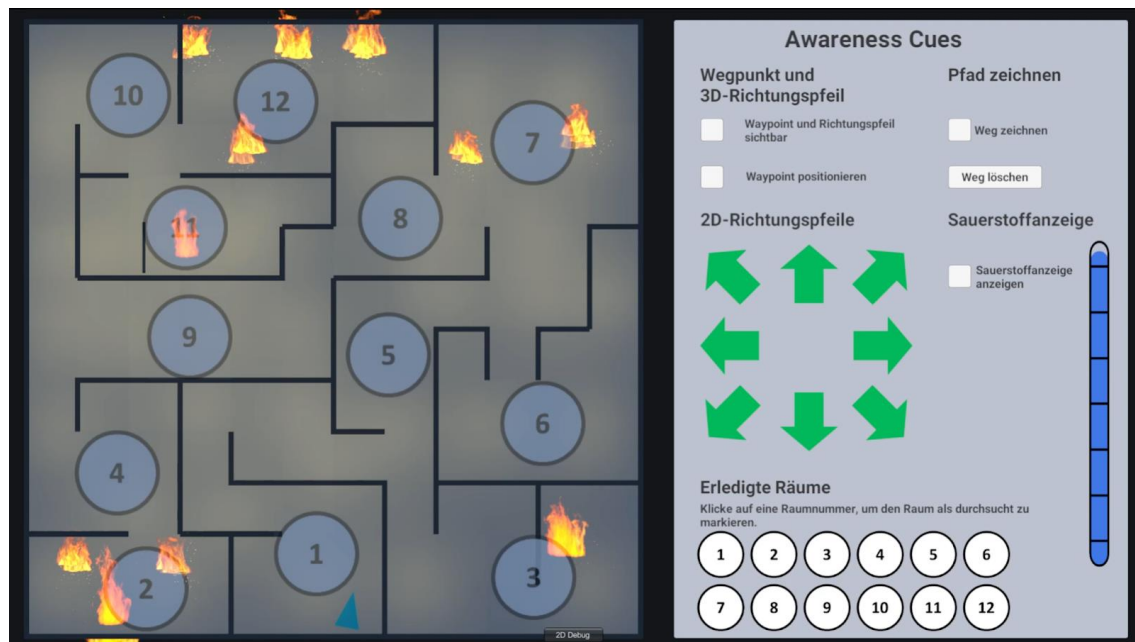
5.2 Multiplayer

Laut verschiedener Unity3D-Entwickler gibt es diverse Möglichkeiten, um eine Multiplayer-Funktionalität umzusetzen (Unity Blog, 2020). Die Entscheidung aus den verschiedenen Lösungsmöglichkeiten in Abhängigkeit der Vor- und Nachteile sowie der gewünschten Funktionalität des Projekts führten zu Herausforderungen. Aufgrund der Projektstruktur waren die Kriterien für die Auswahl des Netzwerkes zum Einen die Einfachheit der Nutzung und Implementierung für zukünftige Projekte. Zudem sollte eine hohe Stabilität vorhanden sein, da bei einem möglichen Absturz Forschungsdaten verloren gehen können. Des Weiteren zählt die Performance zu den wichtigen Punkten, da aufgrund von VR eventuelle Performance-Verluste vermieden werden sollten, damit es dadurch nicht zur unerwünschten Motion Sickness kommt. Anhand der genannten Punkte stand die Auswahl zwischen den beiden kostenlosen Lösungen "Mirror" und "MLAPI", die genauer untersucht wurden.

MLAPI ist die von Unity unterstützte Network-Library. Diese Option bietet eine Peer-to-Peer-Verbindung, welche für den Versuchsaufbau und den Umgang mit Nutzerdaten angenehmer gestaltet werden kann, da hierbei keine Daten an einen Server gesendet werden und alles über ein lokales Netzwerk läuft. Mirror ist die zweite Library, wird aber nicht direkt von Unity unterstützt. Sie bietet die Möglichkeit, ein Client/Server-Modell zu implementieren und soll einfacher als MLAPI zu verwenden sein, läuft ähnlich stabil, aber mit weniger Performance (Unity Blog, 2020). Anhand der kurzen Beschreibung der beiden Möglichkeiten wurde sich für zuerst für MLAPI entschieden.

