

---

# DIPLOMARBEIT

## Applied Augmented Reality in Education

### Ausgeführt im Schuljahr 2034/24 von:

Recherche zu Varianten von Knapsack-Algorithmen und Umsetzung des Knapsack-Problems als AR-Anwendungsszenario inkl. Dokumentation || Erstellen/Auswerten eines Feedbackfragebogens zur Lernunterstützung

Moritz SKREPEK

5CHIF

Design und Umsetzung der 3D-Objekte zur AR-Abbildung || Analyse der Steuerungsmöglichkeiten (Menüführung, Gesten, ...) und Erstellen der Benutzeroberfläche für die AR-Applikation mit Fokus auf UX

Dustin LAMPEL

5CHIF

Erfassen realer Objekte und kontextgerechte Überlagerung der Realität mit AR-Device || Tagging v. realen Elementen mittels QR-Codes für Tracking || Unit-Tests für d. implementierten Knapsack-Algorithmus

Seref HAYLAZ

5CHIF

Evaluierung/Auswahl Laufzeit-/Entwicklungsumgebung für Umsetzung der Applikation und Integration mit AR-Device inkl. Recherche || Konzeption/Umsetzung des Anwendungsszenarios im Bereich Netzwerktechnik

Jonas SCHODITSCH

5CHIF

### Betreuer / Betreuerin:

Mag. BEd. Reis Markus

Wiener Neustadt, am 19. Oktober 2023

---

Abgabevermerk:

Übernommen von:

# Eidesstattliche Erklärung

Hiermit erkläre ich an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst, andere als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt und die den benutzten Quellen wörtlich und inhaltlich entnommenen Stellen als solche erkenntlich gemacht habe.

Wiener Neustadt, am 19. Oktober 2023

**Verfasser / Verfasserinnen:**

Moritz SKREPEK

Dustin LAMPEL

Seref HAYLAZ

Jonas SCHODITSCH

# Inhaltsverzeichnis

<b>Eidesstattliche Erklärung</b>	<b>i</b>
<b>Vorwort</b>	<b>iv</b>
<b>Diplomarbeit Dokumentation</b>	<b>v</b>
<b>Diploma Thesis Documentation</b>	<b>vii</b>
<b>Kurzfassung</b>	<b>ix</b>
<b>Abstract</b>	<b>x</b>
<b>1 Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1 Ausgangslage . . . . .	1
1.2 Auslöser . . . . .	1
1.3 Aufgabenstellung . . . . .	1
1.4 Team . . . . .	2
1.4.1 Aufteilung . . . . .	2
<b>2 Grundlagen</b>	<b>3</b>
2.1 Vorgehensmodelle . . . . .	3
2.1.1 Scrum . . . . .	3
2.1.2 Begründung der Auswahl . . . . .	4
2.2 Projektmanagement Tools . . . . .	5
2.2.1 GitHub . . . . .	5
2.2.2 Jira . . . . .	5
2.3 Konzeption von Fragebögen . . . . .	5
2.3.1 Planung der Fragebogenkonzeption . . . . .	6
2.3.2 Abfassung der Fragen . . . . .	6
2.3.3 Arten von Fragen . . . . .	6
2.3.4 Struktur und Gliederung von Fragebögen . . . . .	6
2.3.5 Mögliche Verfälschung des Resultats . . . . .	7
2.3.6 Auswertung von Fragebögen . . . . .	7
<b>3 Produktspezifikationen</b>	<b>8</b>
3.1 Anforderungen und Spezifikationen . . . . .	8
3.1.1 Use Cases . . . . .	8
3.2 Design . . . . .	8
3.2.1 Abläufe . . . . .	8
3.2.2 Mockups . . . . .	8

3.3	Eingesetzte Technologien . . . . .	8
3.3.1	Kriterien . . . . .	8
3.3.2	Game Engine . . . . .	8
3.3.3	Plugins . . . . .	9
3.3.4	Rendering Program . . . . .	10
<b>4</b>	<b>Feinkonzept und Realisierung</b>	<b>12</b>
4.1	Entwicklungsumgebungen . . . . .	12
4.1.1	Visual Studio 2022 . . . . .	12
4.1.2	Unreal Editor . . . . .	12
4.1.3	Blender . . . . .	12
4.2	Applikation . . . . .	12
4.2.1	Blueprint Visual Scripting . . . . .	12
4.2.2	Arten von Blueprints . . . . .	13
4.2.3	Blueprint Klassen . . . . .	13
4.2.4	Selbstgeschriebene C++ Blueprints . . . . .	14
4.3	Hauptmenu . . . . .	14
4.3.1	UI/UX . . . . .	14
4.3.2	Laden der Level . . . . .	14
4.4	Ping Level . . . . .	14
4.4.1	Object Tracking . . . . .	14
4.4.2	Kurvenberechnung . . . . .	14
4.5	Knappsack Problem Level . . . . .	15
4.5.1	Spatial Anchors / AR Pins . . . . .	15
4.5.2	Spatial Mapping . . . . .	15
4.5.3	Scene Understanding . . . . .	15
4.5.4	QR-Code Tagging . . . . .	15
4.5.5	QR-Code Tracking . . . . .	15
4.5.6	Knappsack-Algorithmus . . . . .	16
4.5.7	Unit-Tests . . . . .	16
4.6	Performance . . . . .	16
<b>5</b>	<b>Zusammenfassung und Abschluss</b>	<b>17</b>
5.1	Ergebnis . . . . .	17
5.2	Abnahme . . . . .	17
5.3	Zukunft . . . . .	17
<b>A</b>	<b>Mockups</b>	<b>18</b>
A.1	UI/UX . . . . .	18
A.2	Hauptmenu Level Design . . . . .	18
A.3	Ping-Paket Level Design . . . . .	18
A.4	Knappsack-Level Design . . . . .	18
<b>B</b>	<b>Literatur</b>	<b>19</b>

# Vorwort

Die vorliegende Diplomarbeit wurde im Zuge der Reife- und Diplomsprüfung im Schuljahr 2023 / 24 an der Höheren Technischen Bundeslehr- und Versuchsanstalt Wiener Neustadt verfasst. Die Grundlegende zu dem arbeiten mit der Microsoft HoloLens2 lieferte uns unser Betreuer Mag. BEd. Markus Reis. Das Ergebniss dieser Diplomarbeit ist eine augmented reality Applikation für die Verwendung am Tag der offenen Tür.

