



**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: 07.09.2019

## **Zusammenfassung**

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

[...]

## **Abstract**

[...]

# 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 . . . . .	2
<b>2</b>	<b>Grundlagen</b>	<b>3</b>
2.1	Augmented Reality . . . . .	3
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 . . . . .	12
2.5	Usability . . . . .	13
2.5.1	(Usability) - Definition . . . . .	13
2.5.2	Usability Engineering . . . . .	16
2.5.3	Personas . . . . .	20
<b>3</b>	<b>Analyse</b>	<b>21</b>
3.1	Stand der Technik . . . . .	21
3.1.1	Objekterkennung mit Augmented Reality Frameworks . . . . .	21
3.1.2	Selektion in 3D Benutzeroberflächen . . . . .	21
<b>4</b>	<b>Konzeption</b>	<b>22</b>
4.1	Nutzungskontextanalyse . . . . .	22
4.2	Anforderungsanalyse . . . . .	23
4.3	Entwurf . . . . .	27
4.3.1	Szenarien . . . . .	27

---

4.3.2	Low-Fidelity-Prototyp . . . . .	27
4.3.3	Konzeptioneller Entwurf und Klassendiagramme . . . . .	27
<b>5</b>	<b>Implementierung</b>	<b>28</b>
<b>6</b>	<b>Nutzerstudie</b>	<b>29</b>
6.1	Planung der Nutzerstudie . . . . .	30
6.1.1	Studiendesign . . . . .	30
6.1.2	Prozedur . . . . .	30
6.2	Durchführung . . . . .	30
6.2.1	Erheben der Evaluationsdaten . . . . .	30
6.2.2	Ergebnisse . . . . .	30
6.3	Folgerung . . . . .	31
6.4	Fazit der Nutzerstudie . . . . .	31
<b>7</b>	<b>Fazit</b>	<b>32</b>
7.1	Zusammenfassung . . . . .	32
7.2	Kritischer Rückblick . . . . .	32
7.3	Ausblick . . . . .	32
	<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>33</b>
	<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>34</b>
	<b>Source Code Content</b>	<b>35</b>
	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>36</b>
	<b>Anhang A</b>	<b>38</b>
A.1	Artefakte aus dem Kreativ Workshop . . . . .	38
A.1.1	Personas . . . . .	38
A.1.2	Szenarien . . . . .	38
	<b>Anhang B</b>	<b>38</b>
A.2	Nutzerstudie . . . . .	38
A.2.1	Fragebögen etc. . . . .	38
A.2.2	Erhobene Daten . . . . .	38
	<b>Eigenständigkeitserklärung</b>	<b>39</b>

# Kapitel 1

## Einleitung

### 1.1 Motivation

[...]

### 1.2 Zielsetzung

Das Ziel dieser Arbeit ist es, ein System zu konzipieren und einen Prototypen zu entwickeln, welches dem Anwender ermöglicht, Feedback an Produkten abzugeben.

Das zu konzipierende System soll zum einen Anwendungsszenarien unterstützen, in welcher Nutzer Feedbacks zu Produkten abgeben können, zum anderen soll Nutzern ermöglicht werden, diese Feedbacks auf den Produkten zu explorieren. Diese Kommunikation soll eine Kollaboration von mehreren Nutzern, mit dem Produkt im Mittelpunkt, ermöglichen und zum Ziel haben, die Qualität der Produkte und die damit verbundene Kundenzufriedenheit zu verbessern.

Die prototypische Implementierung soll sich auf die Erstellung, Bearbeitung und Löschung von Feedbacks eingrenzen. Die Feedbacks sollen auf dem physischen Produkt in Form von Annotationen dargestellt, und in einer im Web übertragbaren Format gespeichert werden. Dies soll den Zugriff auf diese Daten (z. Bsp. für die Überführung in ein Anforderungsmanagement System) über eine Schnittstelle realisierbar machen.

Nach der Implementierung des Prototypen, soll die Usability für die Erstellung, Änderung und Löschung von Feedbacks an einem durch eine Usability Studie evaluiert werden.

## 1.3 Vorgehensweise und Aufbau der Arbeit

Zunächst werden im Kapitel 2 Grundlagen näher gebracht, die für das Verständnis dieser Arbeit benötigt werden. Anschließend wird im Kapitel 3 ein Überblick über den Stand der Technik im Bereich der Augmented Reality Technologien gegeben sowie Paradigmen für die Selektion in 3D Benutzeroberflächen, für die Anwendung auf mobilen Endgeräten wie Smartphones oder Tablets analysiert.

Im Kapitel 4 wird die Konzeption des Systems beschrieben. Zunächst wird der Nutzungskontext des zu konzipierenden Systems analysiert und anschließend der Verlauf eines Kreativ Workshops beschrieben, welcher als Grundlage für die Anforderungsanalyse dient. Abschließend werden in diesem Kapitel die Anforderungen an den zu entwickelnden Prototypen beschrieben und ein Papierprototyp vorgestellt.

Basierend auf den, in den vorangegangenen zwei Kapiteln erarbeiteten Konzeption und den dort definierten Anforderungen, wird im Kapitel 5 der Verlauf für die Umsetzung des digitalen Prototypen beschrieben.

Im Kapitel 6 wird zunächst die Planung der durchzuführenden Nutzerstudie beschrieben. Dies beinhaltet die Festlegung des Studiendesigns sowie die Planung der Prozedur und die des Ablaufplans. Anschließend wird die Durchführung der Studie beschreiben sowie die Ergebnisse der erhobenen Daten vorgestellt. Zuletzt werden Folgerungen zu den aus der Studie erhobenen Daten erläutert und ein Fazit gezogen.

Abschließend wird im Kapitel 7 ein Fazit gezogen und die Arbeit zusammengefasst. Es wird in einer kritischen Rückblick erläutert [... weis noch nicht wie ich das hier beschreiben soll. Im Sinne von was hätte Rückblickend besser gemacht werden können. Wo wurden Fehler gemacht. Ohne zu sehr nach hätte, hätte Fahrradkette zu klingen ...]. Zuletzt werden mögliche Erweiterungsmöglichkeiten der Anwendung beschrieben.

# Kapitel 2

## Grundlagen

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

Nach Erläuterung Definition von Augmented Reality, werden unterschiedliche Ansätze für die Objekterkennung und Verfolgung vorgestellt. Diese sind ein essenzieller Bestandteil der Augmented Reality Technologie. Es wird 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. [Azuma.1997; 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> [Azuma.1997] Während in VR Benutzer von der äußeren Umgebung nichts mitbekommen, wird in AR

---

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

die reale Umgebung des Benutzers, mit virtuellen Objekten überlagert. Azuma beschreibt in [Azuma.1997], 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 Augmented Reality besser zu verstehen und technologisch einzuordnen. [Azuma.1997] 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. In der AR Technologie werden hingegen virtuelle Objekte live in ein Video eingefügt. Dies bedeutet, dass in Filmen für das Einfügen von digitalen Informationen in die reale Szene beliebig große Zeitspanne zur Verfügung steht. In AR muss dies in wenigen Millisekunden geschehen. Die neue Position und Ausrichtung des virtuellen Objektes in live Szene muss innerhalb einer Zeitspanne von zwei Frames bestimmt werden.