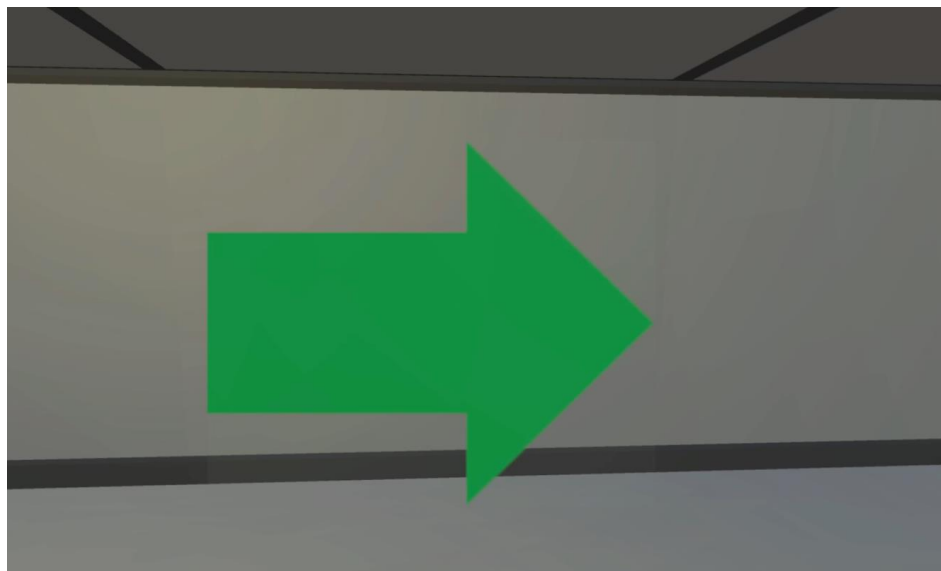
5.3 Awareness Cues

Die Entwicklung der Awareness Cues erfolgt als einzelne GameObjects. Diese werden an die Kamera der VR-Person angebracht und können über die Observeransicht eingeschaltet werden.



2D-Richtungspfeil

Ein Bild eines Pfeils wird deaktiviert im Sichtfeld des VR-Nutzers positioniert. Wenn der Observer in seiner Ansicht einen der dort befindlichen acht Pfeil-Buttons anklickt, wird der Pfeil im Sichtfeld des VR-Nutzers aktiviert und um einen festgelegten Wert rotiert, damit er der Ausrichtung des Buttons entspricht. Dieser Pfeil wird im Anschluss nach drei Sekunden wieder deaktiviert und in die Ausgangsposition rotiert.



Sauerstoffanzeige

Die Sauerstoffanzeige besteht aus zwei Bildern, die im Sichtfeld des VR-Nutzers hintereinander positioniert sind. Das übergeordnete GameObject ist deaktiviert, wodurch es für den VR-Nutzer nicht sichtbar ist. Das hintere Bild wird jede Sekunde um zweimal 0,0003 Einheiten auf der Z-Achse skaliert. Dabei wird sowohl von oben und unten skaliert, weshalb das Bild zusätzlich um 0,00145 Einheiten auf der Y-Achse verschoben wird, damit es so wirkt, als würde von oben nach unten verkleinert werden. Nach ca. zweieinhalb Minuten wird das hintere Bild ausgeblendet, da durch die Skalierung das Bild ins Negative skaliert werden würde. Der Observer hat eine auf gleiche Weise implementierte Variante in seinem FOV, wobei die Werte aufgrund von Größenunterschieden abweichen. Dort ist ein Button angebracht, mit dem der Observer dem VR-Benutzer die Sauerstoffanzeige ein und ausblenden kann.

Erledigte Räume

Auf der Minimap, die der Observer sieht sind auf den Räumen runde Anzeiger positioniert, die die Nummer des Gewissen Raums anzeigen. Dazu sind im Interaktionsfeld auf der rechten Seite Buttons im Design dieser Anzeiger. Wenn einer dieser Buttons betätigt wird, wird sowohl der Button, als auch der dazu passende Anzeiger in der Farbe verändert. Zusätzlich dazu wird ein Counter erhöht, der die Anzahl der erledigten Räume tracked. Dieser Counter wird in der linken unteren Ecke des FOV des VR-Nutzers dargestellt. Er erhält damit über das UI Informationen über die Anzahl besuchter Räume. Die Buttons können ausgeschaltet werden und den Counter damit verringern.



