

**BACHELORARBEIT**

# **Entwicklung und Evaluation eines XR-Einrichtungskonfigurators**

---

vorgelegt am 05. August 2024

Luis Vico Strotkötter

Matr.-Nr.: XXXXXXXXXX

Erstprüferin: Prof. Dr. Eike Langbehn

Zweitprüfer: Prof. Dr. Jan Neuhöfer

---

**HOCHSCHULE FÜR ANGEWANDTE  
WISSENSCHAFTEN HAMBURG**

Department Medientechnik

Finkenau 35

20081 Hamburg

## **Zusammenfassung**

Im Rahmen dieser Bachelorarbeit wird die Entwicklung einer Mixed-Reality-Anwendung präsentiert, welche die virtuelle Einrichtung einzelner Räume oder einer kleinen Wohnung mit verschiedenen Möbeln ermöglicht. Anschließend wird die Anwendung mit der konventionellen Einrichtungsmethode eines zweidimensionalen Grundrisses verglichen und evaluiert.

Die Idee, eine Umgebung virtuell einzurichten, ist nicht neu. Der Fokus dieser Anwendung liegt jedoch auf der maßstabsgetreuen Darstellung virtuell erstellter Objekte unter Berücksichtigung lokaler, vorhandener Gegebenheiten wie Wandlängen, Fußbodenhöhe und statischer Körper. Um den potenziellen Mehrwert zu erfassen, wird Probanden die Aufgabe gestellt, einen Raum unter bestimmten Limitationen nach ihren Vorstellungen einzurichten. Die Einrichtung des Raumes erfolgt durch den zweidimensionalen Grundriss sowie der Mixed-Reality-Anwendung. Anschließend werden die Präferenzen der Testpersonen in Bezug auf diverse Aspekte der Einrichtungserfahrung mit einem Fragebogen erhoben. Abschließend werden die Ergebnisse zusammengetragen und bewertet.

## **Abstract**

This bachelor's thesis showcases the development of a mixed reality application that can be used to virtually furnish individual rooms or a small apartment with various pieces of furniture. The application is then compared to the conventional furnishing method of a two-dimensional floor plan and evaluated.

The idea of furnishing a virtual environment is not new. However, the focus of this application is on the true-to-scale representation of virtually created objects, taking into account local, real factors such as wall lengths, floor height and static structures. In order to capture the potential added value, participants are given the task of furnishing a room according to their ideas under certain limitations. The room is furnished with the use of the two-dimensional floor plan and the mixed reality application. A survey is then conducted to determine the preferences of the participants with regard to various aspects of the furnishing experience. In the final step, the results are compiled and evaluated.

## Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	4
2	Vergleichbare Arbeiten.....	5
2.1	SyncReality .....	5
2.2	Quest Home / Augments .....	5
2.3	Home Design 3D.....	6
3	Kontext und Anforderungen.....	7
3.1	Anwendungszweck und Mehrwert.....	7
3.2	Hardware.....	7
3.3	Bedienung .....	8
4	Technische Umsetzung.....	13
4.1	Software .....	13
4.2	Funktionen .....	14
4.2.1	Erstellen.....	14
4.2.2	Editieren.....	17
4.2.3	Platzieren und Bewegen .....	18
4.2.4	Karte .....	19
5	Versuchsdurchführung.....	20
6	Auswertung.....	22
7	Fazit .....	35
	Literaturverzeichnis.....	36
	Abbildungsverzeichnis .....	37
	Quellenverzeichnis .....	39
	Texturen .....	39
	Externe Plugins .....	39
	Anhang .....	40
	Eigenständigkeitserklärung .....	44

# 1 Einleitung

Fast alle Menschen beschäftigen sich intensiv und lange mit der Einrichtung der eigenen vier Wände. Es ist eher marginal, ob es sich dabei um das Schlafzimmer, das Wohnzimmer, das Esszimmer oder das Kinderzimmer bei den Eltern handelt. Spätestens mit dem Bezug der ersten eigenen Wohnung muss eine entsprechende Einrichtung vorgenommen werden. Im Laufe des Lebens entwickeln sich zudem die unterschiedlichsten Bedürfnisse, sodass Neueinrichtungen und Veränderungen keine Seltenheit sind, um sie der jeweiligen aktuellen Lebensphase anzupassen. Ein wesentlicher Bestandteil für eine zufriedenstellende Raumgestaltung ist die präzise Planung und Visualisierung der Raumaufteilung. Hierbei wird bislang häufig ein 2D-Grundriss als Planungsmethode verwendet. In vielen Fällen werden bereits vor dem Einzug oder der finalen Möblierung detaillierte Planungen anhand des Grundrisses vorgenommen, dabei ist das exakte Ausmessen der Räume essenziell für eine sinnvolle Planung.

Die adäquate Darstellung einer vollständig möblierten Wohnung sowie das damit einhergehende Gefühl von Größe erweisen sich in einer zweidimensionalen Abbildung jedoch als nur begrenzt übermittelbar. Ein genauer Eindruck kann in der Regel erst dann gewonnen werden, wenn die Möbel im realen Raum aufgestellt sind. Um bereits bei der Planung dem späteren Eindruck möglichst nahe zu kommen, erweist es sich als sinnvoll in Anbetracht der stetigen Weiterentwicklung digitaler Hilfsmittel sowie der zu erwartenden anhaltenden positiven Marktentwicklung von Virtual Reality (Tenzer, 2024), die Planung mittels 2D-Grundrisses durch den Einsatz von Mixed-Reality-Anwendungen zu erweitern oder zukünftig eventuell abzulösen. Die bereits erfolgte Verwendung von Mixed-Reality-Anwendungen im Entwicklungsbereich von BMW (Grand View Research, 2023) unterstreicht das Potential des Einsatzes von Mixed-Reality-Anwendungen.

Einleitend wird ein Einblick in zu dieser Anwendung ähnlicher Projekte gegeben, um mögliche Parallelen und Unterschiede aufzuzeigen. Im Anschluss erfolgt eine ausführlichere Erläuterung des für diese Arbeit entwickelten XR-Einrichtungskonfigurators namens *Furnish*. Dabei werden sowohl die technischen Funktionen als auch die praktische Anwendung mittels *Meta Quest 3* beschrieben. Anschließend wird der Untersuchungsablauf erklärt und erörtert, ob *Furnish* bereits heute eine geeignete Alternative zum herkömmlichen 2D-Grundriss bieten könnte. Im Rahmen der Untersuchung mit Probanden erfolgt eine Analyse, welche Methode in den jeweiligen Aspekten präferiert wird. Anschließend werden die Ergebnisse der Untersuchung zusammengetragen und ein Fazit gezogen.

## 2 Vergleichbare Arbeiten

### 2.1 SyncReality

*SyncReality* ist eine fortschrittliche XR-Software, welche es Entwicklern ermöglicht, Inhalte zu kreieren, die sich in Abhängigkeit von der jeweiligen Umgebung dynamisch anpassen. Die Technologie ermöglicht die flexible Gestaltung von 3D-Objekten sowie deren automatische Skalierung an die spezifischen Gegebenheiten eines Raums. Eine wesentliche Funktion der Software ist die Möglichkeit, reale Objekte im Raum einzuscannen und dadurch ein digitales Abbild derselben zu erzeugen. Die Erstellung einer Handvoll an Assets sowie deren virtuelle Nutzung kann mit diesem Feature in kurzer Zeit bewerkstelligt werden. Gemäß den Angaben auf der Website [www.SyncReality.com](http://www.SyncReality.com) ist vorgesehen, dass *SyncReality* als Plugin für die Game-Engines *Unity* und *Unreal Engine* verfügbar gemacht wird. Funktionieren soll die Software mit den *Meta Quest*-Geräten. Im Gegensatz zu *SyncReality* ist *Furnish* nicht mit mehreren Geräten kompatibel, sondern spezifisch für die *Quest 3* entwickelt worden. Da *SyncReality* eine Anbindung an die Game-Engine *Unity* gewährleistet und *Furnish* mit *Unity* entwickelt wurde, stellte sich zu Beginn der Entwicklung von *Furnish* die Frage, ob das Objektscan-Feature integriert werden sollte, da es eine realistischere Darstellung der Möbel ermöglichen könnte. Auf direkte telefonische Nachfrage bei einem der Gründer von *SyncReality* wurde jedoch mitgeteilt, dass derzeit keine Lizenzen mehr vergeben werden würden. Als Begründung wurde der hohe Andrang auf die Software genannt. Zudem wurde betont, dass Privatpersonen nicht die primäre Zielgruppe seien.

### 2.2 Quest Home / Augments

In den Jahren zwischen 2017 und 2023 stellte *Meta* eine eigene Einrichtungsanwendung für die *Quest*-Reihe zur Verfügung, die den Namen "*Quest Home*" trug. Die Anwendung ermöglicht die Gestaltung eines vollständig virtuellen Raums, in dem beispielsweise Spiel-Trophäen oder -Inhalte präsentiert werden konnten. Im Mai 2023 wurde sie jedoch ohne Ankündigung von der Plattform entfernt und soll in Zukunft durch die neue Anwendung "*Augments*" ersetzt werden. *Augments* werde, ebenso wie *Furnish*, die sogenannte Passthrough-Funktion der *Quest 3* nutzen, um die eigene reale Umgebung durch die VR-Brille sehen zu können. Zudem ist vorgesehen, dass *Augments* über eine größere Anzahl an Einrichtungsobjekten verfügt als die Vorgängeranwendung *Quest Home*. Dadurch soll eine interaktive Raumgestaltung in Verbindung mit der physischen Umgebung ermöglicht werden. Bislang erfolgte lediglich eine Vorstellung von *Augments*, die Veröffentlichung steht noch aus. *Quest Home* sowie *Augments* sind keine Anwendungen, die der Einrichtung von Wohnungen oder Räumen mit Möbeln dienen. Sie ermöglichen es aber, virtuelle Elemente mithilfe der *Quest 3* in die Realität zu übertragen. Beide Anwendungen können daher als Erweiterung der bereits eingerichteten Wohnung betrachtet werden. *Furnish* hingegen zielt darauf ab, die Einrichtung von Grund auf zu visualisieren, wobei der Fokus nicht auf der Alltagstauglichkeit liegt, wie es bei *Augments* der Fall zu sein scheint.

### 2.3 Home Design 3D

Diese Virtual-Reality-Anwendung bietet den Nutzerinnen und Nutzern die Möglichkeit, Wohnräume grundlegend neu zu gestalten und zu visualisieren. Die Anwendung bietet die ermöglicht, Wände, Türen und Fenster hinzuzufügen oder anzupassen. Die physische Umgebung spielt dabei keine Rolle, sodass Räume virtuell beliebig aufgebaut und gestaltet werden können. Zudem stehen eine Vielzahl an Stilen für die virtuell generierten Möbel und Dekorationselemente zur Verfügung. Im Gegensatz zu *Furnish* findet die Interaktion mit *Home Design 3D* ausschließlich in einer virtuellen Umgebung statt, die tatsächliche Umgebung des Nutzers wird also nicht mit einbezogen. Die Option, Möbel optisch zu individualisieren, steht bei *Furnish* ebenfalls nicht zur Verfügung. Beide sind jedoch in der Lage, parametrische Objekte zu generieren und zu platzieren. Während sich *Furnish* auf die Gestaltung des persönlichen Wohnraums fokussiert, zielt *Home Design 3D* auf die Exploration von Gestaltungskonzepten ab. Der Fokus liegt somit weniger auf der konkreten Einrichtung der eigenen Räumlichkeiten als auf der Erforschung von Architekturvisualisierungen.

## 3 Kontext und Anforderungen

### 3.1 Anwendungszweck und Mehrwert

Eine Mixed-Reality-Raumeinrichtungsanwendung wie *Furnish* kann eine innovative Möglichkeit zur Gestaltung und Visualisierung von Wohnräumen bieten, da virtuelle und reale Elemente zu einer immersiven Planungserfahrung vereint werden können. Der Hauptzweck der Anwendung besteht darin, den Nutzerinnen und Nutzern die Möglichkeit zu bieten, maßstabsgetreue Einrichtungsgegenstände direkt in ihren realen Wohnraum zu platzieren und anzuordnen, und das, bevor Anschaffungen getätigt wurden. Gleichzeitig bietet es die Möglichkeit, die Proportionen genau zu betrachten und zu erleben, um Fehlkäufe zu vermeiden und die Gewissheit zu haben, dass die ausgewählten Wohn-Objekte in den Raum passen. Zudem ermöglicht die Anwendung die unkomplizierte und schnelle Exploration verschiedener Raum-Layouts, ohne dass physische Veränderungen erforderlich sind.

Neben dem Nutzen für Privatpersonen wäre ein weiterer konkreter Anwendungsbereich im Immobilien- und Wohnungsmarkt möglich, z.B. bei einer Wohnungsbesichtigung. Interessenten könnten die eigene Brille entweder selbst mitnehmen und die Wohnung/Räume einrichten oder der Leiter der Besichtigung kann diese an potenzielle neue Bewohnerinnen und Bewohner ausleihen.

Darüber hinaus besteht die Möglichkeit, die Anwendungszwecke zukünftig noch breiter zu fächern, indem die Applikation erweitert wird. Denkbar wäre in diesem Kontext die Option, Projekte zu speichern und mit anderen zu teilen. Dies könnte insbesondere für die Zusammenarbeit mit Raumgestaltern oder anderen Beteiligten von Nutzen sein, um Feedback zu erhalten und gemeinsam einen Raum zu planen und zu gestalten. Zudem könnte die Erweiterung von Möbeln aus Einrichtungshäusern einen erheblichen Mehrwert für diese darstellen, da die Anwendung als effektives Verkaufsinstrument und -argument etabliert werden könnte. Potenzielle Kunden könnten die Möbelstücke "realistisch" in ihre eigenen Räume integrieren, was eine fundiertere Kaufentscheidung ermöglicht.

### 3.2 Hardware

Die verwendete Hardware für die Entwicklungs-Arbeit an *Furnish*, ist die *Meta Quest 3* (Nachfolger der *Meta Quest 2*) sowie die zwei dazugehörigen Controller. Grund hierfür sind zwei ausschlaggebende Eigenschaften, welche die *Quest 3* nicht nur von der *Quest 2* abheben, sondern auch für die Funktionsfähigkeit von *Furnish* essenziell sind. Es handelt sich hierbei um das sogenannte "*Space Setup*", eine Funktion, die bei der *Quest 2* zwar vorhanden ist, jedoch mit der *Quest 3* mit deutlich höherer Präzision ausgeführt wird. „*Space Setup*“ erlaubt den Nutzerinnen und Nutzern, den physischen Raum zu scannen und virtuelle Objekte sowie Grenzen entsprechend der realen Umgebung zu platzieren und anzupassen, wobei die Grenzen durch die Wände des realen Raumes definiert werden.

Dadurch werden Kollisionen mit physischen Gegenständen weitgehend verhindert und eine sichere Bewegung innerhalb des definierten (Raum-)Bereichs gewährleistet.

Darüber hinaus werden die Raumdaten wie Positionen, Längen und Rotationen von Wänden, Türen und Objekten lokal auf der Brille abgespeichert. Diese Informationen sind für *Furnish* von entscheidender Bedeutung, um im physischen Raum virtuelle Grenzen zu definieren (Abb. 1). Eine weitere bedeutsame Eigenschaft ist der überarbeitete Passthrough-Modus der *Quest 3*. Diese Funktion ermöglicht es den Nutzerinnen und Nutzern, ihre physische Umgebung durch die integrierten Kameras der *Quest 3* in Echtzeit zu betrachten, ohne das Headset abzulegen (Abb. 2). In der vorherigen Version wurde das Bild lediglich in Schwarz-Weiß und mit einer hohen Körnigkeit wiedergegeben, in der aktuellen Version ist das Bild farbig und weist eine deutlich bessere Qualität auf. Die erwähnten Optimierungen wirken sich maßgeblich auf die Benutzererfahrung der gesamten Anwendung aus.



Abbildung 2: Meta Quest 3  
Quelle: <https://www.meta.com/de/quest/quest-3/>, abgerufen am 24.07.2024

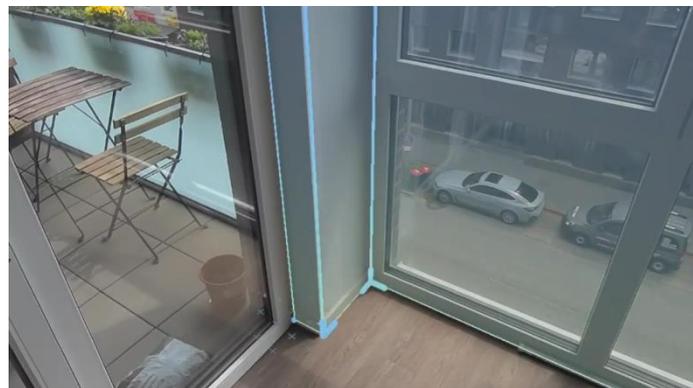


Abbildung 1: Einzeichnen der Raumbegrenzung im Space Setup  
Quelle: Screenshot aus dem *Space Setup*

### 3.3 Bedienung

Die Bedienung der Anwendung erfolgt ausschließlich über die zwei Controller oder die physischen Hände des Nutzers/der Nutzerin. Bei der Bedienung mittels Controller werden insgesamt drei verschiedene Knöpfe je Controller verwendet. Zu den relevanten Bedientasten gehören der "Trigger"-Knopf (links/rechts) an den Vorderseiten der Controller, der "Grab"-Knopf (links/rechts) an den Innenseiten der Controller sowie der Joystick (links/rechts) auf den jeweiligen Oberseiten der Controller (Abb. 3).