Besonderer Dank gebührt unserem Betruer Mag. Markus Reis für sein unerschöpfliches Engagement und seine kompetente Unterstützung. Weiteres möchten wir uns bei unserem Abteilungsvorstand Mag. Nadja Trauner sowie unserem Jahrgangsvorstand MSc. Wolfgang Schermann bedanken, die uns die gesamte Zeit an dieser Schule unterstützt haben.

## Diplomarbeit Dokumentation

Namen der Verfasser/innen	Skrepek Moritz Haylaz Seref Lampel Dustin Schoditsch Jonas
Jahrgang Schuljahr	5CHIF 2023 / 24
Thema der Diplomarbeit	Applied Augmented Reality in Education
Kooperationspartner	Land Niederösterreich, Abteilung Wissenschaft und Forschung

Aufgabenstellung	Darstellung von zwei ausgewählten IT-Grundprinzipien mittels der Microsoft HoloLens2.
------------------	---

Realisierung	Implementiert wurde eine Augmented Reality Applikation für die Microsoft HoloLens2. Um ein gutes Zusammenspiel zwischen Realität und Augmented Reality zu garantieren wird Spatial Mapping als auch Spatial Anchors verwendet. Um mit den echten Objekten zu interagieren werden QR-Codes verwendet.
--------------	--

Ergebnisse	Planung, Design, Entwicklung und Test einer funktionsfähigen Augmented Reality-Applikation auf Basis des AR-Devices HoloLens2 von Microsoft, die es ermöglicht ausgewählte technische Themenstellungen im Bereich Informatik (Visualisierung eines Pings, Veranschaulichung Knapsack-Problem) für den Einsatz im Unterricht sowie beim Tag der offenen Tür visuell, interaktiv und spielerisch darzustellen.
------------	--

	<b>HÖHERE TECHNISCHE BUNDES- LEHR- UND VERSUCHSANSTALT WIENER NEUSTADT</b>
	Fachrichtung: Informatik Ausbildungsschwerpunkt: Softwareengineering


Typische Grafik, Foto etc. (mit Erläuterung)	Das vorliegende Bild stellt das Logo der AR-Applikation dar. <div data-bbox="742 922 1233 1142" data-label="Image"> </div>
---	---

Teilnahme an Wettbewerben, Auszeichnungen	
---	--

Möglichkeiten der Einsichtnahme in die Arbeit	HTBLuVA Wiener Neustadt Dr.-Eckener-Gasse 2 A 2700 Wiener Neustadt
---	--

Approbation  (Datum, Unterschrift)	Prüfer  Mag. Markus Reis	Abteilungsvorstand  AV Mag. Nadja Trauner
--	--------------------------------	---



	<b>COLLEGE OF ENGINEERING WIENER NEUSTADT</b>
	Department: Informatik Educational Focus: Softwareengineering

## Diploma Thesis Documentation

Authors	Skrepek Moritz Haylaz Seref Lampel Dustin Schoditsch Jonas
Form	5CHIF
Academic Year	2023 / 24
Topic	Applied Augmented Reality in Education
Co-operation partners	Land Niederösterreich, Abteilung Wissenschaft und Forschung

Assignment of tasks	Representation of two selected basic IT principles using the Microsoft HoloLens2.
---------------------	---

Realization	An augmented reality application for the Microsoft HoloLens2 was implemented. In order to guarantee a good interaction between reality and augmented reality, spatial mapping and spatial anchors are used. QR codes are used to interact with the real objects
-------------	---

Results	Planning, design, development and testing of a functional augmented reality application based on the AR device HoloLens2 from Microsoft, which enables selected technical topics in the field of computer science (visualization of a ping, illustration of the Backpack problem) for use in lessons and on the day of open door visually, interactively and playfully.
---------	---

This image represents the logo of the AR application.



HTBLuVA Wiener Neustadt  
Dr.-Eckener-Gasse 2  
A 2700 Wiener Neustadt

AV Mag. Nadja Trauner

# Kurzfassung

Diese Diplomschrift befasst sich mit der Konzeption einer Lernapplikation für die HTL Wiener Neustadt, sowie der Realisierung in Form von einer augmented reality Applikation auf der Microsoft HoloLens2.

Das Produkt setzt sich aus dem Hauptmenu, dem Ping Level und dem Knappsack-Problem Level in Form eines Unreal Engine 5 Programms zusammen.

In der Applikation können die Schüler am Tag der offenen Tür zwei wichtige Grundprinzipien der Informatik mit Hilfe von Augmented Reality interessant und spielerisch kennenlernen und dadurch erkennen, ob Sie sowas interessiert.

# Abstract

This diploma thesis deals with the conception of a learning application for the HTL Wiener Neustadt, as well as the realization in the form of an augmented reality application on the Microsoft HoloLens2.

The product consists of the main menu, the ping level and the Knappsack problem level in the form of an Unreal Engine 5 program.

In the application, students can see two important things on the open day Basic principles of computer science with the help of augmented reality are interesting and Get to know each other in a playful way and thus see whether you are interested in something like that.

# Kapitel 1

## Einleitung

### 1.1 Ausgangslage

Um dem IT-Fachkräftemangel entgegenzuwirken, muss die Ausbildung im MINT-Bereich attraktiviert werden. Diese Diplomarbeit will hier, unterstützt durch das Förderprogramm "Wissenschaft trifft Schule" des Landes NÖ, einen wichtigen Beitrag leisten. Dazu sollen exemplarische Anwendungen im Bereich Augmented Reality für die Vermittlung von Informatik-Lehrinhalten evaluiert und umgesetzt werden.

### 1.2 Auslöser

Die Besucher des "Tag der offenen Tür" bekommen mit dieser Applikation die neusten Technologien vorgeführt und erkennen dadurch, dass die Schule sich auf einen sehr hohen Technologiestandard befindet. Dadurch kommt es zu einer deutlich erhöhten Nachfrage bei zukünftigen Bewerbungen für die Abteilung Informationstechnik. Weiters wird nach Außen hin der Ruf der Schule gestärkt und diese präsentiert sich damit als attraktiver Ausbildungsstandort für die zukünftigen Mitarbeiter vieler Unternehmen.