Ein anderes Beispiel für AR ist in Live-Ansichten 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.

[Azuma.1997] 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.





Abbildung 2.1: Beispielhafte Darstellung eines Digitalkamera-Display mit eingeblendeten digitalen zusätzlichen Informationen. Quelle: Eigene Darstellung

Azuma fasst in [Azuma.1997], Forschungen zu AR in sechs Anwendungsgebiete zusammen: Zur Visualisierung von Medizindaten, in der Wartung und Instandsetzung, Annotationen, für die Wegfindung in der Robotik 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 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 Anlagen angezeigt werden, sodass Endkunden diese selbständig durchführen können.<sup>2</sup>

---

<sup>2</sup>Fallstudie zur Anwendung von AR in Wartung von Industrieanlagen: <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]

[Tön10, S. 32] Für die Überlagerung der realen Welt mit virtuellen Objekten eignen sich nach heutigem Stand der Technik zwei Display Techniken, nämlich Optical See-Through und Video See-Through. Bei Optical See-Through kann der Nutzer direkt in die reale Welt blicken, wobei Computer generierte Bilder auf ein halbdurchlässiges Spiegel eingeblendet werden (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.

## **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, die Abgabe von Feedbacks zu Produkten und deren Darstellung auf den Produkten bzw. Produktteilen ermöglichen. Als eine besondere Form von Visualisierung beschäftigt sich das Feld Situated Visualization mit der Visualisierung von Daten im Kontext zu physischen Objekten.

[ST16, S. 239] Ein großer Vorteil von Augmented Reality Nutzeroberflächen ist dessen Fähigkeit, Situation, Aufgaben oder Nutzer-relevante Informationen in der realen Umgebung des Nutzers anzeigen zu können. Diesen Vorteil zunutze zu machen ist jedoch sehr davon abhängig, welche Informationen in AR, in welcher Form dargestellt werden. Das Feld Situated Visualization befasst sich mit der richtigen Präsentation von computergenerierten Grafiken in der realen Szene von physischen Gegenständen oder Personen. [Nev15, S. 188] Situated Visualization ist die Präsentation 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 von Situated Visualization, sind Visualisierungen welche zwar im 3D Raum präsentiert werden, jedoch keinen Bezug zu einem im dreidimensionalen Raum befindlichen Objekt, Person oder Aufgabe haben.

[Nev15, S. 192] [WJD, S. 2] stellen das in Abbildung 2.2 dargestellte konzeptionelle Modell zur Situated Visualization vor.

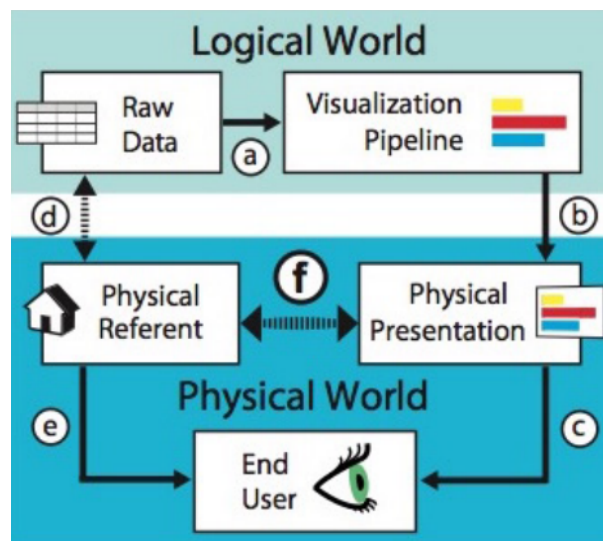


Abbildung 2.2: Konzeptionelles Modell zu Situated Visualization Quelle: [Nev15, S. 192]

Dieses Modell (siehe Abbildung 2.2) erweitert die konventionelle Visualisierung der logischen Welt (Abbildung 2.2 oberer Abschnitt) um die der physischen Welt (Abbildung 2.2 unterer Abschnitt). Die durchgängig dargestellten Pfeile (Abbildung 2.2 (a), (b), (c) und (e)) zeigen den Informationsfluss zwischen den einzelnen Komponenten, die gestrichelten Pfeile (Abbildung 2.2 (d) und (f)) die konzeptionellen Beziehungen. Der Informationsfluss beginnt bei den Rohdaten in der oberen linken Ecke der Darstellung. Die Rohdaten

durchlaufen den Visualisierungs-Pipeline und werden in ein vom Menschen besser interpretierbare visuelle Form umgewandelt (Abbildung 2.2 (a  $\rightarrow$  b)). Die Verbindung zwischen logischer und physischer Welt wird mithilfe zweier Beziehungen hergestellt (b und d). Die physische Präsentation der Daten (Abbildung 2.2 (b)) stellt die Präsentation der Daten in visueller Form in der Realen Welt dar. Dies könnte zum Beispiel eine Visualisierung in Form einer Annotation sein, welches der Betrachter durch eine Datenbrille auf einem physischen Gegenstand sieht, eine Auflistung von Daten welches auf dem Display eines Smartphones oder Tablett angezeigt wird oder ein Preisschild welches in ausgedruckter Form an ein physisches Gegenstand angebracht wurde.

Die zweite Beziehung besteht zwischen Rohdaten und physischen Referenten. Diese Beziehung ist konzeptionell, da Datensätze sich auf mehrere unterschiedliche Referenten beziehen können. Der Grad, in wie weit der physische Referent und die physische Präsentation gleichzeitig wahrgenommen werden können hängt von der räumlichen Distanz zwischen diesen beiden ab.

Der Betrachter könnte die Daten mithilfe von Augmented Reality, auf dem physischen Referenten betrachten. Der Betrachter könnte vor dem physischen Referenten stehen und die Daten zu dem Referenten auf dem Bildschirm seines Smartphones betrachten. Der Betrachter könnte aber auch räumlich entfernt vom physischen Referenten sein, sodass er diesen nicht sehen kann und die Daten auf einem Ausgabegerät wie einem Computerbildschirm betrachten.

[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 ein sehr großes Objekt, wie zum Beispiel ein Berg in einer Landschaftsansicht, zum Beispiel sehr klein erscheint.

