



**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: 09.09.2019

Zusammenfassung

Diese Bachelorarbeit beschreibt den Entwurf und die Implementierung einer Augmented Reality Anwendung für die Android Plattform. Die Anwendung soll möglichst präzises und aussagekräftiges Feedback zu Produkten ermöglichen. Ziel der Anwendung ist es, die Kommunikationsmöglichkeiten von Kundenerückmeldungen durch den Einsatz von Augmented Reality zu erforschen.

Durch die Anwendung wird die Abgabe von Feedback in Form von Annotationen zu bestimmten Stellen oder Teilen am Produkt ermöglicht. Dazu wird das real existierende Produkt mit einem virtuellen 3D-Modell dieses Produktes überlagert. Der Nutzer kann mit diesem virtuellen Modell interagieren und Feedback erstellen, bearbeiten oder löschen. Die so abgegebenen Feedbacks werden in einem im Web übertragbaren Format gespeichert, sodass die Grundlage für eine Kommunikation über dieses Feedback der Zugriff auf diese Daten (z. B. für die Überführung in ein Anforderungsmanagement-System) ermöglicht wird. Es werden unterschiedliche Methoden für das Zeigen auf dem Produkt, Auswählen bestimmter Stellen sowie unterschiedliche Darstellungsformen für die Informationsvisualisierung in Augmented Reality behandelt.

Bereits vorhandene Konzepte für ein solches System werden betrachtet, eine Nutzungskontextanalyse durchgeführt und anschließend in einer Anforderungsanalyse Anforderungen an das zu entwickelnde System identifiziert. Nach der Implementierung eines Prototypen wird in einer Nutzerstudie die Usability des Prototypen hinsichtlich der Aktionen: Erstellung, Bearbeitung und Löschung von Feedback evaluiert sowie zwei unterschiedliche Darstellungsformen hinsichtlich ihrer Effizienz und Zufriedenstellung in der Aufgabenbearbeitung verglichen.

Abstract

This bachelor thesis describes the design and implementation of an augmented reality application for the Android platform. The application should enable more accurate and meaningful feedback on products. The aim of the application is to explore the communication possibilities of customer feedback through the use of augmented reality.

Through the application, the dispensing of feedback in the form of annotations to specific points or parts of the product is supported. For this, the real existing product is overlaid with a 3D virtual model of this product. The user can interact with this virtual model and create, edit or delete feedback. The feedback will be stored in a web-style format, providing the basis for communication via this feedback (e.g. for transfer to a requirements management system). There are various methods for pointing to the product, selecting specific locations as well as various forms of information visualization in Augmented Reality treated.

Existing concepts for such a system are taken into account, then a usage context analysis is performed in a requirement analysis, after which the needs for the system to be developed are identified. After implementing a prototype, a user study evaluates the usability of the prototype based on the actions: creating, editing and deleting feedback, as well as two different representation forms their efficiency and satisfaction in the task processing.

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung	1
1.1 Zielsetzung	1
1.2 Vorgehensweise und Aufbau der Arbeit	1
2 Grundlagen	3
2.1 Augmented Reality	3
2.2 Objekterkennung und -verfolgung	5
2.3 Situated Visualization	9
2.3.1 Situated Visualization - Definition	9
2.3.2 Situated Visualization - Techniken und Herausforderungen	13
2.4 Computerunterstützte Kollaboration	15
2.5 Usability	16
2.5.1 Usability - Definition	17
2.5.2 Usability Engineering	18
3 Analyse	22
3.1 Informationsdarstellung in virtuellen Umgebungen	22
3.2 Zeigen und Auswählen in AR Benutzeroberflächen	24
3.3 Immersive Product Improvement (IPI)	27
4 Konzeption	31
4.1 Nutzungskontextanalyse	31
4.2 Anforderungsanalyse	32
4.3 Entwurf	36
4.3.1 Low-Fidelity-Prototyp	36
4.3.2 Objektorientierter Entwurf	40
5 Implementierung	45
5.1 Entwicklungsumgebung	45
5.1.1 Game Engine	45
5.1.2 Tracking	46
5.2 Verarbeitung der Eingabedaten	47
5.3 Vorstellung des digitalen Prototypen	50
5.4 Zeiterfassung für die Studie	53
6 Nutzerstudie	55
6.1 Aufbau der Studie	55