### 1.3 Aufgabenstellung

Erstellen des Levelinhalts mit der Verwendung von 2 realen Laptops. Mit Hilfe der HoloLens wird ein 3D modelliertes Ping Paket auf dem Kabel, dass die zwei Laptops verbindet dargestellt. Wenn der Benutzer auf der Tastatur auf die "ENTER" Taste drückt, wird ein Ping Befehl ausgeführt und die modellierten Pakete werden durch die HoloLens auf dem Netzkabel dargestellt. Dies veranschaulicht dem Benutzer den eigentlich nicht sichtbaren Ping von einem auf den anderen Laptop

Erstellen des zweiten Levels in dem der Benutzer das bekannte Rucksack oder auch Knapsack Problem lösen soll. Durch die HoloLens wird auf einem Tisch ein Spielartiges 2D-Inventar mit einer fix definierten Größe visuell dargestellt. Verwendet werden dabei typisch reale Gegenstände eines HTL Schülers die im täglichen Gebrauch sind. Z.B.: Laptop, Maus, Tastatur, Block, usw... Bei jedem Item können, wenn es in die Hand genommen wird über einen QR-Code der auf diesem Item befestigt ist, alle möglichen Informationen des Items angezeigt werden. Die Aufgabe des Benutzers ist es mit den gegebenen Items das Inventar bestmöglich zu befüllen und dadurch den bestmöglichen Wert pro Volumensprozent zu erreichen. Auf dem Tisch liegen verteilt viele Items, die aber nicht alle in das Inventar passen. Jedes einzelne Item kann der Benutzer aufheben und beliebig gedreht (Horizontal

und Vertikal) in das Inventar legen. Bei jedem neuzugelegtem Item, wird der aktuelle Inventarwert berechnet und angezeigt. Am Ende kann sich der User auch noch über einen Menüpunkt entscheiden, ob er die perfekte Lösung sehen will oder nicht. Wenn sich der User dazu entscheidet die perfekte Lösung anzuzeigen, wird Vertikal über dem vormalen Inventar noch ein Inventar projiziert, dass das normale Inventar widerspiegelt aber mit 3D-Modelierten Objekten.

## 1.4 Team

Das Diplomarbeitsteam besteht aus:

- Moritz SKREPEK
- Seref HAYLAZ
- Dustin LAMPEL
- Jonas SCHODITSCH

### 1.4.1 Aufteilung

Die Rolle des Projektleiters der Diplomarbeit nahm Moritz SKREPEK ein, da dieser die Grundidee für die Darstellung zweier IT-Grundprinzipien mittels der Microsoft HoloLens2 hatte. Das Entwickelte System lässt sich in das Hauptmenu, das Ping-Paket-Level und das Knappsack- Problem-Level gliedern. Die Implementierung des Hauptmenus übernahm Dustin LAMPEL, dabei verwendete er für die UI/UX das UX-Tools-Plug-Ins für Mixed Reality. Die Umsetzung des Ping-Paket-Levels übernahmen Seref HAYLAZ, Dustin LAMPEL und Jonas SCHODITSCH mittels Object-Tracking, Kurvenberechnungen und 3D-Objekten. Das Knappsack-Problem-Level übernahmen Moritz SKREPEK und Seref HAYLAZ mittels Verwendung von Spatial Anchors, Spatial Mapping, Qr-Code Tracking, Knappsack-Algorithmus, 3D-Objekte und Unittests.

# Kapitel 2

## Grundlagen

In diesem Kapitel werden das Vorgehensmodell und alle Tools, die für die erfolgreiche Abwicklung des Projekts nötig sind, erläutert.

### 2.1 Vorgehensmodelle

Im Vorfeld der Durchführung des Projekts wurden Informationen über diverse Vorgehensmodelle gesammelt. Für das Projektteam war schnell klar, dass ein agiles Modell gewählt werden sollte, da somit das Projekt dynamischer geplant und durchgeführt werden kann. Die Auswahl für Scrum stand direkt bei Projektbeginn fest. In dem folgenden Abschnitt wird dieses Vorgehensmodell genauer erklärt und unsere Entscheidung anschließend begründet.

#### 2.1.1 Scrum

Scrum ist ein agiles Projektmanagement-Framework zur effizienten Entwicklung von Produkten und Software. Es betont Zusammenarbeit, Anpassungsfähigkeit und Lieferung von Arbeitsfähigem in kurzen Zeitspannen (Sprints).<sup>1</sup>

Die oben angeführte Definition gibt einen kurzen Einblick in das agile Vorgehensmodell Scrum. Zu den Hauptmerkmalen dieses Modells zählen folgende:

- Drei Rollen, welche nachfolgend erklärt werden
- Product Backlog, welches Anforderungen enthält
- Produktentwicklung erfolgt iterativ und in zeitlich definierten Zyklen
- Das Team arbeitet autonom
- Alle Mitglieder sind gleichberechtigt

Die drei Rollen in Scrum:<sup>2</sup>

- Ist dafür verantwortlich den Wert des Produkts, der sich aus der Arbeit des Entwicklungsteam ergibt, zu maximieren.
- Scrum Master  
Der Scrum Master ist für die Förderung und Unterstützung von Scrum verantwortlich. Scrum Master tun dies, indem sie jedem helfen, die Scrum-Theorie, -Praktiken, -Regeln und -Werte zu verstehen.

---

<sup>1</sup><https://www.scrumalliance.org/about-scrum###>.

<sup>2</sup><https://www.scrumalliance.org/about-scrum###>.

- Team

Das Team ist eine Gruppe von Entwicklern, die für die Umsetzung der, großteils vom Product Owner definierten, Anforderungen zuständig sind. Die Größe des Teams spielt eine wichtige Rolle, da es klein genug sein muss, damit es immernoch agil ist, jedoch nicht zu klein sein darf, da sonst keine großen Arbeitsleistung erfüllt werden können.

Alle Anforderungen an das Produkt werden in sogenannten User Stories, die hauptsächlich vom Product Owner erstellt werden, im Product Backlog gesammelt. In einem Intervall, welcher als Sprint bezeichnet wird, werden die User Stories abgearbeitet. Die Projektentwicklung nach Scrum besteht dabei aus 5 Elementen:

- Sprint Planning Meeting

Im Sprint Planning Meeting wird das Ziel des folgenden Sprints festgelegt. Hier werden jene Anforderungen im Product Backlog, die in diesem Sprint realisiert werden sollen, in einzelne Aufgaben zerteilt und anschließend im Sprint Backlog gesammelt.

- Sprint

Ein Sprint ist eine Entwicklungsphase, in welcher eine vollfunktionsfähige und potentiell veröffentliche Software entsteht. Die Dauer eines solchen Sprints liegt zwischen 1 bis 4 Wochen.