Der "Trigger"-Knopf wird in der gesamten Anwendung für alle diejenigen Aktionen verwendet, bei denen eine Auswahl oder ein Anklicken erforderlich ist und ist grob vergleichbar mit der linken Maustaste einer Computermaus. Der "Grab"-Knopf findet ausschließlich Anwendung bei der Positionierung und Auswahl von im Raum platzierten Möbeln. Die Auswahl von Möbeln ist mittels "Trigger"-Knopf nicht möglich, da ein ungewolltes Interagieren mit anderen Objekten vermieden werden soll. Der Joystick schließlich ermöglicht, ausgewählte Möbel zu verschieben und zu drehen.

Eine Joystick-Bewegung nach links bewirkt eine Drehung des Möbelstücks nach links, während eine Bewegung nach rechts eine entsprechende Rotation in die andere Richtung ausführt. Bewegungen nach vorne oder hinten dienen der Veränderung der Distanz zwischen Objekt und Nutzer.



Abbildung 3: Verwendete Knöpfe der Controller  
Quelle: Eigene Darstellung

Um auf einer Fläche oder einem Objekt eine Auswahl zu initiieren, muss einer der an beiden Controllern vorhandenen Raycaster zunächst auf das gewünschte virtuelle Objekt ausgerichtet werden (Abb. 4). Im Anschluss können die gewünschten oben beschriebenen Aktionen mittels der Knöpfe des Controllers, welcher auf das ausgewählte Objekt zielt, durchgeführt werden.

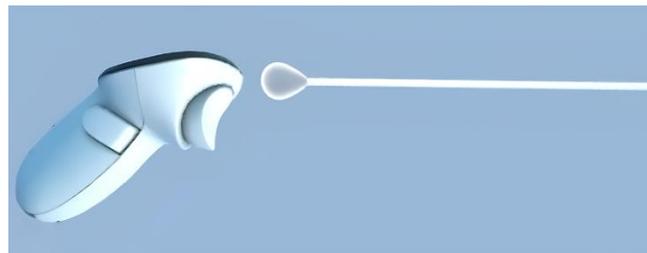


Abbildung 4: Controller und Raycaster  
Quelle: Screenshot aus der Mixed-Reality-Anwendung

Als Alternative zum Bestätigen mittels "*Trigger*"-Knopf kann das sogenannte "*Poking*" verwendet werden. Die Bestätigung erfolgt durch eine Bewegung des Controllers in Richtung der virtuellen Taste. Der geringe Abstand zwischen der virtuellen Darstellung des Controllers und der Taste genügt, um eine Bestätigung auszulösen.

Sofern keine Controller zur Verfügung stehen, kann alternativ auf das Handtracking der *Quest 3* zurückgegriffen werden. Bei der Handtracking-Methode bleiben, mit Ausnahme der Funktionen des Joysticks, alle anderen Funktionen erhalten. Die Interaktion erfolgt vollständig durch das Berühren des Zeigefingers und Daumens in Kombination mit "*Poking*". Es sei darauf hingewiesen, dass hierbei aufgrund der möglichen Trackingprobleme eine unpräzisere Platzierung der Möbel und eine allgemein erschwerte Navigation zu erwarten sind. (Pilz, 2024) Für Nutzerinnen und Nutzer, die eine erhöhte Realitätsnähe bevorzugen bzw. gerne mit ihren Händen (inter-)agieren, ist diese Option aber eine wählbare Alternative.



Abbildung 5: Bestätigen mit Raycaster  
Quelle: Screenshot aus der Mixed-Reality-Anwendung



Abbildung 6: Bestätigen mit "Poking"  
Quelle: Screenshot aus der Mixed-Reality-Anwendung

Bei erstmaliger Ausführung der Anwendung wird der Nutzer mittels einer schwebenden Anzeigetafel begrüßt. Zu diesem Zeitpunkt ist die physische Umgebung verdeckt, sodass der Nutzer lediglich eine rein virtuelle, weiß-bläuliche Umgebung wahrnimmt (Abb. 5). Durch einen Klick auf die Taste "Continue" (Abb. 6) erfolgt ein visueller Übergang von der virtuellen zur realen Umgebung, wobei die virtuelle Umgebung vollständig verschwindet und die reale Umgebung/der reale Raum mittels Passthrough sichtbar wird.

Im Anschluss wird der Nutzer dazu aufgefordert, sich zu vergewissern, dass er "Planes" sieht. Hierbei handelt es sich um die virtuelle Darstellung von Wand und Boden des physischen Raumes. Dies steht in direktem Zusammenhang mit dem *Space Setup*, dessen Durchführung idealerweise vor dem Start von *Furnish* erfolgt sein sollte. Das *Space Setup* kann über die Einstellungen der *Quest 3* erreicht und durchgeführt werden. Nach erfolgreichem Abschluss werden in der *Furnish*-Anwendung die entsprechenden Flächen angezeigt. Das *Space Setup* ist eine grundlegende Voraussetzung dafür, dass Möbel, die die Raumbegrenzung verlassen oder andere Objekte schneiden, rot markiert werden (Abb. 7). Es wäre auch möglich, ohne das *Space Setup* fortzufahren, sofern gewünscht, dies wird aber in vorliegender Arbeit nicht weiter erörtert.

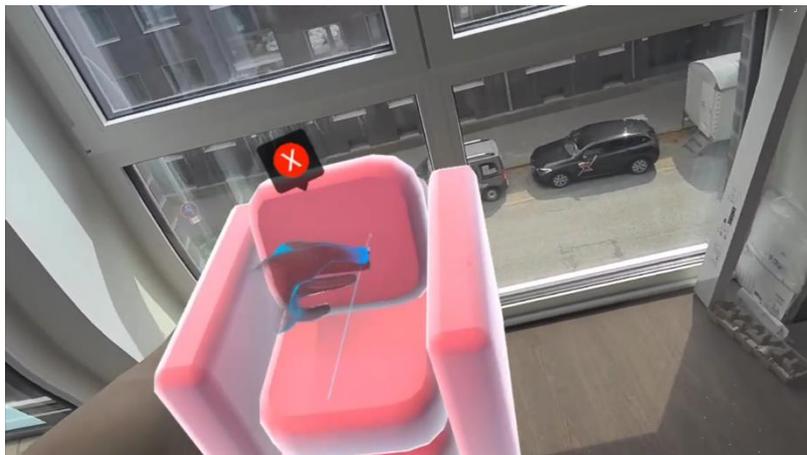


Abbildung 7: Bewegen eines mit der Wand kollidierenden Möbelstücks (Handtracking)  
Quelle: Screenshot aus der Mixed-Reality-Anwendung

Das Menü zum Kreieren von Möbelstücken wird neben dem linken Controller angezeigt, sobald der Nutzer diesen nach außen dreht (Abb. 9). Dabei ist darauf zu achten, dass der Controller eine möglichst senkrechte Stellung beibehält (Abb. 8). Die im Menü aufgeführte Auswahl an Möbeln kann durch den Nutzer zum Platzieren ausgewählt werden. Die Auswahl beschränkt sich auf Sofa, Tisch und Schrank, wobei ein Sofa auch zu einem Sessel konfiguriert werden kann.

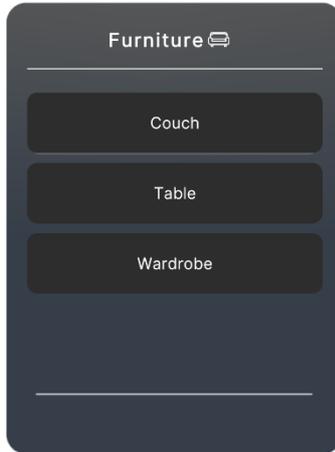


Abbildung 8: Menü zum Auswählen der Möbel  
Quelle: Screenshot aus Unity



Abbildung 9: Menü zum Auswählen von Möbelstücken neben der Tutorial-Anzeigetafel  
Quelle: Screenshot aus der Mixed-Reality-Anwendung

Im Anschluss wird auf der nächsten Tafel die Vorgehensweise zur Öffnung der Einstellung erläutert. Diese können mithilfe des rechten Controllers aufgerufen werden. Hierzu ist eine Drehung des rechten Controllers nach außen erforderlich, wobei ebenfalls eine möglichst senkrechte Stellung beibehalten werden sollte (Abb. 11). Daraufhin erscheint das Einstellungs-Menü neben dem rechten Controller (Abb. 10). Es bietet dem Nutzer verschiedene Optionen: die Deaktivierung des Passthrough-Modus, das Ein- und Ausschalten des Videoplayer, ein Neustart des Tutorials (Relaunch) sowie die Entfernung aller bereits im Raum platzierten Möbel (Delete All).

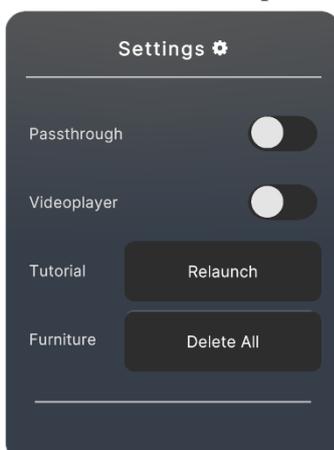


Abbildung 10: Menü für die Einstellungen  
Quelle: Screenshot aus Unity

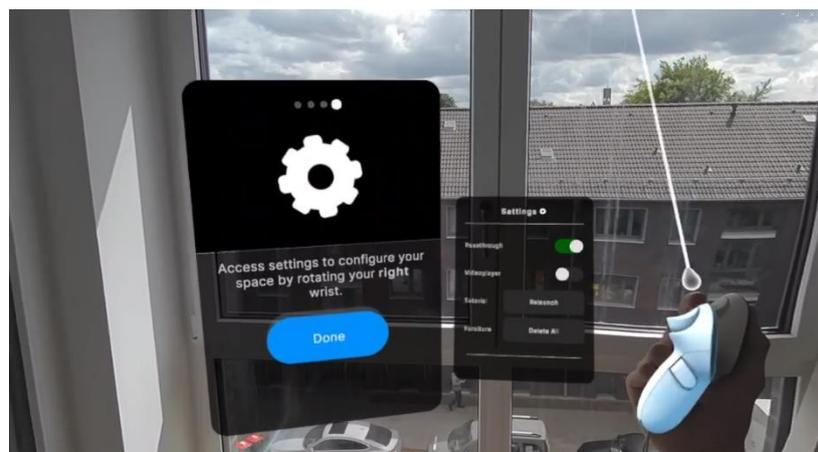


Abbildung 11: Einstellungen neben der Tutorial-Anzeigetafel  
Quelle: Screenshot aus der Mixed-Reality-Anwendung

Nach Abschluss des Tutorials erscheint der zuvor erwähnte Videoplayer, welcher ein kurzes Demonstrationsvideo abspielt, und eine Bedienungshilfe bietet (Abb. 12). Bei Bedarf kann das Fenster geschlossen werden.

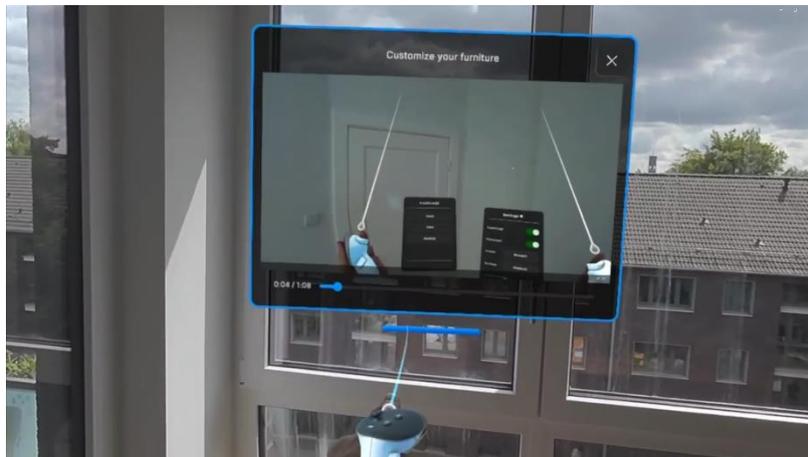


Abbildung 12: Videoplayer  
Quelle: Screenshot aus der Mixed-Reality-Anwendung

Um ein Möbelstück in die Umgebung zu platzieren, muss zunächst das Menü mit dem linken Controller geöffnet werden. Anschließend ist mit dem rechten Controller ein Möbelstück auszuwählen. Nach erfolgter Auswahl wird das entsprechende Möbelstück zusammen mit einer Anzeigetafel vor dem Nutzer visualisiert. Zu Beginn ist die Größe des Möbelstücks vorgegeben. In dieser Phase ist das Objekt noch kein fester Bestandteil des virtuellen Raumes, sodass eine Umpositionierung noch nicht möglich ist. Die über dem Möbelstück positionierte Anzeigetafel ermöglicht die Anpassung der Länge, Höhe und Breite des Möbelstücks mittels Schieberegler (Abb. 14). Die über den Schieberegler angegebenen Maße entsprechen den tatsächlichen Dimensionen des jeweiligen Möbelstücks. Durch Betätigen der "Done"-Taste wird das Möbelstück im virtuellen Raum platziert, wodurch eine weitere Bearbeitung des Objekts nicht mehr möglich ist. Ab diesem Zeitpunkt kann das Objekt mittels "Grab"-Knopf selektiert und in Abhängigkeit von der Position des Controllers im Raum verschoben sowie gedreht werden. Falls das Bedürfnis besteht, generierte Objekte nachträglich zu entfernen, kann das rote "X" angewählt werden, welches über dem Möbelstück auftaucht, nachdem mit ihm interagiert wurde (Abb. 13).



Abbildung 14: Editier-Anzeigetafel und Visualisierung des Möbelstücks  
Quelle: Screenshot aus der Mixed-Reality-Anwendung



Abbildung 13: "X" zum Löschen eines Möbelstücks  
Quelle: Screenshot aus der Mixed-Reality-Anwendung

Des Weiteren verfügt der linke Controller über eine weitere besondere Funktion. Bei einer Rotation nach innen erscheint auf dem Handgelenk eine Karte, welche die Umgebung aus der Vogelperspektive darstellt (Abb. 16). Die Bewegung kann mit einem Blick auf die Uhr am Handgelenk verglichen werden. Bei zuvor durchgeführtem *Space Setup*, wird ebenfalls der Grundriss der Umgebung auf der Karte eingezeichnet. Diese zweidimensionale Abbildung des Umfelds bietet eine übersichtliche Darstellung der Raumaufteilung und -struktur. Auf diese Weise wird das Verständnis der räumlichen Beziehungen und Proportionen erleichtert. Die Handtracking-Methode verwendet die gleichen Gesten wie die Controller, um die Menüs und die Kartenansicht zu öffnen (Abb. 15).

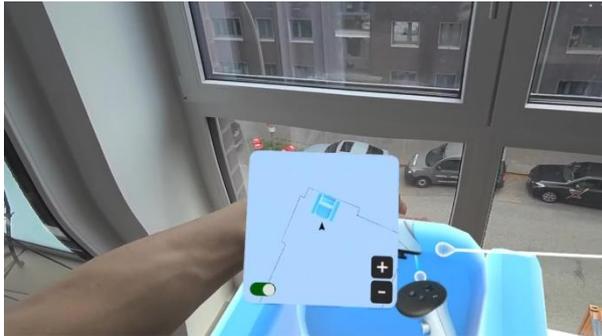


Abbildung 16: Karte bei ausgeführtem Space Setup  
Quelle: Screenshot aus der Mixed-Reality-Anwendung



Abbildung 15: Öffnen der Menüs mit Handtracking  
Quelle: Screenshot aus der Mixed-Reality-Anwendung

## 4 Technische Umsetzung

### 4.1 Software

Für die Erstellung von *Furnish* wurde die Game-Engine *Unity* gewählt, da bereits Vorerfahrungen mit dieser bestanden und das Framework durch sämtliche Anwendungstemplates eine gute Anbindung an die Plattform der *Quest*-Serie bietet. Bei der in *Unity* genutzten Programmiersprache handelt es sich um *C#*. Die Bearbeitung der Skripte erfolgte unter Zuhilfenahme des Programms *Visual Studio Code* von *Microsoft*. Verwendet wurde eine *Quest 3* mit der Softwareversion 65.0.0.546 und der *Unity Editor 2022.3.12f1*.