Abbildung 16: Interaktionsfläche des Observers zur Markierung der erledigten Räume

Pfad zeichnen

Der Observer besitzt die Möglichkeit, auf der Minimap einen Pfad zu zeichnen, der dem VR-Nutzer dreidimensional in der VR-Umgebung angezeigt wird. Dafür sendet die Kamera des Observers, sobald ein Mausklick auf die Karte erfolgt, einen Strahl auf die Map. An den Schnittpunkt des Strahls mit der Karte wird dann ein GameObject in Form eines Zeichenpunktes gesetzt. So kann ein Pfad gezeichnet werden, der sich aus mehreren Zeichenpunkten zusammensetzt. Die Möglichkeit zum Zeichnen kann über das entsprechende Canvas-Interaktionselement ein- und ausgeschaltet werden. Außerdem kann der gezeichnete Pfad hier gelöscht werden.

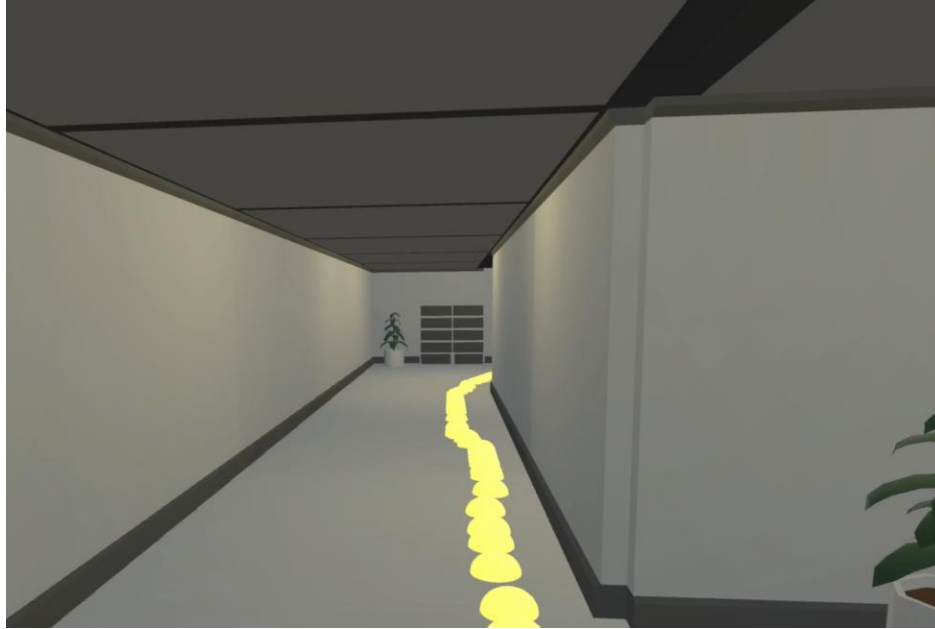


Abbildung 17: Richtungslinie auf dem Boden in der VR-Nutzer-Ansicht

Wegpunkt und 3D-Richtungspfeil

Über die Observer-Ansicht kann durch das Klicken auf die Minimap ein Wegpunkt gesetzt werden. Dafür sendet die Kamera, wie beim Zeichnen eines Pfades, einen Strahl auf die Karte und setzt den Wegpunkt als Gameobject an die Position des Schnittpunktes mit dem Boden. Weiterhin wird dem VR-Nutzer ein 3D-Pfeil im Blickfeld angezeigt, der in die Richtung dieses Wegpunktes zeigt. Hierfür wurde das Asset Arrow Waypointer (TurnTheGameOn, 2020) aus dem Asset Store verwendet.

