



# Konzeption und Umsetzung eines Augmented Reality basierten Assistenzsystems zur Unterstützung industrieller Prozesse

## BACHELORARBEIT

für die Prüfung zum

Bachelor of Science

des Studienganges Informatik

an der

Dualen Hochschule Baden-Württemberg Karlsruhe

von

**Mikka Jenne**

Abgabedatum 31. August 2020

Bearbeitungszeitraum

12 Wochen

Matrikelnummer

2062885

Kurs

TINF17B4

Ausbildungsfirma

cjt Systemsoftware AG

Karlsruhe

Betreuer der Ausbildungsfirma

M. Sc. Florian Dunz

Gutachter der Studienakademie

Prof. Dr. Marcus Strand

## **Erklärung**

Ich versichere hiermit, dass ich meine Bachelorrarbeit mit dem Thema: „Konzeption und Umsetzung eines Augmented Reality basierten Assistenzsystems zur Unterstützung industrieller Prozesse“ selbstständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe. Ich versichere zudem, dass die eingereichte elektronische Fassung mit der gedruckten Fassung übereinstimmt.

---

Ort, Datum

Unterschrift

## **Sperrvermerk**

Der Inhalt dieser Arbeit darf weder als Ganzes noch in Auszügen Personen außerhalb des Prüfungsprozesses und des Evaluationsverfahrens zugänglich gemacht werden, sofern keine anders lautende Genehmigung der Ausbildungsstätte vorliegt.

## **Zusammenfassung**

Computer sind heutzutage allgegenwärtig.

Kaum ein Unternehmen arbeitet ohne computergesteuerte Unterstützung, sei es das Schreiben einer Rechnung in einem mittelständischen Unternehmen, das Verwalten von einzelnen Arbeitsprozessen oder die Unterstützung bei einzelnen Arbeitsschritten. Speziell im Elektrotechnischen Bereich gibt es heute noch Prozesse die hinsichtlich der physischen und digitalen Welt stark voneinander getrennt sind, z.B. das Zeichnen von Schaltplänen und die digitale Erfassung von Messwerten, die über Programme verwaltet werden können.

Das Ziel dieser Arbeit ist es, die physische Welt durch die Möglichkeit der digitalen Zeichnung von Gebäudeschaltplänen zu erweitern. Für den Gebrauch designed, wird auf eine Verbesserung sowie auf die Transparenz von solchen Schaltplänen gezielt, um so weitere essentielle Informationen zu Gebäuden zu erhalten. Da die händische Zeichnung meist aufwändig, kostenintensiv ist und keiner Norm entspricht, soll durch die Digitalisierung dieses Prozesses Abhilfe geschaffen werden. Durch Nutzung neuester Technologien im Bereich Desktopanwendungen und des Einsatzes einer einheitlichen Zeichenstruktur sollte diese Applikation für den Otto Normalverbraucher leicht nutzbar sein.

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>7</b>
1.1	Motivation . . . . .	7
1.2	cjt Systemsoftware AG . . . . .	9
1.3	Aufgabenstellung . . . . .	11
1.4	Aufbau der Arbeit . . . . .	12
1.5	Stand der Technik . . . . .	13
<b>2</b>	<b>Grundlagen</b>	<b>14</b>
2.1	Augmented Reality . . . . .	14
2.1.1	Virtual Reality, Augmented Reality und Mixed Reality . . . . .	15
2.1.2	Varianten der Augmented Reality . . . . .	15
2.1.3	Augmented Reality in der Industrie . . . . .	15
2.2	SLAM - Simultaneous Localization And Mapping . . . . .	15
2.2.1	Localization . . . . .	15
2.2.2	Mapping . . . . .	15
2.3	Quaternionen . . . . .	15
2.3.1	Transformation . . . . .	15
2.3.2	Rotation . . . . .	15
2.4	Technologien . . . . .	15
2.4.1	Google ARCore . . . . .	15
2.4.2	Android Jetpack . . . . .	15
2.4.3	Sceneform SDK . . . . .	15
2.4.4	SQLite . . . . .	15
2.5	OpenGL . . . . .	16
2.5.1	Projektionen . . . . .	16
2.5.2	Shader . . . . .	16
2.6	Softwarearchitektur . . . . .	16
2.6.1	MVVM . . . . .	16
2.6.2	Android Architecture Components . . . . .	16
2.7	Modulare Software Architektur . . . . .	16
2.8	Datenmodellierung . . . . .	16
<b>3</b>	<b>Konzeption</b>	<b>17</b>
3.1	Arbeitsumgebung / Umfeld . . . . .	17
3.2	Objekterkennung / Scan-Phase . . . . .	17
3.3	Visualisierungs-Phase . . . . .	17

