



FAKULTÄT FÜR INFORMATIK

TECHNISCHE UNIVERSITÄT MÜNCHEN

Bachelorarbeit in Informatik:
Games Engineering

**Entwurf einer 3-dimensionalen
Testumgebung für eine Crowd-Guiding-App**

Jonas Halsbenning





DEPARTMENT OF INFORMATICS

TECHNISCHE UNIVERSITÄT MÜNCHEN

Bachelorarbeit in Informatik:
Games Engineering

**Entwurf einer 3-dimensionalen
Testumgebung für eine Crowd-Guiding-App**

**Designing a 3-Dimensional Test Environment
for a Crowd Guiding App**

Name: Jonas Michael Halsbenning

Betreuerin Industrie: Christina Maria Mayr (M. Sc.), Hochschule
München für angewandte Wissenschaften

Aufgabensteller (TUM): Prof. Dr. Hans-Joachim Bungartz

Abgabedatum: 15.07.2022

Ich versichere, dass ich diese Bachelorarbeit selbstständig verfasst und nur die angegebenen Quellen und Hilfsmittel verwendet habe.

Datum, Unterschrift

Abstract

In einer Online-Umfrage wird aktuell untersucht, wie App-Benachrichtigungen, die Wegvorschläge beinhalten, gestaltet werden sollten. Bislang lag für die Studie nur eine 2-dimensionale Testumgebung vor. Diese Arbeit befasst sich mit dem Entwurf einer 3-dimensionalen Testumgebung für die Weiterentwicklung dieser Vorgängerstudie. Vorlage für die Testumgebung ist dabei der Bereich der U-Bahn-Station Münchner Freiheit in München. Zur Umsetzung habe ich anhand der 2-dimensionalen Vorlage ein 3D-Modell erstellt und dazu eine Simulation entwickelt. Um die Vergleichbarkeit der in Umfragen erhobenen Daten beider Versionen sicher zu stellen, ist ein spezielles Design einer 3D-Umgebung notwendig. So muss beispielsweise auf Faktoren wie Licht, Vegetation und Hindernissen bei der Gestaltung einer 3D-Umgebung geachtet werden. Die Erfassung der relevanten Daten und deren Speicherung ist ebenfalls Teil dieser Arbeit. Eine Umfrage in der entwickelten Studienumgebung wurde nicht durchgeführt.

Abstract

An online survey is currently investigating how app notifications that include suggested routes should be designed. So far, only a 2-dimensional test environment was available for the study. This work deals with the design of a 3-dimensional test environment for the further development of this previous study. The model for the test environment is the area of the subway station Münchner Freiheit in Munich. For the implementation I created a 3D model based on the 2-dimensional template and developed a simulation for it. To ensure the comparability of the data collected in surveys of both versions, a special design of a 3D environment is necessary. For example, factors such as light, vegetation and obstacles must be considered when designing a 3D environment. The collection of relevant data and its storage is also part of this work. A survey in the developed study environment was not conducted.

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung.....	1
2. Anforderungen.....	3
2.1. Anforderungen an die Studienumgebung	3
2.1.1. Testen von verschiedenen Nachrichtentypen.....	3
2.1.2. Auszuwertende Daten.....	6
2.2. Anforderungen an das 3D-Modell.....	6
2.3. Anforderungen an die Simulation	9
3. Umsetzung.....	10
3.1. Umsetzung des 3D-Modells.....	10
3.2. Umsetzung der Simulation	11
3.3. Ablauf der Simulation	13
3.4. Datenerfassung und -export.....	23
3.4. Testdurchlauf	25
3.5. Alternative Modellierungen und offene Fragen	27
4. Zusammenfassung.....	29
5. Anhang.....	30
5.1. Bewegungsvariante, Prototyp	30
5.2. Ablauf Bewegungsvariante im Vergleich zur aktuellen Version.....	31
5.3. Datensammlung Bewegungsvariante	32
5.4. Beleuchtung Bewegungsvariante.....	32
6. Literaturverzeichnis.....	33

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Die unterschiedlichen Nachrichtenvarianten der 2D-Studie.	4
Abbildung 2: Die blau umrahmten Varianten aus Abbildung 1. Links-Oben: B-1, Rechts-Oben: B-2, Links-Unten: B-3, Rechts-Unten: B-4.	4
Abbildung 3: Karte aus der Umfrage. Auf dieser wird der vorgeschlagene Weg abgezeichnet.	5
Abbildung 4: Studiendesign für 3D-Modell. In der 2D-Umfrage werden acht Kommunikationsstrategien getestet (siehe Abbildung 1). In der 3D-Variante soll zusätzlich der Einfluss von Schildern untersucht werden.	5
Abbildung 5: Münchner Freiheit - Ansicht Richtung Norden. Der Weg wird durch Hindernisse (Bänke und Tische) verschmälert.	7
Abbildung 6: Rampe an der Münchner Freiheit. Personen können die Treppe oder die Rampe nehmen, um zur U-Bahn zu gelangen. Im Hintergrund (rechts) ist die Treppe zu sehen.	8
Abbildung 7: U-Bahn-Eingang an der Münchner Freiheit. Der Eingang wirkt versteckt und dunkel.	9
Abbildung 8: Vogelperspektive in Blender. Die Lage und Form der Gebäude entsprechen der 2D-Ansicht aus der Umfrage, siehe Abb. 2.	10
Abbildung 9: vereinfachte 3-dimensionale Darstellung der Münchner Freiheit.	10
Abbildung 10: Lichtumgebung in der Simulation.	11
Abbildung 11: Kamerasteuerung durch Knöpfe an den linken und rechten Bildschirmrändern.	12
Abbildung 12: Einführung in die Studie. Siehe 1a Tabelle 1.	14
Abbildung 13: Einwilligungserklärung. Siehe 1b Tabelle 1.	15
Abbildung 14: Tutorialinstruktion zur Bewegung. Siehe 2a Tabelle 1.	15
Abbildung 15: Benachrichtigung nach erfolgreicher Drehung.	16
Abbildung 16: Tutorial Ende Nachricht. Siehe 2b Tabelle 1.	16
Abbildung 17: Die Situationsinstruktion für die Simulation. Siehe 2c Tabelle 1.	17
Abbildung 18: Mitteilung: „Laufe zur U-Bahn!“. Siehe 3a Tabelle 1.	17
Abbildung 19: Aufleuchtender Pfeil zum Verständnisbeitrag der Simulation.	18
Abbildung 20: Aufzeigen der Karte in der linken unteren Ecke. Siehe 3b Tabelle 1.	18
Abbildung 21: Stauinformation taucht in der oberen rechten Ecke auf. Siehe 3c Tabelle 1.	19
Abbildung 22: Die zweite Nachricht erscheint in der unteren rechten Ecke.	19
Abbildung 23: Alle Nachrichten sind nun verkleinert.	20
Abbildung 24: blau aufleuchtender Pfeil bei Überschneidung mit der Maus.	20
Abbildung 25: Pop-Up Fenster nach Anklicken eines Pfeils. Siehe 3d Tabelle 1.	21
Abbildung 26: Variante ohne Echtzeit-Stauinformation.	21
Abbildung 27: Wegweiser mit U-Bahn-Zeichen.	22
Abbildung 28: Darstellung der Größe der Abschnitte zur Erfassung der Kameradaten.	24
Abbildung 29: Abgespeicherte Textdatei mit den gesammelten Daten.	25
Abbildung 30: Verbrachte Zeit in Abhängigkeit der Sichtrichtung der Testperson all meiner Testdurchläufe.	26
Abbildung 31: Testauswertung eines Umfrageabschnitts zur Computerspielerfahrung.	26
Abbildung 32: Start, 0s gelaufen.	31
Abbildung 33: Ungefährer Mittelpunkt der ersten Wand entlang, 23s gelaufen.	31
Abbildung 34: Am Ende der Wand angekommen, 50s gelaufen.	31

Tabellenverzeichnis:

Tabelle 1: <i>Ablauf der Simulation</i>	21
Tabelle 2: <i>Daten, die in der Textdatei gespeichert werden</i>	31

1. Einleitung

Bei Großveranstaltungen haben erhebliche Menschenmassen das gleiche Ziel. Es kommt häufig zu Staus und Gedränge, besonders an Bahnhöfen oder auch an den Veranstaltungsorten selbst. Um dem entgegenzuwirken, verwenden die Anbieter öffentlicher Verkehrsmittel heute bereits Wegweiser oder Lautsprecherdurchsagen. Diese Mittel lassen sich jedoch nicht an situationsbedingte Probleme anpassen, wie z. B. eine zufällige Menschenansammlung. Eine mögliche Lösung für ein derartiges Ereignis wäre die Verwendung einer Navigations-App, die sich an solche unvorhersehbaren Ereignisse anpassen kann.

An der Hochschule München führt Christina Mayr eine Online-Befragung durch, in der sie untersucht, wie die Gestaltung einer Nachricht die Routenwahl beeinflusst. Wie muss eine Nachricht gestaltet werden, damit sich möglichst viele Leute für den vorgeschlagenen Weg entscheiden? Das Testgebiet ist dabei der U-Bahnhof Münchner Freiheit.

Aus dem Bereich der Personenstromforschung ist bekannt, dass die Routenwahl von vielen Faktoren abhängt [26]. Diese sind zum Beispiel die Länge der Route, das Verhalten anderer Menschen, Menschenansammlungen oder Informationen über die möglichen Routen [1]. Ein weiterer Faktor ist die Beschilderung. Es wurden Studien [22-25] über die Gestaltung dieser Schilder durchgeführt, um einen Einfluss zu erzielen. Am wirksamsten sind Schilder mit grünem Motiv und weißem Hintergrund [24].

In Christina Mayrs Umfrage sehen die Testpersonen das Gebiet aus der Vogelperspektive oder auf Fotos. Interessant wäre es herauszufinden, ob die Ergebnisse in einer realistischeren Umgebung wie einer 3D-Umgebung übereinstimmen oder ob man bei der Gestaltung der Botschaft auf andere Punkte achten muss. Eine Darstellung in 3D würde nicht nur eine realistischere Studie zulassen, sondern auch die Berücksichtigung zusätzlicher Faktoren, wie z.B. die Einflüsse von zusätzlich vorhandenen Wegweisern, erlauben.

Ziel dieser Arbeit ist es, ein 3D-Modell am Beispiel der Münchner Freiheit zu gestalten, dass später im Rahmen einer Studie eingesetzt werden kann. Dies umfasst sowohl die Erstellung eines „3D-Modells“ als auch dessen Einbindung in eine „Studienumgebung“. Unter „3D-Modell“ verstehe ich entweder das komplette 3D-Modell der Umgebung oder einzelne Teilkomponenten dieses 3D-Modells. Die Simulation läuft in dem 3D-Modell ab und beinhaltet Abläufe, die der/die Proband/-in abarbeitet. Mit „Studienumgebung“ meine ich eine Umgebung, die das 3D-Modell, die Simulation und alle zusätzlichen Elemente enthält, die zur Durchführung der Umfrage notwendig sind. Die Durchführung der Studie ist nicht Teil der vorliegenden Arbeit.

Meine Forschungsfragen sind:

- Wie kann ein 3D-Routenwahl-Modell für das Szenario Münchner Freiheit gestaltet und umgesetzt werden?
- Wie kann dieses Modell in eine Studienumgebung eingebunden werden?

Um diese Fragen zu klären, werde ich im Kapitel 2 zunächst auf die Anforderungen an die Umgebung und das 3D-Modell eingehen. Da es meines Wissens nur Modellierungsvorgaben zu 3D-Modellen in Kombinationen mit VR [2-15] im Bereich der Personenstromforschung gibt, werde ich auf Modellierungsansätze aus dem Bereich des „Gamings“ zurückgreifen. In Kapitel 3 erörtere ich, wie ich das Modell umgesetzt habe und welche Probleme, beziehungsweise Alternativen existieren. In Kapitel 4 fasse ich die Arbeit zusammen.

2. Anforderungen

In diesem Kapitel werden Anforderungen der Studie an die unterschiedlichen Bereiche Studienumgebung, 3D-Modelle und Simulation geklärt.

2.1. Anforderungen an die Studienumgebung

2.1.1. Testen von verschiedenen Nachrichtentypen

Die Grundlage für die zu erstellende 3D-Umgebung ist eine von Christina Mayr durchgeführte Umfrage zur Erstellung einer Handyapplikation zur Wegführung von Menschen. Ziel der Umfrage ist es herauszufinden, wie Nachrichten gestaltet sein müssen, um möglichst viele Personen umzuleiten. Hierfür werden verschiedene Nachrichtendesigns getestet, siehe Abbildung 1.

In der Umfrage werden den Testpersonen Bilder von drei Wegen zu den U-Bahnen an der Münchner Freiheit gezeigt. Das erste Bild zeigt den kürzesten direkten Weg. Im Gegensatz zu den anderen zwei Bildern sieht man auf dem ersten Bild auch den U-Bahneingang. Das zweite Bild zeigt den längsten Weg, dieser ist der in der Applikation empfohlene Weg. Das dritte Bild zeigt einen mittellangen Weg, der zum selben U-Bahneingang führt, wie der längere Weg.

Die Testpersonen bekommen außerdem noch ein bis zwei Bilder, auf denen man Informationen einer Handyapplikation sieht. Für die Bilder der Handyapplikation gibt es mehrere Variationen, siehe Abbildung 1. Die Variationen entstehen durch unterschiedliche Designs für eine Wegempfehlung der Applikation und einer möglichen Kombination mit einer Zusatzinformation über die Echtzeit-Stauinformation des U-Bahnuntergrundes. Die Designs sind in Abbildung 2 zu sehen. Auf jeder ist ein Bild des empfohlenen Weges abgebildet, zusätzlich kann noch ein weiterer motivierender Text und/oder eine Karte (siehe Abbildung 3) mit eingezeichnetem Weg vorhanden sein.

Nachdem die Testpersonen eine der Variationen gesehen haben, müssen sie bewerten, wie gerne sie den kurzen, mittellangen und langen Weg laufen würden.

Die Simulation soll 16 unterschiedliche Möglichkeiten, die in Abbildung 4 gezeigt werden, in unterschiedlichen Durchläufen umfassen. Diese setzen sich aus den Möglichkeiten der zweidimensionalen Studie (ausgenommen A-0 & B-0) und den Versionen mit und ohne Wegweiser zusammen. Für die Umgebung müssen die 3D-Modelle erstellt werden und diese möglichst so modelliert werden, dass es zu keinen Unterschieden zwischen der 2D- und 3D-Studie kommt. Dies ist Voraussetzung, damit die Umfrageergebnisse zwischen der zweidimensionalen Darstellung und der dreidimensionalen Darstellung ausgewertet werden können.

	keine Routenempfehlung	Routenempfehlung Hinweis: „Bitte benutze diese Route, um Gedränge zu vermeiden.“			
	0) Kontrolle	1) Richtung	2) Richtung + Route	3) Richtung + Motivation	4) Richtung + Route + Motivation
A) Echtzeit-Stauinformation verfügbar	A-0) normales Verhalten mit Information	A-1)	A-2)	A-3)	A-4)
B) Echtzeit-Stauinformation nicht verfügbar	B-0) normales Verhalten ohne Information	B-1)	B-2)	B-3)	B-4)

Abbildung 1: Die unterschiedlichen Nachrichtenvarianten der 2D-Studie.