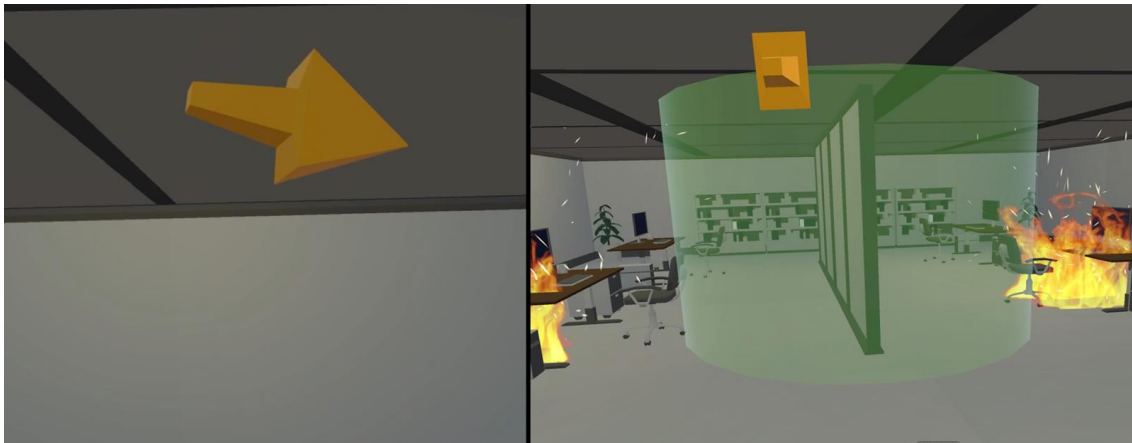


Abbildung 18: 3D-Richtungspfeil und Wegpunkt in der VR-Nutzer-Ansicht

5.4 Herausforderungen

Während der Implementierung zeigten sich einige Herausforderungen. Die erste Herausforderung war die Implementierung des Multiplayers. Die Netzwerklösung war komplizierter und komplexer zu entwickeln als erwartet. Dazu kam die Unerfahrenheit in diesem Gebiet, wodurch auf die Alternative gewechselt werden musste. Die ursprüngliche Alternative mit Splitscreens war nicht möglich, weshalb letztendlich auf die aktuelle Version zurückgegriffen werden musste. Unter anderem lag dies an dem gegebenen Zeit/Aufwand

Verhältnisses. Die Zeit war nicht genug, um tiefer in die Materie des Multiplayers einzugehen, um dies zum Funktionieren zu bringen. Damit zusammenhängend war der Aufwand in der Implementierung so hoch, dass keine Zeit für weitere Awareness Cues blieb. Dazu kam die Limitation auf technischer Seite, die die Implementierung teilweise komplizierter gemacht hat. Die letzten zwei Herausforderungen liegen an den Einschränkungen durch die Coronapandemie. Die Entwicklung fand primär von Zuhause statt. Das heißt, dass es nicht möglich war das eigens entwickelte zu testen, da dafür die VR-Brille benötigt wird. Daher kam es durch falsche Einschätzungen und den Zeitstress zu Bugs und Implementierungsfehlern. Außerdem konnte die Arbeit an dem Projekt außer an einigen Tagen ausschließlich Online durchgeführt werden, wodurch die Interaktion und Bearbeitung komplizierter war.

6 Zusammenfassung und Ausblick

Im Rahmen des Projekts wurde ein Feuerwehreinsatz-Szenario in einer VR-Umgebung erstellt, um herauszufinden, wie Awareness Cues in einem Workspace mit einem anleitenden Observer und einem ausführenden VR-Nutzer umgesetzt werden könnten. Dabei wurde ein Feuerwehreinsatz-Szenario exemplarisch herangezogen. Dabei wurden auf Grundlage der bestehenden Literatur Studienergebnisse gesammelt, welche Aufschluss darüber geben sollen, welche Informationen von den jeweilige ausführenden Personen im Team benötigt werden, um die Aufgabe zu erfüllen. Anhand der ermittelten benötigten Informationen wurden entsprechende Awareness Cues gesammelt und klassifiziert. Im nächsten Schritt wurden erste Entwürfe für die Umgebung und die grafische Darstellung der Awareness Cues erstellt. Diese wurde dann in Unity3D umgesetzt und im VR-Labor getestet.

Im Rahmen des Projekts stellte sich heraus, dass grafische Awareness Cues sich im konzeptionellen Kontext als sinnvolles Tool bei der Kollaboration in virtuellen Umgebungen eignen. Über die im Projekt gesetzten zeitlichen Grenzen hinaus sind weitaus größere Anzahl an Awareness Cues möglich.