3.4	Architekturkonzept . . . . .	17
3.5	Softwarekonzept . . . . .	17
3.6	Auswahl des AR Frameworks . . . . .	17
3.6.1	Google ARCore . . . . .	17
3.6.2	ARToolKit . . . . .	17
3.7	Datenmodell . . . . .	17
<b>4</b>	<b>Umsetzung</b>	<b>18</b>
4.1	Implementierung . . . . .	18
4.1.1	Umgebungserkennung / Scan - Lernphase . . . . .	18
4.1.2	Visualisierungs-Phase . . . . .	18
4.2	Testdurchlauf - Test-Szenario . . . . .	18
<b>5</b>	<b>Fazit</b>	<b>19</b>
<b>6</b>	<b>Ausblick</b>	<b>20</b>
	<b>Anhang</b>	<b>21</b>
	<b>Index</b>	<b>21</b>
	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>21</b>

# Abbildungsverzeichnis

# Tabellenverzeichnis

# Liste der Code-Beispiele



# Abkürzungsverzeichnis

<b>AR</b>	Augmented Reality	
<b>IOSB</b>	Fraunhofer Institut für Optronik, Systemtechnik und Bildauswertung IOSB	
<b>IoT</b>	Internet of Things, dt. Internet der Dinge .....	9
<b>KIT</b>	Forschungszentrum Karlsruhe .....	10
<b>SLAM</b>	Simultaneous Localization And Mapping .....	11

# Kapitel 1

## Einleitung

In diesem Teil der Arbeit wird auf die Motivation des Themas eingegangen. Darüber hinaus wird sowohl die Aufgabenstellung als auch der Aufbau der Arbeit genauestens dargelegt. Eine nähere Betrachtung des Standes der Technik untermauert die Beweggründe dieser Ausarbeitung.

### 1.1 Motivation

Jede neu entwickelte Technologie durchlebt im Laufe der Entstehung ein enormes Aufsehen. Es wird viel darüber debattiert, fantasiert und geplant ohne jedoch genau die Resultate abwägen zu können. Durch fehlende Erfahrung und nicht ausgereifte Konzepte werden Highlights erwartet, die zu diesem Zeitpunkt technisch nicht umsetzbar sind. Jede neue technologische Idee durchläuft bestimmte Phasen der Entwicklung. [B12 2020]

Ein sogenannter Hype Cycle, dt. Hype-Zyklus, ist ein visualisiertes Modell, das die Entwicklung einer neuen Technologie von der Innovation über die Umsetzung bis hin zur ausgereiften Marktfähigkeit repräsentiert und so diese Phasen der Entwicklung verdeutlicht.

Der Hype Cycle, entwickelt von der Forschungsgruppe Gartner Inc. und die durch deren Mitarbeiterin Jackie Fenn geprägten Definitionen, ist er in fünf Entwicklungsphasen untergliedert:

1. *Technologische Auslösung*: Bekanntwerden der Technologie und erste Projekte, die auf beachtliches Interesse in der Öffentlichkeit stoßen.
2. *Gipfel der überzogenen Erwartungen*: Die Technologie ist auf dem Gipfel der Aufmerksamkeit. Es werden unrealistische und enthusiastische Erwartungen veröffentlicht und diskutiert.
3. *Tal der Enttäuschung*: Da die Technologie nicht die zuvor aufgebauten Erwartungen erfüllen kann, sinkt die Aufmerksamkeit der enttäuschten Enthusiasten und der Medienvertreter auf den Tiefpunkt.
4. *Pfad der Erleuchtung*: Die neue Technologie wird in dieser Phase realistisch mit ihren Stärken und Schwächen betrachtet.
5. *Plateau der Produktivität*: Die neuen Möglichkeiten durch die Technologie werden als Vorteile akzeptiert, und Geschäftsprozesse werden entwickelt. [PINKER 2016]