[WJD] Neben der räumlichen Distanz muss auch die zeitliche Distanz zwischen dem aktuellen Zustand des Physischen Referenten und die der physischen Präsentation hinsichtlich dessen Aktualität betrachtet werden. Die zeitliche Distanz ist die zeitliche Abweichung zwischen den Daten die dem aktuellen Zustand des physischen Referenten entspricht, und den Daten welche in der Physischen Präsentation visualisiert werden. Werden beispielsweise Temperaturwerte die ein Temperatursensor an einem physischen Objekt anzeigt betrachtet 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 stark variieren.

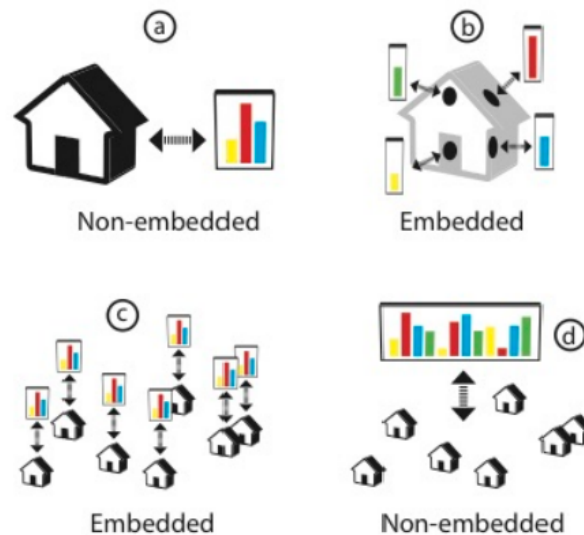


Abbildung 2.3: Embedded und Nicht-Embedded Situated Visualisierungen

[Nev15, S. 195] Embedded Visualization stellen eine besondere Art von Situated Visualization dar, welche sehr stark in die physische Umgebung integriert sind.

Abbildung 2.3 zeigt eingebettete und nicht eingebettete (Situated) Visualisierungen. [Kim Marriott et. al Seite 202] Ist ein Objekt aus mehreren Einzelteilen zusammengesetzt und die Daten zu den Einzelteilen, werden in einer Visualisierung in der Nähe des Objektes dargestellt, gilt die Visualisierung als Situated, jedoch nicht als Embedded (Abbildung 2.3 (a)). Werden die Daten zu den Einzelteilen, jeweils in der Nähe der jeweiligen Einzelteilen dargestellt, gilt die Visualisierung als Embedded (Abbildung 2.3 (b)). Ist ein, Einzelteil jedoch nur einmal in einem Produkt vorhanden (zum Beispiel ein Motor in einem Auto), gilt die Visualisierung zu diesem Einzelteil nicht als Embedded.

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

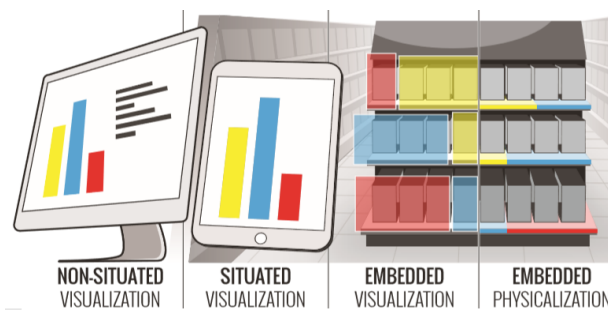


Abbildung 2.4: Illustration mit unterschiedlichen Visualisierungen am Beispiel von Produkten in einem Supermarkt-Regal

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

Der Vorteil von Non-Situated Visualisierungen (Abbildung 2.4 ganz links) ist, dass diese flexibler hinsichtlich Standort der Nutzung und Hardwareanforderungen gestaltet werden können. Der Betrachter kann sich in dieser Form der Visualisierung räumlich getrennt von den Produkten befinden und die Visualisierung auf einem beliebigen Display wie zum Beispiel einem Computerbildschirm, auf dem Display eines Smartphones oder Tablett ansehen. Der Nachteil dieser Art der Visualisierung ist jedoch dass kein direkter Bezug zwischen den angezeigten Informationen und den physischen Produkten bzw. Produktteilen hergestellt werden kann.

Am Beispiel von (Abbildung 2.4 ganz links), wäre dem Betrachter, ohne die Unterstützung einer Beschreibung der Lage wo sich die Produkte im Supermarkt befinden oder mit Hilfe einer Karte, nicht möglich, eine Beziehung zwischen der, physischen Platzierung der Produkte im Verkaufsraum und deren Umsatz herzustellen.

Situated Visualization ermöglicht dem Betrachter, Produkte bzw. Produktteile und Visualisierungen zu diesen, zur gleichen Zeit betrachten zu können. Dies bringt den Vorteil dass eine Beziehung zwischen Lage und Ausrichtung der Produkte bzw. Produktteile und den visualisierten Informationen hergestellt werden kann. Diese Form der Visualisierung erfordert jedoch, dass sich der Betrachter räumlich nahe am Produkt befindet und die Visualisierung auf einem mobilen Endgerät angezeigt wird.

Embedded Visualization ermöglichen dem Betrachter, die Visualisierung der Daten unmittelbar an den jeweiligen Produkten bzw. Produktteilen zu betrachten ohne den Blick

von diesen abwenden zu müssen. Dies bringt den Vorteil dass der Betrachter während er die Visualisierung betrachtet, seinen Blick nicht vom Produkt bzw. Produktteil abwenden muss und Informationen zur direkten Umgebung des Produktes bzw. Produktteiles wahrnehmen kann. Diese Form der Visualisierung erfordert dass sich der Betrachter vor den entsprechenden Produktteilen befindet und Ausgabetechniken verwendet werden, welche die Informationen unmittelbar an den Produktteilen anzeigen (z. Bsp. AR).

Am Beispiel von (Abbildung 2.4 zweite von rechts) ist dem möglich Betrachter Informationen zur unmittelbaren Umgebung der Produkte (zum Beispiel eine zu schwache Beleuchtung, einen unangenehm riechenden Geruch, ein Windzug, usw.) wahrzunehmen, während er die Visualisierung (welches ihm zum Beispiel zeigen könnte dass der Umsatz für diese Produkte während der vergangenen Monate zurück gegangen ist) zu diesen Produkten unmittelbar an den Produkten betrachtet.