6.1 Offene Punkte

Die vier Technik-bezogenen offenen Punkte bilden die Netzwerkfunktionalität, Audio Cues, der Awareness Cue Kompass und die Positionierung des Awareness Cues Sauerstoffanzeige.

Die zum Projektende umgesetzte Version hat keine Netzwerk-Funktionalitäten implementiert. Es ist ein Zwei-Spieler-Modus über einen Computer oder ein HMD möglich. Die FOV aus VR-Nutzerperspektive wird durch das Ausblenden der Observer UI-Elemente innerhalb der VR-Ansicht ermöglicht. Ein weiterer offener Punkt ist damit die vollwertige Umsetzung beider FOV für die entsprechenden Devices über ein Netzwerk.

Aufgrund der Zeit und den Herausforderungen aus der Implementierung wurden neben dem Kompass die Audio Cues nicht umgesetzt. Die Umsetzung von Audio Cues unterliegt einer anderen Methodik als die Umsetzung grafischer Awareness Cues. Daher wurde der zeitliche Aufwand zur Ergründung besagter Methodik als unverhältnismäßig höher eingeschätzt, als die Umsetzung eines weiteren grafischen Awareness Cues und in der Prioritätenhierarchie positionierten sich die Audio Cues damit in die Peripherie.

Die Sauerstoffanzeige ist aufgrund des nicht identischen Aufbaus zwischen der VR-Ansicht und der SteamVR-Ansicht als Platzhalter zu verstehen. Die grundsätzliche Funktionalität ist dabei gegeben. Wenn keine Brille aktiv ist, entspricht die Position der Sauerstoffanzeige nicht der in Unity3D entwickelten richtigen Positionierung und konnte aufgrund der geringen Zeit und des Fokus auf die Entwicklung der anderen Awareness Cues nicht entsprechend der ursprünglichen Zielsetzung umgesetzt werden.

6.2 Ausblick

Eine Möglichkeit zur Erweiterung der Anwendung bilden die Umsetzung von den offenen Punkten, wie die Netzwerkfunktionalität, Audio Cues, der Awareness Cue Kompass. Eine Evaluation der Anwendung dient zur Verifizierung der erwarteten guten UX der Awareness Cues und einer Wertung der Performance im Workspace. Eitere Optionen beim Systemaufbau können zusätzliche Perspektiven bieten.

Eine potenzielle Erweiterung ist die vollwertige Umsetzung beider FOV für die entsprechenden Devices über ein Netzwerk. Dabei ist eine Implementierung eines verbesserten Multiplayers entweder mittels eines Netzwerks oder anderer aus der Literatur verwendeten Technologien möglich. Auf Grundlage der Analyse können die Audio Cues mit einem entsprechenden Skript im Code und an den entsprechenden Stellen ergänzt werden. Für die Audiodateien können unter anderem freie Soundbibliotheken herangezogen werden. Als weitere Orientierungshilfe kann zudem ein Kompass implementiert werden. Um die Anwendung zu erweitern und damit die UX für den Nutzer vielschichtiger zu gestalten, können weitere Awareness Cues hinzugefügt werden. Hierzu zählen beispielsweise der Kompass, welcher die Himmelsrichtung anzeigt, könnte dem VR-Nutzer weitere Informationen zu seiner Position geben. Weitere potenzielle Awareness Cues sind eine Zeitanzeige oder ein Timer, welche den Abbrand des Gebäudes simuliert ist. Die Simulation weitere Einsatzkräfte der Feuerwehr und Awareness Cues mit einem Bezug zu ihrer Position, zu ihrer aktuellen Tätigkeit, zu ihrem Bewegungsprofil, zu ihrer Gefahrenlage und weiteren Vorgehensweise sind möglich.

