



**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. Sport-ing. 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

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1	Motivation . . . . .	1
1.2	Zielsetzung . . . . .	1
1.3	Vorgehensweise und Aufbau der Arbeit . . . . .	1
<b>2</b>	<b>Grundlagen</b>	<b>2</b>
2.1	Augmented Reality . . . . .	2
2.2	Objekterkennung und- Verfolgung . . . . .	6
2.2.1	Markerbasiertes Tracking . . . . .	6
2.2.2	Markerloses Tracking . . . . .	6
2.3	Situated Visualization . . . . .	6
2.3.1	(Situated Visualization) - Definition . . . . .	6
2.3.2	(Situated Visualization) - Techniken und Herausforderungen . . . . .	11
2.4	Computerunterstützte Kollaboration . . . . .	11
2.5	Usability . . . . .	13
2.5.1	(Usability) - Definition . . . . .	13
2.5.2	Usability Engineering . . . . .	15
2.5.3	Personas, Szenarien und Use Cases . . . . .	18
2.5.4	Usability Tests und Evaluierung . . . . .	18
2.6	Produktbewertungen . . . . .	18
<b>3</b>	<b>Analyse</b>	<b>19</b>
3.1	Stand der Technik . . . . .	19
3.1.1	Objekterkennung in Augmented Reality Frameworks . . . . .	19
3.1.2	Mixed Reality Headsets . . . . .	19
3.1.3	3D Benutzeroberflächen . . . . .	19
<b>4</b>	<b>Konzeption</b>	<b>20</b>
4.1	Nutzungskontextanalyse . . . . .	20

---

4.2	Kreativ Workshop . . . . .	21
4.2.1	Vorbereitung auf den Workshop . . . . .	21
4.2.2	Identifikation von Nutzern und Anwendungsfällen . . . . .	21
4.2.3	Qualitätskriterien und Priorisierung der Anforderungen . . . . .	21
4.3	Low-Fidelity-Prototypen . . . . .	21
4.3.1	Ergebnis der Prototypen . . . . .	21
4.3.2	Vorstellung eines Prototypen . . . . .	21
<b>5</b>	<b>Implementierung</b>	<b>22</b>
5.1	Entwicklungsumgebung . . . . .	22
5.2	Mixed Reality Toolkit . . . . .	22
<b>6</b>	<b>Nutzerzentrierte Evaluation</b>	<b>23</b>
6.1	Vorbereitung . . . . .	24
6.1.1	Charakteristika der Evaluierung von 3D Benutzeroberflächen . . . . .	24
6.1.2	Häufig auftretende Probleme . . . . .	24
6.1.3	Maßnahmen . . . . .	24
6.2	Durchführung . . . . .	24
6.2.1	Einleitung . . . . .	24
6.2.2	Aufgaben . . . . .	24
6.2.3	Erheben der Evaluationsdaten . . . . .	24
6.3	Ergebnis . . . . .	24
6.3.1	Beobachtung des Nutzerverhaltens . . . . .	24
6.3.2	Interview . . . . .	24
6.3.3	Fragebogen . . . . .	24
6.4	Folgerung . . . . .	24
6.4.1	Beobachtung des Nutzerverhaltens . . . . .	24
6.4.2	Interview . . . . .	24
6.4.3	Fragebogen . . . . .	24
<b>7</b>	<b>Fazit</b>	<b>25</b>
7.1	Zusammenfassung . . . . .	25
7.2	Kritischer Rückblick . . . . .	25
7.3	Ausblick . . . . .	25
	<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>26</b>
	<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>27</b>

<b>Source Code Content</b>	<b>28</b>
<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>29</b>
<b>Anhang A</b>	<b>31</b>
A.1 Beispiel . . . . .	31
<b>Eigenständigkeitserklärung</b>	<b>32</b>

# Kapitel 1

## Einleitung

Diese Bachelorarbeit beschreibt den Entwurf und Implementierung einer Augmented Reality Anwendung. Die Anwendung soll möglichst präzise und Aussagekräftige Rückmeldungen zu Gestaltung von Produkten ermöglichen. Ziel der Anwendung ist es, die Kommunikationsmöglichkeiten von Kundenrückmeldungen durch den Einsatz von Augmented Reality zu erforschen.

### 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 ein Überblick über die in dieser Arbeit verwendete Terminologien und führt in Grundlagen zu Technologien und Techniken ein welche die Basis für dieser Arbeit bilden.

Nachdem die Definition von Augmented Reality erläutert wurde, werden unterschiedliche Ansätze für die Objekterkennung und Verfolgung vorgestellt. Diese sind ein essenzieller Bestandteil der Augmented Reality Technologie. Es wird die die Definition von Situated Visualization erläutert und Visualisierungstechniken für die Darstellung von Daten im Kontext zur physischen Welt (z. Bsp. Gegenstände, Person, Aufgabe) nahe gebracht. Abschließend wird die Definition von Usability erläutert und ein Einblick in Usability Engineering gegeben, welches eine etablierte Vorgehensweise für die Gestaltung und Entwicklung von Systemen mit hohen Usability Anforderungen ist.