6.2 Erhebung	58
6.3 Diskussion	60
7 Fazit	61
7.1 Zusammenfassung	61
7.2 Kritischer Rückblick	62
7.3 Ausblick	62
Abbildungsverzeichnis	64
Tabellenverzeichnis	66
Glossar	67
Literaturverzeichnis	68
Anhang A	70
Szenarien	74
Studie	77
Eigenständigkeitserklärung	92

Kapitel 1

Einleitung

1.1 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 welchen Nutzer Feedback 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 Feedback eingrenzen. Die Feedback sollen auf dem physischen Produkt in Form von Annotationen dargestellt und in einem im Web übertragbaren Format gespeichert werden. Dies soll den Zugriff auf diese Daten (z. B. 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 auf einem Produkt durch eine Usability Studie evaluiert werden.

1.2 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 diente. Abschließend werden in diesem Kapitel die Anforderungen an den zu entwickelnden Prototypen beschrieben und ein Papierprototyp vorgestellt.

Basierend auf den in den vorangegangenen zwei Kapitel erarbeiteten Konzeptionen 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 diskutiert.

Abschließend wird im Kapitel 7 ein Fazit gezogen und die Arbeit zusammengefasst. Die Arbeit wird retrospektiv betrachtet. Zuletzt werden mögliche Erweiterungsmöglichkeiten der Anwendung beschrieben.

Kapitel 2

Grundlagen

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

Nach der 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 unterschiedliche Darstellungsformen für die Visualisierung von Daten im Kontext zur physischen Welt (z. B. Gegenstände, Person, Aufgabe) nahe gebracht. Abschließend wird die Begriffsdefinition 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; SH16] Im Gegensatz zur Virtual Reality (z. dt. Virtuelle Realität, kurz VR), 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.¹ [Azu97] Während in VR (kurz für Virtual Reality, dt. Virtuelle Realität) Benutzer von der äußeren Umgebung nichts mitbekommen, wird in AR die reale Umgebung des Benutzers mit virtuellen Objekten überlagert. Azuma beschreibt in [Azu97], folgende Charakteristiken für Augmented Reality:

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

¹Nach 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 umfassen.

Diese Charakteristiken helfen dabei Augmented Reality besser zu verstehen und technologisch einzuordnen. [Azu97] Filme, wie z. B. "Jurassic Park", in welchem 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 hingegen werden virtuelle Objekte live in ein Video eingefügt. Dies bedeutet, dass in Filmen für das Einfügen von digitalen Informationen in die reale Szene, eine beliebig große Zeitspanne zur Verfügung steht. In AR muss dies in wenigen Millisekunden geschehen. Die neue Position und Ausrichtung des virtuellen Objektes in die live Szene muss innerhalb einer Zeitspanne von zwei Frames bestimmt werden.

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 er sonst nicht unmittelbar wahrnehmbar wären. Diese Informationen sollen den Menschen bei der Verrichtung ihrer Aufgaben in der physischen Welt unterstützen.[Azu97]

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 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 Bauteilteilen 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 beispielsweise virtuelle Replikate über die physischen Modelle gelegt und, 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. [Azu97]

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.²

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 computergenerierte Bilder auf einen halbdurchlässigen 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

²Fallstudie 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]

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 zu rendern. Dadurch werden die Nachteile der Optical-See-Through Technik kompensiert. Dass die reale Welt dem Nutzer verzögert angezeigt wird, bringt jedoch den Nachteil mit sich, dass Positionsänderungen physischen, sich in der physischen, sich in der 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 verringelter Qualität angezeigt. [Tön10, S. 32]

