



**Hochschule für Technik
und Wirtschaft Berlin**

University of Applied Sciences

Entwurf und Implementierung eines Augmented Reality Systems
für Produkt-Design-Feedback durch den Endkunden

Abschlussarbeit

zur Erlangung des akademischen Grades

Bachelor of Science (B.Sc.)

an der

Hochschule für Technik und Wirtschaft Berlin

Fachbereich IV (Informatik, Kommunikation und Wirtschaft)

Studiengang Angewandte Informatik

1. Prüfer: Prof. Dr. Thomas Jung
2. Prüfer: Dipl.-Sporting. Andreas Geiger

Eingereicht von: Ali Bektas
Immatrikulationsnummer: s0559003
Eingereicht am: 11.08.2019

Vorwort

TODO

Kurzbeschreibung

TODO

Schlagworte: Mixed Reality, Gemischte Realität, Augmented Reality, Ergänzte Realität, Microsoft Hololens, Open Innovation, Design Feedback

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Motivation	1
1.2	Zielsetzung	1
1.3	Vorgehensweise und Aufbau der Arbeit	1
2	Grundlagen	2
2.1	Virtual Reality	2
2.2	Augmented Reality	2
2.3	Mixed Reality	5
2.4	Objekterkennung und- Verfolgung	5
2.4.1	Markerbasiertes Tracking	5
2.4.2	Markerloses Tracking	5
2.5	Usability	5
2.5.1	Was ist Usability?	5
2.5.2	Usability Engineering	7
2.5.3	Personas, Szenarien und Use Cases	10
2.5.4	Usability Tests und Evaluierung	10
2.6	Open Innovation	10
3	Analyse	11
3.1	Stand der Technik	11
3.1.1	Objekterkennung in Augmented Reality Frameworks	11
3.1.2	Mixed Reality Headsets	11
3.1.3	3D Benutzeroberflächen	11
4	Konzeption	12
4.1	Nutzungskontextanalyse	12
4.2	Kreativ Workshop	13
4.2.1	Vorbereitung auf den Workshop	13

4.2.2	Identifikation von Nutzern und Anwendungsfällen	13
4.2.3	Qualitätskriterien und Priorisierung der Anforderungen	13
4.3	Low-Fidelity-Prototypen	13
4.3.1	Ergebnis der Prototypen	13
4.3.2	Vorstellung eines Prototypen	13
5	Implementierung	14
5.1	Entwicklungsumgebung	14
5.2	Mixed Reality Toolkit	14
6	Nutzerzentrierte Evaluation	15
6.1	Vorbereitung	16
6.1.1	Charakteristika der Evaluierung von 3D Benutzeroberflächen	16
6.1.2	Häufig auftretende Probleme	16
6.1.3	Maßnahmen	16
6.2	Durchführung	16
6.2.1	Einleitung	16
6.2.2	Aufgaben	16
6.2.3	Erheben der Evaluationsdaten	16
6.3	Ergebnis	16
6.3.1	Beobachtung des Nutzerverhaltens	16
6.3.2	Interview	16
6.3.3	Fragebogen	16
6.4	Folgerung	16
6.4.1	Beobachtung des Nutzerverhaltens	16
6.4.2	Interview	16
6.4.3	Fragebogen	16
7	Fazit	17
7.1	Zusammenfassung	17
7.2	Kritischer Rückblick	17
7.3	Ausblick	17
	Abbildungsverzeichnis	18
	Tabellenverzeichnis	19
	Source Code Content	20

Anhang A	21
A.1 Beispiel	21
Eigenständigkeitserklärung	22

Kapitel 1

Einleitung

1.1 Motivation

1.2 Zielsetzung

Das Ziel dieser Arbeit ist es ein System zu konzipieren und ein Prototypen zu entwickeln, welches dem Anwender ermöglicht Änderungswünsche an Produkten zu kommunizieren. Es soll mit aktuellen Möglichkeiten der Gemischten Realität (en. Mixed Reality (MR)) verwendet werden und