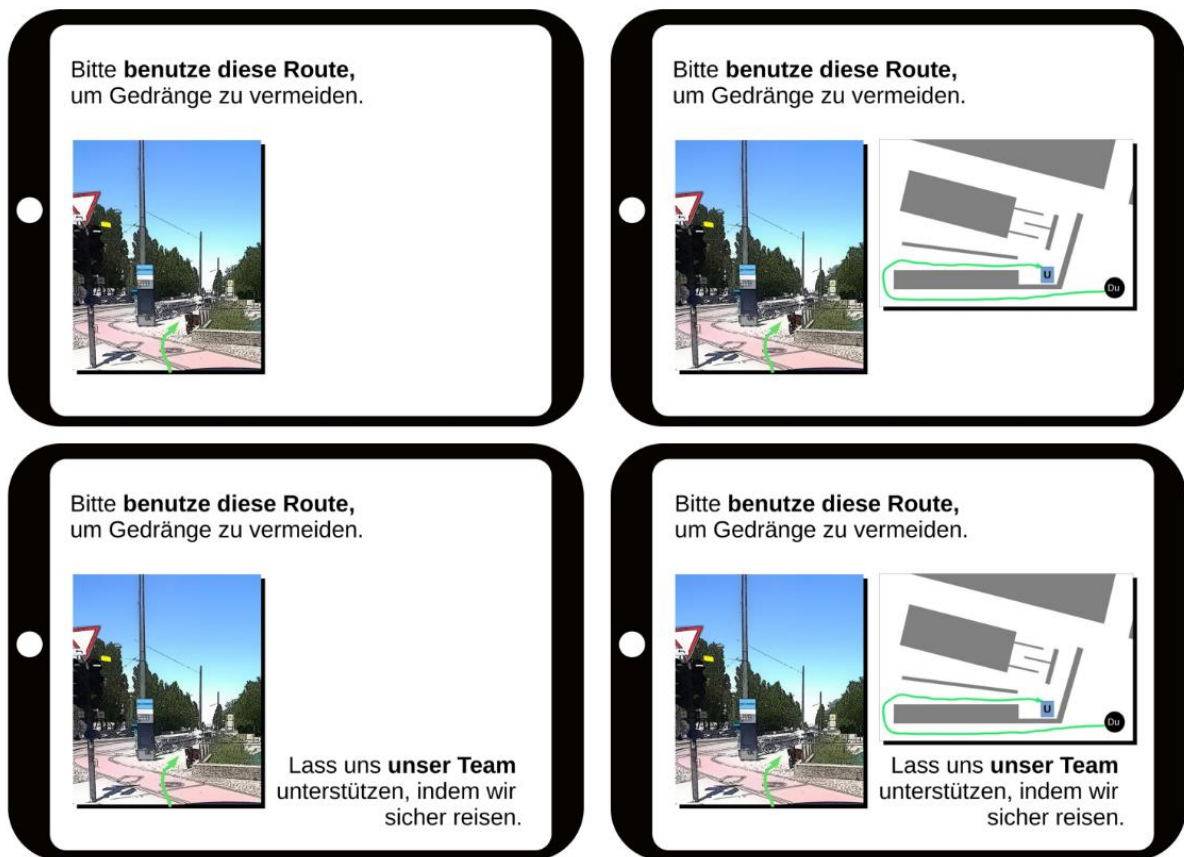


Abbildung 2: Die blau umrahmten Varianten aus Abbildung 1. Links-Oben: B-1, Rechts-Oben: B-2, Links-Unten: B-3, Rechts-Unten: B-4.

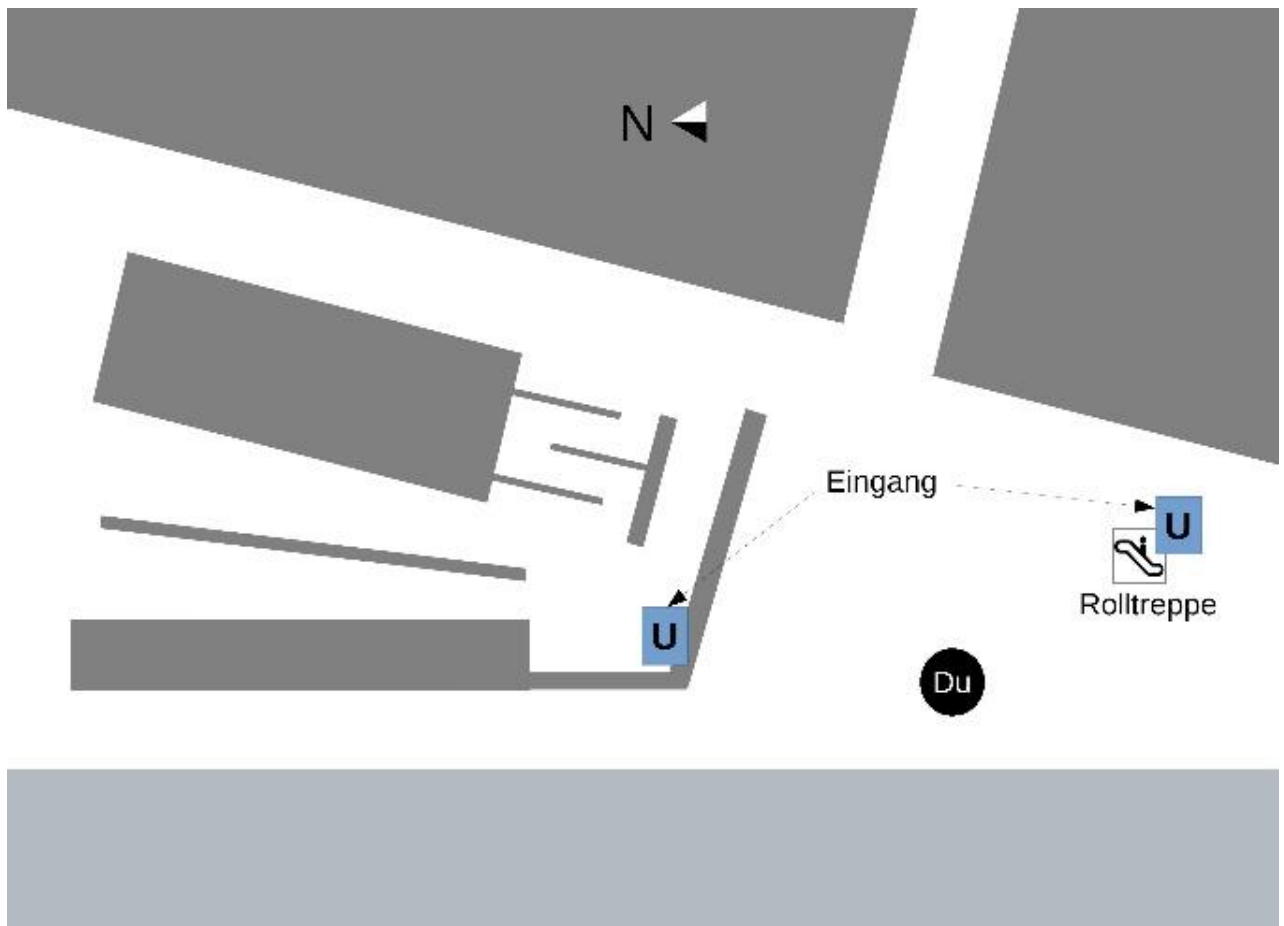


Abbildung 3: Karte aus der Umfrage. Auf dieser wird der vorgeschlagene Weg abgezeichnet.

	keine Routenempfehlung	Routenempfehlung Hinweis: „Bitte benutze diese Route, um Gedränge zu vermeiden“				Simulationsversion	
		0) Kontrolle	1) Richtung	2) Richtung + Route	3) Richtung +Motivation	4) Richtung +Route +Motivation	S) Mit Wegweiser
A) Echtzeit-Stauinformation verfügbar	A-0) normales Verhalten mit Information	A-1)	A-2)	A-3)	A-4)	A-4-S)	A-4-NS)
B) Echtzeit-Stauinformation nicht verfügbar	B-0) normales Verhalten ohne Information	B-1)	B-2)	B-3)	B-4)	B-4-S)	B-4-NS)

Abbildung 4: Studiendesign für 3D-Modell. In der 2D-Umfrage werden acht Kommunikationsstrategien getestet (siehe Abbildung 1). In der 3D-Variante soll zusätzlich der Einfluss von Schildern untersucht werden.

2.1.2. Auszuwertende Daten

Um Unterschiede zwischen der 2D- und 3D-Studie zu erkennen, müssen außerdem noch Daten gesammelt werden und eine Umfrage am Ende der Studie durchgeführt werden.

In dieser sollen die Testpersonen Fragen zur Applikationsgestaltung und dem Informationsinhalt gestellt werden. Allgemeine und demografische Daten werden zum Schluss erhoben, beispielsweise das Alter oder das Geschlecht.

2.2. Anforderungen an das 3D-Modell

Im Folgenden wird darauf eingegangen, auf welche Bereiche geachtet werden muss, um keine Störfaktoren für die 3D-Umfrage zu generieren, die nicht in der 2D-Umfrage vorhanden sind.

Zuerst erkläre ich, wie das 3D-Modell modelliert werden soll. Aus dem Forschungsbereich der Personenstromforschung gibt es nur wenige Vorgaben. Deshalb greife ich auf Vorgaben zurück, die aus dem Bereich des „Gamings“ kommen. Die Schwierigkeit hierbei ist, dass ich auch diese Vorgaben nur zum Teil anwenden kann, da das 3D-Modell in einem wissenschaftlichen Experiment genutzt werden soll und nicht zur Freizeitbeschäftigung. In einem wissenschaftlichen Experiment sollen Störfaktoren so gut wie möglich eliminiert werden. Störfaktoren sind Einflüsse, die die Ergebnisse beeinflussen, aber selbst nicht im Experiment aktiv kontrolliert werden können. Beispiel hierfür ist die Temperatur bei einem Experiment im Freien. Teilnehmer werden bei über 30° unkonzentriert und träge. In diesem Fall könnte man die Temperatur messen und das Experiment an einem kühleren Tag durchführen, um diesen Faktor zu eliminieren. Mein Ziel ist, ein 3D-Modell zu generieren, das selbst möglichst wenige Störfaktoren aufweist. Nachfolgend beschreibe ich mögliche Störfaktoren und Lösungen, diese zu eliminieren.

Licht ist ein Faktor bei der Wegwahl. Während helle Wege eher ansprechend sind, werden dunkle düstere Wege gemieden. Daraus schließend sollte es ein Ziel sein, alle Wege so zu beleuchten, dass sie möglichst den gleichen Lichteinfluss aufweisen [16, 21].

Der nächste zu beachtende Punkt ist die Vegetation. Pflanzen, beziehungsweise die Flora per se ist ebenfalls ein großer Einflussfaktor für die Wahl eines Weges. Obwohl die Münchner Freiheit in der Stadt ist, sind in dem Gebiet doch einige Bäume, Hecken und Blumenbeete, welche unter diese Kategorie fallen und somit Störfaktoren sein können.

Bäume hätten zudem noch den vorhin schon beschriebenen unerwünschten Nebeneffekt des Schattenwerfens und damit des Störfaktors Licht. Man könnte versuchen, die Wege gleichmäßig bepflanzt wirken zu lassen. Die beste Lösung ist jedoch, die Pflanzen komplett wegzulassen und die Umwelt so einfach wie möglich zu halten.

Die Optik eines Weges spielt eine große Rolle, nicht nur durch die Präsenz von Gepflegtheit und Wohlgefallen, sondern auch durch die von Verschmutzungen und Hindernissen [17].

So sind Mülleimer, am Boden liegender Müll, bemalte Wände und schmutzige Wege Faktoren, die unterschiedliche Stellen und Wege nicht ansprechend aussehen lassen. Mülleimer und Müll können einfach entfernt oder überhaupt nicht modelliert werden. Auch Fahrradständer und zugehörige herumstehende Fahrräder sind Minuspunkte bei der Entscheidungsfindung des Weges. Doch es können auch anderweitige Gegenstände beeinflussend wirken, die zum Beispiel von anliegenden Geschäften genutzt werden. So auch die Tische und Stühle in der Nähe eines U-Bahneingangs an der Münchner Freiheit, die in Abbildung 5 zu sehen sind [17]. All diese störenden Gegenstände werden in der Modellierung nicht berücksichtigt.



Abbildung 5. Münchner Freiheit - Ansicht Richtung Norden. Der Weg wird durch Hindernisse (Bänke und Tische) verschmälert.

Die Instandhaltung, also wie sehr der Weg in einem guten Zustand aufrechterhalten wird, muss ebenfalls betrachtet werden. Die Wege sollten nicht unterschiedlich erhalten sein, da dies ein Entscheidungsfaktor für die Wegwahl sein kann. Die Lösung bei dem 3D-Modell ist eine identische Textur.

Außerdem ist entscheidend, wie sicher ein Weg auf eine Person wirkt. So können schlecht abgesicherte Stellen, poröse Untergründe oder Wände ein weiterer Grund zur Wegmeidung sein [17].

Beim Modellieren von Gebäuden stellt sich die Frage, wie Fenster dargestellt werden können. Fenster reflektieren Licht und können damit die Wegwahl beeinflussen [17]. Gebäude haben zudem den Effekt, dass sie unattraktiv für die Wegwahl sind [17]. Besonders, wenn sie sehr

dicht aneinander stehen und Gassen bilden, die dunkel sind und schmutzig wirken [17]. Als Lösung werden Gebäude nur in der Grundform modelliert, Details wie z.B. Fenster und Türen werden nicht berücksichtigt.

Geräusche wie Straßenlärm, Fußschritte und Handygeräusche könnten die Testperson beeinflussen, würden aber zu mehr Realismus führen. Die Problematik hierbei ist, dass ich nicht kontrollieren kann, ob und wie laut die Testpersonen ihre Lautstärke eingestellt haben [18]. Daher wird auch auf Geräusche verzichtet.

Die Topografie spielt ebenfalls eine Rolle. Besondere Relevanz hat diese bei Testpersonen, die in der Bewegung eingeschränkt sind. Rollstuhlfahrer/-innen werden beispielsweise Treppen meiden. Die Münchner Freiheit hat einige Rampen und Treppen, wie in Abbildung 6 sichtbar ist, die die Wegentscheidungen beeinträchtigen können. Steile Hänge, Treppen und Unebenheiten sind anspruchsvolle Stellen und könnten von im Gehen unsicheren Personen gemieden werden. Durch große Höhenunterschiede kann es auch zu Störeffekten durch den Lichteinfluss kommen. So gibt es an der Münchner Freiheit einen Ort (Abbildung 7), an dem der U-Bahneingang versteckt und schlecht beleuchtet ist. Da in der 2-dimensionalen Studie Treppen und Höhenunterschiede nicht miteinbezogen wurden, werden diese auch nicht in die 3-dimensionale Studie eingebaut.