Nachdem eine Innovation den Gipfel der überzogenen Erwartungen, z.B. die vollständige Revolutionierung der Industrie, passiert hat, folgt das Tal der Enttäuschung, wobei festgestellt wird, dass die Erwartungen nicht umsetzbar sind, bzw. nur zum Teil in die Realität umgesetzt werden können und die Technologie an Interesse verliert. Nach der erneuten Sammlung, der *"Kurs-Korrektur"* [BITFORGE 2019], wird die präsente Innovation realistischer beurteilt. Durch die objektive und realitätsnähere Betrachtungsweise entsteht ein neues und realistisches Bild der Möglichkeiten, aber auch der Grenzen der Technologie. Zum Ende hin geht die ehemals neue Innovation in eine routinierte Technologie über, wobei diese an Anerkennung gewinnt, da die Anwendung sich bewährt, sie bei den Nutzern immer mehr Zuspruch findet und zu Beginn utopisch gedachte Konzepte längst einer realen Praxis gewichen sind. Durch die steigende Zuwendung zu der Technologie erfährt diese eine stetig Weiterentwicklung und die ursprünglich kleine Nutzergruppe kann zu einer großen Community wachsen. Bezogen auf die Phasen des Hype Cycles befindet sich diese Technologie dann an der Stelle des Plateaus der Produktivität und bestätigt die Marktreife. Ab diesem Zeitpunkt handelt es sich nicht mehr um eine Zukunftsvision, Hype oder Highlight, sondern um eine am Markt etablierte Technologie.

Momentan befindet sich Augmented Reality auf dem Pfad der Erleuchtung und ist auf sehr gutem Wege zu einer ausgereiften Technologie, da das Wachstum der Verwendung von Augmented Reality stetig steigt und mittlerweile ein weites Portfolio an möglichen Einsatzgebieten vorweist. Die jetzige Erfahrung und der technologische Fortschritt bringt Augmented Reality den ursprünglich angedachten Visionen und Ideen einen Schritt näher, sodass in naher Zukunft die letzte Phase, das Erreichen des Plateaus der Produktivität erzielt werden kann. Den finalen Schritt der endgültigen Marktreife zu erlangen ist ein faszinierender und wichtiger Grund für meine Motivation mich dieser Technologie und der dahinter stehenden Theorie zu widmen. Die Technologie der Augmented Reality weist, wie bereits erwähnt, ein immer größer werdendes Portfolio an Einsatzgebieten vor, unter anderem:

- Industrie
- Produktion und Lagerlogistik
- Wartung und Reparatur
- Spiele, bzw. Gaming
- Medizin
- Marketing und Werbung
- Navigation
- Unterhaltung und Fernsehen
- Schulung und Training
- Militär

Neben der Affinität der Technologie bringt es auch viele Vorteile mit sich. Arbeitsprozesse und Herangehensweisen an Projekte werden modernisiert. Die Kombination aus vielen Informationen und der visuellen Darstellung der Informationen in Echtzeit reduzieren die Fehleranfälligkeit

von menschlicher Unachtsamkeit, steigert die Produktivität und verbessert den Wissenstransfer durch die gegebene Visualisierung.