Der Grundbaustein von *Furnish* ist das *Unity* eigene Projekttemplate "Mixed Reality", welches die Basis für die Entwicklung von *Furnish* darstellt. Dieses enthält alle vorinstallierten Packages, die für die Erstellung von Mixed-Reality-Anwendungen essenziell sind und die Arbeit wesentlich erleichtern. Ein für *Furnish* besonders wichtiges Package ist das *XR Interaction Toolkit*. Dieses bildet zusammen mit den Packages *XR Core Utilities*, *OpenXR*, *Unity OpenXR: Meta*, *XR Hands*, *Input System* und *AR Foundation* die Grundlage für alle relevanten Interaktionen in *Furnish*. Vorgefertigte GameObjects mit Skripten, die die Kommunikation zwischen VR-Brille, Controller und Game Engine ermöglichen und die die Erfassung der "Plane"-Informationen des *Space Setups* übernehmen, bilden diesen Kernbaustein. Auch das Implementieren von Funktionen wie das Greifen, Verschieben und Drehen von Objekten sowie die Interaktion mit den schwebenden Anzeigetafeln wurde erleichtert.

Verwendet wurde die Version 2.5.2 des *XR Interaction Toolkits*. Die in der Unity-Szene vorhandenen, blau eingefärbten GameObjects, auch *Prefabs* genannt, sind zum größten Teil die bereits erwähnten vorgefertigten Objekte der Packages. Viele dieser Objekte sind über die an ihnen hängenden Skripte mit anderen GameObjects verbunden und in vielen Fällen auch abhängig. Eine Herausforderung, die sich durch die gesamte Arbeitsphase zog, war die Anbindung an die bereits vorhandenen, vorab erstellten Skripte der Packages. Ein Löschen sowie eine Modifikation dieser waren in vielen Fällen aufgrund der Abhängigkeiten nicht möglich.



Abbildung 17: Projektstruktur der Unity-Szene

Quelle: Screenshot aus Unity

## 4.2 Funktionen

### 4.2.1 Erstellen

Die wohl wichtigste Funktion von *Furnish* ist die Erstellung parametrischer Möbel. Dies bedeutet, dass die einzelnen Komponenten des Möbelstücks ihr Verhältnis zueinander beibehalten und zugleich das gesamte Möbelstück ohne Verzerrung beliebig skaliert werden kann. Zur Bewältigung dieser Aufgabe wird das Package *Archimatix Pro* (Version 1.3.5) herangezogen. Es handelt sich hierbei um ein Node-basiertes Modellierungstool, welches die Erstellung von 3D-Modellen durch die Kombination und Manipulation geometrischer Formen und Parameter in einem grafischen Editor ermöglicht. Dies erlaubt die Erstellung interaktiver und anpassbarer Modelle von Möbeln, die durch eine Änderung der Parameter dynamisch skaliert werden.

In der Benutzeroberfläche von *Archimatix* werden die sogenannten "Nodes" in Form von Rechtecken dargestellt. Im Rahmen des *Furnish*-Projekts lassen sich diese entweder als Körper, Formen, Manipulationselemente oder als Gruppierungen derer identifizieren. Eine Verbindung der genannten Elemente kann mittels verschieden-farbiger Stränge erfolgen. Die jeweiligen Stränge übermitteln bzw. manipulieren die unterschiedlichen Attribute der Nodes. Eine grüne Verbindung stellt die Übergabe eines Meshs dar, eine lilafarbene Verbindung die Übergabe einer Form und eine gelbe Verbindung stellt einen direkten Zusammenhang mit fertigen Körpern und Manipulationselementen her. Die für die dynamische Skalierbarkeit wichtigsten in der Farbe Rot eingefärbten Stränge stellen eine Verbindung zwischen Parametern zweier Nodes her. Durch diese Stränge können Änderungen an den Parametern des Root- oder Parent-Elements nutzerbeliebig auf die untergeordneten Nodes übertragen werden.

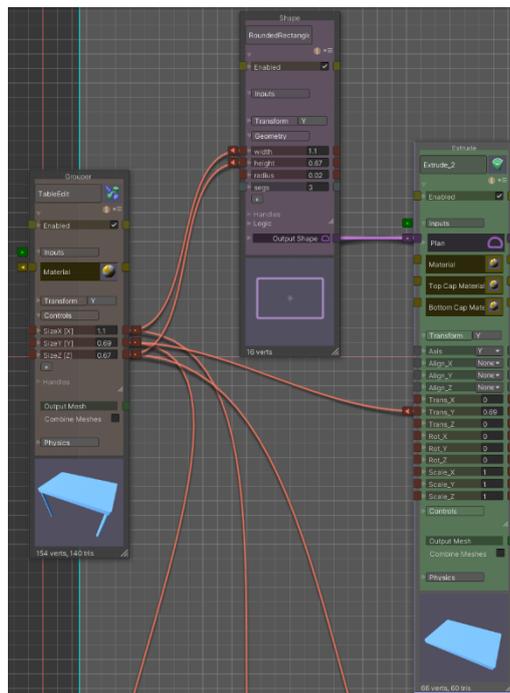


Abbildung 18: Ausschnitt von dem Tisch-Modell in Archimatix  
Quelle: Screenshot aus Archimatix

Im vorliegenden Beispiel in Abb. 18 ist die Root-Node auf der linken Seite positioniert und besitzt die Parameter *SizeX*, *SizeY* sowie *SizeZ*. Diese Parameter entsprechen den Dimensionen Länge, Höhe und Breite des Tisches. In der Mitte der Darstellung befindet sich die Shape-Node, welche die Form der Tischplatte angibt. Diese ist mit zwei roten Strängen mit der Root-Node verbunden. Die beiden Parameter *width* und *height* der Shape-Node sind direkt abhängig von den Parametern *SizeX* und *SizeZ* der Root-Node. Eine Modifikation der Parameter der Root-Node führt zu einer entsprechenden Anpassung der Werte für *width* und *height* der Shape-Node. Die Parameter *SizeX* und *SizeZ* definieren folglich die Länge und Breite des Tisches. Die Extrude-Node, welche sich rechts neben der Shape-Node befindet, erhält die Form als Input über die Verbindung des lila Strangs. Die Funktion dieser Node besteht in der Erzeugung eines Körpers aus der zuvor definierten Form der Tischplatte.

Des Weiteren besteht eine Verbindung zwischen dem Parameter *SizeY* der Root-Node und dem Parameter *Trans\_Y* der Extrude-Node. Dieser definiert die Höhe des Objekts, in diesem Fall des Tisches. Eine Modifikation des Parameters *SizeY* führt zu einer Anhebung des Körpers der Tischplatte (Extrude-Node) auf den Wert von *SizeY*.

Die Modelle von Sofa und Schrank wurden nach einem ähnlichen Prinzip entworfen, jedoch mit einer wesentlich höheren Komplexität (Abb. 19). Diese nutzen "Grouper", um mehrere Nodes zusammenzufassen sowie Manipulations-Nodes, um Körper in Abhängigkeit von der Größe des Modells zu erzeugen und zu entfernen. Beispiel hierfür sind die Kissen des Sofas (Abb. 20/21) oder die Türen des Schrankes.

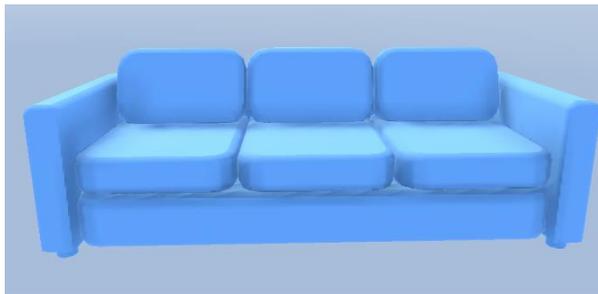


Abbildung 21: Großes Sofa mit mehreren Kissen  
Quelle: Screenshot aus Unity



Abbildung 20: Kleines Sofa mit einem Kissen  
Quelle: Screenshot aus Unity

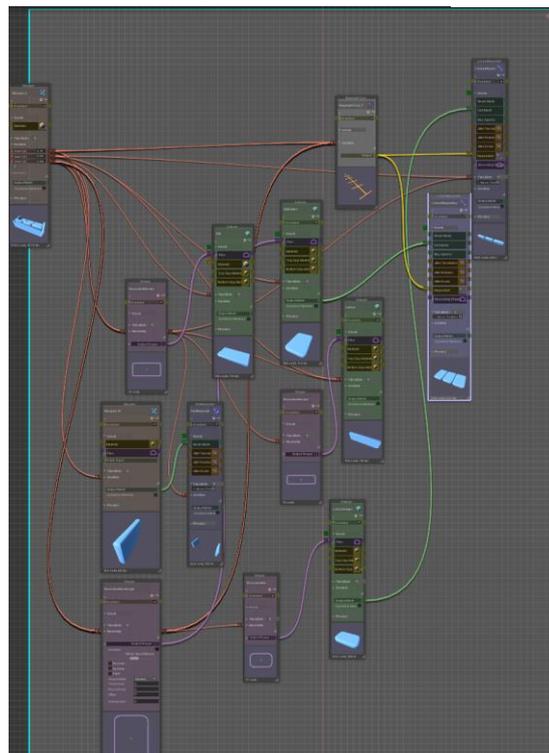


Abbildung 19: Ausschnitt von dem Sofa-Modell in Archimatix  
Quelle: Screenshot aus Archimatix

## 4.2.2 Editieren

Eine weitere wesentliche Funktion von *Furnish* ist die Anpassung der Größe von Möbelstücken. Die nach der Selektion im Menü visualisierten Möbelstücke sind keine herkömmlichen GameObjects von *Unity*, sondern *Archimatix*-Modelle. Diese verfügen über die zuvor genannten Parameter, deren Werte im *Unity-Editor* oder während der Laufzeit der Anwendung modifiziert werden können. Die Möglichkeit, die Parameter von *Archimatix*-Modellen während der Laufzeit des Programms zu editieren, wird durch ein Runtime-Skript gewährleistet. Das Skript kann nach Selektion der gewünschten Parameter über *Archimatix* erstellt werden. Das Runtime-Skript implementiert die Funktionen *setX*, *setY* und *setZ* und referenziert das *Archimatix*-Modell. Dadurch wird eine Modifikation der jeweiligen Parameter und folglich eine Veränderung der Modellgröße ermöglicht. Ohne die genannten Funktionen wäre eine Modifizierung der Parameter außerhalb des Editors gar nicht möglich. Bei Verwendung der Funktion, sprich einer Veränderung der Modellgröße, treten erhebliche Ruckler in der gesamten Anwendung auf. Dies hat zur Folge, dass keine präzisen Anpassungen durchgeführt werden können, was sich nachteilig auf die Nutzerfreundlichkeit auswirkt. Zur Behebung dieses Problems ist es erforderlich, die Änderung der Parameter nicht unmittelbar beim Verschieben der Schieberegler, sondern erst nach Loslassen des jeweiligen Reglers vorzunehmen. Um dennoch eine Visualisierung der Größenanpassung zu ermöglichen, wurde in alle Modelle eine *BoxCollider*-Komponente sowie ein GameObject mit dem Namen *sizeRenderer* integriert. Anstelle des *Archimatix*-Modells werden die gewünschten Veränderungsmaße direkt vom *BoxCollider* übernommen, sodass eine Anpassung seiner Abmessungen erfolgt. Das *sizeRenderer*-Objekt verfügt über eine *LineRenderer*-Komponente sowie über das *LineRendererFromCollider.cs* Skript. Das besagte Skript verfügt über eine Referenz zur *BoxCollider*-Komponente, wobei die Eckkoordinaten dieser an die *LineRenderer*-Komponente übermittelt werden. Der *LineRenderer* verläuft folglich entlang des Korpus des *BoxColliders*, sodass eine exakte und ruckelfreie Visualisierung der Größenänderung gewährleistet wird. Die während des Editierens visuell bläulich angedeuteten Änderungen werden im Anschluss an das *Archimatix*-Modell übertragen und die Größe wird entsprechend angepasst (Abb. 23).

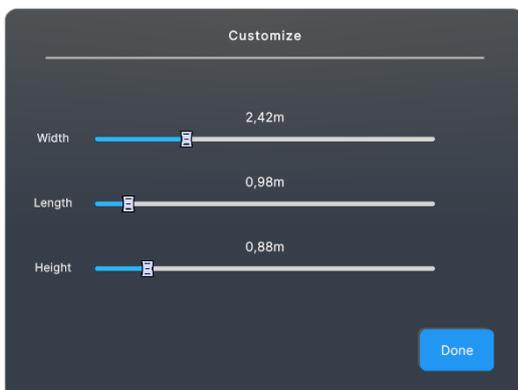


Abbildung 22: Editor-Anzeigetafel (Schieberegler)  
Quelle: Screenshot aus Unity

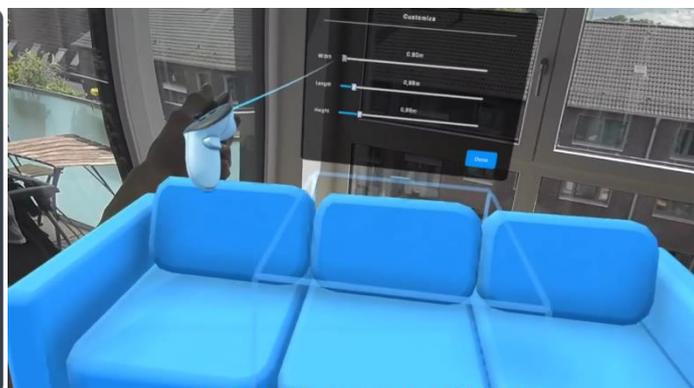


Abbildung 23: Visualisierung der Größenänderung  
Quelle: Screenshot aus der Mixed-Reality-Anwendung

### 4.2.3 Platzieren und Bewegen

Um *Archimatix*-Modelle in der Szene zu positionieren und anschließend zu bewegen, müssen die Teil-Meshs der Modelle zuerst in ein einzelnes Mesh zusammengeführt werden. Der Grund hierfür liegt im Aufbau eines *Archimatix*-Modells, welches aus mehreren einzelnen Meshs besteht und dadurch eine hohe Komplexität aufweist. Dies führt zu einem erhöhten Bedarf an Systemressourcen im Vergleich zu einem Objekt mit einem einzelnen Mesh. Um eine ressourcenschonende Integration in die Szene zu gewährleisten, ist eine Umwandlung erforderlich. Zudem müssen Komponenten, welche mit dem *Input System* interagieren, hinzugefügt werden, um das Bewegen zu ermöglichen (Abb. 24).

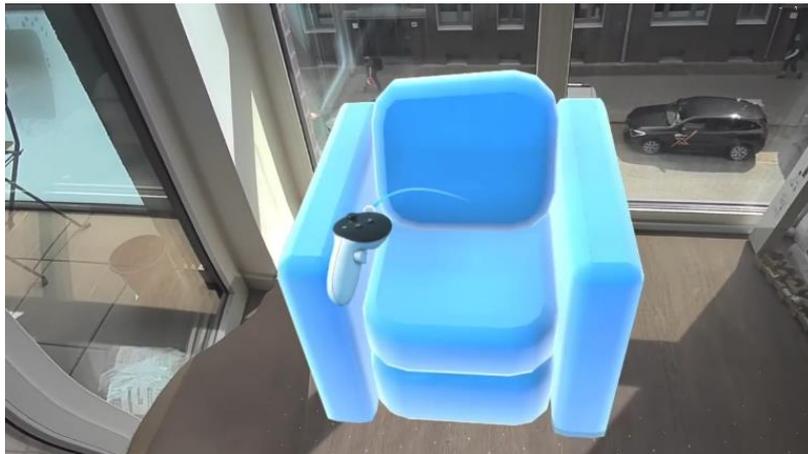


Abbildung 24: Bewegen eines Möbelstücks (Controller)  
Quelle: Screenshot aus der Mixed-Reality-Anwendung

Eine wesentliche Rolle spielen hierbei die Skripte *MeshCombiner.cs*, *EditManager.cs*, *ObjectSpawner.cs* sowie das jeweilige Runtime-Skript des Modells. Der Prozess der Umwandlung wird durch Betätigen der "Done"-Taste auf der Editieranzeigetafel initiiert, wodurch die Methode *saveFurniture()* im Runtime-Skript des Modells aufgerufen wird. Die besagte Methode erstellt ein separates Abbild des *Archimatix*-Modells und gibt dieses an das *EditManager*-Skript weiter, wobei die Kommunikation mittels C#-Delegaten erfolgt. Im Anschluss werden dem Modell für dessen Visualisierung essenzielle Komponenten wie *MeshRenderer* und *MeshFilter* hinzugefügt. Auch die für die Interaktion erforderlichen *Tags* und *Layer* des Objekts werden durch das Skript gesetzt. Insbesondere das Setzen der *Layer* ist von entscheidender Bedeutung, da nur mit Möbelstücken interagiert werden kann, die sich auf *Layer 8* (*SpawnedObject*) befinden. Zudem wird dem Objekt das *MeshCombiner*-Skript über das *EditManager*-Skript angehängt, welches eine Vielzahl an Aufgaben erfüllt. Eine Funktion des Skripts ist die Verschmelzung aller Teil-Meshs des Modells zu einem einzelnen Mesh sowie das Hinzufügen der Komponenten *BoxCollider* und *Rigidbody*, welche für die Interaktion gebraucht werden. Darüber hinaus werden die mit dem *Input System* kommunizierenden Skripte *XRGrabInteractable.cs*, *XRGeneralGrabTransformer.cs* und *GrabTransformerRotationAxisLock.cs* integriert. Im Rahmen dieses Schritts werden weitere *Prefabs*, wie beispielsweise das zum Löschen von Möbeln genutzte rote "X", hinzugefügt. Dieses besitzen jedoch keinerlei Relevanz für das Platzieren und Bewegen der Modelle.