Abbildung 6: Rampe an der Münchner Freiheit. Personen können die Treppe oder die Rampe nehmen, um zur U-Bahn zu gelangen. Im Hintergrund (rechts) ist die Treppe zu sehen.



Abbildung 7: U-Bahn-Eingang an der Münchner Freiheit. Der Eingang wirkt versteckt und dunkel.

2.3. Anforderungen an die Simulation

Bei den Simulationsanforderungen gehe ich hier auf die Kamera und die Steuerung ein.

Um der Testperson eine der Realität näheren Wegentscheidung zu ermöglichen, schlage ich vor, die Kameraeinstellungen weitgehend der menschlichen Sicht anzugleichen. Aus diesem Grund sollte eine perspektivische Kamera ausgewählt werden. Zusätzliche Entscheidungen sind bei den Einschränkungen der Kamerabewegung zu treffen. So soll der/die Nutzer/-in weder nur den Himmel sehen können noch nur den Boden. Dies ist wichtig, da Tester/-innen meiner Meinung nach sonst ohne Anhaltspunkte die Orientierung verlieren könnten.

Damit allen Altersgruppen und Personen mit unterschiedlichsten Computererfahrungen die Möglichkeit geben wird, die Simulation durchführen zu können, sollte die Steuerung einfach und intuitiv sein. Es gibt auch die Ansicht, für Personen mit Computerspielerfahrung die Kontrolle des Charakters zu erschweren, um diesen keine Vorteile in der Steuerung zu bieten [19]. Dadurch muss in der Auswertung auch nicht zwischen Computer- und Nicht-Computerspielern unterschieden werden [19].

3. Umsetzung

Im Folgenden gehe ich darauf ein, wie ich die in Kapitel 2 identifizierten Anforderungen umgesetzt habe. Das 3D-Modell sowie die Studien-Umgebung habe ich in Unity Version 2019.13.1f erstellt. Das Unity Project ist öffentlich zugänglich unter:

<https://gitlab.lrz.de/ga27kib/unityprojectbacjonas>

3.1. Umsetzung des 3D-Modells

Zur Modellierung der Münchner Freiheit verwende ich das Programm Blender Version 2.82.

Ich nutze selbst erstellte Fotos, um die Höhe von Objekten zu bestimmen.

Die Lage der Gebäude habe ich basierend auf der Vogel-Perspektive-Ansicht aus der 2D-Studie entworfen, wie in Abbildung 8 und 9 (Karte in Abbildung 3) zu sehen ist.

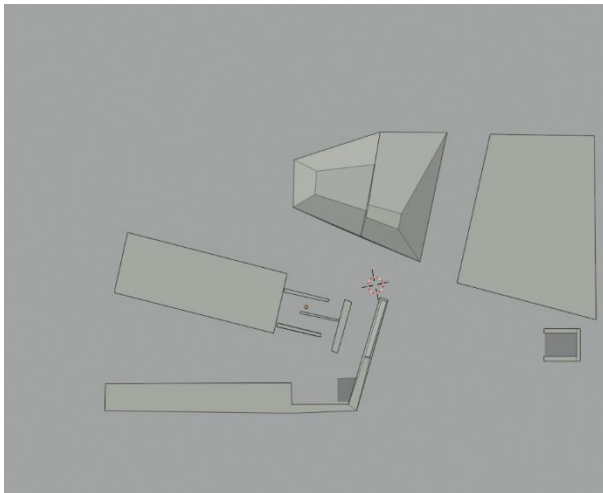


Abbildung 8: Vogelperspektive in Blender. Die Lage und Form der Gebäude entsprechen der 2D-Ansicht aus der Umfrage, siehe Abb. 2

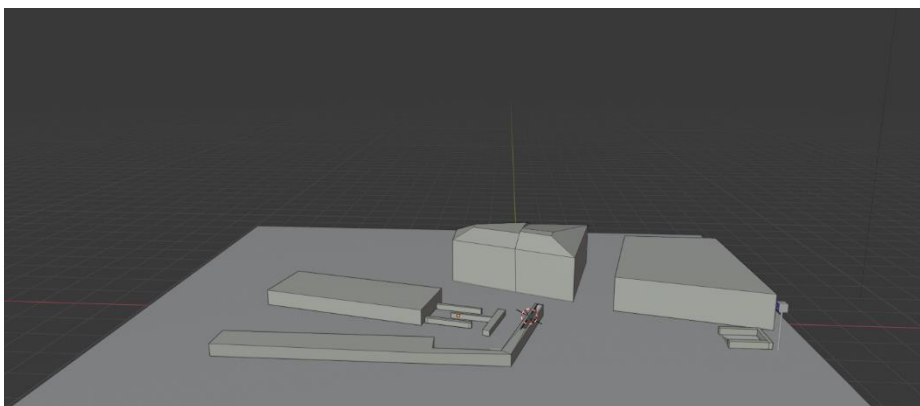


Abbildung 9: vereinfachte 3-dimensionale Darstellung der Münchner Freiheit

Ich habe mich dafür entschieden, zwei Lichtquellen einzusetzen, da es bei unidirektionalem Licht zu Schattenwurf an den Wänden kommt (siehe Abbildung 10). Die zweite Lichtquelle dient lediglich dazu, nicht angeleuchtete Gebäudeseite aufzuhellen. Sie erzeugt keinen Schatten.

Um Reflexionen zu vermeiden, werden reflektierenden Objekte und Materialien vermieden oder entfernt. Dazu gehören zum Beispiel Masten, Werbebanner und vor allem Fenster. Auch die restlichen Objekte in der Simulation haben nichtreflektierende Materialien in Unity zugewiesen bekommen.

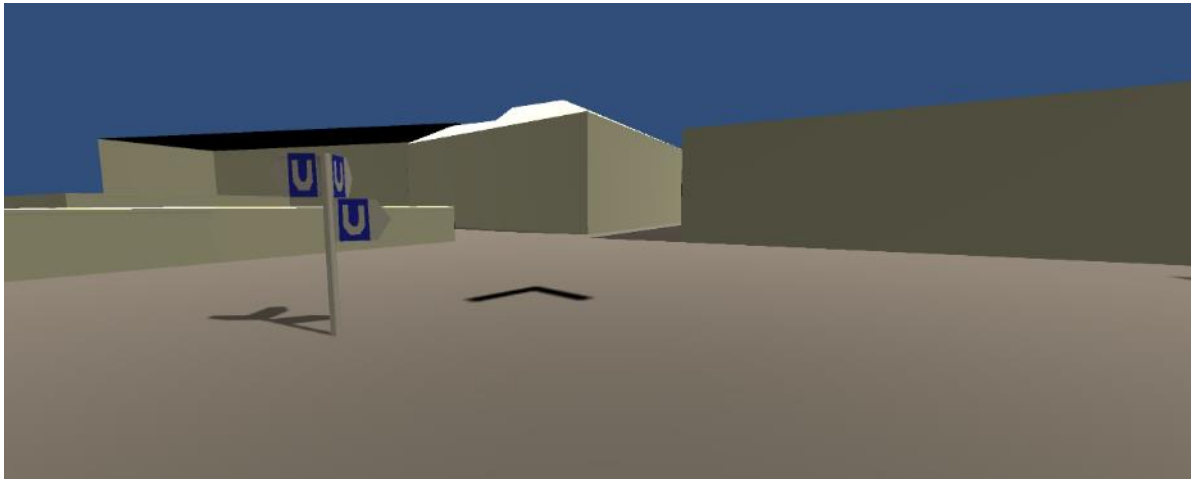


Abbildung 10: Lichtumgebung in der Simulation

Die Pflanzen werden alle weggelassen, um Wege aufgrund der Vegetation nicht attraktiver wirken zu lassen.

Außerdem werden alle Hindernisse weggelassen. Auch auf die Nutzung von verschiedenen Texturen wird verzichtet. Es ist schwierig zu beurteilen, wie unterschiedliche Texturen die Wegwahl beeinflussen. Deswegen wurde als einheitliche Textur die Standardtextur für alle Objekte gewählt.

3.2. Umsetzung der Simulation

Ich erstellte einen Prototyp (siehe Anhang) der Simulation. Die Kritik an diesem durch eine Testgruppe hat mich dazu gebracht, diese Version aufgrund ihrer Schwächen zu verwerfen und die nun aktuelle Version zu erstellen. In dieser wird die Bewegung komplett herausgenommen. Es gibt nicht mehr die Möglichkeit, sich jede Stelle genau anzusehen. Dadurch werden mehrere Probleme auf einmal gelöst: Erstens das Verschwinden der Sicht in die U-Bahneingänge, zweitens muss kein Kompromiss mehr bei der Laufgeschwindigkeit stattfinden. Zuletzt können Fragen zur Topografie reduziert werden, da nun nur ein kleineres Gebiet betrachtet werden kann. Abgesehen von den gewonnenen Vorteilen muss jedoch eine Änderung bei der Kamerasteuerung stattfinden, da sich diese nun nicht mehr an der Laufrichtung orientieren kann. Die Wahl des Weges gelingt jetzt durch das Klicken auf einen von drei auf dem Boden projizierten Pfeilen. Diese Art der Steuerung liegt auch der Steuerung der 2D-Umfrage am nächsten.

Die in der Simulation benutzte Kamera hält sich an die Anforderungen, die schon in Kapitel 2.2. definiert wurden. Es handelt sich also um eine perspektivische Ansicht und es gibt eine Einschränkung in der Bewegungsfreiheit der Kamera.

Eine weitere Berücksichtigung fand in der Kameraführung statt, da diese in den Anfangszeiten der Entwicklung statisch auf einer Position verweilte. Dies hat einen unnatürlichen Effekt erzeugt, da die beim Sehen wichtige Kopfbewegung nicht berücksichtigt wurde. Um die Kopfbewegung möglichst realistisch darzustellen, bewegt sich die Kamera nun ein paar Centimeter von der Achse entfernt, um diese herum.

Um die Kamera zu steuern, muss die Testperson den Mauszeiger in die Nähe einer der vier Bildschirmränder positionieren. Solange sich der Mauszeiger in diesen Bereichen befindet, bewegt sich die Kamera in die Richtung des Randes. Es stand auch zur Auswahl, die Steuerung durch Knöpfe (siehe Abbildung 15) oder die Tastatur zu regeln. Da es keine weitere durch die Tastatur gesteuerte Bewegung gibt, ist es nicht sinnvoll, ein zusätzliches Element einzubinden. Knöpfe als Steuerungsoption wären wahrscheinlich intuitiver, beschränken dafür aber die Sicht in der Simulation und werden aufgrund des schon hohen Platzanteils des User-Interfaces auf dem Bildschirm nicht eingesetzt.

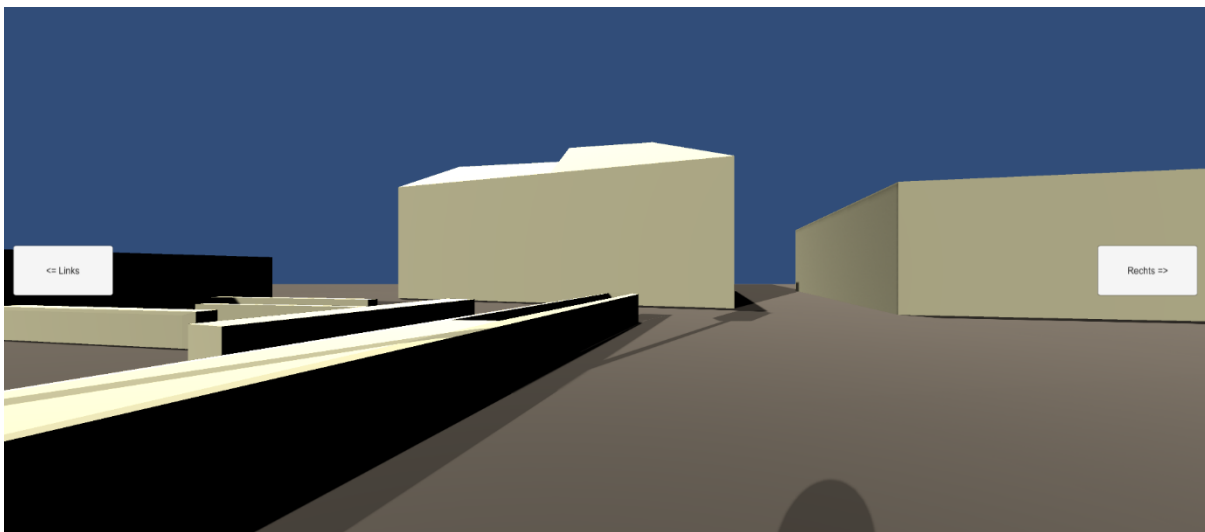


Abbildung 11: Kamerasteuerung durch Knöpfe an den linken und rechten Bildschirmrändern

Das User-Interface spielt eine weitere Rolle in der Simulation. So ist es einerseits der Anzeigeplatz für die Benachrichtigungen mit den Anweisungen zur Fortsetzung der Studie, als auch dem Aufzeigen der Appbenachrichtigungen und den Pop-Up Fenstern zur Bestätigung. Grundsätzlich sind diese User-Interface-Elemente unerwünscht für die Simulation an sich, da durch eine zu große Ansammlung an Darstellungen die Sicht der Testperson stark eingeschränkt werden kann. Aufgrund dessen wurden die Anweisungen, welche in dem Tutorial und in der Simulation benutzt werden, mittig am oberen Rand des Fensters platziert. Die Karte und Appbenachrichtigungen, die nur in der Simulation vorkommen, werden in den Ecken platziert. Die Karte wurde dabei in die untere linke Ecke gesetzt, da dies auch der Standard bei vielen

bekanntesten Computerspielen ist. Somit ist bei Personen mit Computerspielerfahrung keine Umgewöhnung nötig. Für die Appbenachrichtigung bietet sich die rechte Seite an. Da diese Nachrichten wichtige Informationen besitzen, die von jeder Person gelesen werden sollten, sind diese Nachrichten beim ersten Erscheinen absichtlich sehr groß. Somit fallen sie meiner Meinung nach den Testpersonen sofort ins Auge. Erst nachdem die Testperson mit einem Linksklick bestätigt hat, die Nachricht gelesen oder die Karte betrachtet zu haben, verringert sich die Größe der Appbenachrichtigung um etwa 25%.

Für die Handynachrichten bestand auch die Möglichkeit, diese in die 3D-Umgebung mit einzubinden. Dabei wäre ein Handy in der Hand des Charakters mit den entsprechenden Nachrichten zu sehen gewesen. Dies hätte den Vorteil gehabt, ein wenig zusätzliche Realität mit einzubringen. Außerdem würde verdeutlicht, dass es sich hierbei um eine Handynachricht handelt. Die Einbindung in die 3D-Umgebung zieht jedoch zwei Probleme mit sich: Erstens ist es schwierig, beide Nachrichten gleichzeitig auf einem Handy darzustellen und zweitens wären die Nachrichten zu klein geworden, um sie gut lesen zu können.