- Daily Scrum

Der Daily Scrum ist ein kurzes Teammeeting in dem Teammitglieder mitteilen, welche Aufgaben seit dem letzten Daily Scrum abgeschlossen wurden, woran bis zum nächsten Daily Scrum gearbeitet werden muss und wo momentan Probleme existieren. Somit sind alle Teammitglieder ständig up-to-date und kennen den aktuellen Stand wodurch anstehende Probleme leichter gelöst werden können.

- Sprint Review

In diesem Meeting präsentiert das Entwicklungsteam die in diesem Sprint abgeschlossenen Arbeitsergebnisse (z. B. fertige Produktinkremente) den Stakeholdern, dies können Produktbesitzer, Kunden, Führungskräfte und andere Interessengruppen sein.

- Sprint Retrospektive

Ihr Hauptzweck besteht darin, dass das Scrum-Team (das Entwicklungsteam, der Scrum-Master und der Produktbesitzer) gemeinsam über den abgeschlossenen Sprint reflektiert und Möglichkeiten zur kontinuierlichen Verbesserung identifiziert.<sup>3</sup>

Durch diese Elemente kann ein optimaler Projektablauf gewährleistet werden. Das Projekt ist jederzeit für Änderungen offen und durch eine enge Zusammenarbeit mit dem Kunden können Missverständnisse und Probleme früh behandelt und kommuniziert werden.

### 2.1.2 Begründung der Auswahl

Die Applied Augmented Reality in Education Applikation besteht aus 3 verschiedenen Level. Im Team welches aus vier Schülern bestand übernahm jede Person einen Teilbereich oder arbeiteten gemeinsam an einem dieser Level mit Unteraufgaben in diesem Level. Unterstützt wurde man von einem Lehrer, der stütz für Fragen bereitstand und oftmals in beratender Form vorhanden war. Als Vorgehensmodell wählte das Team das agile Modell Scrum. Die von Scrum gegebenen Richtlinien konnten leicht eingehalten werden, da das

---

<sup>3</sup><https://www.scrumalliance.org/about-scrum###>.



Team täglich in der Schule aufeinander traf als auch privat Kontakt hatten. Jederart Änderung, Problem oder Änderungen und anderartige Dinge konnten daher leicht kommuniziert und besprochen werden. Am Ende jedes Sprints wurden die erreichten Ergebnisse mit dem Betreuer besprochen, sowie die Neuerungen vorgestellt. In den Sprintreviews konnte somit Feedback zu den Ergebnissen gesammelt werden und von dem Betreuer konnten neue Ansichten und Denkweisen angebracht und integriert werden. Durch die Sprint Retroperspektive konnten die Schüler einen größeren Mehrwert aus der Projektentwicklung schöpfen, da sie neben der Verwendung des Scrum-Prozesses auch ihre Fähigkeiten in den einzelnen Bereichen, durch das Besprechen der positiven und negativen Aspekte verbessern.

## 2.2 Projektmanagement Tools

Um einen positiven Verlauf des Projekts zu ermöglichen, benötigt man die unterstützenden Tools beim Projektmanagement sowie die Verwaltung von Dateien.

### 2.2.1 GitHub

Als sogenanntes Repository für die Source Code Dateien wurde GitHub mit der dazugehörigen Webanwendung verwendet. Hier stand am Anfang des Projekt die Frage welche Technologie und welcher Anbieter gewählt werden soll. Andere namhafte Anbieter solche Verwaltungssystem sind:

- GitLab
- SourceForge

Ausschlaggebend für die Wahl von GitHub waren mehrere Punkte. Einerseits ist GitHub eine kostenlose Lösung. Das bedeutet, dass man gratis ein privates Projekt mit mehreren Mitgliedern anlegen kann. Manche Lösungen bieten hier beispielsweise nur eine begrenzte Anzahl von Mitgliedern an. Benötigt wurde lediglich ein Account zur Registration.

### 2.2.2 Jira

Als sogenanntes Verwaltungstool für die Vorgänge in dem Project wurde Jira mit der dazugehörigen Webanwendung verwendet. Hier stand am Anfang des Projekts ebenfalls die Frage welche Technologie und welcher Anbieter gewählt werden soll. Andere namhafte Anbieter solcher Tools sind:

- VivifyScrum
- KanBan

Ausschlaggebend für die Wahl von Jira waren mehrere Punkte. Einerseits ist Jira eine kostenlose Lösung. Das bedeutet, dass man ein SCRUM Board mit mehreren Mitgliedern gratis anlegen kann. Ein weiterer Punkt ist die direkte Verbindung zu dem GitHub Repository und die Möglichkeit, dass in Jira selbst neue Branches und Commits auf das Repository erstellt werden können.

## 2.3 Konzeption von Fragebögen

Bei jeder Umfrage werden Informationen von Personen oder Personengruppen zu der allgemeinen Umsetzung und dem Verständnis der Applikation gesammelt. Diese werden im Anschluss ausgewertet und interpretiert. Wichtig ist hier den Zweck jeder Umfrage genau

zu definieren. Durch präzise und detaillierte Zielsetzungen ist es später dann möglich, den Erfolg der Umfrage zu garantieren.

### 2.3.1 Planung der Fragebogenkonzeption

Die Konzeption und Gestaltung eines Fragebogens ist der wichtigste Schritt bei der Planung. Eine gut überlegte Planungsphase führt zu besseren Ergebnissen und dadurch auch eine leichtere Evaluierung. Folgende Entscheidungen müssen daher schon im Vorfeld definiert und getroffen werden:

- Inhalt: evtl. bestehende Fragebögen verwenden oder anpassen.
- Umfang: Eher kurz halten (In Abhängigkeit von den Zielen).
- Ablauf und zeitlicher Rahmen: postalisch (längere Rücklaufzeit) oder elektronisch<sup>4</sup>
- Zielgruppe: Vollbefragung oder Stichproben<sup>5</sup>

### 2.3.2 Abfassung der Fragen

Der Erfolg einer Umfrage benötigt eine genau Vorbereitung. Im Vorfeld muss klar sein, dass nur einzelne Ausschnitte eines Themengebietes behandelt werden können. Diese Ausschnitte müssen daher umso enger und genauer definiert werden. Hier ist daher vor allem die eindeutige Formulierung der Fragen wichtig.

im Vordergrund bei der Fragenformulierung stehen hier die Verständlichkeit bzw. die Unmissverständlichkeit. Folgende Regeln zur Formulierung sollen daher eingehalten werden:

- Einfache Wörter: Wörter, keine Fachausdrücke, anderssprachige Wörter oder Fremdwörter
- Formulierung: Möglichst kurz
- Keine belastenden Wörter verwenden (z.B.: Ehrlichkeit, etc...)
- Keine hypothetischen Formulierungen
- Nur auf einen bestimmten Sachverhalt beziehen
- Keine Überforderung (Nicht zu viele Informationen auf einmal)
- Keine doppelten Verneinungen<sup>6</sup>

Diese Kriterien gelten für eine schriftliche Befragung. Um das Resultat dieser Umfrage nicht zu verfälschen darf der Interviewer keine Extrafragen oder Umformulierungen an den gestellten Fragen tätigen.