Nach Abschluss aller genannten Schritte erfolgt die Platzierung des fertigen Objekts durch das *ObjectSpawner*-Skript in die Szene. Dies ist aufgrund der Abhängigkeiten der Interaktionsskripte der einzige Weg, um eine erfolgreiche Platzierung zu gewährleisten, da das *ObjectSpawner*-Skript ein aus dem *XR Interaction Toolkit* stammendes Skript ist. Die Kombination dieser genannten Schritte ermöglicht ein performantes Platzieren und eine reibungslose Interaktion.

#### 4.2.4 Karte

Die Darstellung des Raumes bzw. der Wohnung aus der Vogelperspektive erfolgt mittels einer *Unity-Kamera*, welche sich in virtueller Umgebung in einer Höhe von 3.5 Metern über dem Nutzer/der Nutzerin befindet. Das Parent-Objekt der Kamera ist mit dem Skript *FollowCamera.cs* versehen, welches gewährleistet, dass die Kamera in jeder Lage vertikal über dem Nutzer verbleibt und in dessen Blickrichtung rotiert. Die Kamera ist lediglich in der Lage, Objekte auf der *Layer 9 (MiniMapUI)*, *Layer 8 (SpawnedObject)* oder einer der spezifischen *Layer* des *Space Setups* zu erkennen. Folglich werden Elemente wie Anzeigetafeln, Controller und dergleichen auf der Karte nicht angezeigt. Als Beispiel für Objekte auf der *Layer 9* kann der in der Mitte der Karte sichtbare Pfeil angeführt werden. Diese Darstellung erfolgt durch eine *2D-Sprite*-Komponente und wird durch das angehängte Skript *ArrowMove.cs* kontinuierlich in die Blickrichtung des Nutzers ausgerichtet.

Die ab Kapitel 4 erwähnten, in die Szene platzierten, Möbel sind auf der *Layer 8* zu finden. *Space Setup* spezifische *Layer* werden angezeigt, damit nach Abschluss dessen die Raumbegrenzungen sowie statische Objekte, die virtuell im Raum vorhanden sind, auf der Karte visualisiert werden können (Abb. 25). Die Projektion des Kamerabildes erfolgt auf ein *Unity-Material*, welches über eine am Handgelenk des Nutzers angebrachte Fläche visualisiert wird. Die Funktion des in der unteren linken Ecke der Karte befindlichen Schalters besteht in der Aktivierung bzw. Deaktivierung der Rotation der Kamera in Relation zum Nutzer. Die Deaktivierung hat zur Konsequenz, dass die virtuelle Umgebung nicht mehr mit dem Nutzer auf der Karte mitdreht, sondern statisch bleibt. Die Umsetzung erfolgt durch das Aufrufen der Methode *changeRot()* im *FollowCamera*-Skript.

Die "+"- und "-"-Tasten bewegen die Kamera bei Betätigung entweder 0.5 Meter näher an den Nutzer heran oder weiter weg, wodurch der Blickwinkel der Kamera entsprechend verkleinert oder vergrößert wird. Die hierfür zuständigen Methoden sind *sizePlus()* und *sizeMinus()*, ebenfalls im *FollowCamera*-Skript.

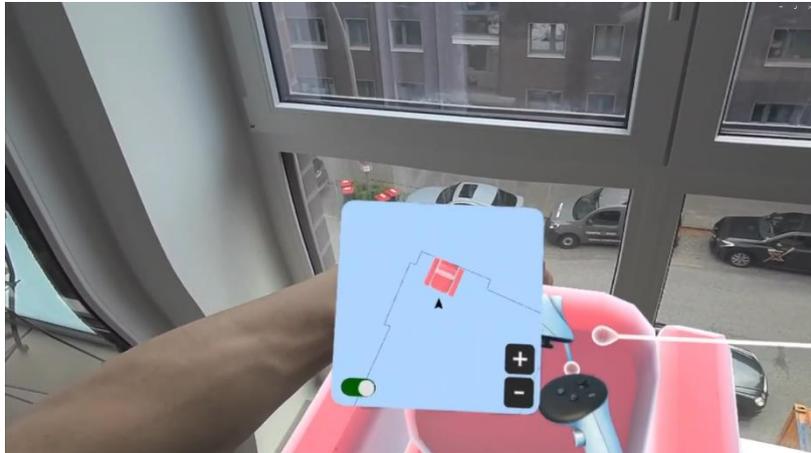


Abbildung 25: Genaue Anpassung der Position mit Hilfe der Karte  
Quelle: Screenshot aus der Mixed-Reality-Anwendung

## 5 Versuchsdurchführung

Die Fragestellung, inwiefern *Furnish* bereits heute als eine geeignete Alternative zum herkömmlichen 2D-Grundriss betrachtet werden kann, soll anhand der vorliegenden Benutzerstudie erörtert werden. Das Ziel der Studie ist die Ableitung aussagekräftiger Schlussfolgerungen anhand eines fairen Vergleichs zwischen dem herkömmlichen 2D-Grundriss und *Furnish*. Die hierfür erforderlichen Daten wurden durch die Auswertung eines Fragebogens erhoben, welcher von Probanden, die einen identischen Raum mithilfe beider Visualisierungsmethoden eingerichtet hatten, ausgefüllt wurde. Die Durchführung erfolgte an der Fakultät DMI der HAW Hamburg am 26. und 27. Juni 2024. Der Raum E45a wurde im Rahmen der Studie so weit wie möglich ausgeräumt, um einen möglichst unmöblierten Raum widerzuspiegeln (Abb. 26/27).



Abbildung 26: Foto (1) von Raum E45a an der HAW  
Quelle: Eigenes Foto



Abbildung 27: Foto (2) von Raum E45a an der HAW  
Quelle: Eigenes Foto

Aufgrund der räumlichen Gegebenheiten war eine vollständige Entfernung der vorhandenen Tische und Stühle jedoch nicht möglich. Der Grundriss des Raumes E45a konnte aus dem Bauplan des Gebäudes ermittelt werden. Die Längen der Wände sowie weitere Raummaße wurden mithilfe eines Zollstocks sorgfältig ausgemessen und anschließend auf dem zweidimensionalen Grundriss eingezeichnet (siehe Anhang).

Um eine faire Vergleichsbasis zu gewährleisten, wurde das *Space Setup* bereits vor Studiendurchführung mit Probanden für den Raum E45a abgeschlossen und Raumbegrenzungen vorgegeben. Dadurch wurde sichergestellt, dass Probanden bei der Verwendung der Mixed-Reality-Anwendung keinen zusätzlichen Schritt benötigten und die Ausgangsbedingungen für beide Methoden somit identisch waren.

Anschließend wurden Personen, die sich im Umfeld des Raumes aufhielten, eingeladen, an der Studie teilzunehmen. Dabei wurde darauf geachtet, eine heterogene Gruppe an Testpersonen hinsichtlich Geschlechts und Alters zusammenzustellen, um möglichst repräsentative und verallgemeinerbare Ergebnisse erzielen zu können. Die Studienteilnehmer und -teilnehmerinnen wurden gebeten, den Raum nach ihren Vorstellungen einzurichten. Die einzige Vorgabe, welche sie bei der Einrichtung mittels der 2D-Grundriss-Methode zu berücksichtigen hatten, betraf die Auswahl der zur Verfügung stehenden Möbelstücke. Hierbei durften lediglich die folgenden vier Möbelstücke verwendet werden: Sofa, Tisch, Schrank und Sessel. Diese Maßnahme diente ebenfalls der Gewährleistung fairer Bedingungen im Rahmen der Studie, da *Furnish* dieselben Möbel zur Verfügung standen und eine Differenz bezüglich der Anzahl an verfügbaren Möbelstücken keinen Einfluss auf das Einrichtungserlebnis ausüben sollte. Die Größe der Möbelstücke konnte frei gewählt werden. Zur präzisen Möblierung des 2D-Grundrisses standen Bleistifte, Kugelschreiber, Zirkel, Geodreieck sowie diverse Farbstifte zur Verfügung. Die Entscheidung, mit welcher Methode die Studie begonnen wurde, ergab sich aus der Methode, die von der vorherigen Testperson zuerst absolviert wurde. Hat die vorherige Testperson mit dem Grundriss begonnen, startete die nächste mit *Furnish*. Sollte die vorherige Testperson mit *Furnish* angefangen haben, begann die Nächste demnach mit dem 2D-Grundriss. Diese Vorgehensweise gewährleistete, dass jeweils die Hälfte der Probanden zuerst mit dem Grundriss und die andere Hälfte mit *Furnish* begann. Dadurch wurden potenzielle Reihenfolgeeffekte vermieden, die Verzerrungen in den Ergebnissen hätten verursachen können. Da bestimmte Methoden systematisch besser oder schlechter abschneiden, je nachdem, ob sie zuerst oder zuletzt angewendet wurden. Den Probanden wurden für beide Methoden keine zeitlichen Vorgaben gegeben, sodass sie die Möglichkeit hatten, die Einrichtung so lange zu planen und zu modifizieren, bis sie mit dem Ergebnis zufrieden waren. Das Einrichtungslayout des zuvor gestalteten Raumes musste nicht identisch mit dem Layout der jeweils anderen Methode sein, der Raum konnte somit ein weiteres Mal, unabhängig von der vorherigen Gestaltung, möbliert werden. Nach Abschluss der Gestaltung des Raumes mit beiden Methoden wurde den Probanden ein Fragebogen (siehe Anhang) ausgehändigt, welcher von ihnen auszufüllen war. Der Fragebogen umfasst sowohl personenbezogene Fragen als auch Fragen zum Einrichtungserlebnis.

Die personenbezogenen Fragen umfassen Angaben zu Alter, Geschlecht, Anzahl der bisherigen Umzüge und Vertrautheit mit Virtual / Mixed Reality. Ebenso zählen die Fragen, ob die Person bereits selbstständig Umzüge organisiert und durchgeführt hat, ob ein Umzug innerhalb der nächsten zwölf Monate geplant ist oder ob in naher Zukunft größere Veränderungen in der Wohnung vorgenommen werden sollen, dazu. Die übrigen Fragen zielen größtenteils auf die Erfassung individueller Präferenzen hinsichtlich spezifischer Kriterien im Kontext des Einrichtungserlebnisses ab. Die Beantwortung erfolgt anhand einer Skala, deren Auswertung eine Aussage über die Präferenz der Testpersonen zulässt. Im Folgenden wird versucht, Zusammenhänge zwischen personenbezogenen Daten und angegebenen Präferenzen zu identifizieren und mögliche Abhängigkeiten oder Korrelationen aufzudecken.

## 6 Auswertung

Insgesamt konnten 22 Teilnehmer für die Studie gewonnen werden, welche den Raum E45a jeweils einmal mittels 2D-Grundriss und einmal mit *Furnish* einrichteten und anschließend den Fragebogen hinsichtlich verschiedener Kriterien ausfüllten. Elf Teilnehmer begannen mit der Gestaltung anhand des Grundrisses, die anderen Elf starteten mit *Furnish*.

Aus einer Teilgruppe, die weniger als eine Handvoll Personen umfasst, lassen sich keine repräsentativen und validen Schlüsse ziehen. Aufgrund der geringen Anzahl an Probanden sollten also alle Aussagen und Rückschlüsse nur mit Vorsicht betrachtet werden.

Das Durchschnittsalter der Teilnehmer liegt bei 25.27 Jahren mit einer Altersspanne von 18 bis 49 Jahren. Das überwiegend junge Alter der Befragten lässt sich mit hoher Wahrscheinlichkeit darauf zurückführen, dass die Studie an einer Hochschule durchgeführt wurde und nicht an einem Ort, der eine breitere Altersgruppenverteilung aufweist. Um die Unterschiede in den Antworten der einzelnen Altersklassen für die Studie greifbarer zu machen, wurden die Teilnehmenden in acht Altersgruppen unterteilt: 0–17 Jahre, 18–19 Jahre, 20–21 Jahre, 22–23 Jahre, 23–25 Jahre, 26–30 Jahre, 31–38 Jahre und 39–100 Jahre.

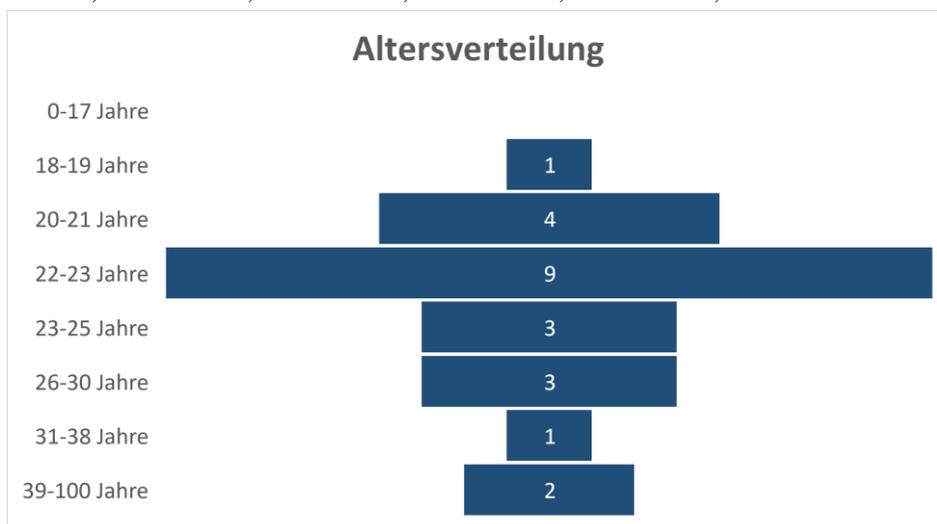


Abbildung 28: Altersverteilung  
Quelle: Eigene Darstellung

Eine Visualisierung dieser Unterteilung erfolgt durch das Balkendiagramm "Altersverteilung" (Abb. 28). Die jeweilige Altersgruppe ist auf der Y-Achse eingetragen, wobei die Zahl in der Mitte des Balkens die Anzahl der Teilnehmer in der entsprechenden Gruppe angibt. Hier wird deutlich, dass der Großteil der Teilnehmer zwischen 20 und 27 Jahren alt ist, etwa 40% aller Teilnehmer sind zwischen 22 und 23 Jahre alt.

Diese Altersverteilung weist eine hohe Ähnlichkeit zur vom Statistischen Bundesamt erhobenen Statistik "Anzahl der Studierenden an Hochschulen in Deutschland nach Alter im Wintersemester 2022/2023" auf (Abb. 29). Die generelle Form beider Diagramme zeigen nur geringe Unterschiede und auch das Maximum ist jeweils in den Jahren 22–23 zu verzeichnen. Dies deutet darauf hin, dass bei der Durchführung der Studie eine für eine Hochschule repräsentative Menge an Testpersonen ausgewählt wurde.

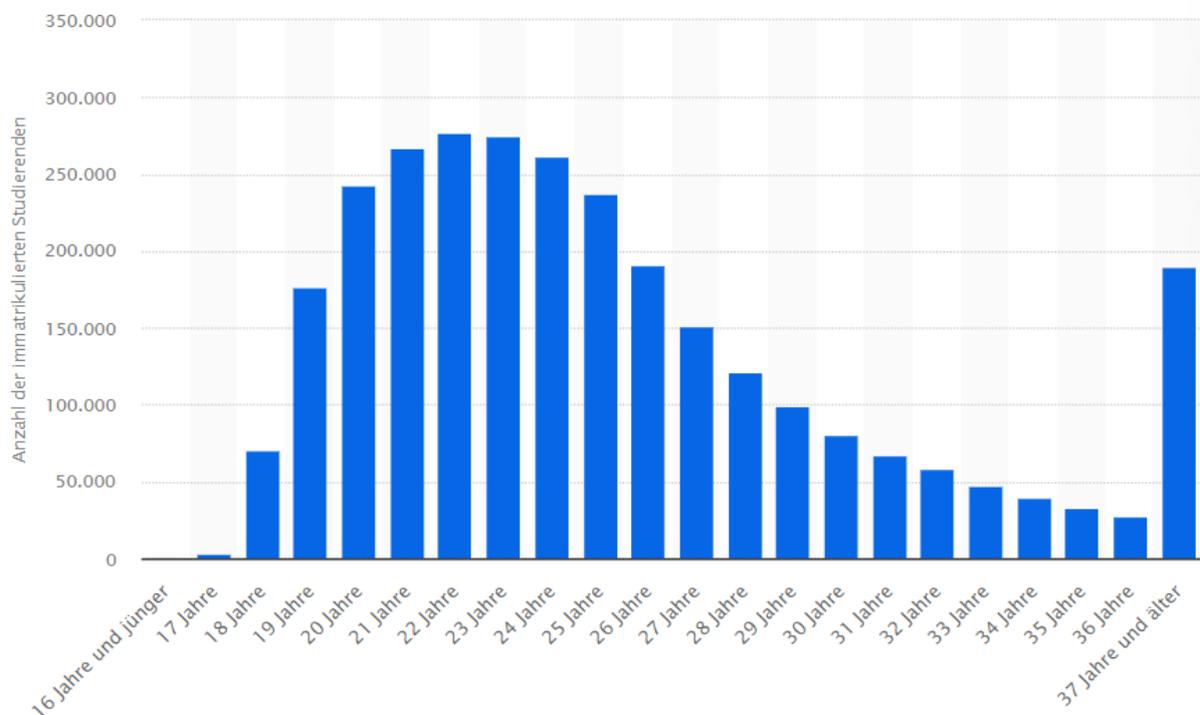


Abbildung 29: Anzahl der Studierenden an Hochschulen in Deutschland nach Alter im Wintersemester 2022/2023  
 Quelle: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/1166109/umfrage/anzahl-der-studenten-an-deutschen-hochschulen-nach-alter/> abgerufen am 09.07.2024

Die Geschlechterverteilung der Teilnehmerinnen und Teilnehmer ist mit insgesamt 14 männlichen und 8 weiblichen Testern leicht unausgewogen (Abb. 30). Es wurde von keiner der Testpersonen angegeben, divers zu sein.