2.2 Objekterkennung und -verfolgung

Objekterkennung und -verfolgung beschreibt den Vorgang für die kontinuierliche Bestimmung der Lage und Ausrichtung einer Entität im dreidimensionalen Raum. Entitäten können hierbei der Kopf des Nutzers, Augen, ein AR Gerät wie z. B. eine Kamera oder ein physisches Objekt in der Umgebung des Nutzers sein. Im Folgenden werden drei Begriffe erläutert welche oft im Zusammenhang mit Objekterkennung und Verfolgung verwendet werden:[SH16, S. 85]

Kalibrierung (engl. Calibration): Der Vorgang für den Vergleich von Messungen zweier Sensorgeräten wie z. B. Kameras. Wobei die Messungen eines Sensors einen Richtwert darstellen gegen die, die Messungen eines anderen (zu kalibrierenden) Gerätes überprüft und angepasst werden. Durch die Kalibrierung werden Parameter bestimmt, durch welche Messwerte des zu kalibrierenden Gerätes einer bekannten Maßstab (en. Scale) angepasst werden. [SH16, S. 86]

Verfolgung (engl. Tracking): Beschreibt die kontinuierliche Abtastung bzw. Messung der Umgebung. Dies wird benötigt für die dynamische Registrierung von Objekten im dreidimensionalen Raum. [SH16, S. 86]

Registrierung (engl. Registration): Anpassung der Koordinatensysteme der virtuellen und realen Objekte. Für die Schaffung eines gemeinsamen Koordinatensystems wird die Kalibrierung des AR Systems ausgeführt. Dieser Vorgang wird als statische Registrierung bezeichnet (engl. Static registration) und geschieht zu einem Zeitpunkt, wo sich der Nutzer bzw. die Kamera, nicht bewegt. Bewegt sich der Nutzer bzw. die Kamera wird dynamisches Tracking eingesetzt. [SH16, S. 86]

Abbildung 2.1 veranschaulicht das Zusammenwirken dieser drei Komponente:

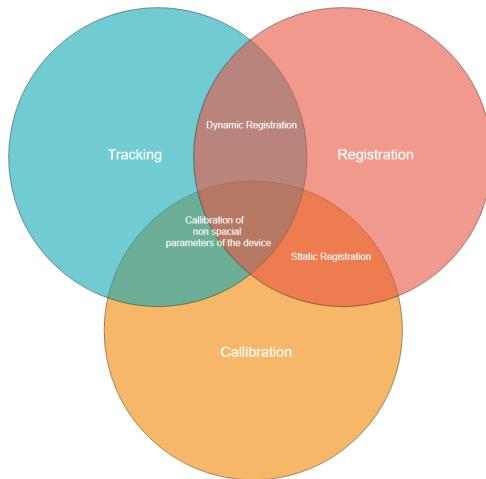


Abbildung 2.1: Komponente für Objekterkennung und Verfolgung in AR Quelle: In Anlehnung an [SH16, S. 86]

In AR werden für das Tracking der Umgebung unterschiedliche Sensoren verwendet. Dabei wird zwischen nicht visuellen Sensoren sowie visuellen bzw. optischen Sensoren unterschieden.

Nicht-visuelle Sensoren:

GPS (kurz für Global Positioning System): Mit GPS wird die Positionsbestimmung ermittelt, indem Signale an mehrere Satelliten übertragen werden. Die Position des mobilen Endgerätes durch Trilateration zu berechnen ist möglich, wenn Signale von vier oder mehr Satelliten und deren aktuelle Positionen in der Erdumlaufbahn bekannt sind, empfangen werden. Die Genauigkeit dieser Messung variiert stark von 1m bis 100m, je nach Anzahl verfügbarer Satelliten. [AP17, S. 2][SH16, S. 100] Diese Messmethode eignet sich für Positionsbestimmung in Innenräumen nicht besonders gut, da Signale an den Wänden reflektiert werden. Höhere Genauigkeit kann mit DGPS (kurz für Differential Global Positioning System) erzielt werden. Die Messwerte werden hierbei durch die zusätzliche Übertragung eines Signales welches Korrekturwerte beinhalten, von den Satelliten an eine Basisstation auf der Erde verbessert.