Schon im Jahr 2016 sprach Apple CEO Tim Cook die Innovation *Augmented Reality* an zahlreichen Events, Keynotes und Interviews an und war zu diesem Zeitpunkt schon enorm begeistert. Er beteuerte: „...*using the tech would become as normal as eating three meals a day.*“ [LESWING 2016] Mit jeder Möglichkeit ging der Apple CEO auf seine Überzeugung gegenüber Augmented Reality ein. Erst vor kurzer Zeit bestätigte er, das AR zahlreiche und innovative Einsatzgebiete erlangen und immer mehr an Wichtigkeit zunehmen würde, als er sagte: „*pervade your life, it will play a big role...*“ [EADICICCO 2020]

Ein sehr großer Anwendungsbereich mit viel Potential, das bei weitem noch nicht ausgeschöpft sei, ist der Industriezweig. Die Marktstudie zu Augmented Reality der IDG Research Services und PTC untermauern das immer weiter steigende Wachstum der Anwendungen in Unternehmen. „Fast 75% der deutschen Unternehmen setzen bereits *Virtual oder Augmented Reality* ein oder planen dies.“ [MUNDT 2020] Eine Prognose berechnet einen Umsatz in zweistelliger Milliarden-Höhe der bis 2021 erreicht werden soll. So wird um so deutlicher das es sich bei Augmented Reality um ein sehr zukunftsorientiertes Marktsegment handelt mit viel Potential, immer weiter in den Vordergrund rückt und viele Unternehmen sich damit auseinandersetzen.

Durch den Trend zur Vollautomatisierung von Produktions- und Industrieprozessen werden Unmengen an Daten erzeugt. Durch das ebenso aktuelle Thema der Industrie 4.0 und dem damit in Verbindung gebrachte Internet of Things, dt. Internet der Dinge (IoT) werden weitere Daten erzeugt und über eine Cloud zu Verfügung gestellt. Entstehende Daten sind z.B. Maschinendaten aus Maschinen-Protokollen, Prozessinformationen, Produktionsdaten oder Informationen der Endverbraucher. [KRAUSS 2019] Augmented Reality ermöglicht es einen Großteil sinnvoll zu nutzen, sei es die Ablösung von Papierprozessen oder die einfache Einbindung von digitalen Lösungen in die bestehenden IT-Infrastrukturen. [SEBASTIAN HUMAN 2019] Dabei sind Rückschlüsse auf die allgemeine Arbeitsoptimierung zu ziehen. Notwendige Informationen können ohne großen Aufwand, schnell und zentral an einem Ort durch AR zur Verfügung gestellt und eingeblendet werden. Damit können Wartungen schneller durchgeführt, Defekte besser behoben, Leerläufe oder Fehler am Endprodukt vermieden werden. Mit solch einer Hilfe kann z.B. auch die Orientierung in riesigen Produktionshallen aufrecht erhalten werden, um einen besseren Überblick über alle Maschinen zu erhalten. Dadurch können auch Prozesse effizienter gestaltet werden. Ein Mechaniker kann alle notwendigen Informationen der Augmented Reality Applikation entnehmen, um z.B. eine Wartung schneller durchzuführen oder über Vorfälle in Echtzeit informiert zu sein.

## 1.2 cjt Systemsoftware AG

Die Arbeit wurde bei der Firma cjt Systemsoftware AG durchgeführt. Diese wurde 1999 von Christian J. Tauber und Ulrich Beck gegründet. Damals mit einem Team von 20 Personen, beschäftigt die cjt Systemsoftware AG heute mehr als 60 Mitarbeiter. Mit ihrem Sitz in Karlsruhe ist sie in einer der größten Technologiestädten Deutschlands angesiedelt.

Durch das stetige Wachstum der cjt Systemsoftware AG vergrößert sich auch deren Portfolio konti-

nuierlich. Dabei setzt das Consulting-Unternehmen hauptsächlich auf maßgeschneiderte Software- und Netzwerklösungen. Großkunden wie Siemens AG, Lufthansa Cargo, Forschungszentrum Karlsruhe (KIT) und Fraunhofer IOSB zeugen von der hohen Qualität der geleisteten Arbeit. Dabei agiert das Unternehmen nicht nur in Deutschland sondern auch international, darunter in Ländern wie China und den USA.

Einer der größten Auftraggeber der Firma ist ebenso das in Karlsruhe angesiedelte Unternehmen Siemens AG das eine beispielhafte Anwendung für das Assistenzsystem bietet und in Zukunft auch der Firma zur Nutzung unterbreitet werden könnte.