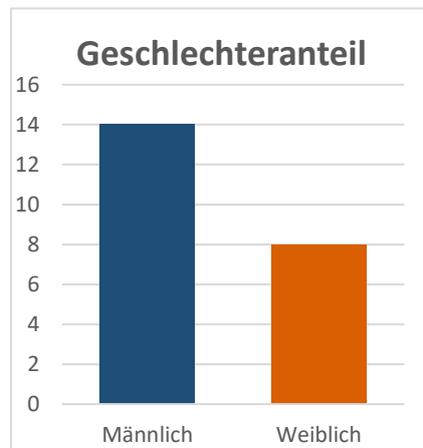


Abbildung 30: Geschlechteranteil  
Quelle: Eigene Darstellung

Die Verteilung der Geschlechter in Abhängigkeit vom Alter ist homogen und weist keine Unstimmigkeiten auf (Abb. 31). Mit Ausnahme von zwei Altersgruppen unterscheiden sich die Anzahl der Geschlechter in den anderen sechs Teilgruppen lediglich um 1 oder weniger. Nur in den Altersgruppen 20–21 Jahre und 39–100 Jahre gibt es eine deutliche Überzahl an Männern. In Kontext zur Gesamtanzahl der Testpersonen ist dieser Befund jedoch nicht ausschlaggebend.

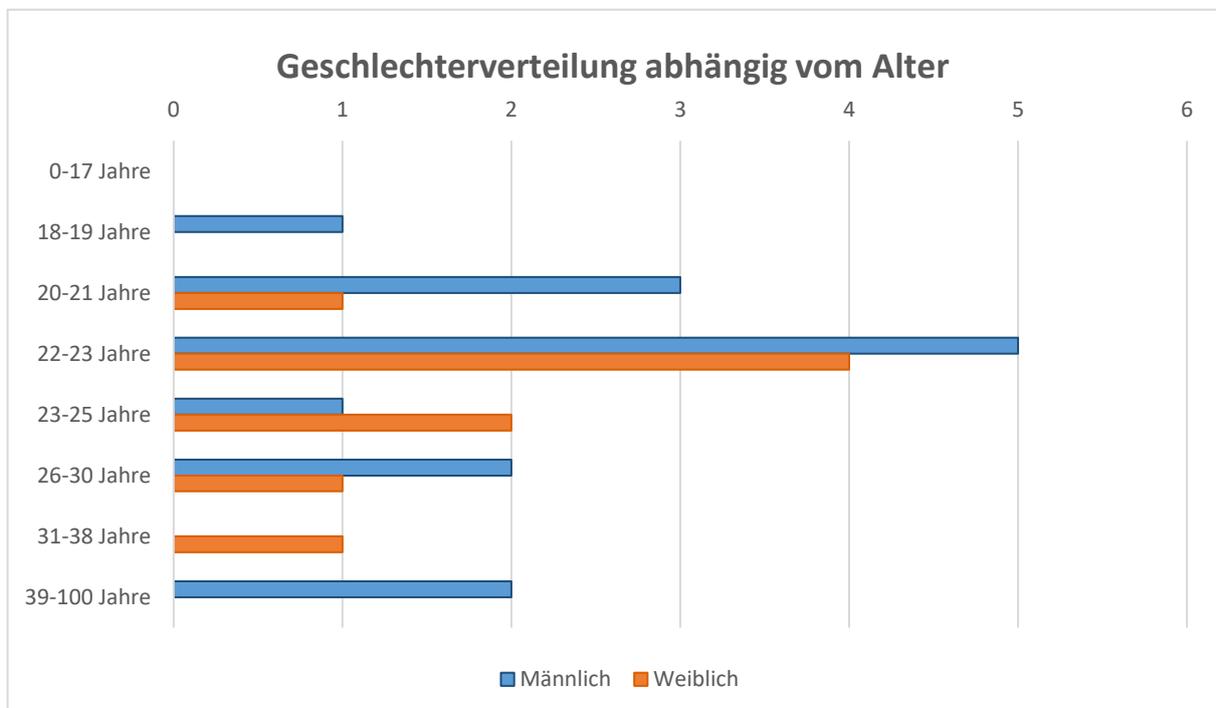


Abbildung 31: Geschlechterverteilung abhängig vom Alter  
Quelle: Eigene Darstellung

Die Teilnehmer hatten auf der Präferenz-Skala des Fragebogens die Möglichkeit, zu jeder Frage eine von fünf Auswahlmöglichkeiten zu treffen: "Mixed Reality Anwendung", "Eher Mixed Reality Anwendung", "Neutral / Keine Präferenz", "Eher 2D-Grundriss" und "2D-Grundriss". Zur Erleichterung der Auswertung wurden die Auswahlmöglichkeiten auf das Intervall [-2, +2] projiziert. Die Option "Mixed Reality Anwendung" wurde durch die Zahl -2, "2D-Grundriss" entsprechend als +2 repräsentiert. Die übrigen Optionen wurden mit den Zahlen -1, 0 und +1 dargestellt. Folglich stehen negative Durchschnittswerte für eine Präferenz der Mixed Reality Anwendung und umgekehrt geben positive Durchschnittswerte eine Präferenz des 2D-Grundrisses an. Nach Berechnung der Durchschnittswerte spiegeln alle Fragen eine Präferenz für die Mixed-Reality-Anwendung (*Furnish*) wieder (Tab. 1).

Nr.	Frage	Durchschnitt
1	Welche Methode war bei der Raumplanung genauer?	-0.68
2	Welche Methode war benutzerfreundlicher?	-0.36
3	Welche Methode empfanden Sie als angenehmer in der Nutzung?	-1.09
4	Mit welcher Methode waren Sie zufriedener hinsichtlich der Interaktivität?	-1.68
5	Welche Methode half Ihnen besser, die Raumaufteilung und das Layout nachzuvollziehen?	-1.00
6	Welche Methode erleichterte Ihnen die Vorstellung der fertigen Wohnung mehr?	-1.45
7	Welche Methode war flexibler bei der Anpassung und Platzierung von Möbeln?	-0.95
8	Welche Methode erfüllte Ihre Erwartungen an eine realistische Wohnungsplanung besser?	-1.27
9	Welche Methode ermöglichte eine effizientere Zeitnutzung bei der Planung?	-0.14
10	Welche Methode lieferte eine bessere Gesamtqualität Ihrer Planungsergebnisse?	-0.91
11	Mit welcher Methode konnten Sie sich die Proportionen und Abstände der Möbel besser vorstellen?	-1.50

Tabelle 1: Die 11 Präferenz-Fragen und der jeweilige Durchschnitt aller Angaben  
Quelle: Eigene Darstellung

Bei den Fragen 4, 6, 8 und 11 lassen sich sehr starke Tendenzen mit Durchschnittswerten zwischen -1.27 und -1.68 beobachten. Dies deutet darauf hin, dass *Furnish* hinsichtlich der Interaktivität und der Präsentation von möblierten Wohnungen eindeutig bevorzugt wird. Zudem lässt sich ableiten, dass *Furnish* in den Aspekten einer erfüllten Erwartung hinsichtlich einer realistischen Wohnungsplanung sowie der Präsentation von Proportionen und Abständen durch die klare Präferenz eine überlegene Leistung erbringt. Die Fragen 1, 2 und 9 weisen eine weniger starke Präferenz zu *Furnish* auf, was sich an den Durchschnittswerten von -0.68, -0.36 und -0.14 ablesen lässt. Anhand der Mittelabweichung von  $\approx 1.07$  bei allen drei Fragen, kann belegt werden, dass die Meinungen zu diesen Fragen relativ gespalten sind (Abb. 32). Diese Abweichung stellt mit Ausnahme von Frage 5 die höchste im Vergleich zu allen anderen Fragen dar.

Die Einschätzung der Genauigkeit der Raumplanung (Frage 1), der Benutzerfreundlichkeit (Frage 2) sowie der Effizienz der Zeitznutzung (Frage 9) ist stark beeinflusst von den individuellen Präferenzen des jeweiligen Benutzers und kann daher nicht verallgemeinert werden.

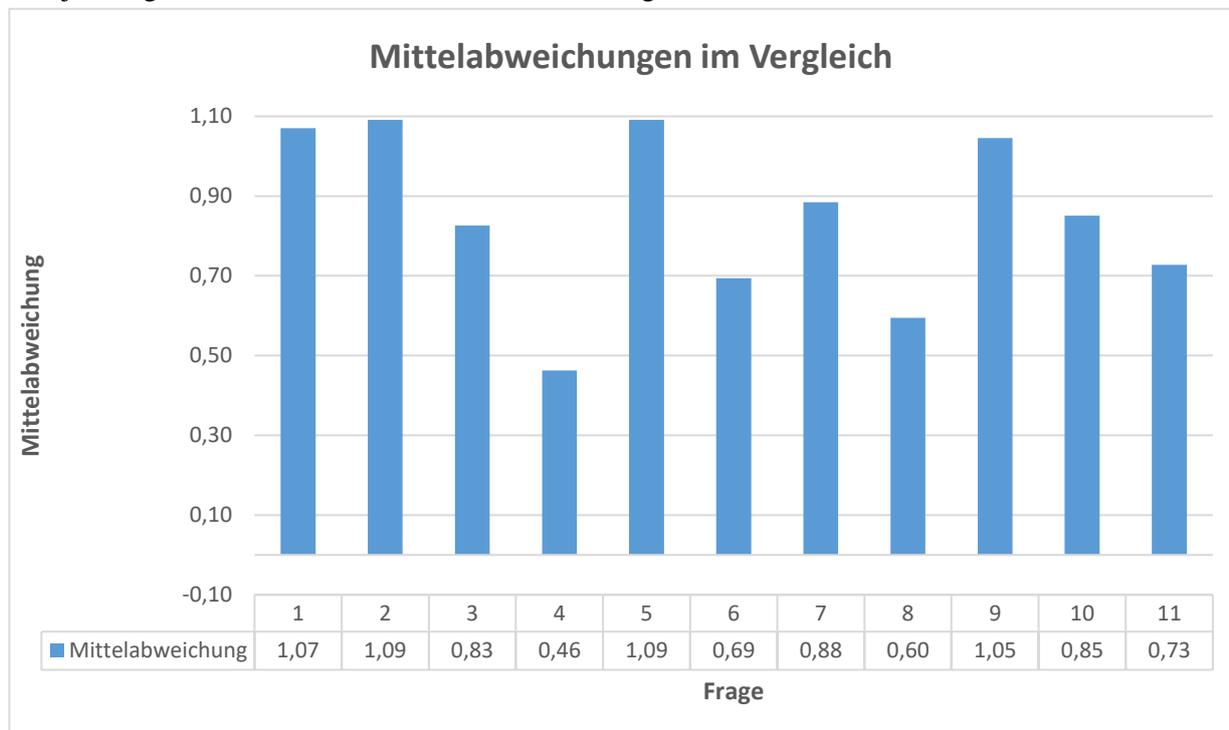


Abbildung 32: Mittelabweichung im Vergleich  
Quelle: Eigene Darstellung

Die Erkenntnisse werden durch das Diagramm "Visualisierung der Nutzerpräferenzen (alle Tester)" veranschaulicht (Abb. 33). Die vertikal verlaufende, blau eingefärbte Linie dient der Darstellung des Mittelwerts aller Durchschnitte der gegebenen Antworten auf die 11 Fragen. Dieser Wert ist auf ein Tausendstel genau -1.00, was der Auswahlmöglichkeit "Eher Mixed Reality Anwendung" entspricht. In der Gesamtbetrachtung lässt sich somit festhalten, dass eher zu *Furnish* tendiert wird.

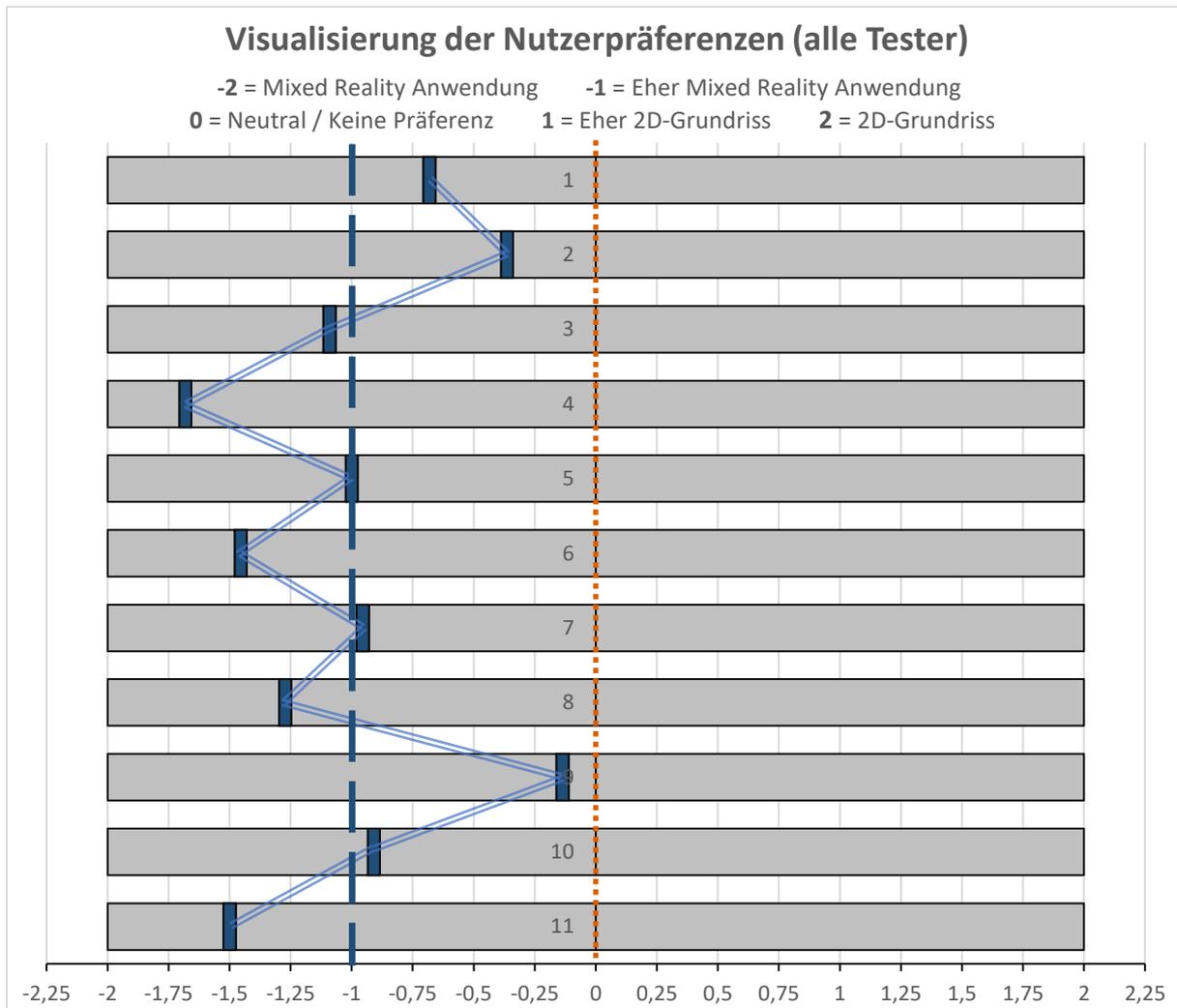


Abbildung 33: Visualisierung der Nutzerpräferenzen (alle Tester)  
Quelle: Eigene Darstellung

Die Präferenz wird darüber hinaus durch die Fragen "Welche Methode fanden Sie hilfreicher für die tatsächliche Planung und Einrichtung einer realen Wohnung?" und "Welche Methode würden Sie in der Zukunft eher für Ihre eigene Wohnungsplanung verwenden?" unterstrichen. Im Gegensatz zu den vorherigen Fragen konnten diese nur mit "Mixed-Reality-Anwendung" oder "2D-Grundriss" beantwortet werden. Bei beiden Fragen wurde jeweils 16-mal die Mixed-Reality-Anwendung und sechsmal der 2D-Grundriss angegeben (Abb. 34).

Somit bewerteten 72.7% die Mixed-Reality-Anwendung als hilfreicher für Planung und Einrichtung und ebenso viele gaben an, diese in der Zukunft nutzen zu wollen.