[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 Klasse oder ein Modell klar definiert ist. Ein Faksimile wird für gewöhnlich verwendet, falls die Visualisierung am echten physischen Referenten schwierig bis unmöglich ist: Dies ist der Fall, wenn zum Beispiel sehr klein (z.Bsp. Atome), sehr groß (z Bsp. ein Flussverlauf) zu weit entfernt (z. Bsp: auf einem anderen Planeten) oder sehr fragil bzw. wertvoll sind (z. Bsp. ein Gemälde). In solchen Begebenheiten kann die Nutzung von Faksimiles die räumliche Distanz zum betrachtenden Objekt reduzieren und es damit zugänglicher machen. Ein Faksimile kann wenn diese mit ausreichender detailgetreue nachgebildet ist wie der eigentlichen physische Referent betrachtet werden. Die Nutzung von Faksimiles verringert jedoch, die Möglichkeit für den Betrachter, den eigentlichen Referenten zu verändern oder wichtige Details zu betrachten. Dies kann durch den Einsatz von Telepräsenz<sup>3</sup> werden.

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

#### Situating Visualization

---

<sup>3</sup>Telepräsenz ist eine Form von Videokonferenz und beschreibt die Möglichkeit, virtuell an entfernten Orten Präsent zu sein. Siehe: <https://www.itwissen.info/Telepraesenz-telepresence.html> [Zuletzt aufgerufen am: 28.06.2018]

Data Overlay

## 2.4 Computerunterstützte Kollaboration

Durch die Verwendung des zu entwickelnden Systems, sollen Anwendungsszenarien unterstützt werden, in welchen Nutzer, über Feedbacks auf Produkten bzw. Produktteilen kommunizieren können. 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.

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

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

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

[Nev15, S. 188] beschreiben darüber hinaus eine Mischform von Remote und Co-located Kommunikation. Bei dieser Form von Kollaboration können eine Teilmenge der Nutzer sich am gleichen Ort befinden, während ein anderer Teil entfernt, also (Remote), mittels Telepräsenz an der Kommunikation teilnehmen.

Schmalstieg und Höllerer [ST16] beschreiben auf Grundlage dieser Unterteilung mögliche Anwendungsgebiete für AR Systeme (Siehe Tabelle 2.1).

[ST16] In Co-Located und synchronen Anwendungsszenarien (z. Bsp. eine Besprechung in einem Besprechungsraum), können Augmented Reality Anwendungen, die Nutzern dabei unterstützen, Informationen im gemeinsamen Raum zu betrachten zu manipulieren und zu diskutieren.



In Remote und synchronen Szenarien können AR-Systeme es ermöglichen dass ein Nutzer (Nutzer 1), einem anderen Nutzer (Nutzer 2 welcher räumlich getrennt von Nutzer 1 befindet), Informationen über dessen reale Umgebung zu zeigen kann (z. Bsp. Installations- oder Reparatur-Anleitungen). <sup>4</sup>

Tabelle 2.1: Kategorisierung Computer unterstützter Kooperationssysteme mit Bezug zu AR.

Quelle: [ST16, S. 362]

	<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

[ST16, S. 362] Zu den Anwendungsszenarien für asynchrone Kommunikation in AR Anwendungen zählt das Erstellen von Annotationen in der physischen Umgebung und das spätere, an Ort und Stelle, Durchforsten und Bearbeiten dieser Annotationen durch andere Nutzer.

## 2.5 Usability

Nach der Implementierung eines digitalen Prototypen, soll im Rahmen einer Nutzerstudie die Usability (dt. Benutzbarkeit) des Prototypen evaluiert werden. Daher wird in diesem Abschnitt, die Definition von Usability näher betrachtet. Anschließend wird ein Einblick in Usability Engineering gegeben welches eine etablierte Herangehensweise für die Gestaltung und Entwicklung von Systemen mit hohen Usability Anforderungen ist.

### 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 (zu dt. Benutzbarkeit) wie folgt definiert:

---

<sup>4</sup>Ein AR App der Firma PTC welches Nutzern über eine synchronen Kommunikation, Informationen in die Umgebung des jeweils anderen einzublenden: <https://www.ptc.com/de/news/2017/vuforia-chalk> [Zuletzt aufgerufen am 21.08.2019]

*“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.“*

Dass die Usability eines Systems nach dessen Nutzungskontext zu bewerten 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 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 dieser Ansatz für den damaligen Stand der Technik eine hohe Usability auf.

Nielsen stellt [Nie94] Akzeptanzkriterien für ein Systeme vor und stellt Usability als eine Teilmenge die dieser Kriterien vor. Akzeptanzkriterien unterteilt er in soziale und praktische Kriterien.

Soziale bzw. ethische Akzeptanzkriterien sind solche, welche die Nutzer von der Nutzung eines Systems abhalten, auch wenn praktische Akzeptanzkriterien sehr gut erfüllt werden.

Um die gewünschte Funktionalität zu ermöglichen, werden mit Augmented Reality Anwendungen viele Informationen über die Umgebung des Nutzers erhoben.[RTM13, S. 3] Es wird auf die Kamera, gegebenenfalls auf den Lautsprecher sowie verschiedene Sensoren wie z. Bsp. den Gyroskop, Accelerometer usw. zugegriffen. Dies birgt Risiken dass diese Daten missbräuchlich genutzt, gestohlen und die Privatsphäre von Nutzern verletzt werden können. [Tem12, S. 9] Die Studie PlaceRaider beweist, dass mithilfe von Kamera und Sensordaten eines Smartphones die Umgebung des Nutzers detailliert genug rekonstruiert werden kann, um sensible Informationen wie z. Bsp. Kontodaten auf einem Kontoauszug ablesen zu können. [RTM13; Leb18] stellen weitere Risiken für die Beeinträchtigung der Privatsphäre von Nutzern vor welche als soziale Akzeptanzkriterien bei der Gestaltung von Augmented Reality Systemen beachtetet werden sollten.

Unter den praktischen Kriterien sowie Usability (zu dt. Benutzbarkeit) auf. Die Eigenschaft Benutzbarkeit gliedert er in die Eigenschaften Nützlichkeit (en. Utility) und Gebrauchstauglichkeit (en. Usability) auf. Unter Utility (zu dt. Nützlichkeit) ist zu verstehen ob

ein System mit den Funktionalitäten die es bereitstellt in der Lage ist, die Aufgabe zu erfüllen wozu sie konzipiert wurde.