### 2.1 Augmented Reality

Augmented Reality (zu dt. Erweiterte Realität, kurz AR) steht für die Überlagerung der realen Welt mit digitalen Informationen. [Azu97; ST16] Im Gegensatz zu virtuellen Realität wo Benutzer vollständig in virtuelle Umgebungen eintauchen, ist das Ziel von AR, Informationen direkt in die physische Umgebung des Benutzers einzufügen. So soll der Eindruck entstehen, dass diese Informationen Teil der realen Welt sind.<sup>1</sup> [Azu97] Während in VR, Benutzer von der äußeren Umgebung nichts mitbekommen, wird in AR

---

<sup>1</sup>Laut Definition von Azuma müssen Informationen hierbei nicht nur auf visuelle Informationen beschränkt sein, sondern können auch auditive, haptische, gustative (Geschmack) oder auch olfaktorische (Geruch) Informationen beinhalten.



die reale Umgebung des Benutzers, mit virtuellen Objekten überlagert. Azuma beschreibt in [Azu97], folgende Charakteristiken für Augmented Reality:

1. Kombinieren reale und virtuelle Welt (Combines real and virtual).
2. Ermöglichen Interaktionen in Echtzeit. (Interactive in real time)
3. Informationen (reale und virtuelle) haben einen Bezug im dreidimensionalen Raum. (Registered in 3-D)

Diese Charakteristiken helfen dabei den Augmented Reality besser einzugrenzen. [Azu97] Filme wie z. Bsp. "Jurassic Park", in welchen virtuelle Objekte in die reale Szene eingefügt werden, erwecken zwar den Eindruck dass diese Objekte, Teil der realen Szene sind, jedoch kann mit diesen Objekten nicht in Echtzeit interagiert werden. [Tön10] In Filmen werden die virtuellen Objekte in eine zuvor aufgezeichnete Aufnahme eingefügt. Im Gegensatz werden diese, in AR in ein live Video eingefügt. Dies bedeutet dass in Filmen für das Einfügen von digitalen Informationen in die reale Szene eine viel größere Zeit zur Verfügung steht. In AR muss dies in wenigen Millisekunden geschehen. Die neue Position und Ausrichtung des virtuellen Objektes in live Szene muss in der Zeit zwischen zwei Frames bestimmt werden.

Ein anderes Beispiel im Live Ansicht von Digitalkameras zu finden, welche das aufzunehmende Bild als Vorschau anzeigen. Oft blenden Digitalkameras Informationen zu den aktuellen Einstellungen der Kamera sowie den Ladezustand der Batterie im Vorschaubild ein (Siehe Abbildung 2.1). Diese Informationen überlagern zwar die reale Szene, haben jedoch keinen Bezug zum dreidimensionalen Raum. Der elektronische Sucher hingegen welches Objekte (z. Bsp. Gesichter) erkennt und in einem virtuellen Rahmen einrahmt, hat ein Bezug zu den Objekten im 3D Raum. Zudem sind Interaktionen in Echtzeit möglich. Bewegt sich das vom virtuellen Rahmen, eingerahmte reale Objekt, oder die Kamera selbst, verändert sich auch die Position des virtuellen Objektes.



Abbildung 2.1: Beispiel an Digitalkamera. Kameraeinstellungen überlagern zwar die Realität, haben jedoch keinen Bezug im dreidimensionalen Raum. Der elektronische Sucher hingegen hat ein Bezug im dreidimensionalen Raum und ist interaktiv [**Beispiel Dittalkamera**]

[Azu97] Durch das kombinieren von virtueller und physischer Welt, erweitert Augmented Reality die Wahrnehmung des Menschen. Die Motivation von AR ist, dem Menschen durch das Einfügen von digitalen Informationen in die physische Welt, Hinweise zu geben und Details zu zeigen die sonst nicht unmittelbar wahrnehmen könnte. Diese Informationen sollen den Menschen bei der Verrichtung ihrer Aufgaben in der physischen Welt unterstützen.