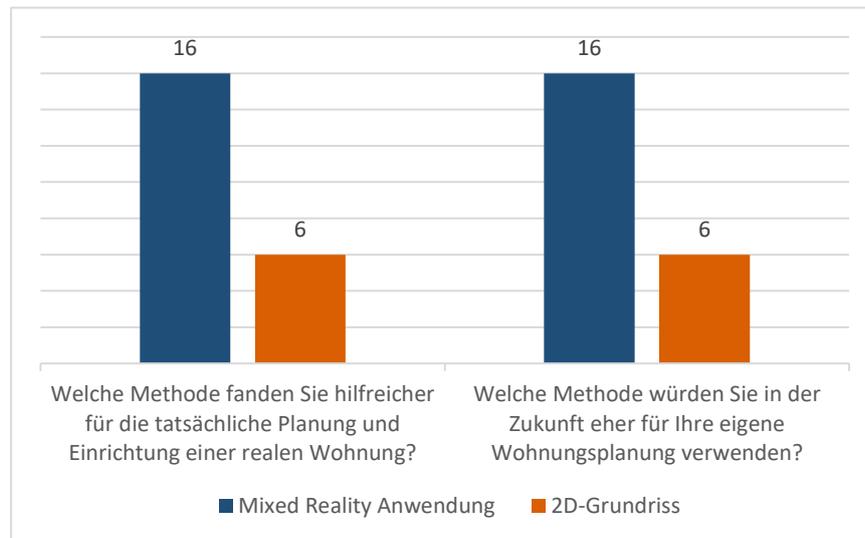


Abbildung 34: Anzahl der Angabe von Mixed Reality und 2D-Grundriss  
Quelle: Eigene Darstellung

Die Fragestellung, die sich auf die Zukunft bezieht, ist etwas unpräzise formuliert, da unklar ist, welcher Zeitraum mit "Zukunft" gemeint ist. Aufgrund der offen formulierten Fragestellung kann angenommen werden, dass die Teilnehmer die Frage in den meisten Fällen so interpretiert haben, dass die Zukunft einen beliebig langen Zeitraum umfasst und nicht das nächste Mal, bis sie eine Wohnung einrichten müssen oder wollen. Die Annahme basiert auf der Beobachtung, dass, trotz des überwiegend positiven Feedbacks, mehrere Probanden anmerkten, dass die Auswahl an Möbelstücken gerne größer sein könnte und das Verschieben der Möbelstücke auch während des Editierens möglich gemacht werden sollte. Außerdem ist zu berücksichtigen, dass ein Großteil der Teilnehmenden mit hoher Wahrscheinlichkeit keine VR-Brillen besitzt, welche eine Nutzung der Anwendung in naher Zukunft ermöglichen würde. Diese Vermutung basiert auf den Angaben zur Vertrautheit mit Virtual- und Mixed Reality. Im Durchschnitt gaben die Nutzerinnen und Nutzer an, wenig bis kaum vertraut zu sein, was darauf hindeutet, dass nur wenige Personen im Besitz einer VR-Brille sind (Abb. 35).

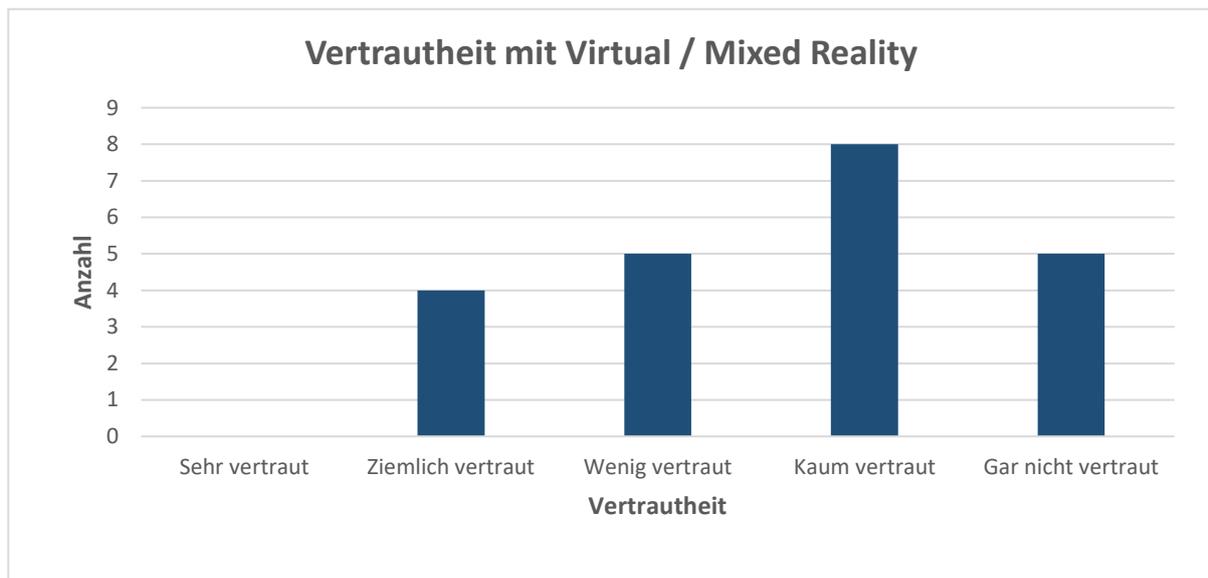


Abbildung 35: Vertrautheit mit Virtual / Mixed Reality  
 Quelle: Eigene Darstellung

Ein weiterer Faktor, der dazu beitragen könnte, dass *Furnish* in diesem Experiment eine so gute Bewertung erhielt, ist der Gebrauch des Passthrough-Modus. Dieser ermöglicht insbesondere Personen ohne oder mit wenig Vorerfahrung mit Virtual- oder Mixed Reality einen erleichterten Einstieg, da der Passthrough-Modus eine hohe Realitätsnähe gewährleistet. Gerade aufgrund dieser Nähe wirkt er sich auch positiv auf das Allgemeinbefinden beim Benutzen der Anwendung aus. Er ermöglicht eine nahtlose Übertragung der Bewegungsinformationen, welche sensorische Widersprüche mindert und die Wahrscheinlichkeit von auftretender Übelkeit reduziert. Diese Schlussfolgerung lassen die Antworten auf die am Ende des Fragebogens gestellte Frage ("*Hatten Sie während der Nutzung der Mixed Reality-Anwendung physische Unannehmlichkeiten (z.B. Übelkeit, Schwindel), die Sie bei der Nutzung des 2D-Grundrisses nicht hatten?*") zu. Lediglich einer von 22 Teilnehmern (ca. 4.54%) berichtete über physische Unannehmlichkeiten während der Nutzung. Im Vergleich zu anderen Arbeiten ist dieser Anteil äußerst gering (Cipresso, 2020). Ein höheres Auftreten an Unannehmlichkeiten könnte zudem weitere Fragen beeinflussen, beispielsweise Frage 9 zur effizienten Zeitnutzung oder Frage 3 zur angenehmen Nutzung. Zur Identifikation potenzieller Abhängigkeiten zwischen personenbezogenen Daten und Präferenzangaben wurde für jede personenbezogene Frage ein Diagramm erstellt. Das Diagramm visualisiert die Tendenzen von jeder der elf Präferenzfragen für alle Teilgruppen. Die X-Achse zeigt die jeweilige Frage, während die Y-Achse die Tendenz von -2 (*Furnish*) bis 2 (2D-Grundriss) angibt. In den nachfolgenden Tabellen (Abb. 36-41) werden die Durchschnittsangaben der jeweiligen Teilgruppe dargestellt.

Anhand des Diagramms "Vergleich der Testergebnisse: Geschlecht" (Abb. 36) lässt sich erkennen, dass im Vergleich zu anderen Fragen die größten Disparitäten zwischen den Geschlechtern bei den Fragen 5 und 9 auftreten. Die Ergebnisse der Frage 5 zeigen, dass Frauen im Durchschnitt das Layout der Wohnung anhand von *Furnish* besser nachvollziehen können (durchschnittliche Tendenz von -1.62), während Männer zwar auch die Mixed-Reality-Anwendung bevorzugen, jedoch in geringerem Maße als Frauen (durchschnittliche Tendenz von -0.64).

Bei Frage 9 wiesen Männer eine durchschnittliche Tendenz von 0.21 auf, welche eine leicht effizientere Zeitnutzung mittels 2D-Grundriss widerspiegelt, während Frauen mit einer Tendenz von -0.75 *Furnish* als effizienter empfanden. Bei den übrigen Fragen zeigen sich weniger ausschlaggebende Unterschiede zwischen den Geschlechtern.

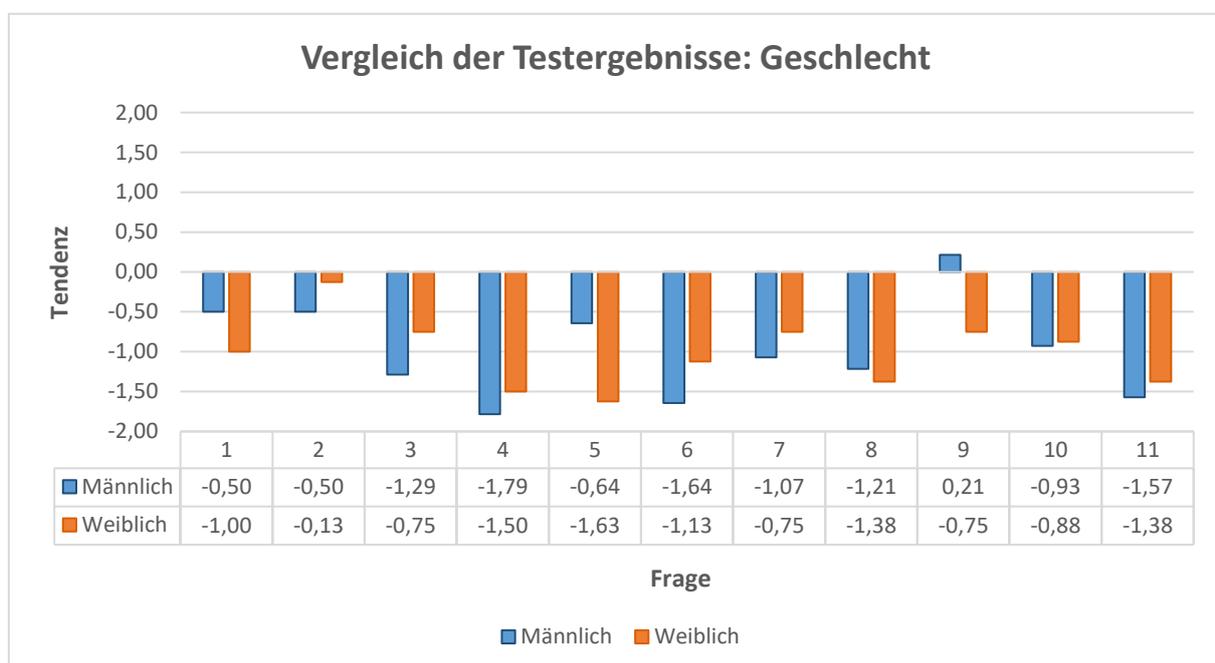


Abbildung 36: Vergleich der Testergebnisse: Geschlecht  
Quelle: Eigene Darstellung

In dem Diagramm "Vergleich der Testergebnisse: Haben Sie schon einmal eigenständig einen Umzug organisiert und durchgeführt?" wurden die Teilnehmer in zwei Gruppen unterteilt, abhängig von ihrer Antwort, bestehend aus "Ja" oder "Nein" (Abb. 37). Bei der Betrachtung der Antworten der beiden Gruppen zu den elf Fragen, werden deutliche Unterschiede bei den Fragen 1 und 2 ersichtlich. In Bezug auf die erste Frage, welche Methode bei der Raumplanung als genauer empfunden wird, weisen diejenigen mit Umzugserfahrung ("Ja") eine durchschnittliche Tendenz von -0.94 auf, während die ohne Erfahrung ("Nein") eine neutrale Tendenz von 0.00 zeigen. Hieraus lässt sich ableiten, dass Umzugserfahrene *Furnish* tendenziell als die genauere Raumplanungsmethode empfinden.

Bei der zweiten Frage, welche Methode als benutzerfreundlicher empfunden wird, zeigt sich bei den Umzugserfahrenen eine Tendenz von -0.13, d. h. fast im neutralen Bereich, während sie bei den Nicht-Erfahrenen bei -1.00 liegt. Die Nicht-Erfahrenen empfinden *Furnish* somit als benutzerfreundlicher als die Erfahrenen. Bei den übrigen Fragen zeigen sich weniger signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen.

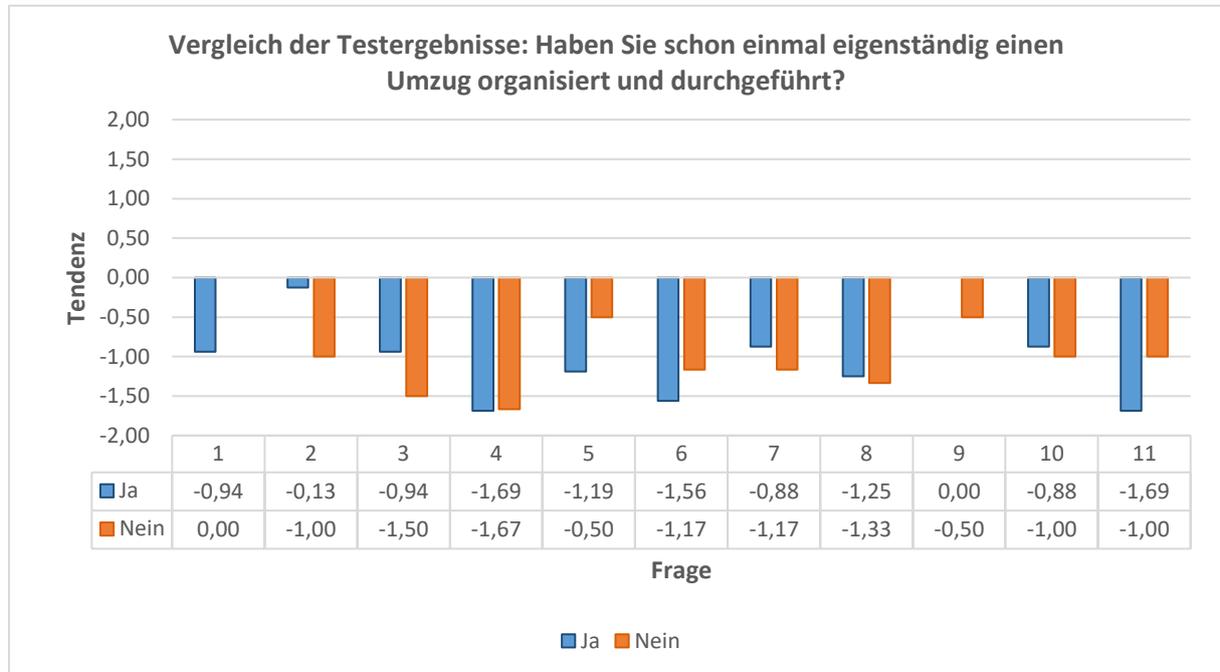


Abbildung 37: Vergleich der Testergebnisse: Haben Sie schon einmal eigenständig einen Umzug organisiert und durchgeführt?

Quelle: Eigene Darstellung

Das Diagramm "Vergleich der Testergebnisse: Planen Sie in den nächsten 12 Monaten einen Umzug?" weist bis auf Frage 5 keine nennenswerten Unterschiede zwischen den Gruppen auf (Abb. 38). Die fünfte Frage bezieht sich auf die Eignung der Methoden zur Nachvollziehbarkeit der Raumaufteilung und des Layouts. Bei Teilnehmern, die in den nächsten zwölf Monaten einen Umzug planen, lässt sich eine Tendenz von -1.64 feststellen, während sich bei Teilnehmern, die keinen Umzug planen, eine Tendenz von -0.36 abzeichnet. Dies deutet darauf hin, dass Personen, die die Absicht haben, in den nächsten zwölf Monaten umzuziehen, eine stärkere Präferenz für die Mixed-Reality-Anwendung hinsichtlich der Nachvollziehbarkeit der Raumaufteilung und des Layouts haben.