Die Eigenschaft Benutzbarkeit gliedert Nielsen in folgende fünf Teileigenschaften:

- Einfach zu erlernen.
- Effizient in der Nutzung.
- Leicht zu merken. (Ein Nutzer welcher das System bereits einmal verwendet hat, sollte in der Lage sein nach einer längeren Pause das System nutzen zu können ohne es erneut erlernen zu müssen.)
- Wenig Fehler. (Das System sollte während der Nutzung zu möglichst wenig Fehler führen. Im Falle das Fehler auftreten, sollte es möglich sein dass sich das Systems von diesen Fehlern erholt sodass die Nutzung des Systems 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>5</sup>
- Selbstbeschreibungsfähigkeit
- Steuerbarkeit
- Erwartungskonformität
- Fehlertoleranz
- Individualisierbarkeit
- Lernförderlichkeit

---

<sup>5</sup>Beispiele für Aufgabenangemessenheit ab Seite 5: [https://www.medien.ifl.lmu.de/lehre/ss16/id/ISO\\_9241-10.pdf](https://www.medien.ifl.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, S. 14] 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, die 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] Phasen den Entwurf und Entwicklung von Software Projekte mit der Anwendung von Usability Engineering Methoden durchlaufen. Im folgenden werden einige dieser Phasen zusammenfassend erläutert:

### Benutzerprofile

[Nie94, S. 73] In dieser Phase der Usability Engineering werden alle Nutzer identifiziert, die mit dem zukünftigen System in Berührung kommen werden. Als Nutzer werden Personen verstanden welche mit dem System oder mit Artefakten die durch Systems entstehen in Berührung kommen werden. Dies kann Personen beinhalten welche das System installieren, konfigurieren, warten, administrieren sowie Endnutzer des Systems oder aber auch Personen die das System selbst nicht nutzen jedoch Ergebnisse die durch das System entstehen erhalten werden. In einigen Fällen, ist es einfacher potenzielle Nutzer eines neuen Systems zu identifizieren und deren Charakteristiken zu analysieren. Dies ist der Fall wenn Produkte für eine ganz bestimmte Nutzergruppe vorgesehen sind. Zum Beispiel für Produkte welche in einer bestimmten Abteilung eines Unternehmens in Einsatz kommen sollen. Schwieriger ist die Analyse von Nutzern hingegen für Produkte welche von einer breiteren Menge von Nutzern genutzt werden sollen.

Folgende Informationen sollten über die Nutzer erhoben und analysiert werden: Der Erfahrungsstand des Nutzers (z Bsp. in Verwendung von solchen Systemen und Endgeräten), Bildungsstand, Alter des Nutzers, Arbeitsumgebung, Lebensumstände, usw. Dieser Schritt

ist wichtig um die Lernfähigkeit von Nutzern besser einschätzen zu können und so Kriterien für die Komplexität der Nutzeroberfläche zu bestimmen.

### **Aufgabenanalyse**

[Nie94, S. 75] Sobald die Nutzer identifiziert und deren Eigenschaften sowie 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 (engl. Workarounds anwenden). Zudem sollten die im Bezug auf die zu lösende Aufgabe, verwendeten Terminologien festgehalten werden. Diese können später als eine Quelle für Metapher bei der Gestaltung der neuen Nutzeroberfläche verwendet werden.

[Nie94, S. 77] 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.

[Nie94, S. 78] Zuletzt werden in dieser Phase Möglichkeiten erforscht wie sich das Nutzungsverhalten der Nutzer über die Zeit, 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.

### **Analyse bestehender Produkte**

[Nie94, S. 78] In dieser Phase werden bestehende Produkte mit ähnlichem Aufgabenfeld 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 "Benutzerprofile" zusammengetragen wurden, wird in dieser Phase analysiert wie gut die Funktionalitäten und Interaktionstechniken bestehender Systeme die Nutzer bei der Umsetzung ihrer Aufgaben unterstützen. Zusätzlich können technischen Produktrezessionen in dieser Phase auch hilfreiche Informationen über bestehende Systeme geben.

Da nicht alle Aufgaben bereits eine Software Lösung existiert, schließt Nielsen in dieser Phase die Betrachtung von Lösungen welche nicht aus dem Software bzw. Computer Bereich stammen ein.

### **Usability-Ziele festlegen**

Wie im Abschnitt 2.5.1 beschrieben, setzt sich die Usability eines Systems nicht nur aus einer Eigenschaft zusammen sondern gliedert sich in mehrerer Teileigenschaften wie Erlernbarkeit, Fehlertoleranz usw. [Nie94, S. 79] Oft ist es nicht möglich alle Usability Kriterien mit gleicher Gewichtung zu priorisieren. In dieser Phase werden auf Grundlage der erstellten Benutzerprofile sowie der Aufgabenanalyse, Prioritäten für die einzelnen Usability Eigenschaften definiert.

Dafür werden die Usability Eigenschaften 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 und Szenarien**

[Nie94, S. 93] Die Implementierung eines Systems sollte nicht auf Basis der Gestaltung von Benutzeroberflächen in den frühen Phasen der Konzeption stattfinden. Stattdessen können Prototypen in den frühen Phasen eingesetzt werden. Auf diese Weise können, Zeit und kostensparend Prototypen des finalen Systems in den frühen Gestaltungsphasen evaluiert werden. Prototypen lassen sich in zwei Dimensionen unterteilen (Abbildung 2.5):

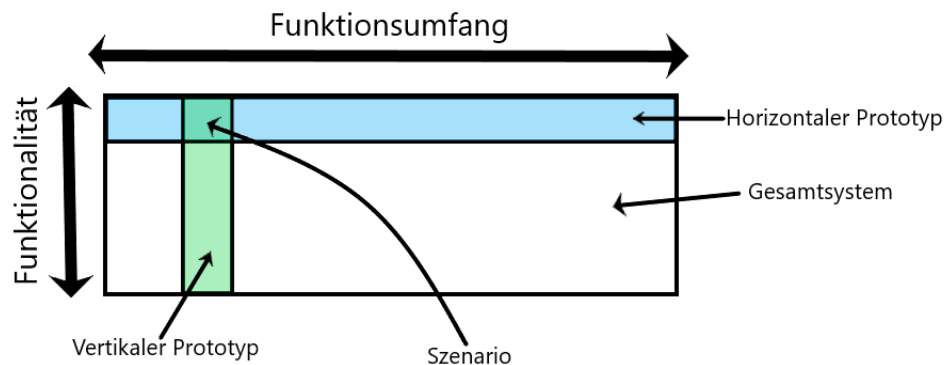


Abbildung 2.5: Schematische Darstellung von horizontalen und vertikalen Prototypen.  
Quelle: In Anlehnung an [Nie94, S. 94]

In die horizontale Dimension haben Prototypen einen breiteren Funktionsumfang beinhalten jedoch wenig bis keine Funktionalität. Horizontale Prototypen eignen sich sehr gut um ein Überblick über den Funktionsumfang des Systems zu gewinnen. Jedoch wirken Test Szenarien mit diesen Prototypen eher unrealistisch da durch die fehlende Funktionalität keine Aufgaben mit den Funktionen die der Prototyp bereitstellt gelöst werden können. Sind Prototypen in die vertikale Richtung gestaltet, sind sie in der Funktionsumfang eingeschränkt bieten jedoch mehr Funktionalität. Diese Prototypen eignen sich sehr gut um besondere Aspekte eines Systems in aller Tiefe zu beleuchten. Dadurch eignen sich diese Prototypen sehr gut um bestimmte Funktionen möglichst in die Tiefe, unter realistischen Umständen zu testen und richtigen Aufgaben zu lösen.