### 2.3.3 Arten von Fragen

Je nach Anforderungsbedingungen wird zwischen einer offenen und geschlossenen Frage unterschieden<sup>7</sup>

### 2.3.4 Struktur und Gliederung von Fragebögen

Hier wird verfasst wie die Allgemeine Struktur und Gliederung von Fragebögen aussehen soll.<sup>8</sup>

---

<sup>4</sup>Einführung in die Test- und Fragebogenkonstruktion.

<sup>5</sup>Interview und schriftliche Befragung.

<sup>6</sup>Interview und schriftliche Befragung.

<sup>7</sup>Interview und schriftliche Befragung.

<sup>8</sup>Einführung in die Test- und Fragebogenkonstruktion.

### **2.3.5 Mögliche Verfälschung des Resultats**

Welche Arten von Verfälschungen gibt es und diese Beschreiben Ursachen dafür beschreiben.<sup>9</sup>

### **2.3.6 Auswertung von Fragebögen**

Wie werten wir die Fragebögen aus?<sup>10</sup>

---

<sup>9</sup>Einfuehrung in die Test- und Fragebogenkonstruktion.

<sup>10</sup>Interview und schriftliche Befragung.

# Kapitel 3

## Produktspezifikationen

Dieses Kapitel behandelt die Planung und Spezifikation des Projekts. Weiteres wird die verwendete Technologieauswahl begründet und mit Alternativlösungen verglichen.

### 3.1 Anforderungen und Spezifikationen

Hier steht der allgemeine Text für die Anforderungen und Spezifikationen

#### 3.1.1 Use Cases

Hier steht der allgemeine Text für die Use Cases

### 3.2 Design

Hier steht der allgemeine Text für das Design

#### 3.2.1 Abläufe

Hier steht der allgemeine Text für die Abläufe

#### 3.2.2 Mockups

Hier steht der allgemeine Text für die Mockups

### 3.3 Eingesetzte Technologien

#### 3.3.1 Kriterien

Bei der Auswahl der eingesetzten Technologien war es besonders wichtig, dass diese möglichst zuverlässig und bereits etabliert sind. Die Technologien sollen ausfallsicher, leicht benutzbar und vorallem eine performant Verwendung der Applikation sicherstellen.

#### 3.3.2 Game Engine

Als Game Engine wird eine Entwicklungsumgebung für die Erstellung von Spielen bezeichnet. Hier gab es am Projektanfang die Auswahl zwischen zwei bekannten Game Engines.

- Unreal Engine
- Unity

Ausschlaggebend für die Entscheidung von Unreal Engine waren mehrere Punkte. Einerseits ist es die leistungsstarke Grafikleistung die Unreal Engine unterstützt und Unity weit überlegen ist. Ein weiterer Punkt ist das Blueprint-Scripting-System, dass einen leichten und schnellen Einstieg in die Entwicklung einer AR-Applikation ermöglicht.

### 3.3.3 Plugins

In dem folgenden Abschnitt wird erklärt welche Plugins in dem Unreal Editor installiert und verwendet werden müssen, dass die Entwicklung einer Augmented Reality Applikation in dem Unreal Editor möglich ist.

#### Microsoft OpenXR

Bei Absicht eine Applikation für die HoloLens2 oder ein Windows Mixed Reality VR-Headset zu schreiben, ist dieses Plugin notwendig. Dieses Plugin enthält eine Reihe von OpenXR-Erweiterungen, die wichtige Mixed-Reality-spezifische Funktionen von Microsoft freischaltet.

Darunter sind folgende für diese Diplomarbeit wichtige Funktionen eingeschlossen:

- Spatial Mapping
- Spatial Anchors
- Holographic remoting
- QR-Tracking

#### Mixed Reality Toolkit Hub

Das MRTK Hub Plugin ist eine Komponente des Mixed Reality Toolkits, die dazu dient, die Interaktion zwischen Benutzern und MR/AR-Anwendungen zu erleichtern. Es bietet eine Reihe von Tools und Funktionen, um Benutzererfahrungen in MR- und AR-Anwendungen zu verbessern. Hier sind einige wichtige Aspekte des Plugins:

- Benutzeroberfläche (UI) und Menüs  
Das MRTK Hub Plugin ermöglicht die einfache Erstellung von Benutzeroberflächen und Menüs, die in der AR-Anwendung angezeigt werden können. Diese können verwendet werden, um Optionen, Steuerelemente und Informationen für den Benutzer bereitzustellen.
- Benutzererlebnis-Design  
Das Plugin unterstützt die Gestaltung von Benutzererfahrungen (UX) in AR-Anwendungen, einschließlich der Platzierung von virtuellen Objekten, der Navigation und der Benutzeroberfläche.
- Interaktion und Eingabe  
Das Plugin bietet verschiedene Funktionen zur Unterstützung von Eingabe- und Interaktionsmöglichkeiten in AR-Umgebungen. Dazu gehören Hand- und Gestenerkennung sowie die Integration von Controllern und Tracking-Systemen.

#### Mixed Reality UX Tools

Das Mixed Reality UX Tools Plugin bietet eine Reihe von Funktionen und Werkzeugen, die es Entwicklern ermöglichen, immersive und benutzerfreundliche Mixed-Reality-Erfahrungen in der Unreal Engine zu erstellen. Es ist darauf ausgerichtet, die Entwicklungsarbeit für AR- und MR-Anwendungen zu erleichtern und die Interaktion zwischen der digitalen und der physischen Welt zu optimieren.