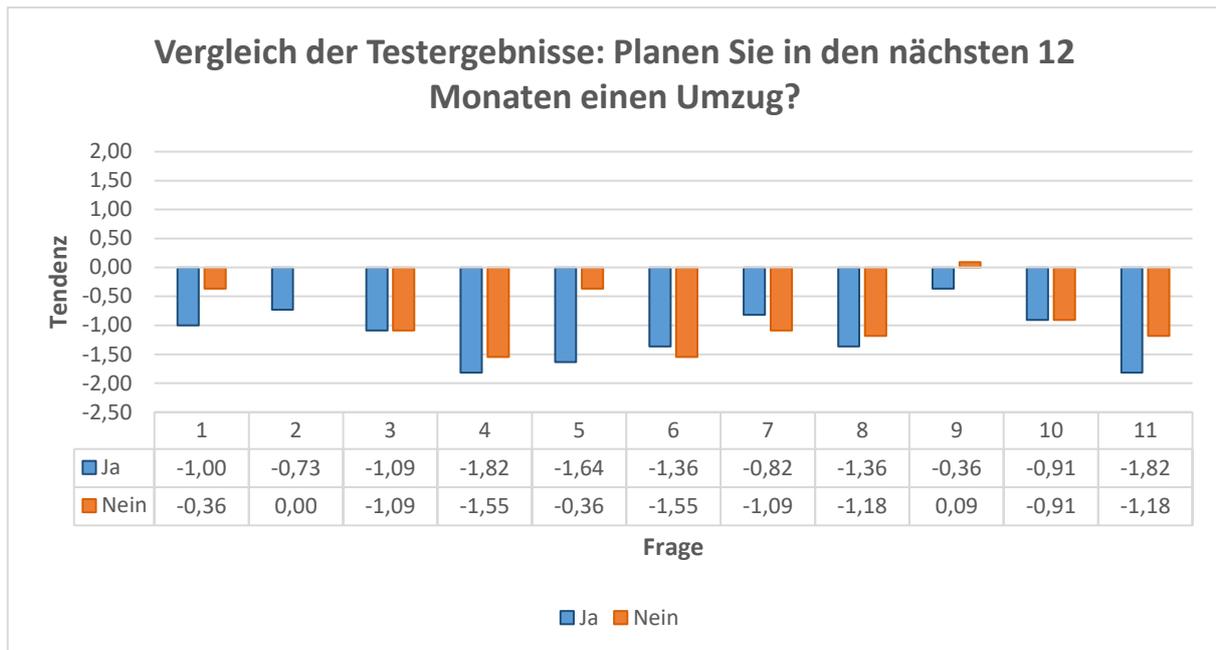


Abbildung 38: Vergleich der Testergebnisse: Planen Sie in den nächsten 12 Monaten einen Umzug?  
Quelle: Eigene Darstellung

Das nachfolgende Diagramm "Vergleich der Testergebnisse: Planen Sie in den nächsten Jahren größere Veränderungen an Ihrer Wohnung/Ihrem Haus vorzunehmen?" unterscheidet sich von den übrigen Diagrammen dadurch, dass bei keiner der elf Präferenzfragen ausschlaggebende Unterschiede zwischen den Gruppen erkennbar sind (Abb. 39). Dementsprechend ist die Frage, ob die Testperson in ihrem Wohnraum größere Veränderungen plant oder nicht, für die Auswertung irrelevant.

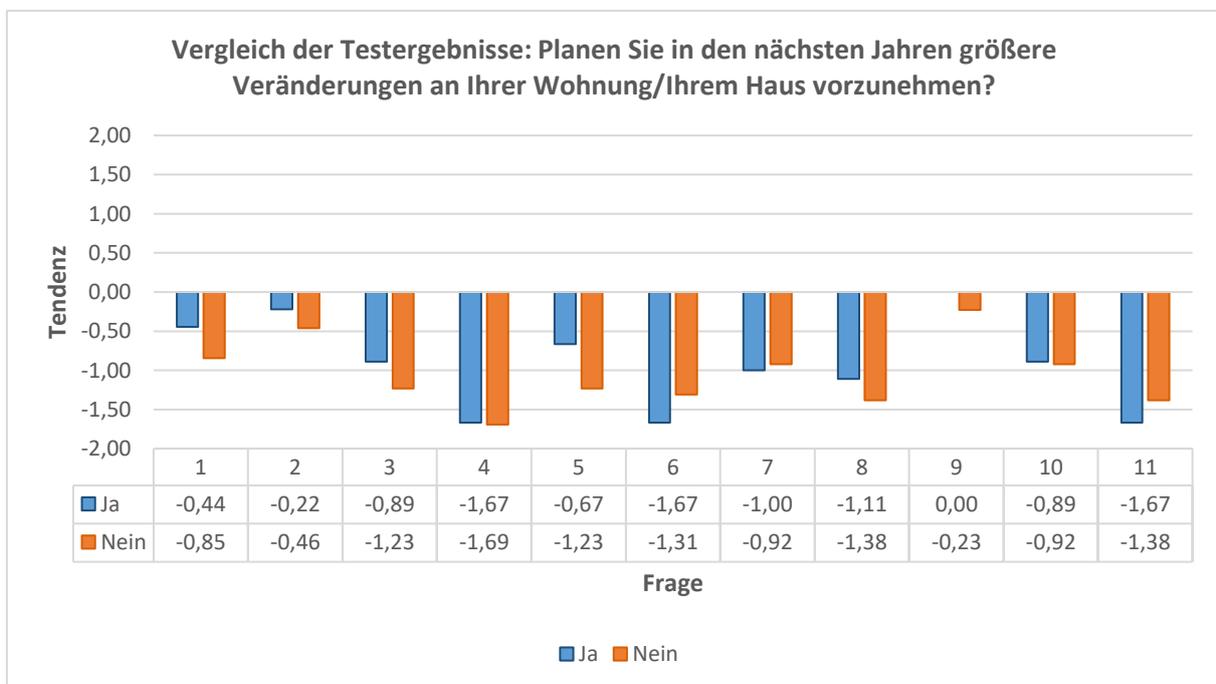


Abbildung 39: Vergleich der Testergebnisse: Planen Sie in den nächsten Jahren größere Veränderungen an Ihrer Wohnung/Ihrem Haus vorzunehmen?  
Quelle: Eigene Darstellung

Das Säulendigramm "Vergleich der Testergebnisse: Anzahl der Umzüge innerhalb der letzten 5 Jahre?" veranschaulicht die Testergebnisse in Abhängigkeit von der Anzahl (Abb. 40). Die Teilnehmer wurden hierfür in drei Untergruppen aufgeteilt: 0–1 Umzüge, 2–3 Umzüge und 4 oder mehr Umzüge. Die Auswertung zeigt klare Unterschiede in den Tendenzen zwischen den Gruppen, speziell bei den Fragen 1, 8, 10 und 11.

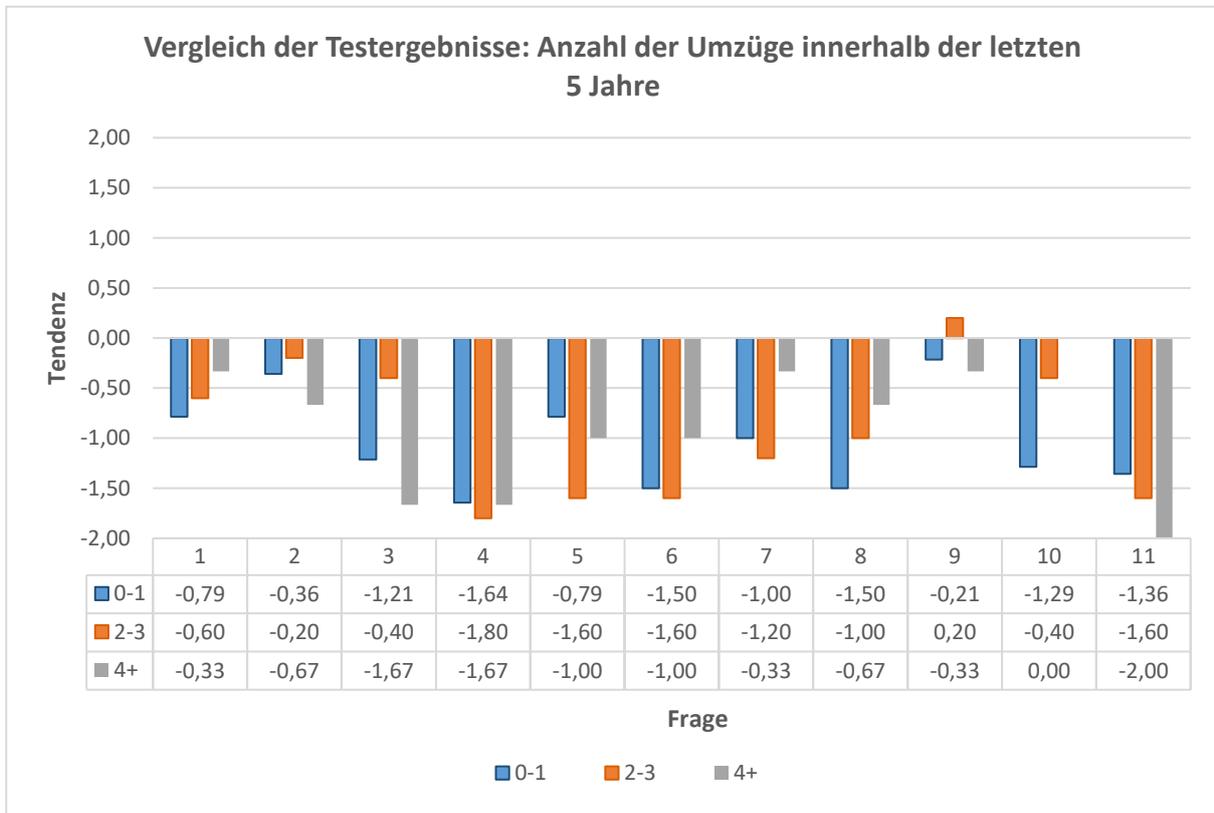


Abbildung 40: Vergleich der Testergebnisse: Anzahl der Umzüge innerhalb der letzten 5 Jahre  
Quelle: Eigene Darstellung

In Bezug auf Frage 1 ("Welche Methode war bei der Raumplanung genauer?") zeigt die Gruppe mit 4 oder mehr Umzügen eine geringere Präferenz für *Furnish* im Vergleich zu den Gruppen 0–1 Umzüge und 2–3 Umzüge. Die entsprechende Tendenz beträgt für die Gruppe mit 4 oder mehr Umzügen -0.33, während sie für die Gruppen 0–1 Umzüge und 2–3 Umzüge bei -0.79 bzw. -0.60 liegt. Diese Resultate legen nahe, dass Personen mit weniger Umzügen *Furnish* als präziser in der Raumplanung empfinden. Diese Beobachtung könnte darauf zurückzuführen sein, dass Personen mit vielen Umzügen bereits über mehr Erfahrung mit dem 2D-Grundriss verfügten und mit diesem dementsprechend besser umgehen können.

Die Auswertung der Frage 8 ("Welche Methode erfüllte Ihre Erwartungen an eine realistische Wohnungsplanung besser?") ergibt, dass die Gruppe mit 4 oder mehr Umzügen eine weniger starke Tendenz zu *Furnish* aufweist als die Gruppe mit 0–1 Umzügen sowie die Gruppe mit 2–3 Umzügen. Die entsprechende Tendenz beträgt bei der Gruppe mit 4 oder mehr Umzügen -0.67, bei der Gruppe mit 0–1 Umzügen -1.50 und bei der Gruppe mit 2–3 Umzügen -1.00.

Diese Ergebnisse legen nahe, dass eine höhere Anzahl an Umzügen mit einer geringeren Präferenz für *Furnish* in Bezug auf eine realistische Wohnungsplanung korreliert. Sie könnten, ähnlich wie bei Frage 1, durch die Erfahrung von Personen mit mehrmaligem Umzug beeinflusst sein, da diese bereits über eine ausgeprägte Kompetenz im Umgang mit 2D-Grundrissen verfügten und von daher eine mehr oder minder bewusste höhere Erwartung an die Mixed-Reality-Anwendung stellten.

Hinsichtlich Frage 10 ("Welche Methode lieferte eine bessere Gesamtqualität Ihrer Planungsergebnisse?") zeigt sich, dass die Gruppe mit 4 oder mehr Umzügen neutral antwortet (0.00), während die anderen beiden Gruppen eine Tendenz zu *Furnish* aufweisen (-1.29 für 0–1 Umzüge und -0.40 für 2–3 Umzüge). Die vergleichsweise "schlechte" Bewertung von *Furnish* durch Personen mit mehr Umzugserfahrung könnte, ähnlich wie bei den Fragen 8 und 1, mit den Vorkenntnissen der befragten Personen zusammenhängen.

Schließlich zeigt die Frage 11 ("Mit welcher Methode konnten Sie sich die Proportionen und Abstände der Möbel besser vorstellen?") für alle Gruppen sehr starke Tendenzen zu *Furnish*. Die stärkste Tendenz ist bei der Gruppe mit 4 oder mehr Umzügen (-2.00) zu verzeichnen, gefolgt von der Gruppe mit 2–3 Umzügen (-1.60) und der Gruppe mit 0–1 Umzügen (-1.36).

In dem Diagramm "Vergleich der Testergebnisse: Wie vertraut sind Sie mit Virtual / Mixed Reality?" wird deutlich, dass die Personen, die angeben, ziemlich vertraut mit Mixed-/Virtual-Reality zu sein, *Furnish* überwiegend eine schlechtere Bewertung gaben als die anderen Teilgruppen (Abb. 41). Bei den Fragen 1, 5 und 9 zeigt sich eine leichte Tendenz zum 2D-Grundriss, wobei eine deutliche Abweichung von den übrigen Gruppen bei den Fragen 1 und 5 festzustellen ist (blaue Linie). Keiner der Teilnehmenden gibt an, sehr vertraut mit Virtual/Mixed Reality zu sein.

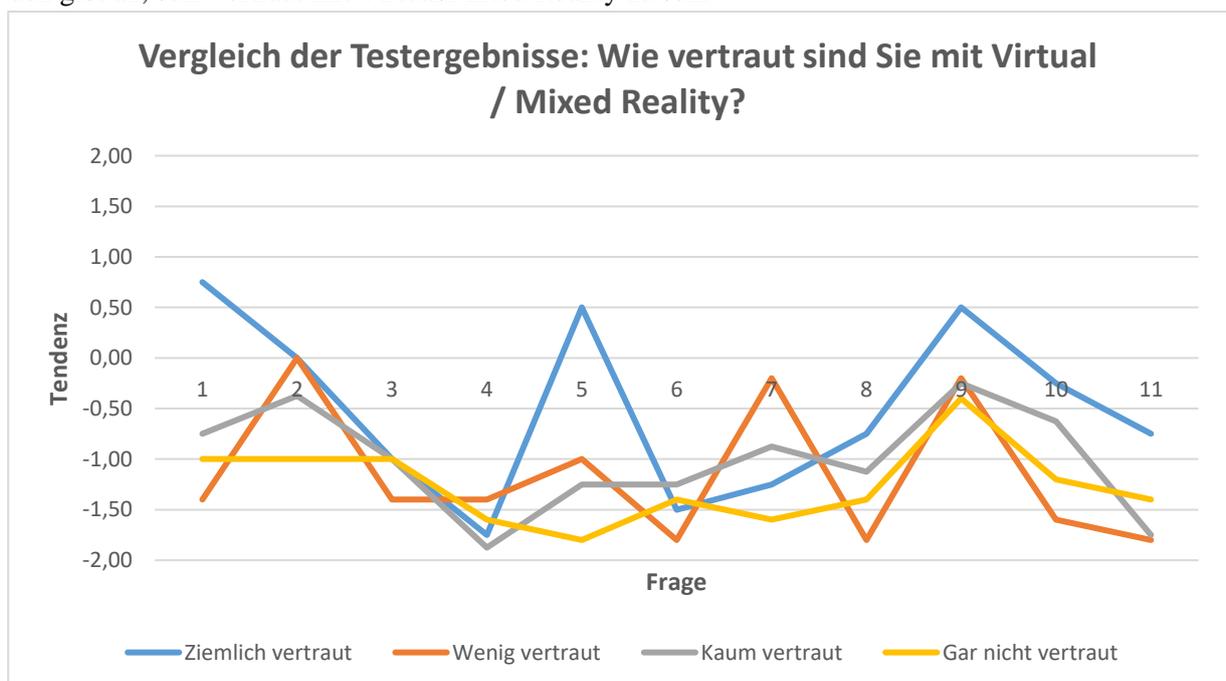


Abbildung 41: Vergleich der Testergebnisse: Wie vertraut sind Sie mit Virtual / Mixed Reality?  
Quelle: Eigene Darstellung

## 7 Fazit

Die Ergebnisse fallen insgesamt überwiegend zugunsten von *Furnish* aus, was anhand der Durchschnittswerte der einzelnen Fragen ersichtlich wird. Eine vertiefende Analyse bestätigt den initialen Befund: *Furnish* wird deutlich präferiert im Vergleich zum 2D-Grundriss. Diesbezüglich ist festzuhalten, dass *Furnish* insbesondere in den Aspekten Interaktivität sowie der Vorstellung von Proportionen und Abständen eine klare Überlegenheit aufweist. In anderen Punkten wie Benutzerfreundlichkeit und einer effektiven Zeitnutzung wird *Furnish* zwar präferiert, jedoch nur leicht.