## 1.3 Aufgabenstellung

Im Rahmen dieser Arbeit soll ein System konzipiert, entwickelt und umgesetzt werden, welches basierend auf Augmented Reality ein Informations- und Unterstützungssystem im industriellen Bereich grundlegend realisiert.

Die entstehende prototypische Applikation soll es ermöglichen einen Überblick über eine Produktions- oder Industriehalle zu verschaffen, indem die Umgebung und alle in der Halle stehenden Maschinen erkannt und angezeigt werden. Die erkannten Objekte können vom Nutzer eingetragen werden, um die Position des Gegenstands festhalten zu können. Nach dem setzen des Objektes kann der Nutzer die benötigten Informationen eintragen, um so grundlegende Informationen über diesen Gegenstand griffbereit zu haben. Mit dieser Arbeit soll der Grundbaustein für ein Unterstützungssystem gelegt und das beliebig erweitert werden kann, um eine nützliches *Gadget* mit vielen *Features* in der Industrie zur Verfügung zu stellen.

Grundlegend ist die Arbeit in drei Aufgabenbereiche unterteilt.

Um eine Applikation übersichtlich zu gestalten und für die Zukunft nicht zu vermeidende Optimierungen, Änderungen oder Erweiterungen möglichst einfach integrieren zu können, ist es zu Anfang die Aufgabe eine solide und übersichtliche Grundstruktur, bzw. Software- Architektur zu erstellen. Dadurch werden Funktionen und Klassen einer klaren Struktur zugeordnet, um eine einheitliche Linie vorzugeben.

Ein weiterer Aspekt der bei der Erstellung der Architektur berücksichtigt werden soll, ist der Ansatz der modularen Softwarearchitektur. Damit können einzelne Funktionen unabhängig voneinander getestet und Abhängigkeiten oder Frameworks leichter ersetzt, hinzu oder entfernt werden. Darüber hinaus begünstigt eine modulare Konzeption bessere Kontrollierbarkeit und Übersichtlichkeit in großen Softwareprojekten.

Die Hauptaufgabe ist die Realisierung der Augmented Reality Funktion, der Kern der Anwendung. Dabei wird die Applikation in zwei Phasen unterteilt, welche es gilt separat zu planen und implementieren.

Die erste Phase, genannt Scan-Phase, beschäftigt sich mit dem scannen der Umgebung, bzw. des Raumes. Die Aufgabe dabei besteht darin, mittels dem Simultaneous Localization And Mapping (SLAM) - Verfahren eine Karte der Umgebung zu erstellen und die räumliche Lage innerhalb dieser Karte zu schätzen, um auf Basis dieser erstellten Karte virtuell Objekte auf der Karte platzieren zu können. Mit den gewonnen Informationen der räumlichen Darstellung durch das SLAM - Verfahren kann der Nutzer virtuelle Objekte im virtuellen Raum an Ort und Stelle platzieren, als Referenz zu dem existierenden Objekt in der Realität, welches erkannt wurde. Bei der Erstellung eines Objekts soll der Nutzer die Möglichkeit haben Informationen über das Objekt in das System einzupflegen, um diese immer abrufen zu können.

In der zweiten Phase, genannt Visualisierungs-Phase, sollte der Nutzer die Möglichkeit haben sich im Raum frei bewegen zu können. Mit der Lokalisierung des Nutzer-Geräts und den bekannten Informationen der in Phase eins gesetzten Objekte, sollte dem Nutzer die virtuellen Objekte in seiner unmittelbaren Umgebung angezeigt werden. Mit dem Wissen, dass sich im Blickfeld der AR-Applikation ein Objekt befindet, können für dieses in der Datenbank weitere

Informationen abgefragt und dem Nutzer zur Verfügung gestellt werden.

Ein weiterer wichtiger Punkt dieser Arbeit wird die Modellierung eines geeigneten, grundlegenden und prototypischen Datenmodells sein. Dieses Datenmodell gibt vor welche Informationen in Phase eins, beim Erstellen eines Objekts, von der Eingabe des Nutzers erfasst werden sollten.