1.3 Vorgehensweise und Aufbau der Arbeit

TODO

Kapitel 2

Grundlagen

Dieses Kapitel gibt eine

2.1 Virtual Reality

Als Virtual Reality (z. dt. virtuelle Realität) werden

2.2 Augmented Reality

Abzugrenzen von VR ist Augmented Reality (AR). [SchmalstiegHöllerer16] Im Gegensatz zu virtueller Realität, wo Benutzer vollständig in virtuelle Umgebungen eintauchen, ist das Ziel bei AR, Informationen direkt in die physische Umgebung des Benutzers einzufügen. So soll der Eindruck erweckt werden, dass diese Informationen Teil der wirklichen Welt sind. [Azuma 1997] Während in VR, Benutzer von der Äußeren Umgebung nichts mitbekommen, wird mit AR Systeme die wirkliche Umgebung des Benutzers, mit virtuellen Objekten überlagert. Azuma beschreibt folgende Charakteristiken, welche AR Systeme aufweisen sollten:

1. Kombinieren Digitale und Reale Welt.
2. Ermöglichen Interaktionen in Echtzeit.
3. Informationen müssen sich 3D einen Bezug im 3D Raum haben.

Diese Charakteristiken helfen dabei den Begriff Augmented Reality besser einzugrenzen zu können. [Azuma97] Filme wie z. Bsp. "Jurassic Park" in welchen virtuelle Objekte in die reale 3D Szene eingefügt werden, erwecken den Eindruck dass diese Objekte Teil der realen Szene sind, jedoch kann mit diesen Objekten nicht in Echtzeit interagiert werden.

Ein anderes Beispiel ist im Vorschauenfenster von Digitalkameras zu sehen. Oft blenden Digitalkameras im Vorschaubild, Informationen zum Ladezustand der Batterie, Aktivierung des Blitzes und weitere Informationen bezüglich den aktuellen Einstellungen der Kameras ein. Diese Informationen überlagern zwar die realen Objekte in der Szene, befinden sich jedoch nicht im drei dimensional Raum. Der elektronische Sucher hingegen welches Objekte (z. Bsp. Gesichter) erkennt und einrahmt befindet sich im 3D raum, und es sind Interaktionen in Echtzeit möglich. Indem sich das vom virtuellen Object eingerahmte, real existierende Objekt oder die Kamera selbst sich bewegt, verändert sich auch die Position des virtuellen Objektes.

[Füge hier Bild von Kamera mit Sucher und Einstellungen etc. ein]

[Azuma97] Durch das kombinieren von virtueller und physischer Welt erweitert Augmented Reality die Wahrnehmung des Menschen. Die Motivation von AR ist, den Menschen durch das Einfügen von virtuellen Objekten in die physische Welt, Hinweise zu geben und Details zu zeigen die er mit seinen Sinnen sonst nicht unmittelbar wahrnehmen könnte. Die Informationen die in die physische Welt hinzugefügt werden sollen den Menschen bei der Verrichtung von Aufgaben in der physischen Welt unterstützen.

Azuma fasst in [Azuma97] Forschungen zu AR in sechs Anwendungsgebiete zusammen. Zur Visualisierung von Medizindaten, in der Wartung und Instandsetzung, Annotationen, für die Wegfindung für Roboter und für die Navigation von Militärflugzeugen. Beispielsweise können Annotationen verwendet werden um Informationen über den Inhalt von Regalen einzublenden während ein Nutzer durch eine Bibliothek läuft. Auch können Annotationen in AR verwendet werden um einzelne Bauelemente an komplexen Bauteilen zu identifizieren und Informationen über diese zu geben. In der Wartung und Instandsetzung können Augmented Reality Anwendungen dabei helfen Instruktionen an komplexen Maschinen und Anlagen zu visualisieren welche sonst in Form von Text und Bildern vorliegen. So können virtuelle Replikate über die physischen Modelle gelegt, und so Schritt für Schritt Anleitungen direkt am physischen Produkt erstellt werden. Durch Animationen können diese Anleitungen mit präziser gestaltet werden und zum Beispiel auch Informationen über die Richtung geben.

Diese Systeme können heute zum Beispiel Unternehmen dabei helfen besser mit ihren Kunden zu kooperieren. In Kombination mit Internet of Things (IOT) Technologien können Unternehmen heute zustandsbezogene Informationen zu Ihren Systemen bei Endkunden abrufen proaktiv Ihre Kunden auf notwendige Wartungen aufmerksam zu machen und Wartungsanleitungen direkt an den Anlagen zu zeigen.