Azuma fasst in [Azu97], Forschungen zu AR in sechs Anwendungsgebiete zusammen. Zur Visualisierung von Medizindaten, in der Wartung und Instandsetzung, Annotationen, für die Wegfindung in Robotik und für die Navigation von Militärflugzeugen. Beispielsweise können Annotationen verwendet werden um Informationen über den Inhalt von Regalen einzublenden während ein Nutzer durch ein Bibliothek läuft und nach bestimmten Büchern sucht. Auch können Annotationen in AR verwendet werden um einzelne Bauelemente an komplexen Bauteilen zu identifizieren und Informationen über diese zu visualisieren. 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 zum Beispiel Schritt für Schritt Anleitungen direkt am physischen Produkt visualisiert werden. Durch Animationen können diese Anleitungen 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 der Technologie Internet of Things

(IOT) können Unternehmen, zustands-bezogene Informationen zu Ihren Systemen bei Endkunden abrufen und proaktiv Ihre Kunden auf notwendige Wartungen am physischen System, aufmerksam machen. Wartungsanleitungen können dann direkt an den Analgen angezeigt werden sodass Endkunden diese selbständig durchführen können.<sup>2</sup>

[Tön10] 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 der Positionsbestimmung und das Rendern der virtuellen Objekte Zeit in Anspruch nimmt, werden diese mit einer kleinen Verzögerung angezeigt. Dies kann auch wenn es sich nur um einige Millisekunden handelt zu einem so genannten Schwimmeffekt führen (en. Lag). Mit der See Through Display Technik, wird die reale Welt dem Nutzer als ein Video angezeigt 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 werden. Zudem wird mit dieser Technik je nach Auflösung der Kamera die reale Welt mit verringerter Qualität angezeigt. [ST16, S. 368] Vor allem während der Kommunikation mit anderen Personen können diese Nachteile zu Problemen führen.

---

<sup>2</sup><https://www.ptc.com/-/media/Files/PDFs/Case-Studies/Howden-vuforia-studio-case-study-Feb-2019.pdf?la=en&hash=6342841E1B6470C1F313295427398606> [letzter Zugriff: 25.06.2019]

## 2.2 Objekterkennung und- Verfolgung

### 2.2.1 Markerbasiertes Tracking

### 2.2.2 Markerloses Tracking

## 2.3 Situated Visualization

### 2.3.1 (Situated Visualization) - Definition

Das zu konzipierende System soll durch den Einsatz von Augmented Reality, Kundenrückmeldungen zum Design von Produkten ermöglichen. Es sollen so Daten zum Produkt und das explorieren dieser Rückmeldungen ermöglichen. Damit dies gut gelingt ist ein gutes Verständnis von Situated Visualization erforderlich.

[ST16, S. 239] Ein großer Vorteil von Augmented Nutzeroberflächen ist, dessen Fähigkeit, Situations, Aufgaben oder Nutzer-relevante Informationen anzeigen zu können. Diesen Vorteil zunutze zu machen ist jedoch sehr davon abhängig welche Informationen in AR, in welcher Form präsentiert werden. Das Forschungsfeld Situated Visualization befasst mit der richtigen Interaktion und Präsentation von computergenerierten Grafiken in der realen Szene mit physischen Gegenständen oder Personen. [Nev15, S. 188] Situated Visualization ist die Repräsentation von Daten welche in Bezug zur physischen Umgebung stehen. Die Bedeutungsbestimmung wird durch die Kombination von Visualisierung und dessen Beziehung zu der unmittelbaren Umgebung erreicht. [ST16, S. 240] Abzugrenzen sind Visualisierungen welche zwar im 3D Raum präsentiert werden, jedoch keinen Bezug zu einer im dreidimensionalen Raum befindlichen Objekt, Person oder Aufgabe haben.

[Nev15, S. 192] [WJD, S. 2] stellen folgendes konzeptionelle Model zur Situated Visualization vor:

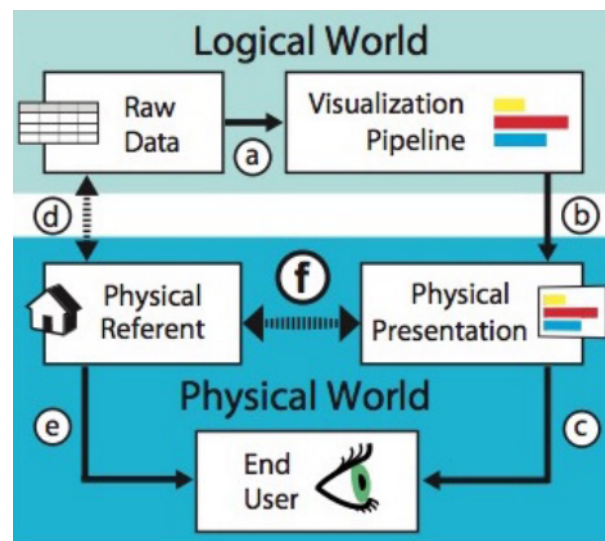


Abbildung 2.2: Konzeptionelles Modell zu SSpatially-Situated Visualization"[example\_situated\_visualization\_concept]