Sofern die Awareness Cues vollständig implementiert wurden und ein pandemiebedingte Lockdown auszuschließen ist, können Benutzerstudien durchgeführt werden. Sie könnten betrachten, welche Awareness Cues sich am ehesten für eine Kollaboration in dem ausgearbeiteten Szenario eignen. Die Möglichkeit in besonders schwierigen oder komplexen Situationen eine zusätzliche Person hinzuziehen zu können, kann in Zukunft ebenfalls genauer in Studien betrachtet werden. Es kann überprüft werden, wie sich ablenkende Faktoren in der Umgebung des Observer auswirken. Ebenso der Einfluss technischer Komplikationen, wie ein Verbindungsabbruch und Potenziale zur Überbrückung dieser Herausforderung könnten genau erörtert und getestet werden.

7 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Beschreibung der Awareness Cues in Multiplayer-Spielen in Baumstruktur	7
Abbildung 2: Konzeptionelle Observer- und VR-Nutzer-Ansicht des Richtungspfeils	17
Abbildung 3: Konzeptionelle VR-Nutzer-Ansicht zweier Kompassmöglichkeiten	17
Abbildung 4: Konzeptionelle Observer- und VR-Nutzer-Ansicht der Richtungslinie	18
Abbildung 5: Konzeptionelle Observer- und VR-Nutzer-Ansicht des Icons	18
Abbildung 6: Konzeptionelle VR-Nutzer-Ansicht des Beacons	18
Abbildung 7: Konzeptionelle Darstellung des VR-Nutzers auf der Minimap	19
Abbildung 8: Konzeptionelle Ansicht der Manuellen Einstellungsmöglichkeiten des Observers	19
Abbildung 9: Konzeptionelle Ansicht der Raumnummern für den Observer	20
Abbildung 10: Konzeptionelle Ansicht der Feuer auf der Minimap	20
Abbildung 11: Konzeptionelle Ansicht des Fortschritts für den VR-Nutzer	21
Abbildung 12: Konzeptionelle Observer- und VR-Nutzer-Ansicht der Sauerstoffanzeige	21
Abbildung 13: Konzeptionelle Observer- und VR-Nutzer-Ansicht mit vielen Cues	22
Abbildung 14: Ansicht des Observers mit Minimap und Einstellungsmöglichkeiten	24
Abbildung 15: 2D-Richtungspfeil in der VR-Nutzer-Ansicht	24
Abbildung 16: Interaktionsfläche des Observers zur Markierung der erledigten Räume	25
Abbildung 17: Richtungslinie auf dem Boden in der VR-Nutzer-Ansicht	26
Abbildung 18: 3D-Richtungspfeil und Wegpunkt in der VR-Nutzer-Ansicht	26

8 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Vergleich virtuelle und reale Kollaboration	5
Tabelle 2: Elemente der Workspace Awareness in Bezug auf die Gegenwart	6
Tabelle 3: Beschreibung der richtungsweisenden Awareness Cues	13
Tabelle 4: Beschreibung der Awareness Cues zur Informationsweitergabe	13
Tabelle 5: Beschreibung der auditiven Awareness Cues	14
Tabelle 6: Zuordnung der Awareness Cues Teil 1	15
Tabelle 7: Zuordnung der Awareness Cues Teil 2	16

9 Quellen

- Asset Store Originals. (2020). Snaps Prototype Office (1.3). Von <https://assetstore.unity.com/packages/3d/environments/snaps-prototype-office-137490> abgerufen 15.08.2021
- Erickson, A., Norouzi, N., Kim, K., LaViola, J., Bruder, G., & Welch, G. (2020). Effects of Depth Information on Visual Target Identification Task Performance in Shared Gaze Environments. *IEEE TRANSACTIONS ON VISUALIZATION AND COMPUTER GRAPHICS* (S. 1934-1944). IEEE.
- Freire, P., Schreiner, P., Mette, N., Oesselmann, D., & Kinkelbur, D. (2008). *Pädagogik der Autonomie*. Waxmann.
- Gugenheimer, J., Stemasov, E., Frommel, J., & Rukzio, E. (2017). ShareVR: Enabling Co-Located Experiences for Virtual Reality between HMD and Non-HMD Users. *the 2017 CHI Conference*, (S. 4021-4033).
- Gutwin, C., & Greenberg, S. (2002). A Descriptive Framework of Workspace Awareness for Real-Time Groupware. *Computer Supported Cooperative Work (CSCW)*, (S. 411-446).
- Hölscher, C., Tenbrink, T., & Wiener, J. (2011). *Would you follow your own route description? Cognitive strategies in urban route planning*.