[Tönnis2010] Für die Überlagerung der realen Welt mit virtuellen Objekten eignen sich aktuell zwei Display Techniken, Optical See-Through und Video See-Through. Bei Optical See-Through kann der Nutzer direkt in die reale Welt blicken und computer generierte Bilder werden auf ein halbdurchlässiges Spiegel eingeblendet (dieses wird als Combiner bezeichnet). Diese Technik hat den Vorteil dass der Nutzer einen direkten Blick auf die reale Welt hat. Der Nachteil ist jedoch dass die reale Welt nicht zeitgleich mit virtuellen Objekten überlagert werden kann. Dadurch dass die Berechnung für die Positionsbestimmung und das Rendern der virtuellen Objekte Zeit in Anspruch nimmt, werden diese mit einer kleinen Verzögerung angezeigt. Dies kann auch wenn es nur sich nur um einige Milisekunden handelt zu einem so genannten Schwimmefekt führen (en. lag). Mit der See Through Display Technik, wird die reale Welt dem Nutzer als ein Video gezeigt und mit virtuellen Objekten überlagert. Der Vorteil dieser Technik liegt darin, dass die Darstellung der realen Welt um die Zeit verzögert werden kann die benötigt wird um die virtuellen Objekte richtig zu positionieren und rendern. Dadurch werden die Nachteile der Optical-See-Through Technik kompensiert. Dass die reale Welt dem Nutzer verzögert angezeigt wird bringt jedoch den Nachteil dass Positionsänderungen von physischen im realen Welt befindenden Objekten oder die Änderung der Perspektive falls sich der Nutzer selbst bewegt verzögert angezeigt wird. Zudem wird mit dieser Technik je nach Auflösung der Kamera die reale Welt mit verringerter Qualität angezeigt.

[SchmalstiegHöllerer16 Seite 368] Vor allem bei der Kommunikation mit anderen Personen können diese Nachteile zu Problemen führen.

2.3 Mixed Reality

2.4 Objekterkennung und- Verfolgung

2.4.1 Markerbasiertes Tracking

2.4.2 Markerloses Tracking

2.5 Usability

Einen besonderen Fokus soll diese Arbeit auf die Usability legen. Daher wird in folgendem Abschnitt die Begriffsdefinition von Usability näher beleuchtet, es werden einige gängige Methoden für die nutzerzentrierte Gestaltung und Entwicklung von Systemen vorgestellt und abschließend Methoden für Usability Tests und Evaluierung erleutert.

2.5.1 Was ist Usability?

In der Normreihe ISO 9241 welches als ein internationaler Standard, Richtlinien für die Gestaltung von Mensch-Computer-Interaktionen beschreibt, wird im ISO Norm 9241-11, Usability wie folgt definiert:

"das Ausmaß, in dem ein Produkt durch bestimmte Benutzer in einem bestimmten Nutzungskontext genutzt werden kann um bestimmte Ziele effektiv, effizient und zufriedenstellend zu erreichen."

[MichaelRichterMarkusFlückiger16; MaryBethRosson02] Usability wird oft als ein Qualitätskriterium für die Gestaltung der Benutzerschnittstelle verstanden. Dies ist jedoch nicht ganz richtig.

Dass die Usability eines Systems nach dessen Nutzungskontext zu beurteilen ist verdeutlichen Michael Richter und Markus Flückiger an einem konkreten Beispiel für die Erfassung von Kurznachrichten (SMS) mit dem Aufkommen von Mobiltelefonen. Bevor Smartphones mit Touchdisplays verbreitet waren, hatten Mobiltelefone oft rein numerische Tastaturen sodass, das Erfassen von Textnachrichten über die Nutzung der numerischen Tasten

erfolgen musste. Indem zum Beispiel in kurzen Zeitabständen zwei mal auf die Taste "2" gedrückt wurde, wurde zum Beispiel der Buchstabe "B" eingegeben. Diese Eingabemethode wurde oftmals von vielen Nutzern als umständlich empfunden. Jedoch konnte auf diese Weise effizient und zufriedenstellend die Aufgabe, eine Kurznachricht zu erfassen erfüllt werden. Zudem war diese Methode einfach zu erlernen und einprägsam. Somit wies diese Methode eine hohe Usability auf.