Dieses Modell erweitert konventionelle Visualisierung logische Welt (oben) mit der physischen (realen) Welt unten. Die durchgängig dargestellten Pfeile zeigen den Informationsfluss zwischen den einzelnen Komponenten und die gestrichelten Pfeile (d) und (f) konzeptionelle Beziehungen. Der Informationsfluss beginnt bei den Rohdaten in der oberen linken Ecke der Darstellung. Die Rohdaten durchlaufen den Visualisierungs-Pipeline und werden in eine vom Menschen besser interpretierbare visuelle Form umgewandelt (a -> b). Die Visualisierungs-Pipeline wird weiter unten genauer vorgestellt. Die Beziehung zwischen logischer und physischer Welt wird mit zwei Beziehungen hergestellt (b und d). Die physische Präsentation der Daten (b) stellt die Präsentation der Daten in visueller Form in der Realen Welt dar. Zum Beispiel könnte dies eine Auflistung, ein Diagramm oder ähnliches sein. Die zweite Beziehung ist die zwischen den Rohdaten und den physischen Referenten. Diese Beziehung ist konzeptionell, da Datensätze sich auf mehrere unterschiedliche Referenten beziehen können. Manche Referenten produzieren selbst Daten (z. Bsp. mit Sensoren), dies ist jedoch nicht immer der Fall. Der Grad, in wie weit der physische Referent und die physische Präsentation gleichzeitig wahrgenommen werden können, hängt von dem räumlichen Abstand zwischen diesen beiden ab. Ein Kaufinteressent könnte sich zum Beispiel Informationen zu einem Haus, Zuhause auf seinem Laptop ansehen und hätte keine Möglichkeit, die Informationen zu dem Haus und das Haus selbst zur gleichen Zeit zu sehen. Er könnte aber auch vor dem Haus stehen und sich die Informationen zu dem Haus auf dem Bildschirm seines Smartphones anschauen. Oder die Informationen zu dem Haus könnten auf einem Schild, auf dem Haus platziert sein. Je näher die physische

Präsentation und der physische Referent räumlich zusammen sind, desto stärker ist der Grad, der räumlichen SSituatedsein.

[Nev15, S. 194] da Distanzen jedoch relativ zu Größe von Objekten wahrgenommen werden, kann die physische und die wahrgenommene Distanz zwischen dem Physischen Referenten und der Physischen Präsentation stark voneinander abweichen. Wenn beide Objekte zum Beispiel nur wenige cm groß sind, kann ein Abstand von einem Meter sehr groß erscheinen, während der gleich Abstand für sehr großes Objekt sehr wie ein Berg in einer Landschaftsansicht zum Beispiel sehr klein erscheint.

[WJD] neben der räumlichen Distanz kann auch die zeitliche Distanz zwischen dem Physischen Referenten und der physischen Präsentation betrachtet werden. Die zeitliche Distanz ist die zeitliche Abweichung zwischen den Daten die dem aktuellen Zustand am physischen Referenten entspricht, und den Daten welche in der Physischen Präsentation visualisiert werden. Betrachtet man zum Beispiel Temperaturwerte die ein Temperatursensor an einem physischen Objekt anzeigt und es wird der aktuell gemessene Wert angezeigt gibt es keine zeitliche Distanz. Wird jedoch ein historischer Wert angezeigt oder eine Vorhersage, kann die zeitliche Distanz größer oder kleiner sein.

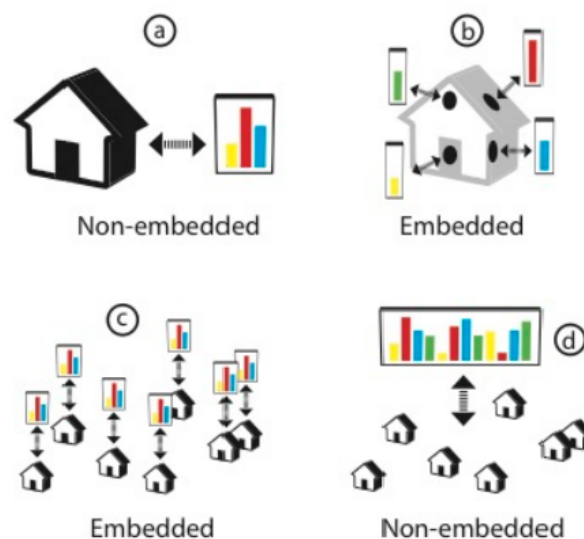


Abbildung 2.3: Eingebettete Visualisierung [example\_embedded\_visualization\_concept]

[Nev15, S. 195] Eingebettete Visualisierungen (Embedded Visualization) sind situationsbezogene Visualisierungen, welche sehr stark in die physische Umgebung integriert sind.

Besteht ein Produkt, beispielsweise eine Brille, aus mehreren Einzelteilen, (z. Bsp. Rechter/Linker Glas, Rahmen, Nasenflügel, Schraube A usw.) und die Daten zu dieser Brille werden

neben oder über der Brille visualisiert, gilt die Visualisierung situationsbewusst jedoch nicht als eingebettet. Werden hingegen Teile der Daten welche Einzelteile des physischen Gegenstands betreffen direkt an den Einzelteilen visualisiert, gilt die Visualisierung als eingebettet (embedded).

