



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

Matrikelnummer

Kurs

Ausbildungsfirma

Betreuer der Ausbildungsfirma

Gutachter der Studienakademie

12 Wochen

2062885

TINF17B4

cjt Systemsoftware AG

Karlsruhe

M. Sc. Florian Dunz

Prof. Dr. Marcus Strand

Erklärung

Ich versichere hiermit, dass ich meine Bachelorarbeit 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

1	Einleitung	7
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
2	Grundlagen	14
2.1	Augmented Reality	14
2.1.1	Virtual Reality, Augmented Reality und Mixed Reality	17
2.1.2	Varianten der Augmented Reality	17
2.1.3	Augmented Reality in der Industrie	17
2.2	SLAM - Simultaneous Localization And Mapping	17
2.2.1	Localization	17
2.2.2	Mapping	17
2.3	Quaternionen	17
2.3.1	Transformation	17
2.3.2	Rotation	17
2.4	Technologien	17
2.4.1	Google ARCore	17
2.4.2	Android Jetpack	17
2.4.3	Sceneform SDK	17
2.4.4	SQLite	17
2.5	OpenGL	18
2.5.1	Projektionen	18
2.5.2	Shader	18
2.6	Softwarearchitektur	18
2.6.1	MVVM	18
2.6.2	Android Architecture Components	18
2.7	Modulare Software Architektur	18
2.8	Datenmodellierung	18
3	Konzeption	19
3.1	Arbeitsumgebung / Umfeld	19
3.2	Objekterkennung / Scan-Phase	19
3.3	Visualisierungs-Phase	19

3.4	Architekturkonzept	19
3.5	Softwarekonzept	19
3.6	Auswahl des AR Frameworks	19
3.6.1	Google ARCore	19
3.6.2	ARToolKit	19
3.7	Datenmodell	19
4	Umsetzung	20
4.1	Implementierung	20
4.1.1	Umgebungserkennung / Scan - Lernphase	20
4.1.2	Visualisierungs-Phase	20
4.2	Testdurchlauf - Test-Szenario	20
5	Fazit	21
6	Ausblick	22
	Anhang	23
	Index	23
	Literaturverzeichnis	23

Abbildungsverzeichnis

Tabellenverzeichnis

Liste der Code-Beispiele

Abkürzungsverzeichnis

AR	Augmented Reality	
IOSB	Fraunhofer Institut für Optronik, Systemtechnik und Bildauswertung IOSB	
HMD	Head-Mounted Display.....	15
IoT	Internet of Things, dt. Internet der Dinge	9
KIT	Forschungszentrum Karlsruhe	10
SLAM	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. [BOUVERET und 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 besser 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. der menschlichen Wahrnehmung. Es ermöglicht dem Nutzer die reale Welt mit Überlagerung oder Zusammensetzung virtueller Objekte und visueller Informationen zu sehen. Mittels einer Art Overlay werden diese Objekte und Informationen über die reale Welt gelegt und dem Nutzer zur Verfügung gestellt. Allgemein soll damit dem Nutzer ein weit gefächerter Überblick verschafft werden und Hilfestellung leisten, aber den Nutzer in keinerlei Interaktion mit der Umgebung einschränken. 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]

Ein Augmented Reality System verfügt nach [AZUMA 1997] über folgende drei charakteristische Merkmale:

1. Es kombiniert Realität und Virtualität.
2. Es ist interaktiv in Echtzeit.
3. Die virtuellen Inhalte sind im 3D registriert.

Das erste genannte Merkmal kombiniert die reale Welt mit dem oben genannten Overlay, der Überlagerung der Realität um künstliche virtuelle Objekte und visuelle Informationen. Dies

bedeutet, der Nutzer nimmt die reale Umgebung gleichzeitig mit den darin liegenden virtuellen Objekten als ein Ganzes wahr. Daraus resultiert die Interaktion von virtuellen Objekten und Informationen mit der realen Welt in Echtzeit, damit sie als Teil der Realität registriert werden können. Das dritte Merkmal umfasst die Darstellung von Objekten als scheinbar reales Objekt. Mit dem letzt genannten Merkmal wird das Ziel verfolgt die projizierten, bzw. nicht realen Teile täuschend echt in die Umgebung zu integrieren.