- Magic Leap. (2018). *Magic Leap 1*. Von <https://www.magicleap.com/en-us/magic-leap-1> abgerufen 15.08.2021
- Microsoft. (2019). *HoloLens 2*. Von <https://www.microsoft.com/de-de/hololens> abgerufen 15.08.2021
- Oculus VR, Inc. (2016). *Oculus Rift*. Von https://www.oculus.com/rift/?locale=de_DE abgerufen 15.08.2021
- Oulasvirta, A. (2009). Social Inference Through Technology. *Awareness Systems: Advances in Theory, Methodology and Design* (S. 125-147). London: Springer.
- Piumsomboon, T., Dey, A., Ens, B., Lee, G., & Billinghurst, M. (2019). *The Effects of Sharing Awareness Cues in Collaborative Mixed Reality*. *Frontiers in Robotics and AI*.
- Robertson, A. (2019). *Valve index review: high-powered VR at a high-end price*. Von The Verge: <https://www.theverge.com/2019/6/28/19102584/valve-index-steamvr-headset-review-shipping-today> abgerufen 15.08.2021
- TurnTheGameOn. (2020). *Arrow Waypointer (1.1.7)*. Von <https://assetstore.unity.com/packages/tools/particles-effects/arrow-waypointer-22642> abgerufen 15.08.2021
- Unity Blog. (2020). *Choosing the right netcode for your game*. Von <https://blog.unity.com/technology/choosing-the-right-netcode-for-your-game> abgerufen 16.06.2021
- Unity Technologies. (2021). *Unity Particle Pack (1.6)*. Von <https://assetstore.unity.com/packages/essentials/tutorial-projects/unity-particle-pack-127325> abgerufen 15.08.2021
- Unity Technologies. (2021). *Unity3D (2021.1.13)*. Von <https://unity.com/de> abgerufen 15.08.2021
- Varjo. (2020). *Varjo XR-3*. Von <https://varjo.com/products/xr-3/> abgerufen 15.08.2021
- Wigdor, D., & Wixon, D. (2011). *Brave NUI World: Designing Natural User Interfaces for Touch and Gesture (1. Aufl.)*. Morgan Kaufmann.
- Wuertz, J., Alharthi, S., Hamilton, W., Bateman, S., Gutwin, C., Tang, A., . . . Hammer, J. (2018). A Design Framework for Awareness Cues in Distributed Multiplayer Games. *CHI 2018*. Montreal.
- Yoon, L., Yan, D., Chung, C., & Lee, S.-H. (2021). *A Full Body Avatar-Based Telepresence System for Dissimilar Spaces*.

10 Abkürzungsverzeichnis

AR	Augmented Reality
FOV	Field of View
GEQ	Group-Environment-Questionnaire
HUD	Head-Up-Display
HMD	Head-mounted-Display
MR	Mixed Reality
NPC	Non-Player-Character
SUS	System Usability Scale
VR	Virtual Reality

11 Glossar

Asset Store ist eine von Unity3D gestellte Onlineplattform für den Handel mit Unity3D-Spielkomponenten. Die Entwickler können Komponenten wie z.B. Modelle, Texturen, Shaderpakete oder Tools anbieten und herunterladen.

Awareness Cues sind alle Signale, Symbole und Markierungen, die entweder textlich, grafisch oder auditiv aufbereitet sind und deren Inhalt in Echtzeit durch die Handlungen und Eigenschaften einer entfernten Person beeinflusst werden (Oulasvirta, 2009).

Augmented Reality (AR) bezieht sich auf eine reale Umgebung welche um virtuelle Elemente erweitert wird. Dabei überwiegt der Anteil der Virtualität nie den der Realität.

Canvas ist ein Bereich innerhalb einer Unity3D-Szene, in dem sich zweidimensionale UI-Elemente angeordnet werden. Der Canvas ist ein GameObject, welches mit einer Canvas-Komponente versehen wurde.

Culling Mask ist eine Funktion der Unity3D-Engine und besagt innerhalb welche Ebene gerendert wird.