Abbildung 2.3 zeigt eingebettete und nicht eingebettete (Situating) Visualisierungen. [Kim Marriott et. al Seite 202] zeigen am Beispiel eines Hauses, als physischen Referenten, wie eine Visualisierung die Eigenschaft eingebettet zu sein ändern kann. Wird wie am oberen Beispiel die Daten zu einem Haus in einer Visualisierung am Haus nahe des Hauses visualisiert, gilt die Visualisierung als "Situating" jedoch nicht eingebettet (a). Werden jedoch die Daten welche einzelne Elemente des Hauses betreffen direkt am betreffenden Einzelement visualisiert, gilt die Visualisierung als eingebettet (b). Betrachtet man jedoch eine Visualisierung zu mehreren Häusern (z. Bsp. ein Bezirk) und wird aus einer nicht eingebetteten Visualisierung wie in a, eine eingebettete Visualisierung wie in (c) abgebildet.

Eingebettete Visualisierung geht davon aus dass mehrere Teil-Visualisierungen zu jeweiligen physischen Referenten entsprechen. Befinden sich in einem Haus beispielsweise mehrere Steckdosen und der Stromverbrauch für jede Steckdose wird jeweils direkt an jeder Steckdose direkt visualisiert, gilt die Visualisierung als eingebettet. Gibt es in dem Haus jedoch nur eine einzige Steckdose, gilt die Visualisierung nicht mehr als eingebettet.

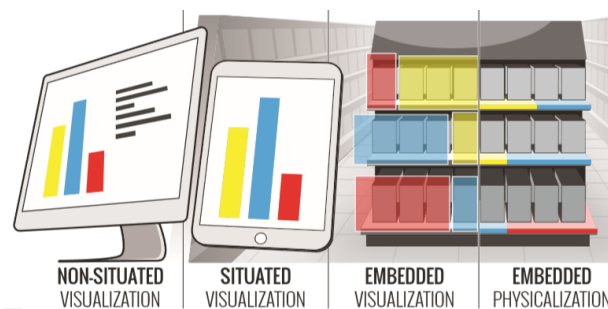


Abbildung 2.4: Illustration mit unterschiedlichen Visualisierungen am Beispiel von Produkten in einem Supermarkt-Regal [Illustration Visualisierungen]

Mit der Illustration in Abbildung 2.4 zeigen [WJD] am Beispiel von Produkten welche in einem Supermarkt, in einem Regalen platziert sind, die Eigenschaften von unterschiedlichen Visualisierungen und die damit verbundenen Vor- und Nachteile der jeweiligen Visualisie-

rungsart.<sup>3</sup> Der Vorteil von Non-Situated Visualisierungen (Abbildung 2.4 ganz links), ist dass diese flexibler hinsichtlich Standort der Nutzung und Hardwareanforderungen gestaltet werden können. Mit einer Desktop Anwendung kann zum Beispiel die Marktleiterin des Supermarktes Informationen zu sämtlichen Produkten im Markt Visualisieren und ein Überblick erhalten, welche Produkte einen großen Umsatz haben und wie dies über Zeit und Saison variiert. Diese Form der Visualisierung kann je nach dem wo sich die Marktleiterin befindet mehr oder weniger SSituatedßein. Schaut sie sich die Visualisierung zum Beispiel in einem vom Verkaufsraum abgetrennten Büro an, ist sie nicht in der Lage, die im Verkaufsraum platzierten Produkte und die Visualisierung gleichzeitig zu betrachten. Die Visualisierung wäre somit Non-Situated. Möchte sie sich die Beziehung zwischen der physischen Platzierung der Produkte im Verkaufsraum und deren Umsatz ansehen ist dies nur über abstrakte Beschreibungen oder zum Beispiel mit Hilf einer Karte möglich. Steht sie jedoch im Verkaufsraum und schaut sich die Visualisierung auf einem Tablet an, ist die Visualiseirung Situated (Abbildung 2.4 zweite von links)). Auf diese Weise ist es ihr möglich, den Verkaufsraum und die Visualisierung gleichzeitig zu betrachten. Sie kann so eine Beziehung zwischen Verkaufszahl von bestimmten Produkten in Abhängigkeit ihrer Platzierung im Verkaufsraum implizit herstellen.

