
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 29. September 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 29. September 2023

Verfasser / Verfasserinnen:

Moritz SKREPEK

Dustin LAMPEL

Seref HAYLAZ

Jonas SCHODITSCH

Inhaltsverzeichnis

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

3.3	Eingesetzte Technologien	7
3.3.1	Kriterien	7
3.3.2	Game Engine	7
3.3.3	Plugins	8
3.3.4	Rendering Program	8
4	Feinkonzept und Realisierung	9
4.1	Entwicklungsumgebungen	9
4.1.1	Visual Studio 2022	9
4.1.2	Unreal Editor	9
4.1.3	Blender	9
4.2	Applikation	9
4.2.1	Blueprints	9
4.2.2	Custom C++ Blueprints	9
4.3	Hauptmenu	10
4.3.1	UI/UX	10
4.3.2	Laden der Level	10
4.4	Ping Level	10
4.4.1	Object Tracking	10
4.4.2	Kurvenberechnung	10
4.5	Knapsack Problem Level	10
4.5.1	Spatial Anchors / AR Pins	10
4.5.2	Spatial Mapping	11
4.5.3	QR-Code Tagging	11
4.5.4	QR-Code Tracking	11
4.5.5	Knapsack-Algorithmus	11
4.5.6	Unit-Tests	11
4.6	Performance	11
5	Zusammenfassung und Abschluss	12
5.1	Ergebnis	12
5.2	Abnahme	12
5.3	Zukunft	12
6	Mockups	13
6.1	Augmented Reality Applikation	13
7	Literatur	14

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.
------------	--

	HÖHERE TECHNISCHE BUNDES- LEHR- UND VERSUCHSANSTALT WIENER NEUSTADT
	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 1232 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
--	--------------------------------	---

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 Informatikstechnik. 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

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.

marginnote

Kapitel 2

Organisatorische Grundlagen

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 stand direkt fest und wir entschieden uns für SCRUM.

2.1.1 SCRUM

Scrum, ein agiles Framework, revolutioniert Projektmanagement weltweit. Kurze, 2- bis 4-wöchige Sprints bilden den Kern. Teams organisieren sich selbst, unterstützt vom Scrum Master und geleitet vom Product Owner. Tägliche Stand-up-Meetings, Reviews und Retrospektiven fördern Transparenz und Anpassungsfähigkeit. Scrum ermöglicht inkrementelle Produktentwicklung und kontinuierliche Verbesserung. Dieses flexible Konzept findet in vielen Branchen Anwendung und trägt zur Bewältigung der steigenden Anforderungen an schnelle, adaptive Produktentwicklung bei.

2.1.2 Warum SCRUM?

SCRUM wird deshalb verwendet um eine gute Übersicht über das ganze Projekt zu behalten. Außerdem um in gleichen Abständen Team-Meetings zu halten um mit den Team-Kameraden zu kommunizieren wie der aktuelle Stand der Dinge ist.

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 -> SKREPEK

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 Entscheidung 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
- Zielgruppe: Vollbefragung oder Stichproben

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 vorallem 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

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 Struktur und Gliederung von Fragebögen

Hier wird verfasst wie die Allgemeine Struktur und Gliederung von Fragebögen aussehen soll.

2.3.4 Mögliche Verfälschung des Resultats

Welche Arten von Verfälschungen gibt es und diese Beschreiben Ursachen dafür beschreiben.

2.3.5 Auswertung von Fragebögen

Wie werten wir die Fragebögen aus?

Kapitel 3

Produktspezifikationen

Hier steht der allgemeine Text für die Produktspezifikationen

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

3.1.2 Rollen

Hier steht der allgemeine Text für die Rollen

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

Hier steht der allgemeine Text für die eingesetzten Technologien

3.3.1 Kriterien

Hier steht der allgemeine Text für die Kriterien

3.3.2 Game Engine

Hier steht der allgemeine Text für die Game Engine

3.3.3 Plugins

Hier steht der allgemeine Text zu Plugins

3.3.4 Rendering Program

Hier steht der allgemeine Text für das Rendering Program

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 Blueprints

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.

4.2.2 Custom 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.

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.

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.

4.5.3 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.

4.5.4 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 getracked QR-Codes geladen werden.

4.5.5 Knappsack-Algorithmus

Durch Interaktion zwischen echten und 3D-Objekt können

4.5.6 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

Kapitel 6

Mockups

Hier steht der allgemeine Text für die Mockups

6.1 Augmented Reality Applikation

Hier steht der allgemeine Text für die Augmented Reality Applikation

Kapitel 7

Literatur