- **Interaktionstools**  
Das Mixed Reality UX Tools Plugin enthält Werkzeuge zur Implementierung von Interaktionen in AR-Anwendungen. Dies kann die Erkennung von Gesten, Handbewegungen und Touch-Eingaben umfassen, um Benutzern die Interaktion mit virtuellen Objekten zu ermöglichen.
- **Tracking und Kalibrierung**  
Das Plugin bietet Möglichkeiten zur Tracking-Optimierung und zur Kalibrierung von AR-Geräten. Dies hilft dabei, genaue AR-Positionierung und -Orientierung sicherzustellen, um realistische AR-Inhalte zu erzeugen.
- **Benutzeroberflächen-Design**  
Das Mixed Reality UX Tools Plugin kann auch Werkzeuge zur Gestaltung von Benutzeroberflächen (UI) in AR-Anwendungen enthalten. Dies ermöglicht die Integration von AR-spezifischen Benutzerschnittstellen, um Informationen und Steuerelemente in die AR-Erfahrung einzuführen.

### 3.3.4 Rendering Program

Das Rendering Program wird benötigt um die eingesetzten 3D-Modellen für die zwei Level zu erstellen. Die Auswahl dieses Rendering Programs Blender war bereits bei Projektstart klar.

Diese Entscheidung ist begründet durch folgende Punkte:

- **Kostenfrei und Opensource**  
Blender ist kostenfrei und quelloffen, was bedeutet, dass Sie es ohne Lizenzkosten nutzen können. Das kann bei der Entwicklung von AR-Anwendungen mit begrenztem Budget besonders attraktiv sein.
- **Echtzeit-Rendering**  
Blender verfügt über einen Echtzeit-Renderer namens Eevee, der schnelle Vorschauen und Renderings ermöglicht. Dies kann nützlich sein, um AR-Inhalte in Echtzeit anzuzeigen und zu überprüfen.
- **Integration mit AR-Frameworks**  
Obwohl Blender nicht direkt AR-Funktionen unterstützt, können Sie die erstellten 3D-Modelle und Animationen in AR-Entwicklungsumgebungen wie Unity oder Unreal Engine importieren und dort AR-spezifische Funktionalitäten hinzufügen.

Wie funktioniert Blender im Allgemeinen? Die folgende Beschreibung hebt die Schlüsselaspekte, sowie die Funktionalität von Blender hervor.

- **Benutzeroberfläche und Interaktion**  
Blender verfügt über eine komplex gestaltete Benutzeroberfläche, die sich jedoch durch eine hohe Anpassbarkeit auszeichnet. Die Hauptansicht enthält 3D-Modelle, Ansichten, Fenster und Panels. Benutzer interagieren mit den Objekten und Werkzeugen über Maus- und Tastaturbefehle. Erfahrene Nutzer sind in der Lage einige Zeit zu sparen, in dem sie sogenannte Hotkeys oder Shortcuts verwenden. Wenn man zum Beispiel die Tasten **SSTRG** und **Ä** gleichzeitig drückt, kann man alle Objekte auswählen, ohne diese mit der Maus einzeln anzuklicken und auszuwählen.
- **3D-Modellierung**  
Blender ermöglicht die Erstellung von 3D-Modellen mithilfe von Primitiven wie Würfeln, Kugeln, Flächen und Kurven. Diese können dann bearbeitet und modifiziert werden, um komplexe Formen zu erstellen. Zu den Modellierungswerkzeugen gehören Extrusion, Verschiebung, Skalierung und Rotation.

- **Animation**  
Blender unterstützt die Erstellung von Animationen durch das Setzen von Schlüsselbildern (Keyframes) und die Interpolation von Position, Rotation und Skalierung zwischen diesen Schlüsselbildern. Es bietet auch fortschrittliche Animationstools für Skelettanimation, Constraints und Pfadbewegungen.
- **Materialien und Texturen**  
Für die Erzeugung realistischer Oberflächen können Materialien erstellt und Texturen auf Objekte angewendet werden. Blender ermöglicht die Feinanpassung von Materialeigenschaften wie Diffusreflexion, Glanz, Transparenz und Emission.
- **Rendering**  
Blender verfügt über einen integrierten Renderer, der hochwertige Bilder und Animationen erstellen kann. Benutzer können Render-Einstellungen anpassen und Bilder in verschiedenen Formaten exportieren.
- **Skripting und Add-Ons**  
Fortgeschrittene Benutzer können Blender durch Python-Skripting anpassen und erweitern, um benutzerdefinierte Tools und Automatisierungen zu erstellen. Darüber hinaus gibt es eine aktive Entwicklergemeinschaft, die Add-Ons entwickelt, um die Funktionalität von Blender zu erweitern.
- **Gemeinschaft und Ressourcen**  
Blender verfügt über eine engagierte Benutzergemeinschaft, die eine umfangreiche Dokumentation, Tutorials und Foren bereitstellt. Diese Ressourcen erleichtern die Einarbeitung und die Lösung von Problemen.

In unserer Diplomarbeit kommt Blender in beiden Leveln zum Einsatz. Die Hauptanwendung des Programms findet in Level 2 statt. Dabei wird Blender für die digitale Modellierung der wichtigen täglichen Gegenstände von Schülern eingesetzt. Das Ziel am Ende ist es, ein großes Pool aus einigen Objekten zu haben, um den Benutzern eine gute Auswahl zu geben.

# Kapitel 4

## Feinkonzept und Realisierung

### 4.1 Entwicklungsumgebungen

#### 4.1.1 Visual Studio 2022

Entwicklungsumgebung die mit dem Unreal Editor verbunden ist. Hier kann man die Custom C++ Blueprints schreiben.

#### 4.1.2 Unreal Editor

Entwicklungsumgebung für Spiele. Hier entwickeln wir alle Blueprints, Custom C++ Blueprints, Actors, Pawns, etc...

#### 4.1.3 Blender

Mit Blender Modellieren wir alle in der Applikation verwendeten 3D-Objekte.

### 4.2 Applikation

#### 4.2.1 Blueprint Visual Scripting

Das Blueprint Visual Scripting-System in Unreal Engine ist ein vollständiges Gameplay-Scripting-System, das auf dem Konzept basiert, eine knotenbasierte Schnittstelle zu verwenden, um Gameplay-Elemente innerhalb des Unreal Editors zu erstellen. Wie viele gängige Skriptsprachen wird sie zum Definieren objektorientierter (OO) Klassen oder Objekte in der Engine verwendet. Wenn Sie UE4 verwenden, werden Sie häufig feststellen, dass mit Blueprint definierte Objekte umgangssprachlich nur als „Blueprints“ bezeichnet werden.