Auf diese weise ist sie in der Lage, eine Beziehung zwischen der Positionierung der Produkte im Verkaufsraum und den vorhanden Daten in der Visualisierung herzustellen. Die Daten im Kontext zur unmittelbaren Umgebung der betreffenden Produkte zu betrachten und vor allem zu überprüfen wird auf diese weise jedoch nicht möglich sein. Wenn zum Beispiel in einem bestimmten Bereich im Verkaufsraum der Umsatz für bestimmte Produkte über die vergangen Monate zurück gegangen ist kann Sie einige nicht erfasste Informationen/ Zustände, nicht sehen (Zum Beispiel eine zu schwache Beleuchtung, starker Geruch, Windzug, usw.). Dies wird mit Embedded Visualisierung ermöglicht ((Abbildung 2.4 dritte von links)).<sup>4</sup>

[WJD]Eine Möglichkeit, um Daten im Kontext zu physischen Objekten zu visualisieren, ist auch über die Verwendung von so genannten Faksimiles möglich. Diese sind detailgetreue skalierbare Nachbildungen von Objekten, oder eine Instanz eines Objektes welche durch eine bestimmte Klasse oder Model klar definiert ist. Ein Faksimile wird für gewöhnlich verwendet, falls die Visualisierung am echten physischen Referenten schwierig bis unmöglich ist. Wenn diese zum Beispiel sehr klein (z.Bsp. Atome), sehr groß (z Bsp. ein Flussverlauf) zu Entfernt (z. Bsp: auf einem anderen Planeten) oder sehr fragil bzw. wertvoll sind (z. Bsp.

---

<sup>3</sup><http://yvonnejansen.me/embedded>

<sup>4</sup>(Abbildung 2.4 dritte von links) zeigt eine pysikalisierte Visualisierung.



ein Gemälde). In solchen Begebenheiten kann die Nutzung von Faksimiles die räumliche Distanz zum betrachtenden Objekt reduzieren und es zugänglicher machen. Ein Faksimile kann in manchen Fällen wie der eigentlichen physische Referent betrachtet werden. Vor allem wenn dieser in ausreichender detailgetreue den eigentlichen Referenten nachbildet. Die Nutzung von Faksimiles verringert jedoch oft die Möglichkeit für den Betrachter, den eigentlichen Referenten zu verändern oder wichtige Details zu betrachten. Dies kann durch den Einsatz von Telepräsenz und Teleoperation kompensiert werden.<sup>5</sup>

### 2.3.2 (Situating Visualization) - Techniken und Herausforderungen

Situating Visualization

Tabelle 2.1: Situatedness vs. Analytic Level

Situatedness	Analytic Level Low	Analytic Level High
High	Situation Awareness	Situating Analytics
Low	Information Displays/ Ambient Displays	Visual Analytics/ Traditional Analytics

Data Overlay

## 2.4 Computerunterstützte Kollaboration

Durch die Verwendung des zu entwickelnden Systems, sollen zum einen Anwendungsszenarien unterstützt werden, in welchen Nutzer, Rückmeldungen zur Gestaltung von Produkten kommunizieren können, zum anderen soll anderen Nutzern ermöglicht werden diese Rückmeldungen zu explorieren. Diese Kommunikation soll eine Kollaboration von mehreren Nutzern, mit dem Produkt im Mittelpunkt zu ermöglichen, und zum Ziel haben, die Qualität der Produkte und die damit Verbundene Kundenzufriedenheit zu verbessern.

---

<sup>5</sup>Telepräsenz ist eine Form von Videokonferenz und beschreibt die Möglichkeit, virtuell an realen, entfernten Orten Präsent zu sein. Siehe: <https://www.itwissen.info/Telepraesenz-telepresence.html> [Zuletzt aufgerufen am: 28.06.2018]

In der computerunterstützten, kooperativen Zusammenarbeit (en. Computer-Supported Cooperative Work (CSCW)) ist eine Kategorisierung, die Tom Rodden [Rod92, S. 2] beschreibt, sehr verbreitet.

Rodden betrachtet bei dieser Kategorisierung zwei Dimensionen in der Kommunikation zwischen Nutzern. Die räumliche Distanz zwischen den Nutzern und die zeitliche Differenz im Nachrichtenaustausch, und macht eine Unterteilung in Remote oder Co-Located und Synchron oder Asynchrone Kommunikation.

Schmalstieg und Höllerer [ST16] beschreiben mit dieser Unterteilung als Grundlage, mögliche Anwendungsgebiete für AR Systeme (Siehe Tabelle 2.2).

Betrachtet man die zeitliche Dimension, können mehrere Nutzer zur gleichen Zeit (synchron) miteinander kommunizierender oder zu unterschiedlichen, also (asynchron/ also zeitlich unabhängig voneinander) kommunizieren. Die räumliche Dimension gibt Aussage darüber ob sich die Nutzer während der Kommunikation am gleichen Ort befinden (Co-located) oder entfernt voneinander sind (Remote).