Es bestand auch zeitweise die Möglichkeit, die Karte und die anderen Nachrichten erneut zu vergrößern. Da dies aber zusätzliche Variablen erzeugt, die bei der Auswertung beachtet werden müssten, wurde diese Option entfernt. In der aktuellen Version ist ein Pop-Up-Fenster ein weiteres Interfacelement. Dieses wird zur Bestätigung des Weges benötigt. Da die Wegwahl höchstwahrscheinlich beim Erscheinen des Pop-Up-Fensters schon getroffen wurde und es damit die letzte Aktion der Simulation sein wird, erfolgt die Anzeige in der Mitte des Bildschirms.

3.3. Ablauf der Simulation

1. Einführung	2. Tutorial	3. Simulation	4. Fragebogen
a. Erklärung des Ablaufes b. Einverständniserklärung	a. Kameraführung b. Abschlussbestätigung c. Situations-einführung	a. Aufforderung b. Karte c. Appbenachrichtigungen d. Auswahl des Weges	a. Beantwortung der Fragen b. Abschicken der Antworten

Tabelle 1: Ablauf der Simulation

Für die Durchführung der Studie ist Voraussetzung, dass eine Einverständniserklärung vorliegt. Zudem wird eine Einführung in den Ablauf benötigt, in der die Testperson eine grobe Zusammenfassung über alle Teilschritte der Studie erhält. Nachdem die organisatorischen Abschnitte beendet wurden, bekommt die Testperson eine Einführung in die Benutzung der Simulation. Dazu muss sie ein kleines Tutorial abschließen. Hat sie dies getan, wird die Simulation gestartet. Nach deren Absolvierung erfolgt eine abschließende Umfrage, in der Fragen zur Simulation und zur Person beantwortet werden sollen. Diese werden dann zur Unterschiedsanalyse zwischen der 2D- und 3D-Umfrage benötigt. Außerdem werden über den

Zeitraum der Simulation zusätzliche Daten gesammelt, die am Ende zusammen mit den Umfragedaten in einer Datei abgespeichert werden.

In der Studie startet die Testperson das Programm. Als erstes sieht sie eine Einführung. Darin wird der Ablauf geschildert und eine Aufklärung über die Studie gegeben. Zu sehen ist dies in Abbildung 12.

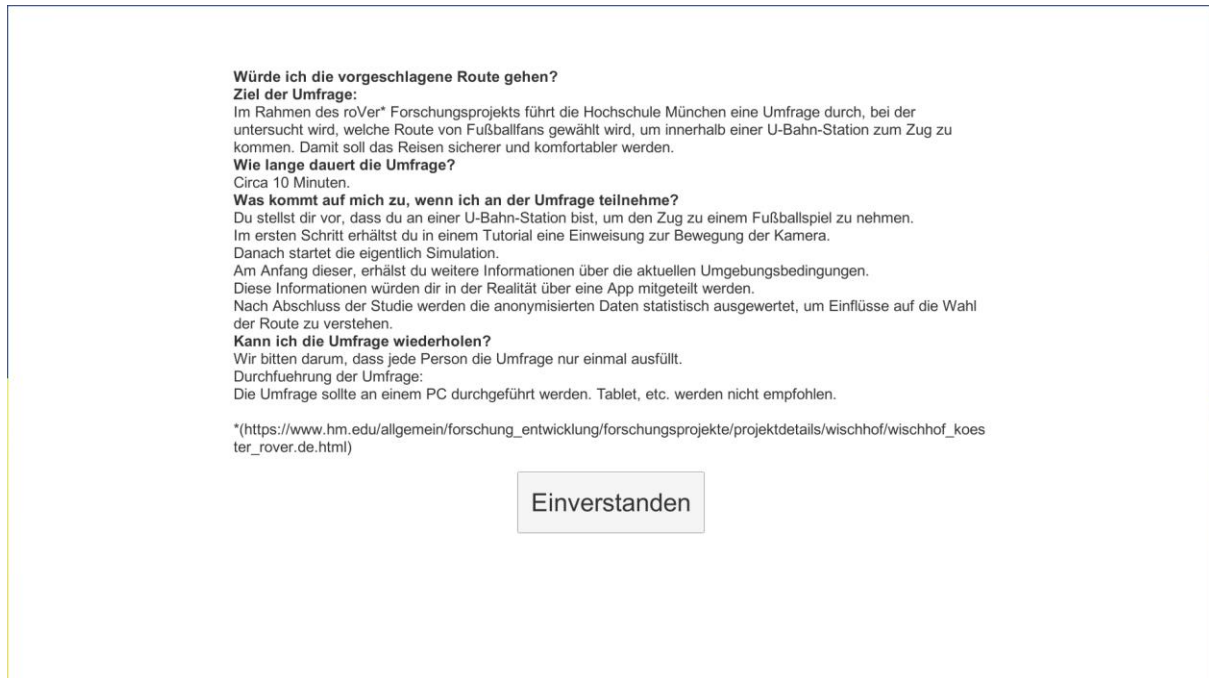


Abbildung 12: Einführung in die Studie. Siehe 1a Tabelle 1.

Nach der Bestätigung durch den „Einverstanden“ Knopf aus Abbildung 12, geht es weiter zur Einverständniserklärung, die in Abbildung 13 ersichtlich ist.

Einwilligungserklärung
Wenn du mit dieser Umfrage fortfährst, erklärst du dich mit Folgendem einverstanden

1. Ich bin mindestens 16 Jahre alt.
2. Ich habe die Einführung in die Umfrage und deren Inhalt gelesen und verstanden.
3. Meine Teilnahme ist freiwillig und es steht mir frei, die Befragung jederzeit abzubrechen.
4. Die gesammelten Informationen werden vom Forschungsteam der Hochschule München ausgewertet, um die Reaktion von Fußgängern auf Routenempfehlungen in einer U-Bahn - Station zu verstehen.
5. Mir ist bekannt, dass nach der Studie "offene Daten" zur Verfügung gestellt werden. Ich verstehe, dass dies bedeutet, dass die anonymisierten Daten öffentlich zugänglich sein werden und für Zwecke verwendet werden können, die nicht mit dieser Studie zusammenhängen, und dass es nicht möglich sein wird, mich anhand dieser Daten zu identifizieren.

Ich bin mit den oben genannten Punkten einverstanden.

Abbildung 13: Einwilligungserklärung. Siehe 1b Tabelle 1.

Nachdem die Person auch damit einverstanden ist, bestätigt sie dies wieder und startet danach das Tutorial. Zu Beginn wird der/die Nutzer/-in wieder aufgefordert, das Tutorial durch einen Knopfdruck zu starten. Als Nächstes wird die Person in einem Tutorialraum platziert. Dieser Raum besteht aus einer Ebene auf der 5 unterschiedlich große Würfel platziert sind, um sich bei Rotationen orientieren zu können. In diesem Tutorial wird versucht, der Testperson die Kamerasteuerung zu erklären. Dazu wird sie aufgefordert, sich nacheinander in die unterschiedlichen Richtungen zu drehen. In Abbildung 14 wird die erste Nachricht dazu gezeigt und in Abbildung 15 sieht man die Bestätigungsnachricht bei einer erfolgreichen Drehung.



Abbildung 14: Tutorialinstruktion zur Bewegung. Siehe 2a Tabelle 1.



Abbildung 15: Benachrichtigung nach erfolgreicher Drehung.

Drehen kann man sich, sobald man seinen Mauszeiger nah genug an den Rand des Bildschirms bewegt hat. Die Rotation findet dann stetig in die Richtung des Bildschirmrandes statt, bis der Mauszeiger wieder aus dem Bereich entfernt wird. Nachdem nach links, nach rechts und dann nach oben geschaut wurde, erhält die Testperson eine Nachricht, dass sie, wie in Abbildung 16 gezeigt, das Tutorial mit einem Linksklick beenden kann und damit zur Situationsinstruktion gelangt.



Abbildung 16: Tutorial Ende Nachricht. Siehe 2b Tabelle 1.

In der Situationsinstruktion wird der Testperson erklärt, in welchem Szenario sie sich bei der folgenden Simulation befindet. Die genauere Instruktion ist in Abbildung 17 zu sehen.

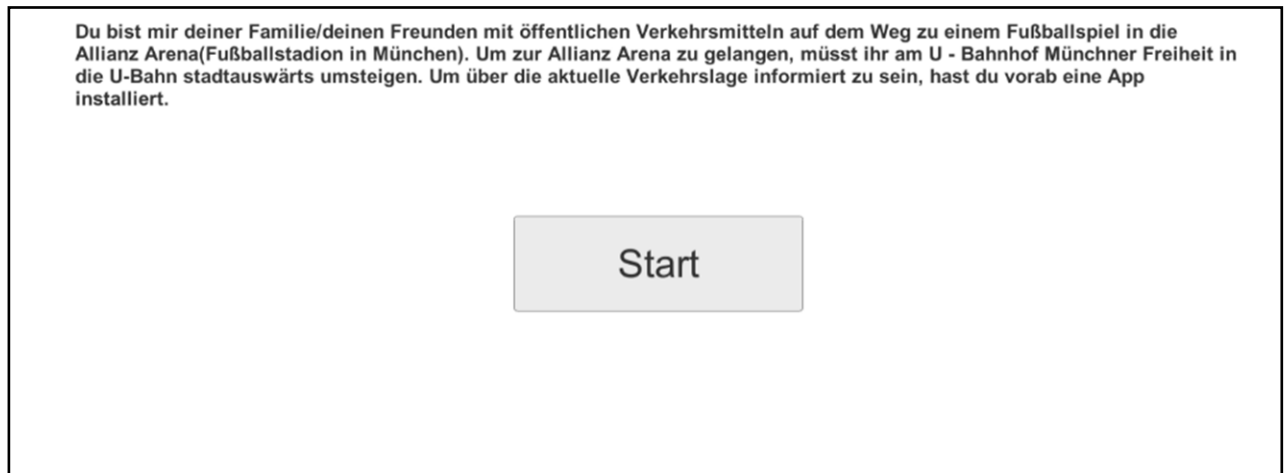


Abbildung 17: Die Situationsinstruktion für die Simulation. Siehe 2c Tabelle 1.

Nachdem die Testperson die Situationsinstruktion durchgelesen und bestätigt hat, wird sie in der Simulation platziert. Die Simulation beginnt mit der Mitteilung „Laufe zur U-Bahn!“ und der erneuten Aufforderung zu klicken, um sie zu starten, verdeutlicht in Abbildung 18.

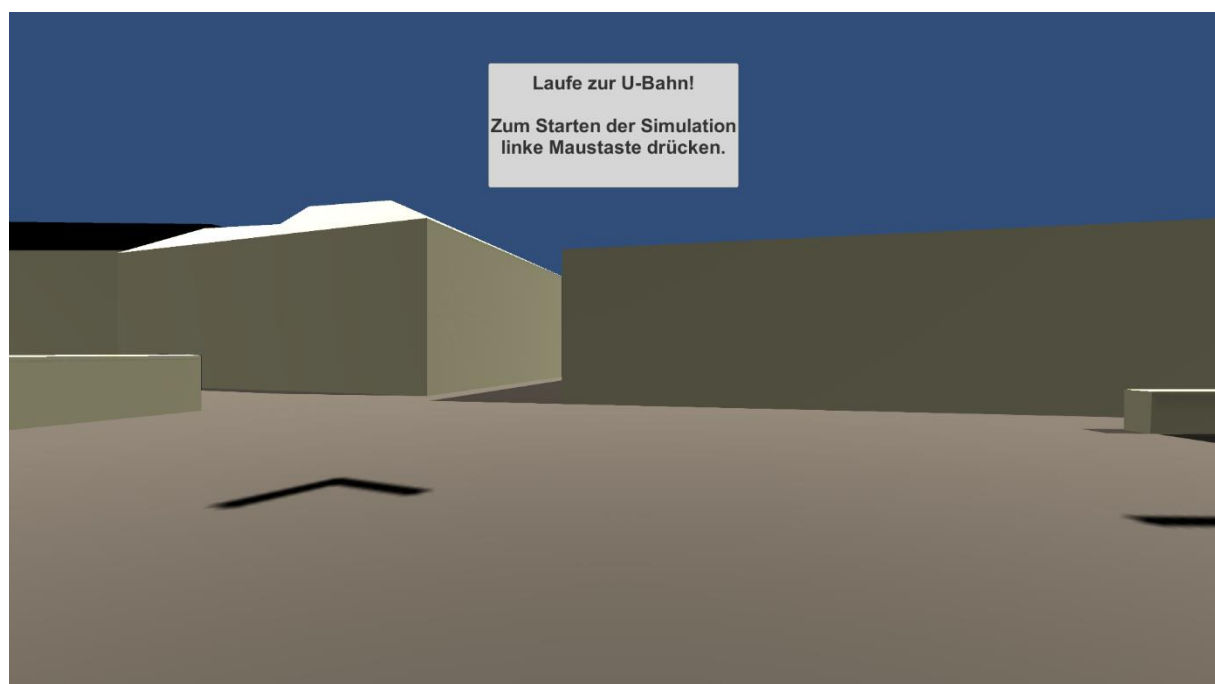


Abbildung 18: Mitteilung: „Laufe zur U-Bahn!“. Siehe 3a Tabelle 1.

Die Person befindet sich an einer stark vereinfachten 3-dimensionalen Version der Münchner Freiheit. Kurz darauf wird der Person gezeigt, wie sie ihren endgültigen Weg auswählen kann.

Dazu leuchtet, wie in Abbildung 19 zu sehen, einer der sich auf dem Boden befindlichen Pfeile auf.