Szenarien beschreibt Nielsen in [Nie94, S. 99] als minimalistische Prototypen welche die Einschränkungen von horizontaler und vertikaler Prototypen vereinen. Nutzer können nicht mit Daten interagieren (Einschränkung horizontale Prototypen) und Nutzer können sich nicht frei im System bewegen (Einschränkung vertikaler Prototypen). [Nie94, S. 100] Weiter definiert Nielsen, Szenarien wie folgt.

Ein Szenario beschreibt:

- Einen individuellen Nutzer
- welcher unter bestimmten Umständen
- über ein bestimmtes Zeitintervall (Im Kontrast zu anderen Prototypen beinhalten Szenarien zusätzlich eine explizite Zeitdimension in welcher bestimmt wird welche Reaktion auf eine bestimmte Aktion folgt.)

- einen spezifischen Teil eines Computersystems nutzt
- um ein bestimmtes Ergebnis zu erzielen

[Nie94, S. 101] Aus Szenarien können, wenn diese ausreichend detailliert gestaltet, Nutzertests verwendet werden. Beispielsweise können auf Basis von Szenarien Papierprototypen erstellt werden und diese von Nutzern getestet werden, um Aufgaben zu lösen.

### 2.5.3 Personas



# Kapitel 3

## Analyse

### 3.1 Stand der Technik

#### 3.1.1 Objecterkennung mit Augmented Reality Frameworks

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

#### 3.1.2 Selektion in 3D Benutzeroberflächen

# Kapitel 4

## Konzeption

In diesem Kapitel wird die Konzeption des Gesamtsystems beschrieben. Es wird die Nutzungskontextanalyse beschrieben, welches als Grundlage und Vorbereitung für die anschließende Anforderungsanalyse diene. Die Anforderungsanalyse in welcher, im Rahmen eines Kreativ Workshops, Anwendungsfälle für das zu konzipierende System erarbeitet wurden, wird erläutert. Abschließend wird ein Entwurf der Anwendung beschrieben.

### 4.1 Nutzungskontextanalyse

Aktuelle Lösungen für die Abgabe von Feedbacks zu Produkten erfolgt oft ohne den Einsatz von Augmented Reality. Diese erfolgen oft als Bewertungen in Online Einkaufsportalen, Blog Beiträgen, durch den Austausch in Interessengruppen oder über direkten Kontakt zum Hersteller.

Bei Bewertungen in Onlineportalen, in Blog Beiträgen oder auch bei direktem Kontakt zum Hersteller (z.Bsp. durch E-Mail), haben Kunden die Möglichkeit Ihre Feedbacks schriftlich zu beschreiben und mit Bildern oder Videos zu ergänzen. Bei solchen Beschreibungen kommt es jedoch manchmal vor dass nicht immer klar hervorgeht zu welcher Stelle oder zu welches Teil am Produkt sich die Beschreibung bezieht. Informationen über die Umgebung in welchem das Produkt verwendet wird, geht aus solchen Beschreibungen auch nicht immer hervor. Zudem ist nicht ohne Aufwand möglich direkt zu erkennen an welchen Stellen eines Produktes Feedbacks häufen.

Bei Interessengruppen in welchen Nutzer von bestimmten Produkten, sich räumlich zusammentreffen um Erfahrungen auszutauschen wie z.Bsp. zu Haushaltprodukten, Modellflugzeugen, VR Headsets usw., haben die Nutzer die Möglichkeit Ihre Ideen genauer zu beschreiben. Bei solchen Treffen haben die Nutzer die Möglichkeit mit Bezugnahme auf die Stellen am Produkt und dem Kontext ihrer Umgebung Feedback zum Produkt zu geben. Das Problem bei dieser Art der Rückmeldungen ist jedoch dessen eingrenzte Reichweite. Zudem werden Inhalte welche in solchen Treffen diskutiert wurden oft nicht ausreichend dokumentiert.

Auf Basis der im Kapitel 2 behandelten Grundlagen und der Nutzungskontextanalyse wurde eine erste Skizze des Gesamtsystems entworfen in welcher, Funktionale wie Nicht-Funktionale Anforderungen an das zu konzipierende System skizziert wird (siehe Abbildung 4.1).

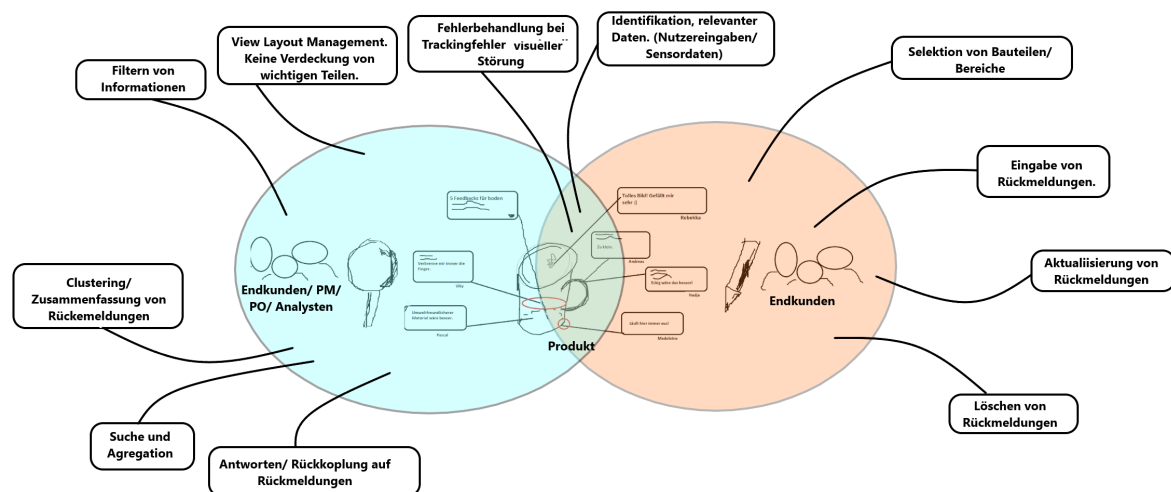


Abbildung 4.1: Skizze des Gesamtsystems als erster Entwurf  
Quelle: Eigene Darstellung

Dieses Skizze sollte die Projektidee begreifbarer machen und als grobe Orientierung bei der Anforderungsanalyse dienen.

## 4.2 Anforderungsanalyse

Die Anforderungsanalyse wurde im Rahmen eines Kreativ Workshops durchgeführt. Ziel des Workshops war es Die Nutzer für das zu konzipierende System zu identifizieren und

deren Eigenschaften und Bedürfnisse zu analysieren.