Field of View (FOV) bezeichnet den Ausschnitt, den beispielsweise eine Kamera oder das menschliche Auge von seiner Umgebung aufzeichnen oder erfassen kann. Das FOV kann mit einem festen Winkel (horizontal und vertikal) angegeben werden.

Framework bezeichnen einen durch Basis-Bausteine bestimmten Ordnungsrahmen. Der Strukturierung dienen Bibliotheken und Ordnungskriterien. Frameworks kommen im Rahmen der objektorientierten Programmierung zum Einsatz.

GameObject bezeichnet jedes Objekt in einem Unity3D-Spiel. Dazu zählen Beispielsweise die Charaktere, die Beleuchtung, die Kameras oder die Partikel-Effekte. Um mit GameObjects zu interagieren, benötigen sie Eigenschaften, die Sie über weitere Komponenten erhalten.

Groupware bezeichnet Software für eine bestimmte Benutzergruppe, die Mithilfe eines Netzwerkes an einem gemeinsamen Projekt arbeitet.

Mixed Reality (MR) umfasst das gesamte Kontinuum von Augmented Reality und Virtuality. MR wird im Besonderen beim Bezug zu Microsoft-Produkten verwendet, oder wenn nicht nur Virtual Reality oder die Augmented Reality gemeint sind, sondern die Gesamtheit der Begrifflichkeiten mehr ergibt als die Summe ihrer Komponenten. Im Sinne dieser Arbeit bedeutet dies, dass es sich um einen Stellvertreter Begriff für die Augmented Virtuality handelt.

Minimap bezeichnet man in Computerspielen eine kartografische Darstellung der Umgebung. Sie wird verkleinert und über einen längeren Zeitraum im FOV angezeigt.

Motion Sickness werden Zustände mit körperlichen Reaktionen wie Schwindel, Kopfschmerz, Übelkeit und Erbrechen genannt, die durch ungewohnte passive Bewegungen, etwa beim Tragen eines HMDs, ohne ausreichende Schwingungstilgung, ausgelöst werden können.

Knuckle-Controller ist ein Zubehör der Valve Index. Mit 87 Sensoren zur Erkennung der Handbewegung und der eingesetzten Kraft können Finger des Nutzers realitätsnah in einer VR-Umgebung abgebildet werden.

Peer-to-Peer-Verbindung ist ein Zusammenschluss von gleichberechtigten Stationen in einem Netzwerk. Dies ermöglicht den Einsatz von verteilten Anwendungen und den Austausch von Daten. Der Einsatz eines zusätzlichen zentralen Servers ist unnötig.

Prefab ist eine vorgefertigte Komponente die wiederverwendet wird oder bei der Erstellung verschiedener Varianten derselben unterstützt.

ShareVR ist ein Proof-of-Concept-Prototype und wurde im Rahmen einer Forschungsarbeit, veröffentlicht unter dem Namen ShareVR: Enabling Co-Located Experiences for Virtual Reality between HMD and Non-HMD Users von einem Forschungsteam entwickelt (Gugenheimer et al., 2017).

System-Usability-Scale (SUS) ist ein von John Brooke entwickelter Fragebogen. Es ist eine etablierte Methode zur quantitativen Analyse der Gebrauchstauglichkeit und umfasst 10 Fragen nach der Likert-Skala.

Unity3D ist eine Laufzeit- und Entwicklungsumgebung für digitale Anwendungen, bei der Gameobjekt mit anderen Komponenten, wie `c#`-Skripten verknüpft werden. Anwendungen können Plattformunabhängig (Crossplattform) erstellt werden.

Virtual Reality (VR) ist eine virtuelle Umgebung, welche versucht multimedial reale Eindrücke realistisch zu überschreiben.

Workspace Awareness bezeichnet die bekannten Informationen über die Interaktion der anderen Nutzer mit dem gemeinsamen Arbeitsbereich und den enthaltenen Artefakten wie beispielsweise über die Anwesenheit und Identität von anderen im gemeinsamen Arbeitsbereich, deren Aktionen, deren Absichten und Ähnliches.

ERKLÄRUNG

Wir versichern an Eides statt, die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst und nur die angegebenen Quellen benutzt zu haben.



Lübeck, 16.08.2021



M. Kondratyev