In Bezug auf die Ausgangsfrage: "Bietet *Furnish* bereits heute eine geeignete Alternative zum herkömmlichen 2D-Grundriss?", legen die Angaben der Teilnehmer nahe, dass *Furnish* diese Anforderungen erfüllt. Die Datenerhebung ist jedoch fundamental mit deutlichen Problematiken behaftet, sodass eine gesicherte Beantwortung nicht möglich ist. Diesbezüglich wurde eine zu geringe Anzahl an Teilnehmern befragt, welche zudem ausschließlich zu einer Hochschule gehörten. Diese Vorgehensweise führte zu einer unzureichenden Diversität der Gruppen und stellt damit eine grundlegende Limitation in der Aussagekraft der Ergebnisse dar. Zudem kann argumentiert werden, dass der Vergleich zwischen Mixed-Reality-Anwendung und 2D-Grundriss in seiner Konzeption unausgewogen war, da die Testpersonen beim Einrichten mittels Grundrisses keine vorgefertigten Möbelstücke zur Verfügung hatten. Die Verwendung von Papier- oder Papp-Ausschnitten von Möbeln hätte möglicherweise zu einer größeren Chancengleichheit geführt. Zudem wurde die Tatsache, dass *Furnish* ausschließlich bei körperlicher Anwesenheit im Raum genutzt werden kann, nicht direkt in die Bewertung miteinbezogen. Ebenso konnte bei nahezu allen Teilnehmern eine visuelle Freude beim Testen von *Furnish* beobachtet werden. Dies könnte darauf zurückzuführen sein, dass ein Großteil der Teilnehmer bislang nur wenig bis gar keine Erfahrung mit Virtual- oder Mixed-Reality hatte und das reine Nutzen der Brille für sie eine faszinierende Erfahrung darstellte. Dieser Umstand könnte dazu beigetragen haben, dass die Teilnehmer beim Ausfüllen des Fragebogens möglicherweise von ihrer Begeisterung für die VR-Brille beeinflusst waren und *Furnish* normalerweise weniger wohlwollend bewertet hätten. Diese These lässt sich erhärten aufgrund der durchschnittlich schlechteren Bewertung von *Furnish* durch Teilnehmer mit mehr Virtual- oder Mixed-Reality-Erfahrung(s. Abb. 41). Das mündliche Feedback der Probanden schließlich verdeutlicht, dass *Furnish* zu diesem Zeitpunkt nicht in der Lage ist, eine geeignete Alternative zum 2D-Grundriss zu bieten. Dies ist zum Teil auf die begrenzten Funktionen wie dem Fehlen der Möglichkeit, Räume abzuspeichern sowie einer unzureichenden Auswahl an Möbeln und einer in manchen Aspekten nicht optimalen Benutzerfreundlichkeit zurückzuführen. Des Weiteren sind VR-Brillen trotz eines stetig wachsenden Marktes nicht weit genug verbreitet, um eine massentaugliche Alternative darzustellen.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass ein XR-Einrichtungskonfigurator in Zukunft eine hilfreiche Alternative zum 2D-Grundriss darstellen könnte. *Furnish* selbst ist jedoch zum gegenwärtigen Zeitpunkt noch nicht ausgereift genug. Die grundsätzliche Bereitschaft, eine Alternative zum 2D-Grundriss zu nutzen, ist jedoch vorhanden.

## Literaturverzeichnis

- Cipresso, P. (31. März 2020). *Factors Associated With Virtual Reality Sickness in Head-Mounted Displays: A Systematic Review and Meta-Analysis*. Von frontiersin.org:  
<https://www.frontiersin.org/journals/human-neuroscience/articles/10.3389/fnhum.2020.00096/full>
- Grand View Research. (Juli 2023). *Virtual Reality (VR) Market Size, Share & Trends Analysis Report*. Von Grand View Research: <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/virtual-reality-vr-market>
- Koalabs. (12. Januar 2023). *Home Design 3D VR*. Von Meta: [https://www.meta.com/de-de/experiences/3521056724684424/?utm\\_source=www.reddit.com&utm\\_medium=oculusredirect](https://www.meta.com/de-de/experiences/3521056724684424/?utm_source=www.reddit.com&utm_medium=oculusredirect) abgerufen
- Pilz, V. (28. März 2024). Evaluation von Gesten- und Controller-Interaktionen im virtuellen Raum.
- Rzival VR. (30. September 2023). *Quest 3 AUGMENTS Turn Your Actual Home Into The Oculus Home*. Von YouTube:  
[https://www.youtube.com/watch?v=GniapY90cko&ab\\_channel=RzivalVR](https://www.youtube.com/watch?v=GniapY90cko&ab_channel=RzivalVR)
- SyncReality. (2024). *SyncReality*. Von SyncReality.com: <https://syncreality.com/product/>
- Tenzer, F. (3. Januar 2024). *Prognose zum weltweiten Umsatz mit Virtual Reality bis 2026*. Von Statista: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/318536/umfrage/prognose-zum-umsatz-mit-virtual-reality-weltweit/>
- Unity. (2024). *About XR Core Utilities*. Von docs.Unity3D.com:  
<https://docs.unity3d.com/Packages/com.unity.xr.core-utils@2.3/manual/index.html>
- Unity. (2024). *AR Foundation*. Von docs.Unity3D.com:  
<https://docs.unity3d.com/Packages/com.unity.xr.arfoundation@6.0/manual/index.html>
- Unity. (2024). *Input System*. Von docs.Unity3D.com:  
<https://docs.unity3d.com/Packages/com.unity.inputsystem@1.8/manual/index.html>
- Unity. (2024). *Mixed Reality Template Quick Start Guide*. Von docs.Unity3D.com:  
<https://docs.unity3d.com/Packages/com.unity.template.mixed-reality@1.0/manual/index.html>
- Unity. (2024). *Unity OpenXR: Meta*. Von docs.Unity3D.com:  
<https://docs.unity3d.com/Packages/com.unity.xr.meta-openxr@1.0/manual/index.html>
- Unity. (2024). *XR Interaction Toolkit*. Von docs.Unity3D.com:  
<https://docs.unity3d.com/Packages/com.unity.xr.interaction.toolkit@2.5/manual/index.html>

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Einzeichnen der Raumbegrenzung im Space Setup .....	8
Abbildung 2: Meta Quest 3 .....	8
Abbildung 3: Verwendete Knöpfe der Controller .....	9
Abbildung 4: Controller und Raycaster .....	9
Abbildung 5: Bestätigen mit Raycaster .....	10
Abbildung 6: Bestätigen mit "Poking" .....	10
Abbildung 7: Bewegen eines mit der Wand kollidierenden Möbelstücks (Handtracking) .....	10
Abbildung 8: Menü zum Auswählen von Möbelstücken neben der Tutorial-Anzeigetafel .....	11
Abbildung 9: Menü zum Auswählen der Möbel .....	11
Abbildung 10: Menü für die Einstellungen .....	11
Abbildung 11: Einstellungen neben der Tutorial-Anzeigetafel .....	11
Abbildung 12: Videoplayer .....	12
Abbildung 13: "X" zum Löschen eines Möbelstücks .....	12
Abbildung 14: Editier-Anzeigetafel und Visualisierung des Möbelstücks .....	12
Abbildung 15: Öffnen der Menüs mit Handtracking .....	13
Abbildung 16: Karte bei ausgeführtem Space Setup .....	13
Abbildung 17: Projektstruktur der Unity-Szene .....	14
Abbildung 18: Ausschnitt von dem Tisch-Modell in Archimatix .....	15
Abbildung 19: Ausschnitt von dem Sofa-Modell in Archimatix .....	16
Abbildung 20: Kleines Sofa mit einem Kissen .....	16
Abbildung 21: Großes Sofa mit mehreren Kissen .....	16
Abbildung 22: Editier-Anzeigetafel (Schieberegler) .....	17
Abbildung 23: Visualisierung der Größenänderung .....	17
Abbildung 24: Bewegen eines Möbelstücks (Controller) .....	18
Abbildung 25: Genaue Anpassung der Position mit Hilfe der Karte .....	20
Abbildung 26: Foto (1) von Raum E45a an der HAW .....	20
Abbildung 27: Foto (2) von Raum E45a an der HAW .....	20
Abbildung 28: Altersverteilung .....	22
Abbildung 29: Anzahl der Studierenden an Hochschulen in Deutschland nach Alter im Wintersemester 2022/2023 .....	23
Abbildung 30: Geschlechteranteil .....	24
Abbildung 31: Geschlechterverteilung abhängig vom Alter .....	24
Abbildung 32: Mittelabweichung im Vergleich .....	26
Abbildung 33: Visualisierung der Nutzerpräferenzen (alle Tester) .....	27
Abbildung 34: Anzahl der Angabe von Mixed Reality und 2D-Grundriss .....	28
Abbildung 35: Vertrautheit mit Virtual / Mixed Reality .....	29

Abbildung 36: Vergleich der Testergebnisse: Geschlecht .....	30
Abbildung 37: Vergleich der Testergebnisse: Haben Sie schon einmal eigenständig einen Umzug organisiert und durchgeführt?.....	31
Abbildung 38: Vergleich der Testergebnisse: Planen Sie in den nächsten 12 Monaten einen Umzug?32	
Abbildung 39: Vergleich der Testergebnisse: Planen Sie in den nächsten Jahren größere Veränderungen an Ihrer Wohnung/Ihrem Haus vorzunehmen? .....	32
Abbildung 40: Vergleich der Testergebnisse: Anzahl der Umzüge innerhalb der letzten 5 Jahre .....	33
Abbildung 41: Vergleich der Testergebnisse: Wie vertraut sind Sie mit Virtual / Mixed Reality? .....	34

## Quellenverzeichnis

### Texturen

Good Ware. *Sofa icon*. Von Freepik: [https://www.freepik.com/icon/sofa\\_2433400](https://www.freepik.com/icon/sofa_2433400) abgerufen am 07. April 2024

CoreUI. *Kreis Symbol*. Von Icon-icons: <https://icon-icons.com/de/symbol/Kreis/144418> abgerufen am 07. April 2024

SVG Repo. *Gear SVG Vector*. Von SVGRepo: <https://www.svgrepo.com/svg/17716/gear> abgerufen am 08. April 2024

Iconduck. (01. März. 2023). *slider handle 1*. Von Iconduck: <https://iconduck.com/icons/123144/slider-handle-1> abgerufen am 10. Mai 2024

HiClipart. *Arrow Computer Icons Map, Arrow transparent background PNG clipart*. Von HiClipart: <https://www.hiclipart.com/free-transparent-background-png-clipart-xpkgb> abgerufen am 27. Mai 2024

Enscape. *quest3\_cont\_1\_4-0.png*. Von Enscape: <https://learn.enscape3d.com/blog/knowledgebase/using-virtual-reality-headset/> abgerufen am 19. Juni 2024

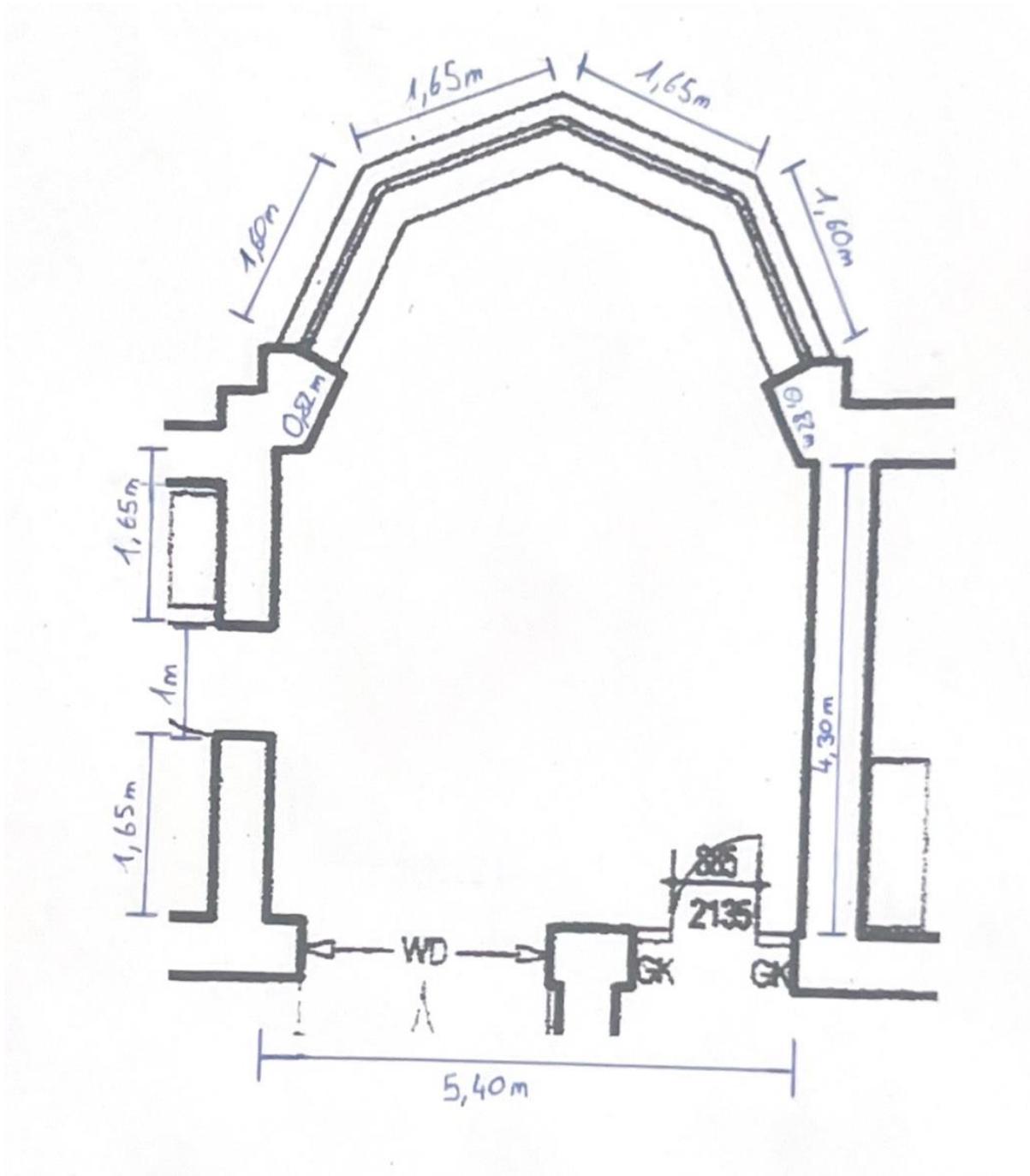
### Externe Plugins

Roaring Tide Productions. *Archimatix Pro*. Von assetstore.unity: <https://assetstore.unity.com/packages/tools/modeling/archimatix-pro-59733> am 16. April 2024 abgerufen

## **Anhang**

- I. Fragebogen
- II. 2D-Grundriss (ungezeichnet)
- III. Tabellen, Diagramme und Angaben der Teilnehmer (digital)
- IV. Unity-Projekt (digital)

2D-Grundriss



## Fragebogen

Alter:

Geschlecht  Männlich  Weiblich  Divers

	Ja	Nein
Haben Sie schon einmal eigenständig einen Umzug organisiert und durchgeführt?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Planen Sie in den nächsten 12 Monaten einen Umzug?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Planen Sie in den nächsten Jahren größere Veränderungen an Ihrer Wohnung/Ihrem Haus vorzunehmen?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Anzahl der Umzüge innerhalb der letzten 5 Jahre:

Wie vertraut sind Sie mit Virtual / Mixed Reality?

Sehr vertraut   
  Ziemlich vertraut   
  Wenig vertraut   
  Kaum vertraut   
  Gar nicht vertraut

	Mixed Reality Anwendung	Eher Mixed Reality Anwendung	Neutral / Keine Präferenz	Eher 2D-Grundriss	2D-Grundriss
Welche Methode war bei der Raumplanung genauer?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Welche Methode war benutzerfreundlicher?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Welche Methode empfanden Sie als angenehmer in der Nutzung?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Mit welcher Methode waren Sie zufriedener hinsichtlich der Interaktivität?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Welche Methode half Ihnen besser, die Raumaufteilung und das Layout nachzuvollziehen?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Welche Methode erleichterte Ihnen die Vorstellung der fertigen Wohnung mehr?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Welche Methode war flexibler bei der Anpassung und Platzierung von Möbeln?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Welche Methode erfüllte Ihre Erwartungen an eine realistische Wohnungsplanung besser?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Welche Methode ermöglichte eine effizientere Zeitnutzung bei der Planung?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

	<b>Mixed Reality Anwendung</b>	<b>Eher Mixed Reality Anwendung</b>	<b>Neutral / Keine Präferenz</b>	<b>Eher 2D-Grundriss</b>	<b>2D-Grundriss</b>
Welche Methode lieferte eine bessere Gesamtqualität Ihrer Planungsergebnisse?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Mit welcher Methode konnten Sie sich die Proportionen und Abstände der Möbel besser vorstellen?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

	<b>MR-Anwendung</b>	<b>2D-Grundriss</b>
Welche Methode fanden Sie hilfreicher für die tatsächliche Planung und Einrichtung einer realen Wohnung?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Welche Methode würden Sie in der Zukunft eher für Ihre eigene Wohnungsplanung verwenden?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

	<b>Ja</b>	<b>Nein</b>
Hatten Sie während der Nutzung der Mixed Reality Anwendung physische Unannehmlichkeiten (z.B. Übelkeit, Schwindel), die Sie bei der Nutzung des 2D-Grundrisses nicht hatten?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Haben Sie sonstige Anmerkungen?

## **Eigenständigkeitserklärung**

Hiermit versichere ich, dass ich die vorliegende Bachelorarbeit mit dem Titel:

Entwicklung und Evaluation eines XR-Einrichtungskonfigurators

selbständig und nur mit den angegebenen Hilfsmitteln verfasst habe. Alle Passagen, die ich wörtlich aus der Literatur oder aus anderen Quellen wie z. B. Internetseiten übernommen habe, habe ich deutlich als Zitat mit Angabe der Quelle kenntlich gemacht.

05.08.2024, Hamburg

---

Datum



---

Unterschrift