Drahtlose Netze: Netzwerkinfrastrukturen wie WLAN (kurz für Wireless Local Area Network), Bluetooth und Beacons sowie Signale von Mobilfunksendemasten können genutzt werden, um die Position des mobilen Endgerätes zu bestimmen. [SH16, S. 101] Da GPS, WLAN sowie Mobilfunk auf mobilen Endgeräten in der Regel zur gleichen Zeit verfügbar sind, werden meist Informationen dieser drei Sensoren kombiniert eingesetzt, um die Abdeckung, Geschwindigkeit sowie die Genauigkeit der Positionsbestimmung zu verbessern.

Magnetometer: Mit dem Magnetometer wird die Ausrichtung des mobilen Endgerätes relativ zum magnetischen Norden ermittelt. [SH16, S. 102]

Gyroskop: Das Gyroskop liefert Informationen über die Rotation des mobilen Endgerätes.

Beschleunigungsmesser (engl. Linear Accelerometer): Mit Hilfe des Accelerometers kann, relativ zu einer Ausgangsposition, die aktuelle Position ermittelt werden. Zudem können in Kombination mit einem Magnetometer die Rotation sowie die Position ermittelt werden. [SH16, S. 104]

Optische visuelle Sensoren:

Zu den visuellen Sensoren in mobilen Endgeräten zählt die Kamera. Diese liefert Bildinformationen. Nach aktuellem Stand der Technik besitzen einige Smartphones auch bereits Kameras, welche Informationen über die Tiefe liefern. Diese Informationen werden in Computer Vision Algorithmen für das Tracking und das Registrieren von virtuellen Objekten in die reale Welt genutzt. Mit mobilen Endgeräten wird eine Kombination aus visuellen und nicht visuellen Sensoren verwendet, um ein optimales Tracking zu ermöglichen.

Die optischen Trackingverfahren unterteilen sich in *modellbasierte* und *modelfreie* Trackingverfahren unterteilen.

Bei modellbasierten Trackingverfahren wird vor dem Tracking für die Registrierung ein Modell festgelegt, welches erkannt werden soll, um virtuelle Objekte relativ zum festgelegten Modell zu platzieren. Hierbei kann ein Modell, ein Marker oder ein Bild mit einzigartigen Bildmerkmalen aus der natürlichen Umgebung des Nutzers (*engl. Natural Features*) sein.

Marker sind für das Tracking erstellte (quadratische oder kreisförmige) Bilder oder Barcodes. Diese sind mit besonders auffälligen und kontrastreichen Mustern gestaltet. Alternativ zu Markern können Bilder aus der natürlichen Umgebung des Nutzers verwendet werden. Bei diesen Verfahren werden Algorithmen wie SIFT³, SURF⁴ oder Ferns verwendet, um einzigartige Bildmerkmale aus dem Video während des Tracking und dem vorher festgelegten Bild zu vergleichen.[Ćuk15]

Neben Bildern können bei modellbasierten Trackingverfahren auch dreidimensionale CAD Modelle von physischen Objekten verwendet werden. [LR16] Wie auf Abbildung 2.2 zu sehen ist, lassen sich Methoden für das Tracking von 3D Modellen in zwei Kategorien unterteilen, nämlich in rekursives Tracking sowie in Tracking by Detection. Bei rekursiven Tracking-Verfahren wird die vorherige Pose⁵ genutzt, um die neue Pose abzuschätzen. Tracking bei Detection Verfahren sind in der Lage die neue Pose des Modells zu berechnen, ohne die vorherige Pose zu kennen. Aufgrund ihrer rekursiven Funktionsweise benötigen rekursive Tracking-Methoden jedoch weniger Rechenleistung als Tracking by Detection Methoden.