[Nielsen94; Rex HartsonPardhaSPyla12] Oft wird Usability auf die Eigenschaft eines Systems reduziert besonders benutzerfreundlich (en. User- friendly) zu sein. Der Begriff Usability umfasst jedoch mehr Aspekte.

[Nielsen94] Mit dem Begriff User- friendly als Synonym für Usability würde impliziert werden dass die Bedürfnisse von Benutzern mit nur einer einzigen Eigenschaft eines Systems beschrieben werden kann. In der Realität haben jedoch unterschiedliche Nutzer, unterschiedliche Bedürfnisse. Ein System welches zu einem Nutzer freundlich erscheint, könnte unter Umständen von einem anderen Nutzer als lästig empfunden werden.

Nielsen Unterteilt Akzeptanzkriterien für ein System in soziale und praktische Kriterien.

Soziale bzw. ethische Akzeptanzkriterien sind solche, welche die Nutzer von der Nutzung eines Systems abhalten, selbst wenn praktische Akzeptanzkriterien sehr gut erfüllt werden. Spiekermann [vgl. Spiekermann 2016: 285] führt hierzu ein gutes Beispiel für ein solches Kriterium auf. Sie beschreibt am Beispiel eines Körperscanners an Flughäfen, dass trotz Berücksichtigung vieler praktischer Aspekte wie Ergonomie und trotz der effizienten und effektiven Aufgabenerfüllung ein solches System wenig Akzeptanz von den Nutzern haben kann. Beispielsweise fühlten sich Passagiere unangenehm wenn der Bildschirm auf welchem die nackten Umrisse ihrer Körper zu sehen war so platziert war dass andere Passagiere es auch sehen konnten.

Als praktische Kriterien führt er Eigenschaften wie Kosten, Kompatibilität, Zuverlässigkeit sowie Nutzbarkeit auf. Die Eigenschaft Nutzbarkeit teilt er in die Eigenschaften Nützlichkeit (en. Utility) und Gebrauchstauglichkeit (en. Usability) auf. Unter Utility ist zu verstehen ob ein System mit den Funktionalitäten die es bereitstellt prinzipiell in der Lage ist, die Aufgabe zu erfüllen wozu sie konzipiert wurden.

Die Eigenschaft Usability gliedert er in folgende Teileigenschaften:

- Einfach zu erlernen.
- Effizient in der Nutzung.

- Leicht zu merken. (Ein Nutzer welcher das System einmal verwendet hat, sollte in der Lage sein nach einer längeren Pause das System zu nutzen ohne es erneut erlernen zu müssen.)
- Wenig Fehler. (Das System sollte zu möglichst wenig Fehler während der Nutzung führen. Im Falle das Fehler auftritt, sollte es möglich sein dass sich das Systems von diesem Fehler erholt und die Nutzung fortgeführt werden kann.)
- Subjektive Zufriedenstellung (Das System sollte angenehm zu nutzen sein. So dass Nutzer auch subjektiv zufriedengesellt werden während sie das System nutzen.)

Im ISO Norm 9241-110 sind diese Kritärien, als Grunsätze zur Dialoggestaltung wie folgt aufgeführt:

- Aufgabenangemessenheit
- Selbstbeschreibungsfähigkeit
- Steuerbarkeit
- Erwartungskonformität
- Fehlertoleranz
- Individualisierbarkeit
- Lernförderlichkeit

2.5.2 Usablity Engineering

[MichaelRichterMarkusFlückiger16] Im laufe der Zeit haben sich verschiedene Fachrichtungen (wie z. Bsp: Human Computer Interaction (HCI), Human Factors, Interaction Design, Usability Engineering, User centered Design (UCD), User Experience (UX) und Design Thinking) entwickelt welche nutzerorientierte Methoden für die Entwicklung von Technologien und neuen Anwendungen verfolgen.