[Nev15, S. 188] beschreiben eine weitere Form, welche eine Mischform Remote und Co-located darstellt. Bei dieser Form von Kollaboration kann ein Teilmenge der Nutzer sich am gleichen Ort befinden, während ein anderer Teil, entfernt, also (Remote) mittels Telepräsenz an der Kommunikation teilnehmen kann. [ST16] In co-located und synchronen Anwendungsszenarien, wo alle Nutzer sich zur gleichen Zeit am gleichen Ort befinden (z. Bsp. ein Meeting), kann Augmented Reality Reality, den Nutzern dabei helfen, Informationen

Tabelle 2.2: Kategorisierung Computer unterstützter Kooperationssysteme in Bezug zu AR

	<b>Co-located</b>	<b>Remote</b>
<b>Synchronous</b>	AR shared space	AR telepresence
<b>Asynchronous</b>	AR annotating/ browsing (in-situ)	Generic sharing

AR annotation browsing (in-situ).

[Rodden seite 20] The general model adopted by these systems is that of asynchronous co-operation with each user working independently on a portion of the document. Reviews and comments are added to the document by annotating sections of the document.

[SchmalstiegHöllerer16 Seite 362] Asynchronous AR is less frequently utilized. The most important use case in this category is the annotation of a physical environment by one user and later in situ browsing or editing of the annotations by another user. You might think of this application as a sort of virtual graffiti.

However, distributed asynchronous collaboration involves capturing input from people at different times and different places and so can provide some unique benefits. For example, Benbunan-Fichtel al. found that asynchronous collaboration can produce broader discussions and more complete reports from group discussions than their face-to-face counterparts [9]. Other benefits include enabling people to contribute whenever they have time to provide input [104], they can work on the part of the problem that they feel most qualified to address [129], and can combine information from a variety of sources [52].

## 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 nutzenorientierte Gestaltung und Entwicklung von Systemen vorgestellt und abschließend Methoden für Usability Tests und Evaluierung erläutert.

### 2.5.1 (Usability) - Definition

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."

[MichaelRichter2016; MaryBethRossonJohnM.CarrollDianeD.Cerra2002] 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 [RF16] an einem konkreten Beispiel für die Erfassung von Kurznachrichten (SMS)

mit dem Aufkommen von Mobiltelefonen. Bevor Smartphones mit Touch-Displays 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 zu 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 Ansatz eine hohe Usability auf.

[Nie94; HS12] Oft wird Usability auf die Eigenschaft eines Systems reduziert besonders benutzerfreundlich (en. User- friendly) zu sein. Der Begriff Usability umfasst jedoch mehr Aspekte.

[Nie94] 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, verschiedenartige Bedürfnisse. Ein System welches zu einem Benutzer freundlich erscheint, könnte unter Umständen von einem anderen Nutzer als lästig empfunden werden.

Nielsen Unterteilt Akzeptanzkriterien für ein Systems 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 sind. [Spi16, S. 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. <sup>6</sup>

Als praktische Kriterien führt er Eigenschaften wie Kosten, Kompatibilität, Zuverlässigkeit sowie Nutzbarkeit auf. Die Eigenschaft Benutzbarkeit 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.

---

<sup>6</sup>Umstellung von Nackt- Körperscannern auf alternative System wegen fehlender Nutzerakzeptanz: <https://www.wired.com/2013/01/tsa-abandons-nude-scanners/> [Zuletzt aufgerufen am: 26.06.2019]

Die Eigenschaft Geruchstauglichkeit gliedert er in folgende fünf 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 zufriedengestellt werden während sie das System nutzen.)

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

- Aufgabenangemessenheit <sup>7</sup>
- Selbstbeschreibungsfähigkeit
- Steuerbarkeit
- Erwartungskonformität
- Fehlertoleranz
- Individualisierbarkeit
- Lernförderlichkeit

---

<sup>7</sup>Beispiele für Aufgabenangemessenheit ab Seite 5: [https://www.medien.ifi.lmu.de/lehre/ss16/id/ISO\\_9241-10.pdf](https://www.medien.ifi.lmu.de/lehre/ss16/id/ISO_9241-10.pdf) [zuletzt aufgerufen am: 26.06.2019]

## 2.5.2 Usability Engineering

[RF16] 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 nutzenorientierte Methoden für die Entwicklung von Technologien und neuen Anwendungen verfolgen.

[Ros02] Als eine dieser Fachrichtungen wurde die Fachrichtung Usability 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 stetig überprüfen zu können um sicherstellen zu können dass diese erreicht werden.

Nielsen beschreibt in [Nie94] folgende Phasen im Lebenszyklus von Projekten mit Software Engineering Methoden.

Analyse der Nutzer, 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 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 aber auch Endkunden oder Personen 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 Produkte die in einer bestimmten Abteilung eines bestimmten Unternehmens eingesetzt werden sollen. Schwieriger ist es hingegen für Produkte welche von einer breiteren Menge von Nutzern genutzt werden soll. Es sollten Eigenschaften von Nutzern studiert werden welche für das Nutzen des Systems relevant sein könnten wie zum Bsp. Wieviel Erfahrung hat der Nutzer in Verwendung 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 Nutzeroberfläche zu bestimmen.