³Scale-invariant feature transform

⁴(Scale Invariant Feature Transform

⁵Position und Ausrichtung des Modells

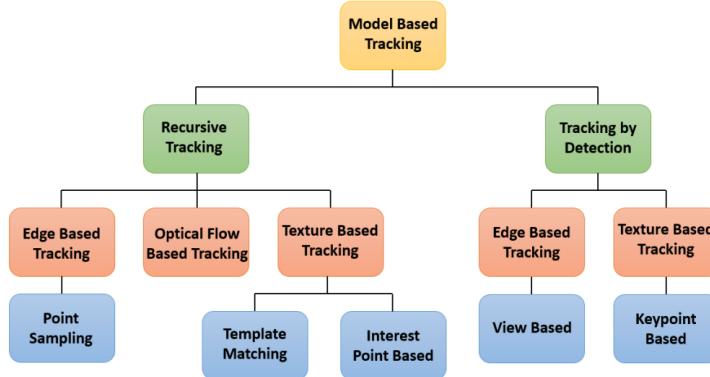


Abbildung 2.2: Kategorien der modellbasierten Tracking Verfahren mit Verwendung von CAD Modellen.
Quelle: [LR16, S. 86]

Modelfreie Tracking-Methoden benötigen keine vorher festgelegten Modelle zum Platzieren der virtuellen Objekte in die reale Umgebung.

Das Modell wird während des Trackingvorgangs erstellt. Durch die Tatsache dass im Voraus kein Modell für das Tracking erstellt werden muss, sind modelfreie Trackingmethoden flexibler in der Nutzung. Da die Modelle ausgehend vom Startpunkt während des Trackinvorganges erstellt werden, kann die zu realen Objekten in der Umgebung relative Ausrichtung der virtuellen Objekte nur spontan (zur Laufzeit) bestimmt werden. [SH16, S. 106]

Mit einigen Frameworks können modelfreie mit modellbasierten Verfahren kombiniert werden. So kann mit einem modellbasierten Verfahren die Ausrichtung der virtuellen Objekte, relativ zu einem vorher festgelegten Modell festgelegt werden. Mithilfe von modelfreiem Tracking kann das Tracking aufrecht erhalten werden, auch wenn die Kamera das Modell, welches für das modellbasierte Verfahren festgelegt wurde, nur teilweise oder auch gar nicht im Sichtfeld hat.

Zu den modelfreien Methoden zählt das PTAM-Verfahren (kurz für Parallel Tracking and Mapping), welches an das aus der Robotik stammende Verfahren SLAM (kurz für Simultaneous Localization and Mapping) angelehnt ist.

Mit PTAM wird während des Trackings aus einzigartigen Bildpunkten eine Karte der Umgebung des Nutzers erstellt. Bei diesem Verfahren werden zwei separate Threads⁶ eingesetzt. Ein Thread übernimmt die Aufgabe des Trackings. Dieser läuft und wird häufiger ausgeführt (mit z. B. 30 Hz). Ein zweiter Thread wird für das Mapping eingesetzt. Dieser wird seltener ausgeführt und ist mit dem Tracking-Thread über sogenannte Keyframes verbunden. Keyframes sind Bilder aus dem Video. Neue Keyframes werden aufgenommen, wenn sich das aktuelle Videobild stark von den vorhandenen Keyframes unterscheidet. Ein weiteres Kriterium für die Aufnahme eines neuen Keyframes ist, dass dieses eine bestimmte Qualität vorweisen muss (z. B. keine Unschärfe durch zu starke Bewegung). Diese Methode eignet sich besonders gut für natürliche bzw. schnelle Kamerabewegungen. [KM07]

⁶Leichtgewichtiger Prozess, womit Programmteile parallel oder pseudoparallel nebenläufig ausgeführt werden können.