Dieses System ist äußerst flexibel und leistungsstark, da es Designern die Möglichkeit bietet, nahezu die gesamte Palette an Konzepten und Tools zu nutzen, die im Allgemeinen nur Programmierern zur Verfügung stehen. Darüber hinaus ermöglicht das Blueprint-spezifische Markup, das in der C++-Implementierung der Unreal Engine verfügbar ist, Programmierern die Erstellung von Basissystemen, die von Designern erweitert werden können.<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup>Unreal Engine **Blueprint-Visual-Scripting**



### 4.2.2 Arten von Blueprints

- **Level Blueprint**  
Ein Level-Blueprint ist ein spezieller Blueprint-Typ, der als Level-weiter globaler Ereignisgraph fungiert. Für jedes Level in Ihrem Projekt wird standardmäßig ein eigener Level-Blueprint erstellt, der im Unreal-Editor bearbeitet werden kann. Neue Level-Blueprints können jedoch nicht über die Editor-Oberfläche erstellt werden.
- **Blueprint Klasse**  
Eine Blueprint-Klasse, oft abgekürzt als Blueprint, ist ein Asset, das es Inhaltserstellern ermöglicht, auf einfache Weise Funktionen zu vorhandenen Gameplay-Klassen hinzuzufügen. Blaupausen werden visuell im Unreal Editor erstellt, anstatt Code einzugeben, und als Assets in einem Inhaltspaket gespeichert. Diese definieren im Wesentlichen eine neue Klasse oder einen neuen Akteurtyp, der dann als Instanzen in Karten platziert werden kann, die sich wie jeder andere Akteurtyp verhalten.
- **Data Only Blueprint**  
Ein Nur-Daten-Blueprint ist eine Blueprint-Klasse, die nur den Code (in Form von Knotendiagrammen), Variablen und Komponenten enthält, die von ihrer übergeordneten Klasse geerbt wurden. Dadurch können diese geerbten Eigenschaften optimiert und geändert werden, es können jedoch keine neuen Elemente hinzugefügt werden. Diese sind im Wesentlichen ein Ersatz für Archetypen und können verwendet werden, um Designern die Möglichkeit zu geben, Eigenschaften zu optimieren oder Elemente mit Variationen festzulegen.
- **Blueprint Interface**  
Eine Blueprint-Schnittstelle ist eine Sammlung einer oder mehrerer Funktionen – nur Namen, keine Implementierung – die zu anderen Blueprints hinzugefügt werden können. Jeder Blueprint, dem die Schnittstelle hinzugefügt wurde, verfügt garantiert über diese Funktionen. Die Funktionen der Schnittstelle können in jedem der Blueprints, die sie hinzugefügt haben, mit Funktionalität versehen werden. Dies ähnelt im Wesentlichen dem Konzept einer Schnittstelle in der allgemeinen Programmierung, das die gemeinsame Nutzung und den Zugriff mehrerer unterschiedlicher Objekttypen über eine gemeinsame Schnittstelle ermöglicht. Vereinfacht gesagt ermöglichen Blueprint-Schnittstellen die gemeinsame Nutzung und das Senden von Daten verschiedener Blueprints untereinander.
- **Blueprint Macro Library**  
Eine Blueprint-Makrobibliothek ist ein Container, der eine Sammlung von Makros oder eigenständigen Diagrammen enthält, die als Knoten in anderen Blueprints platziert werden können. Dies kann zeitsparend sein, da sie häufig verwendete Knotensequenzen mit Ein- und Ausgängen für die Ausführung und Datenübertragung speichern können.<sup>2</sup>

### 4.2.3 Blueprint Klassen

In Unreal Engine gibt es mehrere verschiedene Blueprint Klassen die jeweils für unterschiedliche Konzepte verwendet werden. Darunter gibt es folgende Blueprint Klassen:

- **Actor**  
Ein Objekt, dass in der Augmented Reality Welt platziert werden kann und mit dem interagiert werden kann

---

<sup>2</sup>Unreal Engine **Blueprint-Arten**

- Pawn  
Ist ein Actor, der den Spieler repräsentiert und über einen Controller (z.B.: HoloLens2) Spieler Input erkennen kann
- Player Controller  
Der Player Controller ist ein Actor, der dafür verantwortlich ist, dass der Pawn, der vom Spieler verwendet wird kontrolliert wird und richtig funktioniert
- Game Mode  
Definiert das gespielte, die Regeln, Punkte und andere Aspekte des Spieltyps

Diese genannten Blueprint Klassen versichern das einfache Blueprint-Scripting, damit eine erfolgreiche entwicklung einer Unreal Engine Applikation möglich ist. <sup>3</sup>

#### 4.2.4 Selbstgeschriebene C++ Blueprints

Selbst geschriebener Code kann durch Unreal Engine Tools in einen Blueprint verwandelt werden. Dieser Blueprint kann dann wie ein normaler Blueprint im Event Graphen verwendet werden.

### 4.3 Hauptmenu

Das Hauptmenu dient dazu um das Basic UI/UX System zu implementieren. Hier kann der Benutzer dann diverse Einstellungen Tätigen als auch das gewünschte Level auswählen und starten

#### 4.3.1 UI/UX

Mittels verwendung des UX-Tools-Plug-Ins für Mixed Reality wird mit bereitgestellten Knöpfen, Oberflächen, Comboboxen, etc... die Benutzeroberfläche erstellt.

#### 4.3.2 Laden der Level

Durch einen Knopfdruck wird dann in Unreal Engine das der ausgewählte Level geladen.

### 4.4 Ping Level

In diesem Level wird das IT-Grundprinzip eines Pings zwischen zweier PCs dargestellt. Das Kabel zwischen den zwei PCs wird von der HoloLens getrackt und mittels Kurvenberechnung wird dann eine unsichtbare Kurve über dieses Kabel gezeichnet. Wenn dann der Benutzer auf die Enter Taste auf einem PC drückt wird ein Ping-Paket simuliert und auf dieser Kurve von einem PC zu dem anderen geschickt.

#### 4.4.1 Object Tracking

Durch verwendung von bereitgestellten Technologien der HoloLens2 werden die zwei PCs und das Kabel getrackt.

#### 4.4.2 Kurvenberechnung

Durch Berechnung der Kurve wird das Kabel als Kurve gespeichert und dadurch wird es ermöglicht, dass das 3D-Ping-Paket über diese Kurve von einem PC zum anderen läuft.