## 1.4 Aufbau der Arbeit

Nach den soeben genannten einleitenden Informationen widmet sich das Kapitel (2) den essentiellen und wichtigsten Grundlagen dieser Arbeit. Zu Anfang wird dem Leser der Terminus der Augmented Reality (2.1) offenbart, um allgemein Kontexte im Bezug zu dieser Arbeit zu begreifen, gefolgt von einer Einführung in die Thematik des Verfahrens SLAM-Simultaneous Localization And Mapping (2.2) der überbegrifflichen Materie der Robotik. Eine weitere notwendige Grundlage ist das Verständnis von Quaternionen (2.3) und die damit zusammenhängende Rotation und Translation von Objekten in einem dreidimensionalen Raum. Nach den erworbenen Grundkenntnisse der Basis-Thematiken, wird das Wissen über die Voraussetzungen und verwendeten Technologien (2.4) und OpenGL (2.5) geschaffen. Darauf folgend wird im Allgemeinen auf Softwarearchitektur 2.6 und Modulare Software Architektur (2.7) eingegangen. Abschließend zu Kapitel (2) wird zu guter Letzt der Bereich der Datenmodellierung (2.8) thematisiert.

Anschließend auf Kapitel (2) wird in Kapitel (3) die Konzeption dargelegt. Anfänglich werden in diesem Abschnitt der Arbeit Gedanken, Überlegungen und vorläufige Konzeptionen der Arbeit aufgefasst und erläutert. Unter anderem welche Bedingungen die Arbeitsumgebung (3.1), in der die Applikation ihren Nutzen erweist, mit sich bringt. Erweiternd dazu, wird darauf eingegangen wie die beiden Phasen Scan-Phase (3.2) und Visualisierungs-Phase (3.3) konzipiert wurden. Ebenso wird das Architekturkonzept (3.4), welches für das System vorgesehen war, genauesten dargelegt. Im Anschluss wird auf das ebenso tragende Softwarekonzept (3.5) eingegangen. Eine kurze Evaluierung, wieso sich für das angewendete AR-Framework (3.6) entschieden wurde und abschließend zu Kapitel (3) die Intension des konzipierten Datenmodell's (3.7).

Kapitel (4) befasst sich mit der Umsetzung des Konzepts, dem Ablauf, den besonders erwähnenswerten Lösungen und den dabei aufgetretenen Problemen.

Die letzten zwei Kapitel, Fazit (5) und Ausblick (6), runden die Dokumentation ab und schließen die Arbeit. Die vorzuweisenden Ergebnisse werden analysiert und Verbesserungsvorschläge angemerkt.

Der Ausblick gibt Aufschluss darüber welche Erweiterungsmöglichkeiten es für diese Arbeit gibt und wie innovativ sich dieser Grundbaustein in Zukunft erweist.

## **1.5 Stand der Technik**



## Kapitel 2

# Grundlagen

In diesem Kapitel werden die für diese Bachelorarbeit notwendigen Grundlagen geschaffen, um ein fundiertes Wissen und Verständnis über verwendete Technologien zu schaffen. Auf alle diese Informationen und Voraussetzungen wird im Folgenden eingegangen, um nachfolgende Konzeption und Umsetzung zu verstehen.

### 2.1 Augmented Reality

Eine der wichtigsten Grundlagen dieser Arbeit ist das Verständnis des Begriffs der Augmented Reality.

Augmented Reality, deutsch erweiterte Realität, ist eine durch den Computer gestützte Erweiterung der Realität, bzw. des menschlichen Wahrnehmungsvermögens. Die Definition, welche sich in der Wissenschaft weitestgehend durchgesetzt und etabliert hat ist die Definition nach Azuma aus dem Jahre 1997.