(MaryBethRosson et, al. 2002) Als eines dieser Fachrichtungen wurde die Fachrichtung Usablity Engineering von Usability Fachleuten bei Equipment Corporation ins Leben gerufen. Der Begriff Usability Engineering steht für die Konzeption und Techniken für die Planung, Verifizierung und Abdeckung von Usability Zielen eines Systems. Das Ziel von

Usability Engineering ist, messbare Usability Ziele in den frühen Phasen des Softwareentwicklungsprozesses zu definieren und einen Rahmen zu schaffen diese Ziele im Laufe der Entwicklung ständig überprüfen zu können um sicherstellen zu können dass diese erreicht werden.

Nielsen beschreibt in [Nielsen94] folgende Phasen im Lebenszyklus von Projekten mit Software Engineering Methoden.

Analyse der Nutzer und dessen Aufgaben und Ziele:

In dieser Phase der Usability Engineering werden alle Nutzer identifiziert, die mit dem System in Berührung kommen werden. Als Nutzer sollten in diesem Schritt alle Personen verstanden werden welche mit dem System oder mit Artefakten des Systems in Berührung kommen werden. Dies können Personen beinhalten welche das System installieren, konfigurieren, warten, administrieren oder Endkunden oder Kunden die das System selbst nie sehen werden jedoch Ergebnisse von dem System erhalten werden. In einigen Fällen ist es einfacher potenzielle Nutzer von einem System zu identifizieren und deren Charakteristiken zu studieren. Zum Beispiel für ein Produkt die in einer bestimmten Abteilung eines bestimmten Unternehmens eingesetzt werden soll. Schwieriger kann es hingegen für Produkte werden welche von einer breiteren Menge von Nutzern genutzt werden soll. Es sollten Eigenschaften von Nutzern studiert werden welche für die Nutzen des Systems relevant sein könnten wie zum Bsp. Erfahrung von solchen Systemen und Endgeräten, Bildungsstand, Alter. etc. Dieser Schritt ist wichtig um die Lernfähigkeit von Nutzern besser einschätzen zu können und so Kriterien für die Komplexität der Benutzeroberfläche zu bestimmen.

Sobald die Nutzer identifiziert und dessen Eigenschaften und Bedürfnisse analysiert wurden, werden die Ziele und Aufgaben der Nutzer analysiert. Wie bewältigen die Nutzer aktuell Aufgaben um ihre Ziele zu erreichen. Hierbei sollte beobachtet werden welche Informationen die Nutzer benötigen, welche Ausnahme oder Not Situationen auftreten und wie die Nutzer in diesen Situationen handeln. Es sollte beobachtet werden ob die Nutzer das aktuell verwendete System in irgendeiner Weise umgehen (en. Workarounds anwenden). Zudem sollten die Begrifflichkeiten notiert werden welche der Nutzer verwendet im Bezug auf die zu lösende Aufgabe verwendet. Diese können später als eine Quelle für Metapher bei der Gestaltung der Benutzeroberfläche verwendet werden.

Im nächsten Schritt werden die benötigten Funktionalitäten des neuen Systems analysiert und Möglichkeiten erforscht wie diese mit dem neuen System erzielt werden können. Es ist wichtig dass in diesem Schritt die Mögliche Umsetzung der Funktionalitäten sich nicht

ausschließlich an Lösungen von bereits bestehenden Systemen orientiert sondern bessere geeignete Umsetzungsmöglichkeiten erkundet werden.

Zuletzt werden in dieser Phase Möglichkeiten erforscht wie sich das Nutzungsverhalten der Nutzer in Zukunft mit der Nutzung des neuen Systems entwickeln könnte. Dieser Schritt wird gemacht um das neue System flexibel genug gestalten und so mögliche neue zukünftige Anforderungen umsetzen zu können.

Analyse bestehender Produkte:

In dieser Phase werden bestehende Produkte analysiert. Diese können für die Konzeption des neuen Systems als Prototypen dienen. Da bestehende Systeme vollständig umgesetzte Funktionalitäten beinhalten, können diese einfach getestet werden. Diese Systeme können heuristisch evaluiert werden, es können Nutzer Studien durchgeführt werden oder es kann eine vergleichende Analyse durchgeführt werden falls mehrere Systeme zur Verfügung stehen. Auf Basis der Informationen die, in der Phase "Kenne deiner Nutzer" zusammengetragen wurden, wird in dieser Phase analysiert wie gut die Funktionalitäten und Interaktionstechniken bestehender Systeme die Nutzer bei der Umsetzung ihrer Aufgaben unterstützen. Das Lesen von technischen Produktrezensionen kann in dieser Phase auch hilfreiche Informationen über bestehende Systeme geben.