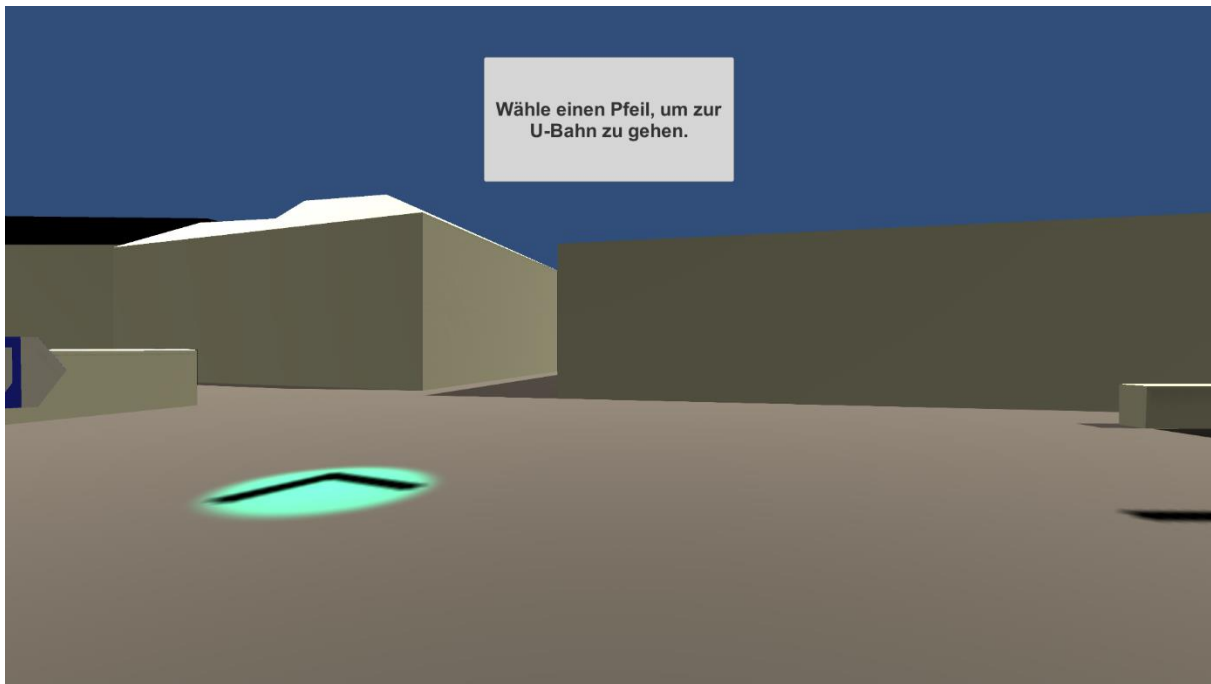


Abbildung 19: Aufleuchtender Pfeil zum Verständnisbeitrag der Simulation.

Nachdem die Leuchteffekte nach einer festgesetzten Zeit wieder verschwinden, erscheint eine Meldung, die eine Karte der Umgebung zeigt. Auf der Karte ist der Standpunkt der Testperson und die zwei unterschiedlichen U-Bahneingänge zu sehen, dazu Abbildung 20 betrachten.

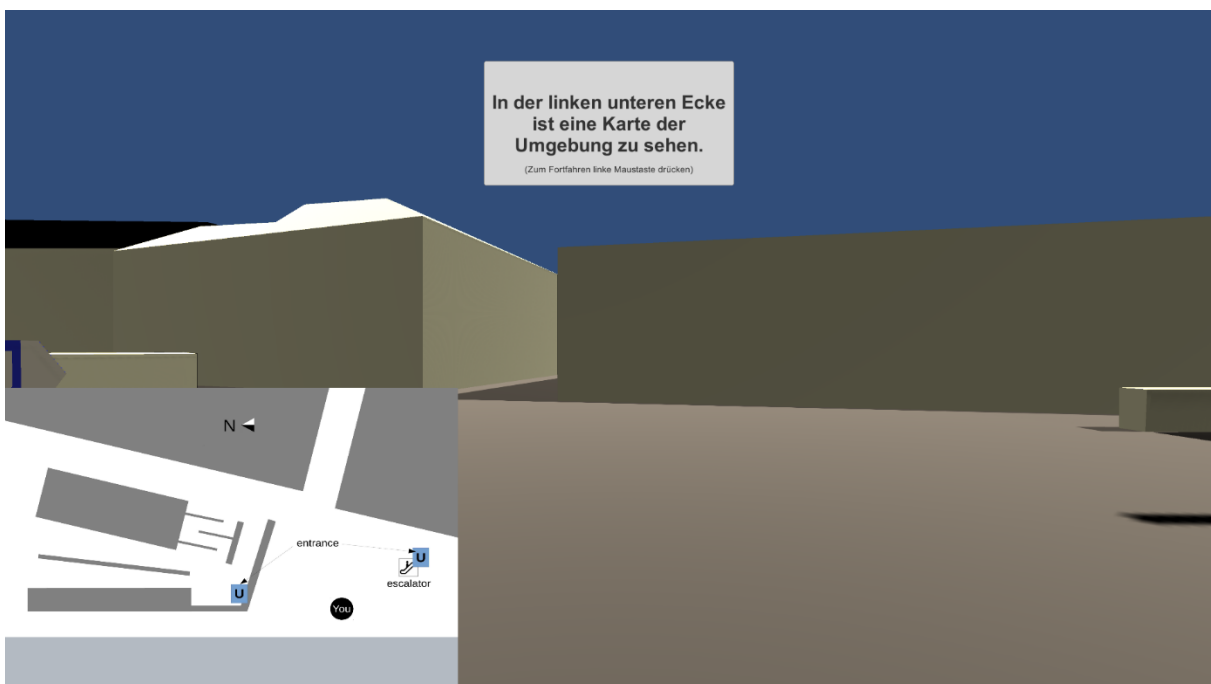


Abbildung 20: Aufzeigen der Karte in der linken unteren Ecke. Siehe 3b Tabelle 1.

Um zur nächsten Nachricht zu gelangen, bestätigt die Testperson mit einem Linksklick. Während die neue Nachricht auftaucht, wird die Karte verkleinert, bleibt aber noch auf dem Bildschirm. In Abbildung 21 sieht man die neue Nachricht, die die Menschendichte im U-Bahnbereich zeigt.

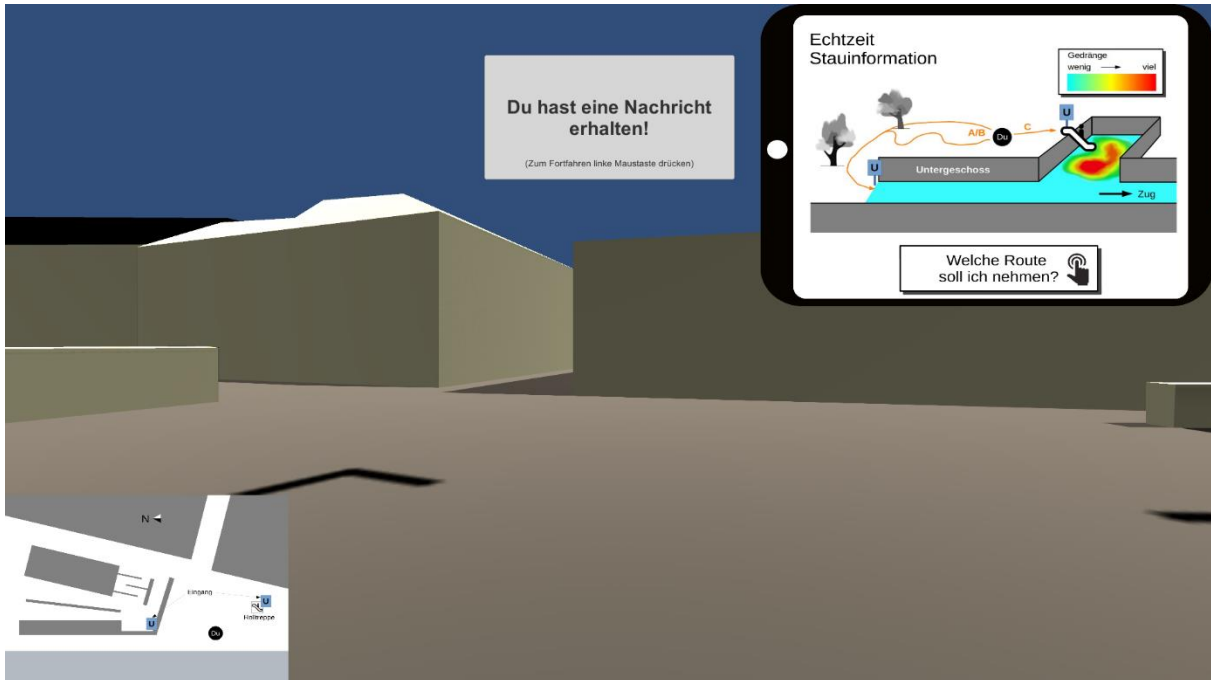


Abbildung 21: Stauinformation taucht in der oberen rechten Ecke auf. Siehe 3c Tabelle 1.

Auch diese wird durch einen Linksklick fortgesetzt. Danach wird die zweite Nachricht angezeigt (siehe Abbildung 22).

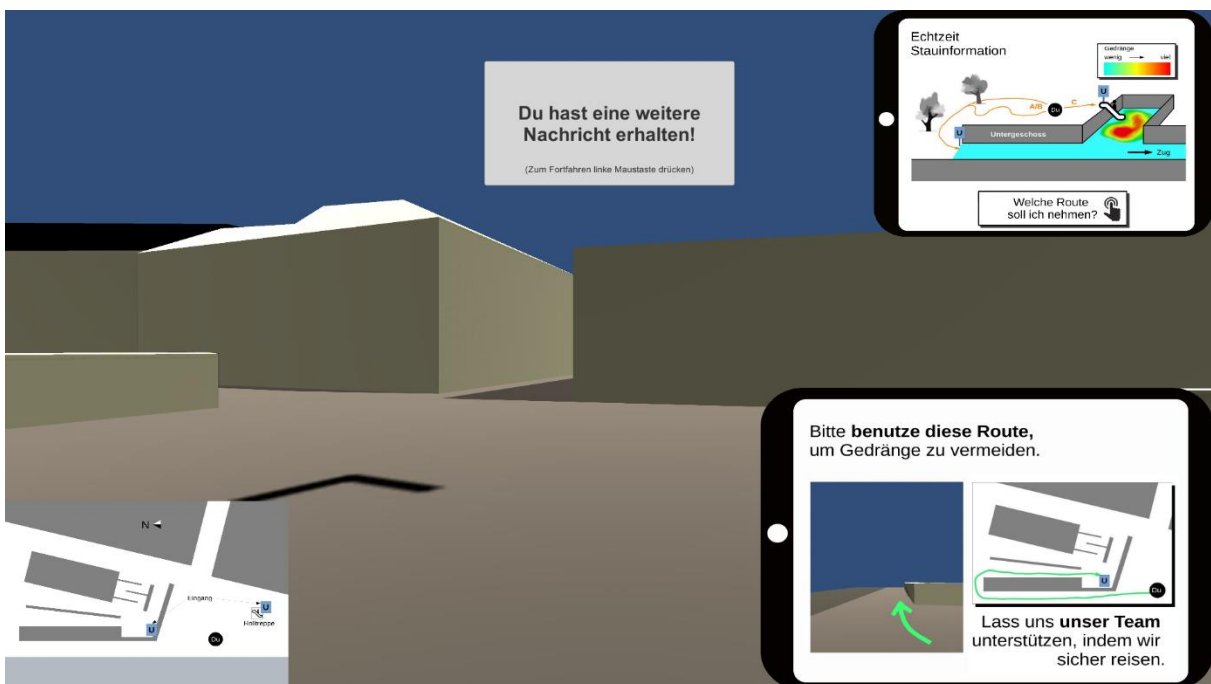


Abbildung 22: Die zweite Nachricht erscheint in der unteren rechten Ecke

Die neue Nachricht ist eine von vier möglichen Bild-Text Kombination, die anfangs zufällig ausgewählt wurde. Durch eine letzte Bestätigung verkleinert sich auch diese Nachricht (siehe Abbildung 23).

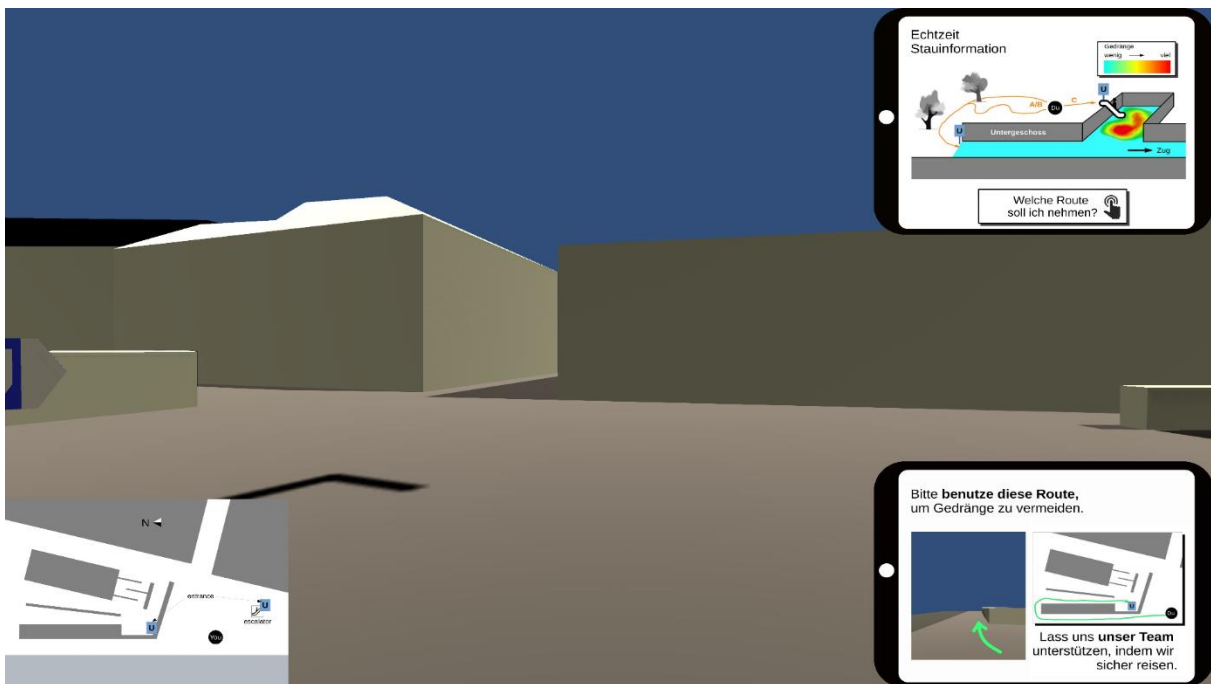


Abbildung 23: Alle Nachrichten sind nun verkleinert

Die zwei letzten Nachrichten bleiben ebenfalls auf dem Bildschirm sichtbar. Nun ist es der Testperson möglich, eine Entscheidung zu treffen. Hierfür kann sie sich noch mit den im Tutorial erklärten Steuerungen drehen und sich umsehen. Eine Fortbewegen ist nicht möglich. Hat sie sich für einen der drei Wege entschieden, muss sie den dazu gehörigen Pfeil anklicken. Die Pfeile leuchten bei einem Überschneidung mit dem Mauszeiger blau auf (siehe Abbildung 24).