„Augmented Reality (AR) is a variation of Virtual Environments (VE), or Virtual Reality as it is more commonly called. VE technologies completely immerse a user inside a synthetic environment. While immersed, the user cannot see the real world around him. In contrast, AR allows the user to see the real world, with virtual objects superimposed upon or composited with the real world. Therefore, AR supplements reality, rather than completely replacing it.“ [AZUMA 1997]

**2.1.1 Virtual Reality, Augmented Reality und Mixed Reality**

**2.1.2 Varianten der Augmented Reality**

**2.1.3 Augmented Reality in der Industrie**

**2.2 SLAM - Simultaneous Localization And Mapping**

**2.2.1 Localization**

**2.2.2 Mapping**

**2.3 Quaternionen**

**2.3.1 Transformation**

**2.3.2 Rotation**

**2.4 Technologien**

**2.4.1 Google ARCore**

**2.4.2 Android Jetpack**

**2.4.3 Sceneform SDK**

**2.4.4 SQLite**

## **2.5 OpenGL**

### **2.5.1 Projektionen**

### **2.5.2 Shader**

## **2.6 Softwarearchitektur**

### **2.6.1 MVVM**

### **2.6.2 Android Architecture Components**

## **2.7 Modulare Software Architektur**

## **2.8 Datenmodellierung**

# Kapitel 3

## Konzeption

- 3.1 Arbeitsumgebung / Umfeld
- 3.2 Objekterkennung / Scan-Phase
- 3.3 Visualisierungs-Phase
- 3.4 Architekturkonzept
- 3.5 Softwarekonzept
- 3.6 Auswahl des AR Frameworks
  - 3.6.1 Google ARCore
  - 3.6.2 ARToolKit
- 3.7 Datenmodell

# Kapitel 4

## Umsetzung

### 4.1 Implementierung

#### 4.1.1 Umgebungserkennung / Scan - Lernphase

#### 4.1.2 Visualisierungs-Phase

### 4.2 Testdurchlauf - Test-Szenario

## Kapitel 5

## Fazit

## Kapitel 6

## Ausblick

# Literatur

- AZUMA, Ronald T. [Aug. 1997]. *A Survey of Augmented Reality*. Massachusetts Institute of Technology [siehe S. 14].
- B12, Studio [Juni 2020]. *VR und AR- Nur ein Hype oder echter Mehrwert?* [https://studio-b12.de/content/projects/vrar/virtual-reality/pdf/2-Nur\\_ein\\_Hype\\_oder\\_echter\\_Mehrwehrt.pdf](https://studio-b12.de/content/projects/vrar/virtual-reality/pdf/2-Nur_ein_Hype_oder_echter_Mehrwehrt.pdf) [siehe S. 7].
- BITFORGE [Okt. 2019]. *Augmented Reality offiziell kein Hype mehr*. <https://bitforge.ch/augmented-reality/augmented-reality-offiziell-kein-hype-mehr/> [siehe S. 8].
- EADICICCO, Lisa [Jan. 2020]. <https://www.businessinsider.de/international/apple-q1-earnings-call-tim-cook-augmented-reality-ar-2020-1/?r=US&IR=T> [siehe S. 9].
- KRAUSS, Melanie [Feb. 2019]. *Europa baut Führung bei Industrie 4.0 weiter aus*. <https://www.maschinenmarkt.vogel.de/europa-baut-fuehrung-bei-industrie-40-weiter-aus-a-801681/> [siehe S. 9].
- LESWING, Kif [Okt. 2016]. *Apple CEO Tim Cook thinks augmented reality will be as important as 'eating three meals a day'*. <https://www.businessinsider.com/apple-ceo-tim-cook-explains-augmented-reality-2016-10?r=DE&IR=T> [siehe S. 9].
- MUNDT, Elisa [Jan. 2020]. *Marktstudie zu Augmented und Virtual Reality - Einblicke in die Marktreife immersiver Technologien*. <https://www.industry-of-things.de/vr-und-ar-werden-realtaet-a-898199/> [siehe S. 9].
- PINKER, Alexander [Sep. 2016]. *Kurve der Innovationen- der Gartner Hype Cycle erklärt*. <https://medialist.info/2016/09/16/innovationen-im-wandel-der-zeit-der-gartner-hype-cycle/> [siehe S. 7].
- SEBASTIAN HUMAN, Christopher Bouveret und [Nov. 2019]. *Augmented Reality in der Industrie: Herausforderungen, Potenziale, Chancen*. <https://www.industry-of-things.de/augmented-reality-in-der-industrie-herausforderungen-potenziale-chancen-a-882695/> [siehe S. 9].