Eine etwas allgemein formuliertere Definition ist die nach [DÖRNER 2019], welche die drei charakteristischen Merkmale besonders aufgreift:

„Augmentierte Realität (AR) ist eine (unmittelbare und interaktive) um virtuelle Inhalte (für beliebige Sinne) angereicherte Wahrnehmung der realen Umgebung in Echtzeit, welche sich in ihrer Ausprägung und Anmutung soweit wie möglich an der Realität orientiert, sodass im Extremfall (so dies gewünscht ist) eine Unterscheidung zwischen realen und virtuellen (Sinnes-) Eindrücken nicht mehr möglich ist.“ [DÖRNER 2019]

Diese Definition nimmt sich als Grundlage die oben aufgeführte Definition nach [AZUMA 1997].

Der Author L. Frank Baum [GAEVERT 1856] verkündete die ersten Ideen und Gedanken einer Augmented Reality Anwendung in „*The Master Key*“ [BAUM 1996]. Eine erste tatsächliche Realisierung eines Augmented Reality Systems erfolgte erst über 60 Jahr später. Ivan Edward Sutherland [SUTHERLAND 1938] stellte sein Projekt 1968 an der University of Utah vor. Dabei handelte es sich um ein sogenanntes *Head-Mounted Display (HMD)*. Ziel dieser Entwicklung war weniger das Erweitern der Realität, sondern dreidimensionale Illusionen zu erzeugen die reale Objekte mit einer einfachen Grafik in Echtzeit überlagert. Trotz dessen gilt er als erste Person mit der Vision, einen Nutzer in realer Umgebung mit virtuellen Objekten interagieren zu lassen. Anfang der 90er Jahre prägten zwei Forscher, Thomas P. Caudell und David W. Mizell, den Begriff der Augmented Reality durch ein Pilotprojekt bei Boeing. Das Projekt diente dazu Informationen in das Gesichtsfeld über eine Brille einzusetzen, um Arbeitern das Verlegen von Kabeln im und um das Flugzeug zu erleichtern. Nach dieser bahnbrechenden Erfindung begann eine stetige Weiterentwicklung der Technologie. Im Jahre 1999 wurde von Hirokazu Kato und Mark Billinghurst *ARToolKit*, ein Computer-Vision-basiertes Tracking für AR, veröffentlicht und „löste eine große Welle an Forschungsarbeiten auf der ganzen Welt aus.“ [DÖRNER 2019]

We describe an augmented reality conferencing system which uses the overlay of virtual images on the real world. Remote collaborators are represented on Virtual Monitors which can be freely positioned about a user in space. Users can collaboratively view and interact with virtual objects using a shared virtual whiteboard. This is possible through precise virtual image registration using fast and accurate computer vision techniques and HMD calibration. We propose a method for tracking fiducial markers and a calibration method for optical see-through HMD based on the marker tracking. [KATO und BILLINGHURST 1999]

Dieser Ausschnitt war der grundlegende Baustein des Durchbruchs dieser Technologie und den vorangestellten Forschungen und eine fundierte Grundlage für alle Forschungen und Entwicklungen die darauf folgten.