Usability Ziele setzen:

Wie im Abschnitt "Was ist Usability" beschrieben, setzt sich die Usability eines Systems nicht nur aus einer Eigenschaft zusammen sondern gliedert sich in mehrerer Eigenschaften wie Erlernbarkeit, Fehlertoleranz etc. auf. Oft ist es nicht möglich alle Usability Kriterien mit gleicher Gewichtung zu priorisieren. In dieser Phase werden auf Grundlage der Analyse von Nutzern und deren Aufgaben und Zielen, Prioritäten für Usability Kriterien definiert.

Dafür werden die Usability Kriterien operationalisiert und in messbaren Zielen ausgedrückt. Meistens werden Messintervalle für angestrebte Werte, für minimal zu erreichende Werte und theoretisch optimale Werte definiert. Als minimal zu erreichende Werte sind, gelten der Regel Werte welche aktuell mit dem System erreicht werden kann. Usability Ziele für neue Versionen von bestehenden Systemen oder für Systeme für welche vergleichbare andere Systeme existieren, festzulegen ist deutlich einfacher als für neue Systeme wozu keine Vergleichswerte vorliegen. Ein Vorgehen für solche Systeme ist, einige mit dem System zu lösende Aufgaben zu definieren und mehrere Usability Spezialisten nach realistischen Werten zu fragen welche erzielt werden könnten.

Prototypen:

2.5.3 Personas, Szenarien und Use Cases

2.5.4 Usability Tests und Evaluierung

2.6 Open Innovation

Kapitel 3

Analyse

3.1 Stand der Technik

3.1.1 Objecterkennung in Augmented Reality Frameworks

<https://library.vuforia.com/content/vuforia-library/en/articles/Solution/model-targets-supported-objects.html>

3.1.2 Mixed Reality Headsets

3.1.3 3D Benutzeroberflächen

Kapitel 4

Konzeption

TODO

4.1 Nutzungskontetanalyse

TODO

4.2 Kreativ Workshop

4.2.1 Vorbereitung auf den Workshop

4.2.2 Identifikation von Nutzern und Anwendungsfällen

Personas

Szenarien

Use Cases

User Stories

4.2.3 Qualitätskriterien und Priorisierung der Anforderungen

4.3 Low-Fidelity-Prototypen

4.3.1 Ergebnis der Prototypen

(Wizard of Oz Methode)

4.3.2 Vorstellung eines Prototypen

Kapitel 5

Implementierung

5.1 Entwicklungsumgebung

TODO

5.2 Mixed Reality Toolkit

TODO

Kapitel 6

Nutzerzentrierte Evaluation

6.1 Vorbereitung

6.1.1 Charakteristika der Evaluierung von 3D Benutzeroberflächen

6.1.2 Häufig auftretende Probleme

6.1.3 Maßnahmen

6.2 Durchführung

6.2.1 Einleitung

6.2.2 Aufgaben

6.2.3 Erheben der Evaluationsdaten

6.3 Ergebnis

6.3.1 Beobachtung des Nutzerverhaltens

6.3.2 Interview

6.3.3 Fragebogen

6.4 Folgerung

6.4.1 Beobachtung des Nutzerverhaltens

6.4.2 Interview

Kapitel 7

Fazit

TODO

7.1 Zusammenfassung

TODO

7.2 Kritischer Rückblick

TODO (Reflexion und Bewertung der Zielsetzung gegenüber erreichtem Ergebnis)

7.3 Ausblick

TODO

Abbildungsverzeichnis

Tabellenverzeichnis

Source Code Content

Anhang A

A.1 Beispiel

TODO

Eigenständigkeitserklärung

Hiermit versichere ich, dass ich die vorliegende Bachelorarbeit selbstständig und nur unter Verwendung der angegebenen Quellen und Hilfsmittel verfasst habe. Die Arbeit wurde bisher in gleicher oder ähnlicher Form keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt.

Berlin, den XX.XX.2018

Vorname Nachname