Das Workshop fand am dritten Juli, am Fraunhofer IPK in Berlin statt. Zur Vorbereitung wurde in einem zuvor für diesen Workshop gebuchten, Besprechungsraum, einzelne Stationen <sup>1</sup> für die am Workshop durchzuführenden Aktivitäten vorbereitet. Zunächst wurden die Teilnehmer begrüßt und für die Teilnahme am Workshop bedankt. Anschließend wurde der Anlass und der Ablauf des Workshop vorgestellt.

Mit Hilfe einer kurzen PowerPoint Präsentation wurde die Projektidee vorgestellt und anhand der groben Skizze des zu konzipierenden Systems (Abbildung 4.1) verdeutlicht. Anschließend fand eine Frage- Antwort Runde statt, welches die Möglichkeit gab, Rückfragen zu stellen und somit sicherzustellen, dass die Projektidee von allen Teilnehmer gleichermaßen verstanden wurde.

Nach der Vorstellung der Projektidee fand ein Brainstorming statt, dessen Ergebnis in ein Affinitätsdiagramm festgehalten wurden. Im gewöhnlichen Vorgang für die Erstellung von Affinitätsdiagramme, schreiben Teilnehmer Ideen auf Kärtchen, welche zunächst unsortiert auf ein Pinnwand geheftet werden. Anschließend werden die Ideen, gemeinsam besprochen und in Gruppen bzw. Untergruppen sortiert. In dem stattgefundenen Workshop wurden die Gruppen jedoch im voraus vorgegeben.

Es sollten Ideen für die Beantwortung folgender Fragen gesammelt werden:

- Wer sind die Nutzer? (Rolle, Erfahrungsstand, Lebensstil/ Lebenskontext)
- Was sind aktuelle Problemlösungsstrategien der Nutzer?
- Was sind die Ziele der Nutzer?
- Wo liegen die Schmerzpunkte mit aktuellen Lösungstretarien?

Den Teilnehmern wurde 15 Mintuten Zeit für ein Brainstorming gegeben, indem Ideen zu den, oben genannten Fragen, auf Kärtchen aufschreiben wurden. Folgende Ideen sind in dabei entstanden (Eine Abbildung des entstandenen Affinitätsdiagramm befindet sich im Anhang [Referenz darauf]):

---

<sup>1</sup>z.Bsp.: Aufstellung eines Pinnwand für die Erstellung eines Affinitätsdiagrammes, Abbildungen von Personen für die Erstellung von Personas usw.

**Nutzer:** Technik Nerd, Produkt Entwickler, Werbeagentur, Unzufriedene, Unerfahrene, Gewerbliche Nutzer/ Laborpersonal, Endkunde, Qualitätsprüfung eines Produkts (Vorgesetzter), Lagerpersonal

**Aktuelle Problemlösungsstrategien** Email, Chat, Web-Portale, Telefonsupport, Vergleich von Käuferbewertungen

**Ziele der Nutzer:** Nächstes Produkt sollte besser sein, Eigenes Design, Fehleranfälligkeit beseitigen, Informationen vor dem Kauf, Hilfreiche Bewertungen finden und verstehen, Ersatzteile beschaffen, Lösungen aus dem Nutzerkreis bereitstellen, Infos in Form: Kurzer Beschreibungen/ Kontakt Informationen des Verantwortlichen, Anleitungen, Reklamation Technischer Dokumentationen (Montageanleitung)

**Pain-Points:** Komplizierte Beschreibung der Umgebung/ Use Case, Zustand der Bearbeitung unbekannt, Fehlerbehebung meines Produktes, Produkt wird nicht wie vorgesehen (geplant) genutzt und funktioniert daher nicht richtig (Vorstellung eines möglichen neuen Anwendungsfalles), Lange Wartezeiten auf Antwort, Bessere Kommunikation zwischen Abteilungen

**User Stories**

Tabelle 4.1: User Stories

Nr.	Als	abgeleitet aus Persona	möchte ich	damit
10	Endkunde	Timo	neue Anwendungsfälle direkt am Produkt-Teil beschreiben können	ich bei meiner Beschreibung implizit einen Bezug zu einer bestimmten Stelle am Produkt herstellen kann
20	Endkunde	Timo	Ergänzende Anleitungen direkt am Produkt am Produkt Teil oder Stellen ansehen können	ich mir ergänzende Bemerkungen und Anleitungen direkt an der betreffenden Stelle ansehen kann
30	Endkunde	Timo	Anleitungen zu spezifischen Stellen am Produkt beschreiben können	mir die Bezugnahme zur betreffenden Stelle am Produkt erleichtert wird und meine Anleitungen besser von anderen verstanden werden
31	Endkunde)	Svenja, Timo, Felix	ein bestimmtes Teil an einem physischen Produkt auswählen können	ich bezugnehmend auf das ausgewählte Teil Aktionen ausführen kann. (z. Bsp.: eine Rückmeldung abgeben)
32	Endkunde	Svenja, Timo, Felix	eine von mir abgegebene Rückmeldung auswählen können	damit ich diese Rückmeldung oder den Bezugspunkt auf dem physischen Produkt auf das sich die Rückmeldung bezieht verändern oder löschen kann
33	Endkunde	Svenja, Timo, Felix	die Beschreibung auf einer von mir abgegebenen Rückmeldung verändern können.	ich eine Nachträgliche Korrektur oder Ergänzung vornehmen zu kann.
34	Endkunde	Svenja, Timo, Felix	den Bezugspunkt (Produkt-Teil oder bestimmte Stelle auf einem Produkt-Teil) auf die ein von mir erstellte Rückmeldung sich bezieht verändern können.	ich eine Nachträgliche Korrektur oder Ergänzung vornehmen zu kann.
35	Endkunde	Svenja, Timo, Felix	eine von mir erstellte Rückmeldung löschen können	ich eine obsolete, redundante oder versehentlich erstellte Rückmeldung wieder entfernen kann
40	Endkunde	Svenja	schnell und unkompliziert Feedbacks zu Produkt Teile od. Stellen abgeben können.	ich auch Feedbacks beiläufig abgeben kann.
50	Endkunde	Svenja, Timo, Felix	möchte ich Bewertungen zu einem Produkt, am Produkt ansehen können	ich mich vor dem Kauf eines Produktes genauer erkundigen kann und mir vor allem für mich wichtigen stellen am Produkt besser beurteilen kann
60	Endkunde	Svenja, Timo, Felix	möchte ich Kontaktinformationen zu Verantwortlichen Personen sehen können.	ich direkt Kontakt zu dieser Person aufnehmen kann.
70	Endkunde	Timo	möchte ich den Wunsch äußern können, dass der Hersteller über mein Feedback informiert wird	ich sichergehen kann dass mein Feedback zeitnah vom Hersteller wahrgenommen wird
80	Endkunde	Timo	möchte ich bei Abgabe eines Feedbacks, den Einfluss auf mein Geschäft beschreiben können	damit ich dem Hersteller des Produktes ein besseres Verständnis über den Ausmaßes ermöglichen kann und dieser den im Feedback beschriebenen Sachverhalt entsprechend beurteilen und priorisieren kann