Sobald die Nutzer identifiziert und deren 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 im Bezug auf die zu lösende Aufgabe, verwendeten Terminologien notiert werden. Diese können später als eine Quelle für Metapher bei der Gestaltung der neuen Nutzeroberfläche 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 benötigt um das neue System flexibel genug und offen für neue Anforderungen gestalten zu können welche in der Zukunft auftreten könnten.

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 Produktrezessionen kann in dieser Phase auch hilfreiche Informationen über bestehende Systeme geben.

Usability Ziele setzen:

Wie im Abschnitt 2.5.1 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 Produktbewertungen**



# 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 Indentifikation von Nutzern und Anwendungsfällen**

Personas

Szenarien

Use Cases

User Stories

### **4.2.3 Qualitätskritärien 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

2.1	Beispiel an Digitalkamera. Kameraeinstellungen überlagern zwar die Realität, haben jedoch keinen Bezug im dreidimensionalen Raum. Der elektronische Sucher hingegen hat ein Bezug im dreidimensionalen Raum und ist interaktiv [ <b>Beispiel Digitalkamera</b> ] . . . . .	4
2.2	Konzeptionelles Model zu SSpatially-Situated Visualization"[ <b>example_situated_visualization</b> ]	
2.3	Eingebettete Visualisierung [ <b>example_embedded_visualization_concept</b> ]	8
2.4	Illustration mit unterschiedlichen Visualisierungen am Beispiel von Produkten in einem Supermarkt-Regal [ <b>Illustration Visualisierungen</b> ] . . .	9



# Tabellenverzeichnis

2.1	Situatedness vs. Analytic Level . . . . .	11
2.2	Kategorisierung Computer unterstützter Kooperationssysteme in Bezug zu AR . . . . .	12

# Source Code Content

# Literaturverzeichnis

- [Azu97] Ronald T. Azuma. „A Survey of Augmented Reality“. 1997. URL: <https://www.cs.unc.edu/~%7B~%7Dazuma/ARpresence.pdf>.
- [HS12] Rex Hartson und Pardha S. Payla. *The UX Book*. 2012, S. 937. ISBN: 978-0-12-385241-0.
- [Nev15] ElSayed Neven A. M. u. a. „Using Augmented Reality to Support Situated Analytics“. In: *IEEE Virtual Reality Conference 2015*. 2015, S. 2. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=%7B%5C%7Darnumber=7223352%7B%5C%7Dtag=1>.
- [Nie94] Jakob Nielsen. *Usability Engineering*. 1994, S. 362. ISBN: 0125184069. URL: <https://books.google.de/books?hl=de%7B%5C%7Dlr=%7B%5C%7Ddid=DB0owF7LqIQC%7B%5C%7Ddoi=fnd%7B%5C%7Dpg=PP1%7B%5C%7Ddq=usability%7B%5C%7Dots=B15aU0FUCN%7B%5C%7Dsig=8apn%7B%5C%7D0ZCNfu%7B%5C%7DnHbGpjnUGKTgyjY%7B%5C%7Dv=onepage%7B%5C%7Dq=usability%7B%5C%7Df=false>.
- [RF16] Michael Richter und Markus Flückner. *Usability und UX kompakt Produkte für Menschen*. 2016, S. 219.
- [Rod92] Tom Rodden. „A Survey of CSCW Systems“. 1992. URL: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.39.8704%7B%5C%7Drep=rep1%7B%5C%7Dtype=pdf>.
- [Ros02] Mary Beth Rosson u. a. *Usability Engineering: Scenario-Based Development of Human-Computer*. 2002. ISBN: 1-55860-712.9. URL: <https://books.google.de/books?hl=de%7B%5C%7Dlr=%7B%5C%7Ddid=sRPg0IYhYFYC%7B%5C%7Ddoi=fnd%7B%5C%7Dpg=PP2%7B%5C%7Ddq=usability+engineering%7B%5C%7Dots=mHJu6hTEKM%7B%5C%7Dsig=s2jBLnfM3jymlx7Sm0NhjV3%7B%5C%7Dl1j0%7B%5C%7Dv=onepage%7B%5C%7Dq=usability%20engineering%7B%5C%7Df=false>.

- 
- [Spi16] Sarah Spiekermann. *Ethical IT Innovation*. 2016, S. 257. ISBN: 978-1-4822-2635-5.
- [ST16] Dieter Schmalstieg und Höllerer Tobias. *Augmented reality: principles and practice*. 2016, S. 496. ISBN: 978-0-321-88357-5.
- [Tön10] Marcus Tönnis. *Augmented Reality Einblicke in die Erweiterte Realität*. 2010, S. 199. ISBN: 978-3-642-14178-2.
- [WJD] Wesley Willett, Yvonne Jansen und Pierre Dragicevic. „Embedded Data Representations“. URL: <http://yvonnejansen.me/articles/VIS2016%20-%20Embedded%20Data%20Representations.pdf>.

# 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