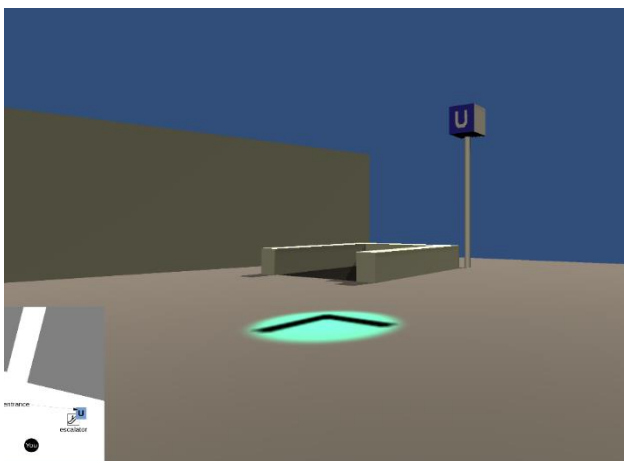


Abbildung 24: blau aufleuchtender Pfeil bei Überschneidung mit der Maus

Wurde der Pfeil angeklickt, kommt eine letzte Pop-Up Nachricht. Es erfolgt die Nachfrage, ob wirklich der gewählte Weg bestätigt werden soll (siehe Abbildung 25).

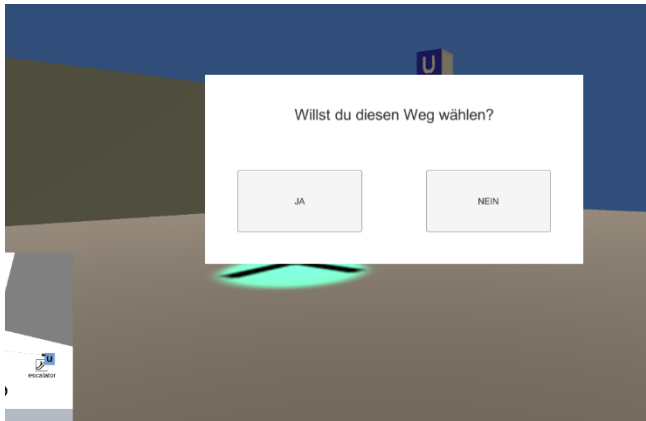


Abbildung 25: Pop-Up Fenster nach Anklicken eines Pfeils. Siehe 3d Tabelle 1.

Bejaht man dies, ist die Simulation zu Ende und es geht weiter zur Umfrage. Bei einer Verneinung schließt sich das Pop-Up Fenster und die Simulation wird fortgesetzt.

Die abschließende Umfrage beinhaltet einige Fragen zur Person und Simulation.

Anstelle der zwei Handynachrichten kann es in der Hälfte der Variationen auch nur eine davon geben. In diesem Fall wird die erste Nachricht in der oberen rechten Ecke ausgelassen (siehe Abbildung 26).

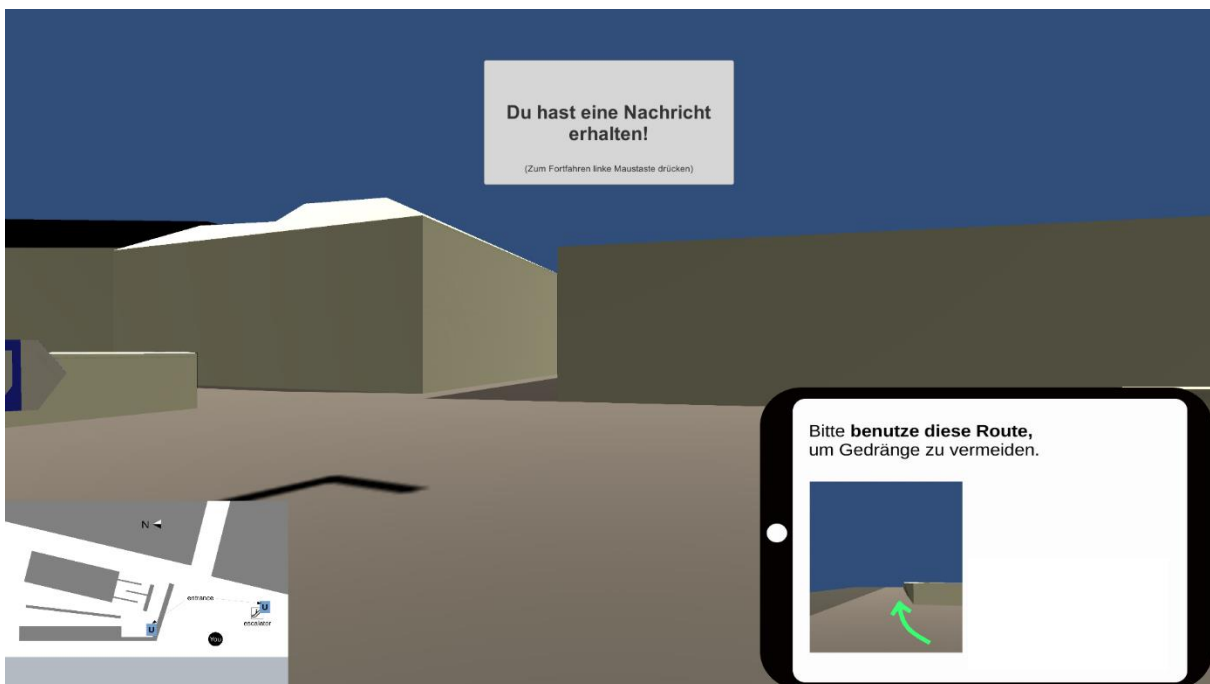


Abbildung 26: Variante ohne Echtzeit-Stauinformation

Um eine beispielhafte Erweiterung der Testumgebung aufzuzeigen und im Interesse von Christina Mayr habe ich eine Version mit und eine Version ohne Wegweiser erstellt.

Schilder haben von ihrem Design abhängig unterschiedliche Erfolgchancen, Menschen zu beeinflussen. So sind Farbe, Größe und Befestigungshöhe ausschlaggebend für die Wirkung eines Schildes [24]. Bekannt ist zum Beispiel, dass farbiger Text auf weißem Hintergrund auch bei Schildern in den meisten Fällen am besten zu erkennen ist. Die optimale Größe der Schilder und der darauf abgebildeten Zeichen und Buchstaben hängt unter anderem vom Alter der Nutzer/-innen ab [24].

Da es sich bei der Modellierung um einen Wegweiser für eine U-Bahnstation handelt, erstellen wir jedoch kein neues Logo, sondern greifen auf das bekannte weiße „U“ auf blauem Hintergrund zu. Es sind drei Schilder am Wegweiser platziert, die jeweils in eine der drei möglichen Wegrichtungen zeigen (siehe Abbildung 27).

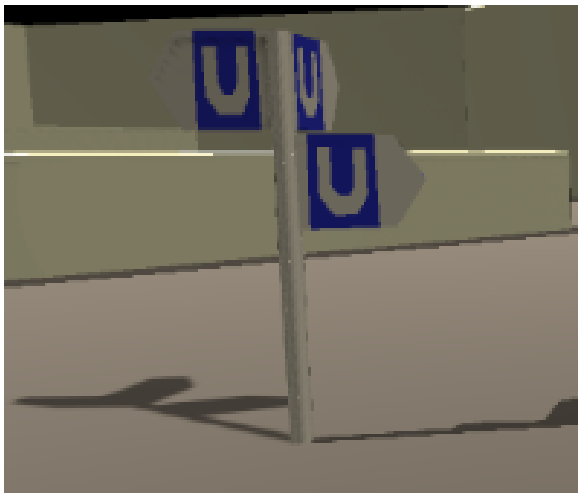


Abbildung 27: Wegweiser mit U-Bahn-Zeichen

3.4 Datenerfassung und -export

Für das Routenwahlexperiment und den anschließenden Fragebogen müssen die Entscheidungen und Antworten jeder Testperson erfasst und gesammelt werden. Ich habe mich dafür entschieden, dass ich nach jedem Simulationsdurchlauf die Ergebnisse in einer menschenlesbaren Textdatei schreibe. Die zu erfassenden Daten sind in Tabelle 2 dargestellt.

Daten aus der Simulation	<ul style="list-style-type: none"> • Die Variante, die der Testperson vorliegt • Für welchen Weg sich entschieden wurde • Die Bildschirmgröße der Testperson • Den Zeitpunkt der Durchführung • Die Dauer der Kartenbetrachtung • Die Dauer der Benachrichtigungsbetrachtung
Daten aus der Umfrage	<ul style="list-style-type: none"> • Bewertung der Steuerung • Bewertung der Computerspielerfahrung • Bewertung der Handybenachrichtigung • Bewertung der Orientierungsfähigkeit • Frage nach dem Geschlecht • Frage nach dem Alter

Tabelle 2: Daten, die in der Textdatei gespeichert werden

Es werden Daten in der Simulation gesammelt und anschließend eine weitere Datenerhebung durch die Teilnahme an der Umfrage durchgeführt. In der Simulation wird erfasst, welchen Weg die Person gewählt hat. Die drei Auswahlmöglichkeiten sind hierbei der vom Startpunkt aus sich links befindende Pfeil für die lange Strecke, der mittlere Pfeil für die mittellange Strecke und der rechte Pfeil stellt den kürzesten Weg da. Da mich vor allem auch das Verhalten der Testpersonen in der Simulation interessiert, messe ich außerdem deren zeitliches Verhalten zu bestimmten Simulationsabschnitten. So wird bei dem Aufzeigen der Karte und der darauffolgenden Appnachricht bzw. Appnachrichten die Zeit gemessen, die benötigt wird, um die Nachricht aktiv mit einem Links-Mausklick zu entfernen. Somit erkennt man, wie viel Zeit die Testperson benötigt, die gezeigte Information anzusehen. Nachdem die Testperson mit der Betrachtung der Nachrichten abgeschlossen hat, sollte sie sich noch etwas umschaun, bevor sie ihre Entscheidung trifft. Diese Umschau-Bewegung messen wir, indem wir den Drehbereich in 36 je 10 Grad große Bereiche entlang des Horizonts einteilen, siehe Abbildung 28.

Hierbei messen wir bei jedem Frame, wie lange dieser war und in welchem Bereich sich die Person hierbei befand. Am Ende erhalten wir hierdurch ein aussagekräftiges Profil mit der Information, in welchen Bereichen wie viel Zeit verbracht wurde. Zusätzlich zu diesen Zeitmessungen stoppen wir zudem die Zeit für den gesamten temporären Aufenthalt in der Simulation. Ab dem Moment, in dem der Weg ausgewählt wurde, beginnt die Umfrage. Angefangen wird diese mit der Abfrage zu simulationsbezogenen Fragen, wie dem Zurechtkommen mit der Steuerung. Und beendet mit Fragen zur Person, die die Simulation

durchgeführt hat, wie zum Beispiel der Frage nach dem Alter. Siehe Tabelle 2 für die Informationen, die in der Umfrage erfasst werden sollen.

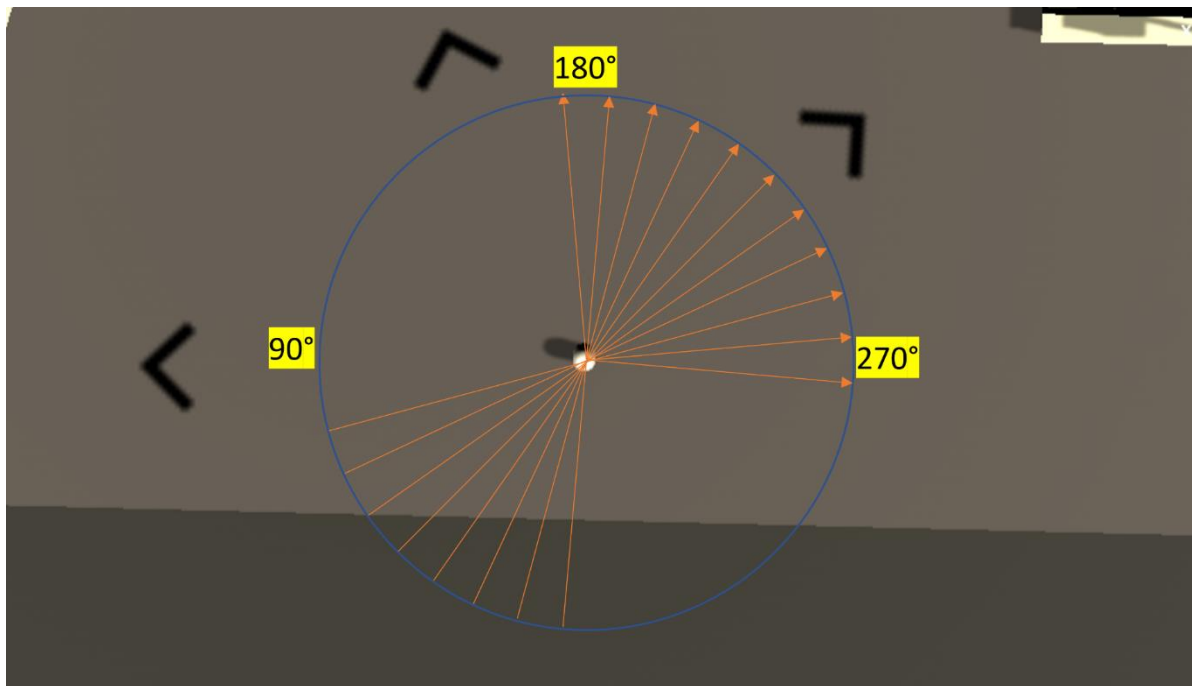


Abbildung 28: Darstellung der Größe der Abschnitte zur Erfassung der Kameradaten.

Da Testpersonen nicht alle das gleiche Endgerät und Setup besitzen, betrachten wir außerdem noch die Größe des Fensters, in dem die Simulation gestartet wurde. Dies ist vor allem wichtig, da es bei Fällen von kleinen Fenstern zu großen Flächenanteilen des User-Interfaces in der Simulation kommen kann. Diese Personen müssen dann mit einem kleinerem Sichtfeld auskommen und deswegen möglicherweise als gesonderte Gruppe betrachtet werden.

Ein weiterer Unterschied bei den Testdurchläufen ist die zufällig ausgewählte Variante der Simulation. Hier wird zuerst zwischen der Version mit den Wegweisern und der ohne Wegweisern unterschieden. Dazu kommen dann noch die unterschiedlichen Varianten der Appbenachrichtigungen. Diese sind identisch mit den Benachrichtigungen aus der 2D-Studie und ergeben zusätzlich 8 unterschiedliche Optionen. Insgesamt kommen wir somit auf 16 unterschiedliche Kombination. Jeder dieser Versionen wird eine individuelle Bezeichnung zugeteilt. Die Zusammensetzung enthält die übernommene Namensgebung für die Nachrichten aus der 2D-Studie und dem Zusatz des Schildes. So steht beispielsweise bei der Kennzeichnung B2S, das B für die Absenz der Appbenachrichtigung mit den Stauinformationen in der U-Bahn. Die 2 bezieht sich auf die ausgewählte Variante der Benachrichtigung mit den entsprechenden Informationen. In diesem Fall wäre dies das Bild mit dem vorgeschlagenen Weg und eine Karte, auf welcher der Weg ein weiteres Mal mit einem grünen Pfeil abgebildet ist (siehe Abbildung 2). Das S am Ende beschreibt, dass zusätzlich ein Wegweiser in der Simulation gezeigt wurde. Die gleiche Version allerdings ohne Wegweiser würde als B2 bezeichnet werden.