## **4.3 Entwurf**

### **4.3.1 Szenarien**

### **4.3.2 Low-Fidelity-Prototyp**

### **4.3.3 Konzeptioneller Entwurf und Klassendiagramme**

Systemkomponente

Entity Relationship Diagramm (ERM)

Klassendiagramm

# Kapitel 5

## Implementierung





# Kapitel 6

## Nutzerstudie

### 6.1 Planung der Nutzerstudie

#### 6.1.1 Studiendesign

#### 6.1.2 Prozedur

### 6.2 Durchführung

#### 6.2.1 Erheben der Evaluationsdaten

#### 6.2.2 Ergebnisse

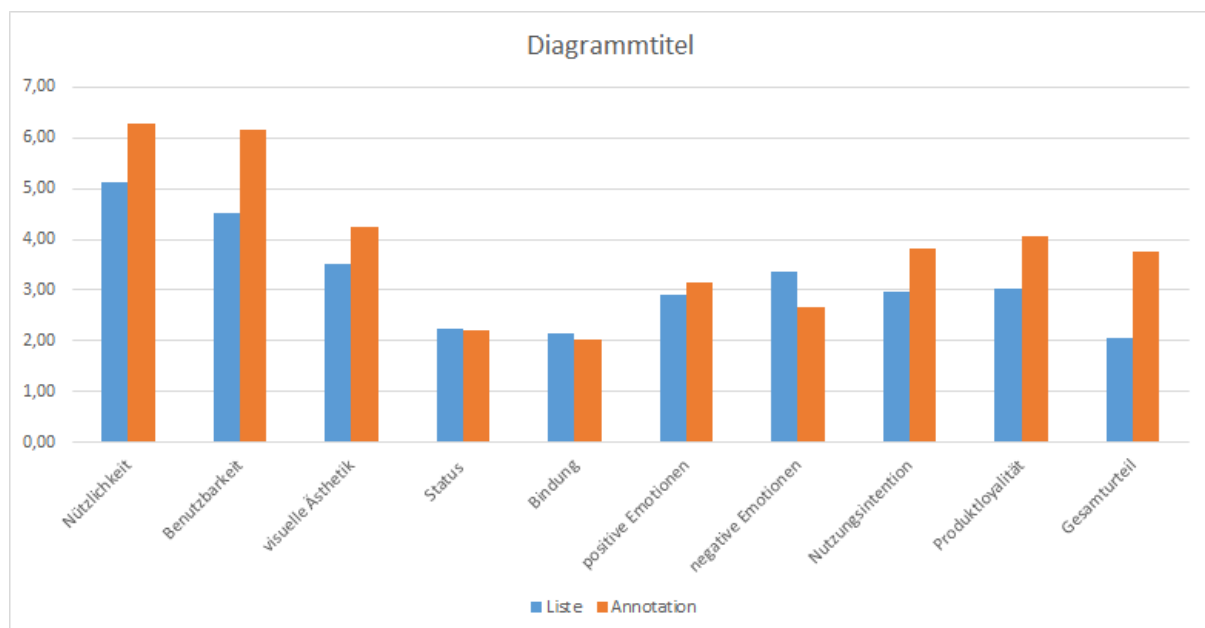


Abbildung 6.1: Vergleich der Mittelwerte aus meQue Fragebogen für Listen/Annotation Ansicht  
Quelle: Eigene Darstellung

## **6.3 Folgerung**

## **6.4 Fazit der Nutzerstudie**

# 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	Beispielhafte Darstellung eines Digitalkamera-Display mit eingeblendeten digitalen zusätzlichen Informationen. Quelle: Eigene Darstellung . . . . .	5
2.2	Konzeptionelles Model zu Situated Visualization Quelle: [Nev15, S. 192] . .	7
2.3	Embedded und Nicht-Embedded Situated Visualisierungen . . . . .	9
2.4	Illustration mit unterschiedlichen Visualisierungen am Beispiel von Produkten in einem Supermarkt-Regal . . . . .	10
2.5	Schematische Darstellung von horizontalen und vertikalen Prototypen. Quelle: In Anlehnung an [Nie94, S. 94] . . . . .	19
4.1	Skizze des Gesamtsystems als erster Entwurf Quelle: Eigene Darstellung . .	23
6.1	Vergleich der Mittelwerte aus meQue Fragebogen für Listen/Annotation Ansicht Quelle: Eigene Darstellung . . . . .	30

# Tabellenverzeichnis

2.1	Kategorisierung Computer unterstützter Kooperationssysteme mit Bezug zu AR. Quelle: [ST16, S. 362] . . . . .	13
4.1	User Stories . . . . .	26

# Source Code Content

# Literaturverzeichnis

- [Leb18] Kiron Lebeck u. a. „Towards Security and Privacy for Multi-User Augmented Reality: Foundations with End Users“. 2018. URL: <https://homes.cs.washington.edu/~%7B~%7Dkklebeck/lebeck-sp18.pdf>.
- [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%7Ddots=B15aU0FUCN%7B%5C%7Dsig=8apn%7B%5C%7D0ZCNfu%7B%5C%7DNhbGpjnUGKTgyjY%7B%5C%7Dv=onepage%7B%5C%7Ddq=usability%7B%5C%7Ddf=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%7Ddots=mHJu6hTEKM%7B%5C%7Dsig=s2jBLnfM3jym1x7SmONhjV3%7B%5C%7Dljo%7B%5C%7Dv=onepage%7B%5C%7Ddq=usability%20engineering%7B%5C%7Ddf=false>.



- 
- [RTM13] Franziska Roesner, Kohno Tadayoshi und David Molnar. „Security and Privacy for Augmented Reality Systems“. 2013. URL: <https://ar-sec.cs.washington.edu/files/arsec-cacm2014-preprint.pdf>.
- [ST16] Dieter Schmalstieg und Höllerer Tobias. *Augmented reality: principles and practice*. 2016, S. 496. ISBN: 978-0-321-88357-5.
- [Tem12] Robert Templeman u. a. „PlaceRaider: Virtual Theft in Physical Spaces with Smartphones“. 2012. URL: <https://arxiv.org/pdf/1209.5982.pdf>.
- [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 Artefakte aus dem Kreativ Workshop

### A.1.1 Personas

### A.1.2 Szenarien

Ist-Szenarien

Soll-Szenarien

TODO

## A.2 Nutzerstudie

### A.2.1 Fragebögen etc.

### A.2.2 Erhobene Daten

# 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