---

<sup>3</sup>Unreal Engine **Blueprint-Klassen**

## 4.5 Knapsack Problem Level

In diesem Level wird das IT-Grundprinzip des Knapsack-Problems dargestellt. Auf einem Tisch wird mittels Spatial Mapping die Oberfläche des Tisches getrackt und dann ein Spatial Anchor platziert. Auf diesem Anchor wird anschließend der Inventar-Actor platziert. Außerdem liegen auf dem Tisch verteilt reale Gegenstände die mit einem QR-Code versehen sind. Nimmt der Spieler einen Gegenstand in die Hand, wird der QR-Code von der HoloLens2 erfasst. Darauf folgend wird der Inhalt des QR-Codes geladen und in einem Fenster angezeigt. Der Benutzer kann die Gegenstände frei in das Inventar verteilen und pro neuen Gegenstand wird ein Inventar-Value berechnet. Wenn der Benutzer mit seiner Lösung zufrieden ist, kann er anschließend durch einen Kopfdruck die perfekte Lösung in einem zweiten Inventar anzeigen lassen.

### 4.5.1 Spatial Anchors / AR Pins

Spatial Anchors / AR Pins werden verwendet um einen Anchor in der Realen und Augmented Reality Welt zu setzen. Rund um diesen gesetzten Anchor wird dann die AR-Welt aufgebaut.<sup>4</sup>

### 4.5.2 Spatial Mapping

Spatial Mapping mapped mittels Sensoren und Kameras die Umgebung in einem eingestellten Radius rund um den Benutzer. Durch Einstellungen wird spezifiziert wie genau und hochwertig dieses erstellte Mesh sein soll. In Kombination mit Spatial Anchors kann dann ermittelt werden falls ein Anchor mit dem Mesh kollidiert und wenn das der Fall ist kann richtig ermittelt ob das eine richtige Oberfläche ist.<sup>5</sup>

### 4.5.3 Scene Understanding

Durch das Szenenverständnis erhält das MRMesh Ebenen, die entsprechend ihrer interpretierten Verwendung klassifiziert werden, z. B. Wände, Böden, Decken und Tische. Anwendungsfälle ähneln der räumlichen Kartierung, aber die Netze verfügen über diese zusätzlichen Metadaten und werden als Ebenen und nicht als grobes Netz dargestellt.<sup>6</sup>

### 4.5.4 QR-Code Tagging

Generierte QR-Codes werden auf die realen Objekte geklebt. In diesen QR-Codes werden wichtige Informationen zu den Objekten gespeichert. Darunter sind folgende Elemente: Gewicht, Wert und eine kurze Beschreibung zu diesem Objekt.

### 4.5.5 QR-Code Tracking

Durch Verwendung der integrierten Kamera rendert die HoloLens2 existente QR-Codes an der Originalen Positionen in 3D-Objekte. Mittels tracking kann dann auch der Inhalt der getrackt QR-Codes geladen werden.<sup>7</sup>

---

<sup>4</sup>Unreal Engine **AR Pins**

<sup>5</sup>Unreal Engine **Spatial-Mapping**

<sup>6</sup>Unreal Engine **Scene-Understanding**

<sup>7</sup>Unreal Engine **QR Codes**

#### **4.5.6 Knappsack-Algorithmus**

Durch Interaktion zwischen echten und 3D-Objekt können

#### **4.5.7 Unit-Tests**

Durch Hilfe von Unit-Tests wird versichert, dass der implementierte Knappsack-Algorithmus richtig und performant funktioniert.

### **4.6 Performance**

Performance-Messung

## Kapitel 5

# Zusammenfassung und Abschluss

### 5.1 Ergebnis

Hier steht der allgemeine Text für das Ergebnis

### 5.2 Abnahme

Hier steht der allgemeine Text für das Abnahme

### 5.3 Zukunft

Hier steht der allgemeine Text für die Zukunft

# Anhang A

## Mockups

A.1 UI/UX

A.2 Hauptmenu Level Design

A.3 Ping-Paket Level Design

A.4 Knappsack-Level Design

# Anhang B

## Literatur

- Blender. URL: <https://www.blender.org/about/> (besucht am 06.10.2023).
- Scrum Alliance Inc. WHAT IS SCRUM? URL: <https://www.scrumalliance.org/about-scrum#> (besucht am 06.10.2023).
- Epic Games, Unreal Engine. PLUGIN. URL: <https://www.unrealengine.com/marketplace/en-US/product/mixed-reality-toolkit-hub> (besucht am 06.10.2023).
- Epic Games, Unreal Engine. PLUGIN. URL: <https://www.unrealengine.com/marketplace/en-US/product/mixed-reality-ux-tools> (besucht am 06.10.2023).
- Epic Games, Unreal Engine. PLUGIN. URL: <https://www.unrealengine.com/marketplace/en-US/product/ef8930ca860148c498b46887da196239> (besucht am 06.10.2023).
- Epic Games, Unreal Engine. TYPES OF BLUEPRINTS. URL: <https://docs.unrealengine.com/4.27/en-US/ProgrammingAndScripting/Blueprints/UserGuide/Types/> (besucht am 06.10.2023).
- Epic Games, Unreal Engine. VISUAL SCRIPTING. URL: <https://docs.unrealengine.com/4.27/en-US/ProgrammingAndScripting/Blueprints/> (besucht am 06.10.2023).
- Microsoft. SCENE UNDERSTANDING IN UNREAL. URL: <https://learn.microsoft.com/en-us/windows/mixed-reality/develop/unreal/unreal-scene-understanding> (besucht am 18.10.2023).
- Microsoft. SPATIAL MAPPING IN UNREAL. URL: <https://learn.microsoft.com/en-us/windows/mixed-reality/develop/unreal/unreal-spatial-mapping> (besucht am 19.10.2023).
- Epic Games, Unreal Engine. ARPIN OVERVIEW. URL: <https://docs.unrealengine.com/5.0/en-US/arpin-overview-in-unreal-engine/> (besucht am 19.10.2023).
- Microsoft. QR CODES IN OVERVIEW. URL: <https://learn.microsoft.com/en-us/windows/mixed-reality/develop/unreal/unreal-qr-codes?tabs=426> (besucht am 19.10.2023).
- Scholl, Armin. *Die Befragung* 3. Aufl. Stuttgart: utb GmbH, 2014.
- Mayer, Horst. *Interview und schriftliche Befragung. Entwicklung, Durchführung und Auswertung* 3. Aufl. München: R. Oldenbourg, 2008.
- Bühner, Markus. *Einführung in die Test- und Fragebogenkonstruktion*. 3. Aufl. München: Pearson Studium, 2021.