Außerdem wird der Zeitpunkt, an dem die Umfrage stattgefunden hat, gespeichert.

Um die Daten zu speichern, werden diese in einem JSON-Format in einer Textdatei abgespeichert (siehe Abbildung 29).



Abbildung 29: Abgespeicherte Textdatei mit den gesammelten Daten.

Dies ermöglicht es, die Daten anschließend einfach zu extrahieren und auszuwerten. So können wir zum Beispiel, wie in Abbildung 30 gezeigt, die durchschnittlichen Aufenthaltszeiten in den Teilbereichen der Simulation, abhängig von der Wahl des Weges, ausgeben lassen. Zur Ausgabe wurde hierbei ein Python-Programm mit der Bibliothek matplotlib erstellt.

3.4. Testdurchlauf

Um die Funktionsfähigkeit der Simulation zu testen, habe ich 16 Durchläufe der Umfrage selbst durchgeführt. Am Ende jeder Durchfrage wurde eine Datei mit den gesammelten Daten erstellt. Diese habe ich auf ihren Inhalt kontrolliert. Ich habe darauf geachtet, dass das Datum korrekt ist, die von mir eingegebenen Antworten identisch mit den abgespeicherten Ergebnissen sind und die Bildschirmgröße richtig eingetragen wurde.

Außerdem habe ich geprüft, ob die erfassten Daten der Zeitmessungen Sinn machen und diese anschließend mit einem selbstgeschriebenen Programm ausgewertet. So sieht man in Abbildung 30 die zeitliche Verteilung meiner Kameraausrichtung in der Simulation. Die Startausrichtung der Kamera ist bei 180 Grad, dies zeigt sich auch in der Graphik durch den dort größten vorliegenden Balken. Zur Kontrolle der Umfrage habe ich noch die Daten der zweiten Frage zur Computerspielerfahrung genauer betrachtet und ebenfalls ausgewertet, siehe Abbildung 31.

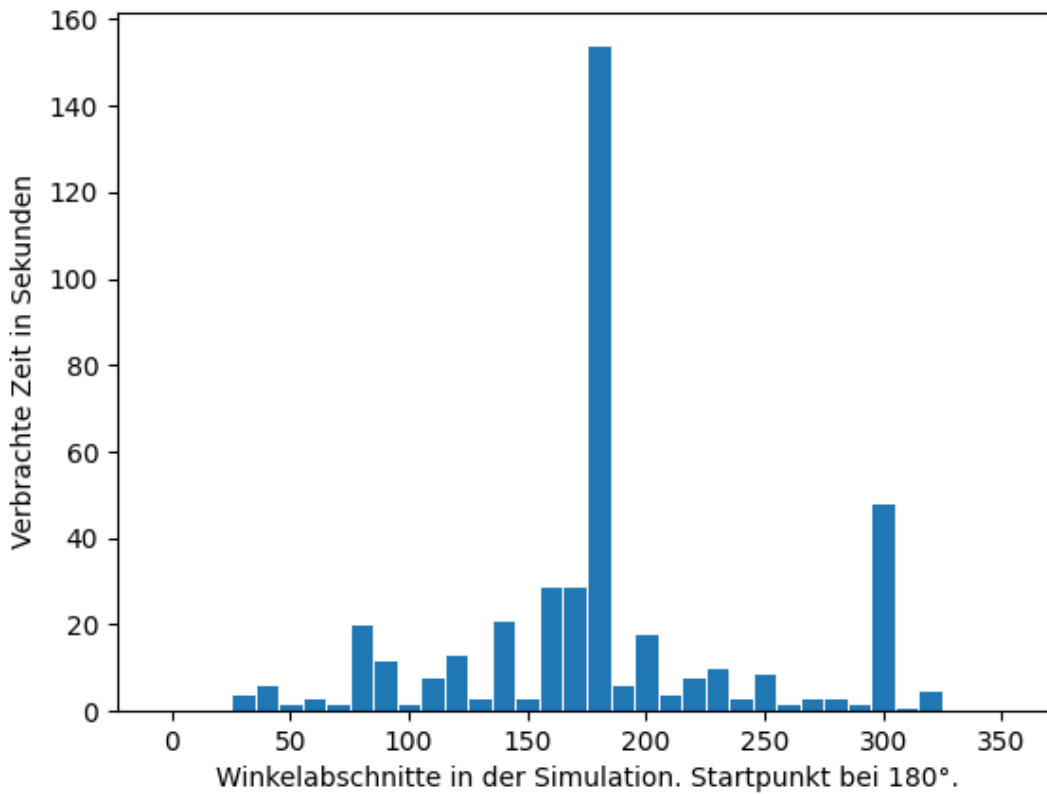


Abbildung 30: Verbrachte Zeit in Abhängigkeit der Sichtrichtung der Testperson all meiner Testdurchläufe.

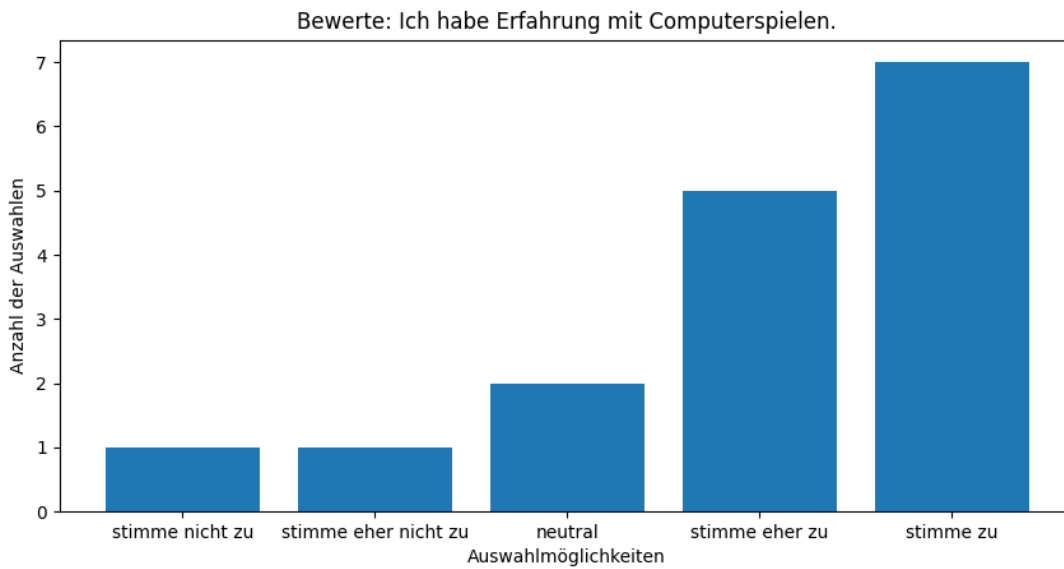


Abbildung 31: Testauswertung eines Umfrageabschnitts zur Computerspielerfahrung.

3.5. Alternative Modellierungen und offene Fragen

Im Folgenden möchte ich darauf eingehen, welche alternativen Modellierungen meiner Meinung nach sinnvoll sein könnten und wobei ich Schwierigkeiten sehe.

3.5.1. Steuerung

Es hat sich bei einem Prototyp herausgestellt, dass die Bewegung des Charakters in der Simulation einige Probleme mit sich zieht. Zur Lösung hat der Charakter nun einen festen Standpunkt zugewiesen bekommen. Um sich trotzdem umschaun zu können, hat die Testperson die Möglichkeit, die Kameraansicht der Simulation mit der Maus zu steuern.

Eine andere Möglichkeit wäre die passive Navigation gewesen. Dabei hätte die Testperson zum Beispiel auf einen Punkt geklickt, an dem sie gerne wäre. Anschließend wäre die Testperson in der Simulation dorthin teleportiert oder durch ein Programm automatisch zu dem gewünschten Punkt gesteuert worden. Vorteile des passiven Navigierens ist eine einfache Bedienung. Falls man sich für ein Bewegungsmodell mit Teleportation entscheidet, ist die Implementierung unkompliziert. Automatisiertes Pathfinding ist hingegen sehr aufwändig. Das Teleportieren wäre vor allem in Fällen von Terrainhöhenunterschieden hilfreich, da zum Beispiel keine Treppensteiganimationen benötigt werden. Auch Wände könnten dadurch viel einfacher überwunden werden. Nachteile der passiven Navigation sind die lebensfernen Routen, die gewählt werden und die nicht wirkliche Teilnahme an der Bewegung. Außerdem müsste man auch bei der passiven Navigation eine aktive Kamerasteuerung zur Auswahl haben, damit sich die Testperson in der Simulation in jede Richtung fortbewegen kann.

3.5.2. Thema: Akustik

Zudem gab es auch Elemente, die aufgrund unzureichender Kontrolle der Testpersonen nicht eingefügt werden konnten. So hätten zum Beispiel Umweltgeräusche wie Autolärm und Fangesänge aus bestimmten Richtungen erklingen können. Doch durch die Notwendigkeit von einem eingeschaltetem Audiooutput verzichten wir auf diese.

Alternativ könnte man die Studie unter Beobachtung durchführen und damit sicherstellen, dass die Testpersonen unter gleichen Bedingungen die Umfrage vollziehen. So könnten auch akustische Einflüsse eingesetzt und näher betrachtet werden.

3.5.3. Thema: Realitätsnähe

In meiner Studienumgebung war Realitätsnähe schwierig zu gewährleisten, da eine realitätsnahe Ansicht und realitätsnahe Objekte oft Störfaktoren darstellen.

Den Verlust an Immersion der Testpersonen wurde auch in den Steuerungselementen sichtbar. Ich habe mich anstelle des realistischen Laufens für die der Vorgängerstudie ähnlichen

Wegwahl entschieden, bei der nur ein Weg ausgewählt wird und keine manuelle Bewegung stattfindet.

Trotzdem ist nicht alles unrealistisch gehalten. Die Kamerabewegung berücksichtigt, dass sich die Augen etwas entfernt von der Drehachse befinden und außerdem sind Blickwinkel und Kamerahöhe dem Menschen angepasst. Auch bei der Version mit der aktiven Bewegung habe ich darauf geachtet, das Lauftempo der Person an die menschliche durchschnittliche Gehgeschwindigkeit anzupassen.

Es wäre interessant in weiteren Forschungen zu erfahren, welche von den ausgeschlossenen Faktoren in der Simulation einen entscheidenden Einfluss auf die Wegwahl mit Einbezug der Handyapplikation haben. Außerdem wäre spannend zu wissen, welche Unterschiede sich zwischen der Bewegungsversion und der aktuellen Version ergeben. Eventuell ist es lohnenswert, eine Bewegungsversion auszubauen, um meiner Meinung nach wichtige Daten über die konkreten Laufwege zu erhalten.

3.5.4. Anordnung der App-Nachrichten

Für die Wegwahl, Informationsweitergabe und Benachrichtigung der Testperson wurde das User Interface benötigt. Bei diesem wurde besonders darauf geachtet, das Sichtfeld nicht unnötig zu beeinträchtigen und trotzdem leserlich zu bleiben. Am Ende wurden feste Größen für die jeweiligen Interface-Elemente gewählt.

Dies führte dazu, dass es bei kleinen Bildschirmen zu Überschneidungen im User-Interface kommen kann. Zur Lösung hätte man hierfür das User-Interface flexibel entwickeln können, es hätten sich die Nachrichten abhängig von der Bildschirmgröße angepasst. Allerdings wären die Nachrichten bei kleinen Bildschirmen unter Umständen nicht mehr lesbar.

4. Zusammenfassung

Ziel der Bachelorarbeit war es, eine Studienumgebung zu erstellen, in der anhand des Szenarios Münchner Freiheit ein virtuelles Routenexperiment in einer dreidimensionalen Umgebung durchgeführt werden kann. Basierend auf der 2D-Umfrage und meiner Literaturrecherche habe ich Anforderungen an die Studienumgebung und das 3D-Modell definiert. Im Anschluss habe ich in Unity ein Projekt erstellt, in dem das 3D-Modell in einer Studienumgebung eingebettet ist.

Das Projekt ist öffentlich zugänglich unter <https://gitlab.lrz.de/ga27kib/unityprojectbacjonas>.

Die Studienumgebung untergliedert sich in vier Teile: Im ersten Teil erhält die Testperson eine Einführung zur Studie. Im zweiten Teil muss die Testperson ein Tutorial zur Steuerung der Simulation bewältigen. Im dritten Teil beginnt dann die Simulation. Und zuletzt beantwortet die Testperson im vierten Teil eine Umfrage. Während der Studiendurchführung müssen die Entscheidungen und Antworten der Teilnehmer/-innen erfasst werden. Hierfür sammle ich während der Durchführung Daten und lege diese dann nach Durchführung jedes Durchlaufes in einer JSON-Datei ab. Um zu zeigen, dass meine Studienumgebung den technischen Anforderungen entspricht, habe ich einen Testlauf durchgeführt, bei dem ich 16 Dummy-Datensätze erzeugt und anschließend ausgewertet habe.

Eine zentrale Fragestellung meiner Arbeit war, wie das 3D-Modell gestaltet werden muss. Anhand meiner Literaturrecherche habe ich aufgezeigt, welche Störfaktoren bei der Modellierung beachtet werden müssen. Während der Modellerstellung haben sich dann neue Fragen ergeben: Soll die Testperson sich in der Simulation bewegen können oder reicht es aus, wenn sie sich lediglich auf der Stelle drehen kann? Ich habe mich am Ende für eine Variante ohne Laufen, aber mit Drehbewegung entschieden. Der Hauptgrund hierfür war, die Studie so kurz wie möglich zu gestalten. Das Ablaufen der Routen kostet Zeit und führt im schlimmsten Fall zum Studienabbruch. In meiner Studie müssen die Testpersonen die Wegentscheidung zu Beginn treffen. Dies reduziert die Dauer der Simulation. Es hat aber den Nachteil, dass man z.B. nicht beobachten kann, ob jemand auf der Route umkehrt. Diese und weitere Fragen habe ich gesammelt und verschiedene Varianten diskutiert. Diese Diskussion kann als Basis für die Fortentwicklung meines Modells verwendet werden.

5. Anhang

5.1. Bewegungsvariante, Prototyp

In der Bewegungsvariante der Simulation hatte die Testperson die Möglichkeit, in der Umgebung herumzulaufen. In dieser Version kamen einige Fragen auf, wie soll man die Kamera bewegen, wie schnell läuft man und ist Terrain notwendig? U-Bahneingänge waren zu dunkel, da sie einen abwärtsgehenden Eingang hatten. Sollten diese beleuchtet werden oder entstehen dadurch neue Einflussfaktoren. Zudem wurde das Lauftempo als langsam empfunden, die Gehgeschwindigkeit wurde auf 5 km/h gesetzt, welches dem durchschnittlichen Standard eines Erwachsenen entspricht [20]. Der Realismus des Gehens wurde in einer kurzen Umfrage als unangenehm und nervig bezeichnet.