Heutzutage dreht sich die Entwicklung um mobile AR, welche durch die anfängliche Revolution

von *ARToolkit* und die darauf entstehenden Entwicklungen und Produktionen von großen Firmen, wie z.B. Google, Microsoft, Apple und Facebook entstand. Die zuletzt große Bewegung in dem Bereich der AR waren die Vorstellungen großer Software-Plattformen für mobile AR-Applikationen. Durch *Apple's ARKit* und *Google's ARCore* kamen zwei moderne und innovative Frameworks auf den Markt, welche die Entwicklung von Augmented Reality-Applikationen stark beeinflusst. Die Frameworks wurden bei den ersten Produktionen für Entertainment-Anwendungen genutzt, um z.B. mobile Spiele zur Unterhaltung oder Funktionen bei Sport-Fernsehübertragungen zur Anzeige der Entfernung des Freistoßes zu realisieren.

Diese Arbeit jedoch widmet sich ausschließlich dem industriellen Aspekt und stellt andere Bereiche in den Hintergrund. Die in Kapitel 1.1 aufgeführte Markstudie bestätigt das enorme Potential hinter Augmented Reality und deren Einsetzbarkeit in der Industrie. Hauptsächlich in der Produktion, der Wartung oder der Reparatur von Maschinen kann Augmentierte Realität eingesetzt werden und zeigt einen positiv erzeugten Mehrwert. Dabei können bei Maschinen das Anzeigen von protokollierten Fehlern oder eine visuelle Hilfestellung bei Defekts, sowohl bei der Reparatur, als auch bei der Ersetzung einzelner Komponenten eine deutliche Reduzierung des zeitlichen Aufwands oder eine effektivere Arbeitsweise vorweisen.

Harvard Business Review legte einen Vergleich offen, indem ein Techniker ein Steuergerät einer Windkraftanlage mithilfe eines AR-Headsets verkabelt und in Betrieb nimmt. Alle benötigten Informationen wurden Schritt für Schritt über das Headset zur Verfügung gestellt. Dadurch gab es keinen Mehraufwand, z.B. das Nachschlagen in einer Dokumentation. Danach führte der Techniker den gleichen Prozess ohne die Hilfe der AR-Anwendung durch, lediglich mit Verwendung des vorliegenden Handbuchs, welches physisch beiseite lag. Dieser Test bestätigte eine Leistungsverbesserung des Arbeiters beim ersten Gebrauch um 34%. [ABRAHAM und ANNUNZIATA 2017]

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

- ABRAHAM, Magid und Marco ANNUNZIATA [März 2017]. *Augmented Reality Is Already Improving Worker Performance*. <https://hbr.org/2017/03/augmented-reality-is-already-improving-worker-performance> [siehe S. 16].
- AZUMA, Ronald T. [Aug. 1997]. *A Survey of Augmented Reality*. Massachusetts Institute of Technology [siehe S. 14, 15].
- 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 [siehe S. 7].
- BAUM, L. Frank [Feb. 1996]. *The Master Key - An Electrical Fairy Tale*. Hrsg. von Dennis AMUNDSON. Project Gutenberg-tm [siehe S. 15].
- BITFORGE [Okt. 2019]. *Augmented Reality offiziell kein Hype mehr*. <https://bitforge.ch/augmented-reality/augmented-reality-offiziell-kein-hype-mehr/> [siehe S. 8].
- BOUVERET, Christopher und Sebastian HUMAN [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].
- DÖRNER, Ralf [Sep. 2019]. *Virtual und Augmented Reality (VR/AR) - Grundlagen und Methoden der Virtuellen und Augmentierten Realität*. Springer Vieweg, Berlin, Heidelberg [siehe S. 15].
- 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].
- GAEVERT, Thomas [Mai 1856]. *Bibliographie Lyman Frank Baum*. <http://www.isfdb.org/cgi-bin/ea.cgi?162> [siehe S. 15].
- KATO, Hirokazu und Mark BILLINGHURST [Okt. 1999]. *Marker Tracking and HMD Calibration for a Video-based Augmented Reality Conferencing System*. hitl.washington.edu [siehe S. 15].
- 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-realitaet-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].
- SUTHERLAND [Mai 1938]. *Biographie Ivan E. Sutherland*. <https://dl.acm.org/profile/81100265287> [siehe S. 15].