Die Kamerabewegung wurde durch die Laufrichtung gesteuert, es konnte also nicht ohne Charakterdrehung die Kamera gedreht werden. Dies wurde begründet durch die Schwierigkeit der Kameranutzung bei gleichzeitiger Charakterbewegung, wie es auch beispielsweise in First-Person-Shootern zu finden ist. Mit dem hohen Schwierigkeitsgrad kommt es zu großen Bedienungsdifferenzen zwischen erfahrenen 3D-Spiel/Simulationsnutzern/-nutzerinnen und unerfahrenen Testpersonen.

Unrealistische Strukturen entstanden durch das nicht vorhanden sein von Terrainhöhenunterschieden wie zum Beispiel einer Rollstuhlfahrt einer Treppe. Zudem war einer der U-Bahneingänge durch einen seitlichen Eingang in einer Wand betretbar. Doch ohne Höhenunterschied wurde dies ebenfalls in einen mit „Rolltreppe“ zu betretenden Eingang umgewandelt. Eine wichtige Entscheidung war auch bei der Wahl zwischen aktiver und passiver Navigation zu treffen.

Aktive Navigation beschreibt die flüssige und ständige Bewegung des Charakters, so wie es in den meisten 3D-Plattformen und Shootern gängig ist. Unter passive Navigation fallen Steuerungsarten, wie das Anklicken eines Zielpunktes und das darauffolgende Teleportieren oder auch das geführte, automatische Hinlaufen zum gewünschten Punkt. Vorteile der aktiven Navigation sind die Immersion und die Bewegungsfreiheit. Zudem werden Distanzen eher wahrgenommen, da weitere Strecken mehr Zeit zum Laufen brauchen. Nachteile sind die benötigten Physiksimulationen und der erhöhte Schwierigkeitsgrad für unerfahrene Testpersonen. Obwohl dies ohne Plattformelemente nicht allzu schwierig sein sollte, da sich die Bewegung nur auf Vorwärts/Rückwärtsbewegung, sowie auf das Drehen in der eigenen Achse beschränkt.

Doch wie schon zuvor angesprochen, stellte sich nach einer ersten Umfrage zur Simulation heraus, dass sich die Steuerung „nicht gut anfühlt“ und zudem Bereiche gesehen werden konnten, die weitere Probleme aufwarfen. So sieht man auch in den Abbildungen 33 bis 35 die zeitliche Dauer, die man für den ersten Teil des vorgeschlagenen längeren Weges benötigte.

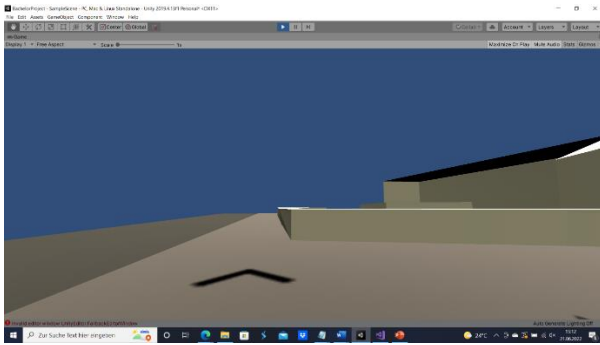


Abbildung 32: Start, 0s gelaufen

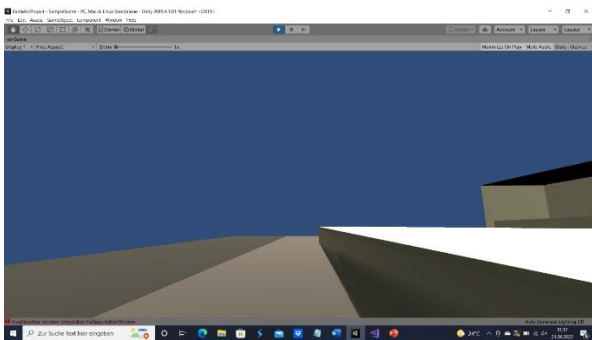


Abbildung 33: Ungefährer Mittelpunkt der ersten Wand entlang, 23s gelaufen

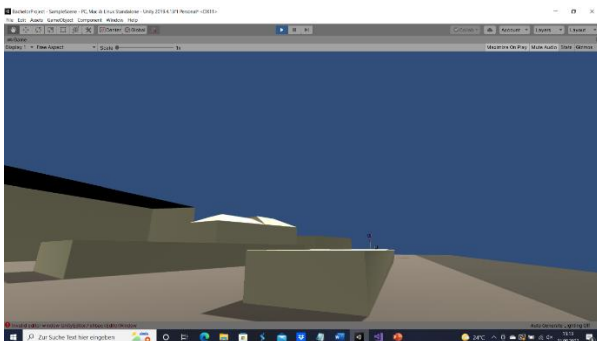


Abbildung 34: Am Ende der Wand angekommen, 50s gelaufen

5.2. Ablauf Bewegungsvariante im Vergleich zur aktuellen Version

Nun zu den Unterschieden und Gemeinsamkeiten der Bewegungsvariante und aktuellen Version. Die Einleitung und Einverständniserklärung wären identisch zur aktuellen Version. Erste Unterschiede werden im Tutorial vorzufinden sein, da sich die Steuerungsmethoden und -möglichkeiten stark unterscheiden. Im Tutorial der Bewegungsvariante wäre das Ziel gewesen von einem Punkt A zu einem Punkt B zu gelangen. Danach wären die Meldungen identisch zu denen aus Version zwei erfolgt, abgesehen von der Erklärung der Pfeile am Boden. Diese sind in der Bewegungsvariante nicht vorhanden und werden auch nicht benötigt. Anstelle des

Umsehens und Auswählens muss der/die Nutzer/-in in der Bewegungsvariante selbstständig mit den Pfeiltasten in einen der zwei U-Bahneingänge eintreten. Sobald die Testperson in einen der Eingänge gelaufen ist, beginnt auch in dieser Version die abschließende Umfrage.

5.3. Datensammlung Bewegungsvariante

Bei der Bewegungsvariante wären folgende Auswertungen möglich: Wo ist die Person hingelaufen? An welchen Stellen wurde verweilt? Wenn man prüft, wann Karte und Handynachrichten nochmal angesehen wurden, könnte man Rückschlüsse ziehen, an welchen Stellen am längsten überlegt wurden. Auch könnte man begutachten, wie die Entscheidungen der Wegwahl in Abhängigkeit von Nachrichten und Schildern getroffen wurde. Zur Bewegungsanalyse hätte man eine Technik anwenden können, in der nicht sichtbare Platten auf der Oberfläche platziert worden wären. Abhängig davon könnte man anschließend den Weg aufgrund der betretenen Platten replizieren. Doch der Weg allein wäre zur Analyse nicht ausreichend gewesen. Zusätzlich ist der Zeitaufenthalt relevant. Zur Auswahl steht eine tatsächliche Aufnahme der Simulation oder eine Zeitmessung auf jeder Platte. Eine komplette Aufnahme würde wesentlich mehr Speicherkapazität benötigen als die Alternative, die Messung in kleine Aufnahmebereiche aufzuteilen. Interessant wäre auch die Möglichkeit gewesen, die Wegweiser an unterschiedlichen Stellen zu positionieren und darauf eingehende Analysen zu betreiben.

5.4. Beleuchtung Bewegungsvariante

Weitere Fragen haben sich bei der Gestaltung der Beleuchtung in der Bewegungsvariante gestellt. Hier sollten die Testpersonen in die U-Bahneingänge gehen, diese waren dunkel und somit negativ beeinflussend. Eine Lösung dafür wäre eine eigene U-Bahnbeleuchtung anzubauen. Doch dies benötigt dann neue Anpassungen wie die genaue Lichtstärke, Lichtfarben und Orte des Lichts. Alle diese Punkte könnten erneut unterschiedliche Einflüsse auf die Entscheidung der zu testenden Person bewirken. Solch eine Feinjustierung würde zusätzlich Tests und Abwägungen benötigen. Dies war bei der zweiten Version nicht erforderlich, da man nie in die Eingänge vom Startpunkt aus hineinsehen kann und somit auch keine Beeinträchtigung in der Wahl stattfindet.

6. Literaturverzeichnis

- [1] Milad Haghani, Empirical methods in pedestrian, crowd and evacuation dynamics: Part I. Experimental methods and emerging topics, *Safety Science*, Volume 129, 2020, 104743, ISSN 0925-7535, <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2020.104743>.
- [2] Aoki, H., Oman, C.M., Natapoff, A., 2007. Virtual-reality-based 3D navigation training for emergency egress from spacecraft. *Aviat. Space Environ. Med.* 78, 774–783. *Virtual-Reality-Based 3D Navigation Training for Emergency Egress...: Ingenta Connect*.
- [3] Smith, S., Ericson, E., 2009. Using immersive game-based virtual reality to teach firesafety skills to children. *Virtual Reality* 13, 87–99. <https://doi.org/10.1007/s10055-009-0113-6>.
- [4] Kinateder, M., Pauli, P., Müller, M., Krieger, J., Heimbecher, F., Rönnau, I., Bergerhausen, U., Vollmann, G., Vogt, P., Mühlberger, A., 2013. Human behaviour in severe tunnel accidents: effects of information and behavioural training. *Transp. Res. Part F* 17, 20–32. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2012.09.001>.
- [5] Duarte, E., Rebelo, F., Teles, J., Wogalter, M.S., 2014. Behavioral compliance for dynamic versus static signs in an immersive virtual environment. *Appl. Ergon.* 45, 1367–1375. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2013.10.004>.
- [6] Chittaro, L., Sioni, R., 2015. Serious games for emergency preparedness: evaluation of an interactive vs. a non-interactive simulation of a terror attack. *Comput. Hum. Behav.* 50, 508–519. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2015.03.074>.
- [7] Gamberini, L., Chittaro, L., Spagnolli, A., Carlesso, C., 2015. Psychological response to an emergency in virtual reality: effects of victim ethnicity and emergency type on helping behavior and navigation. *Comput. Hum. Behav.* 48, 104–113. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2015.01.040>.
- [8] Cosma, G., Ronchi, E., Nilsson, D., 2016. Way-finding lighting systems for rail tunnel evacuation: a virtual reality experiment with Oculus Rift®. *J. Transp. Saf. Secur.* 8, 101–117. <https://doi.org/10.1080/19439962.2015.1046621>.
- [9] Crescentini, C., Chittaro, L., Capurso, V., Sioni, R., Fabbro, F., 2016. Psychological and physiological responses to stressful situations in immersive virtual reality: differences between users who practice mindfulness meditation and controls. *Comput. Hum. Behav.* 59, 304–316. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2016.02.031>.
- [10] Van Kerrebroeck, H., Brengman, M., Willems, K., 2017. Escaping the crowd: an experimental study on the impact of a Virtual Reality experience in a shopping mall. *Comput. Hum. Behav.* 77, 437–450. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2017.07.019>.
- [11] Jorjafki, E.M., Sagarin, B.J., Butail, S., 2018. Drawing power of virtual crowds. *J. R. Soc. Interface* 15, 20180335. <https://doi.org/10.1098/rsif.2018.0335>.

- [12] Kinateder, M., Comunale, B., Warren, W.H., 2018. Exit choice in an emergency evacuation scenario is influenced by exit familiarity and neighbor behavior. *Saf. Sci.* 106, 170–175. [13] Lovreglio et al. 2018. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2018.03.015>.
- [13] Rio, K.W., Dachner, G.C., Warren, W.H., 2018. Local interactions underlying collective motion in human crowds. *Proc. R. Soc. B* 285, 20180611. Tucker et al 18. <https://doi.org/10.1098/rspb.2018.0611>.
- [14] Van den Berg, M., van Nes, R., Hoogendoorn, S., 2018. Estimating choice models to quantify the effect of herding on the decision to evacuate: application of a serious gaming experimental setup. *Transp. Res. Rec.* 0361198118784404. <https://doi.org/10.1177/0361198118784404>.
- [15] Kinateder, M., Warren, W.H., Schloss, K.B., 2019. What color are emergency exit signs? Egress behavior differs from verbal report. *Appl. Ergon.* 75, 155–160. Lin et al 2019. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2018.08.010>.
- [16] Rosella Tomassoni, Giuseppe Galetta, Eugenia Treglia (2015) *Psychology of Light: How Light Influences the Health and Psyche*. *Psychology*, 06, 1216-1222. <https://doi.org/10.4236/psych.2015.610119>.
- [17] Cook, S and Ruddle, RA (2014) Effect of simplicity and attractiveness on route selection for different journey types. In: Freksa, C, Nebel, B, Hegarty, M and Barkowsky, T, (eds.) *Spatial Cognition IX International Conference, Spatial Cognition 2014, Proceedings. Spatial Cognition 2014, 15-19 September 2014, Bremen, Germany. Springer Verlag, 190 - 205. ISBN 9783319112145*. https://doi.org/10.1007/978-3-319-11215-2_14.
- [18] Deuro, Justin, et al. Incorporating sound in simulations. In: 2017 Winter Simulation Conference (WSC). IEEE, 2017. S. 4209-4219. <https://doi.org/10.1109/WSC.2017.8248127>.
- [19] Smith, S. P., & Trenholme, D. (2009). Rapid prototyping a virtual fire drill environment using computer game technology. *Fire safety journal*, 44(4), 559-569. <https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2008.11.004>.
- [20] Irmischer, I. J., & Clarke, K. C. (2018). Measuring and modeling the speed of human navigation. *Cartography and Geographic Information Science*, 45(2), 177-186., <https://doi.org/10.1080/15230406.2017.1292150>.
- [21] Flynn, J. E., Spencer, T. J., Martyniuk, O., & Hendrick, C. (1973). Interim study of procedures for investigating the effect of light on impression and behavior. *Journal of the Illuminating Engineering Society*, 3(1), 87-94. <https://doi.org/10.1080/00994480.1973.10732231>.
- [22] Collins, B. L., & Lerner, N. D. (1983). Evaluation of exit symbol visibility. NTIS, SPRINGFIELD, VA, USA. 1983.
- [23] Collins, B. L., & Lerner, N. D. (1982). Assessment of fire-safety symbols. *Human Factors*, 24(1), 75-84. <https://doi.org/10.1177/001872088202400108>.

- [24] Wong, L. T., & Lo, K. C. (2007). Experimental study on visibility of exit signs in buildings. *Building and environment*, 42(4), 1836-1842.
<https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2006.02.011>.
- [25] Tang, C. H., Wu, W. T., & Lin, C. Y. (2009). Using virtual reality to determine how emergency signs facilitate way-finding. *Applied ergonomics*, 40(4), 722-730.
<https://doi.org/10.1016/j.apergo.2008.06.009>.
- [26] Li, H., Zhang, J., Xia, L., Song, W., & Bode, N. W. (2019). Comparing the route-choice behavior of pedestrians around obstacles in a virtual experiment and a field study. *Transportation research part C: emerging technologies*, 107, 120-136.
<https://doi.org/10.1016/j.trc.2019.08.012>.