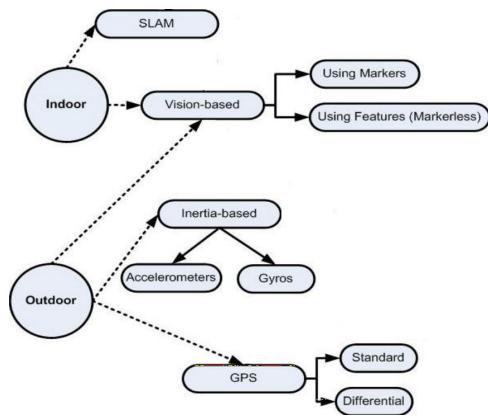


Abbildung 2.3: Überblick unterschiedlicher Trackingverfahren für Innen und Außenbereiche. Quelle: [AP17]

Abbildung 2.3 zeigt einen Überblick über Trackingverfahren und trifft eine grobe Einordnung für die Eignung hinsichtlich Innen- und Außenbereichen. Diese Abbildung muss mit der Anmerkung ergänzt werden dass interia bassierende Sensoren auch im innen-Bereichen eingesetzt werden.

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.

[SH16, S. 239] Ein großer Vorteil von Augmented Reality Nutzeroberflächen ist deren Fähigkeit, Situation, Aufgaben oder Nutzer-relevante Informationen in der realen Umgebung des Nutzers anzeigen zu können. Diesen Vorteil zunutze zu machen ist jedoch stark davon abhängig, welche Informationen in welcher Form in AR dargestellt werden. Situated Visualization befasst sich mit der richtigen Präsentation von computergenerierten Grafiken von physischen Gegenständen oder Personen in der realen Szene. Die Bedeutungsbestimmung wird durch die Kombination von Visualisierung und deren Beziehung zu der unmittelbaren Umgebung erreicht. [Mar18, S. 188] 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. [SH16, S. 240]

Willett, Jansen und Dragicevic stellen das in Abbildung 2.4 dargestellte konzeptionelle Modell zur Situated Visualization vor [WJD17, S. 2] [Mar18, S. 192].

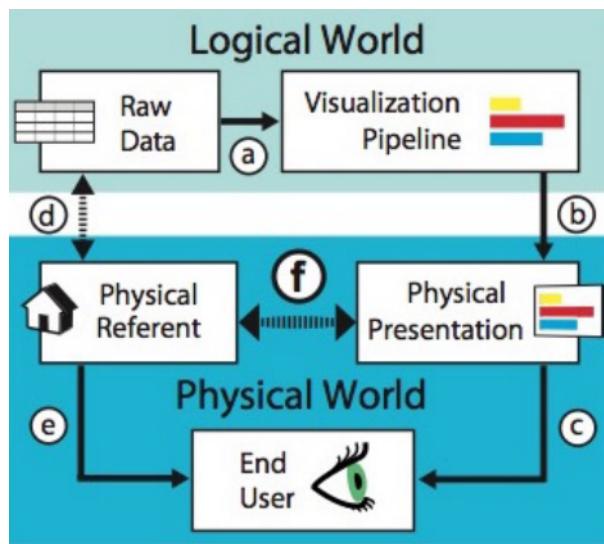


Abbildung 2.4: Konzeptionelles Model zu Situated Visualization. Quelle: [Mar18, S. 192]

Dieses Modell (siehe Abbildung 2.4) erweitert die konventionelle Visualisierung der logischen Welt (Abbildung 2.4 oberer Abschnitt) um die der physischen Welt (Abbildung 2.4 unterer Abschnitt). Die durchgängig dargestellten Pfeile (Abbildung 2.4 (a), (b), (c) und (e)) zeigen den Informationsfluss zwischen den einzelnen Komponenten, die gestrichelten Pfeile (Abbildung 2.4 (d) und (f)) die konzeptionellen Beziehungen. Der Informationsfluss beginnt bei den Rohdaten in der oberen linken Ecke der Darstellung. Die Rohdaten durchlaufen die Visualisierungspipeline und werden in eine vom Menschen besser interpretierbare visuelle Form umgewandelt (Abbildung 2.4 (a → b)). Die Verbindung zwischen logischer und physischer Welt wird mithilfe zweier Beziehungen hergestellt (b und d). Die physische Präsentation der Daten (Abbildung 2.4 (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, welche der Betrachter durch eine Datenbrille auf einem physischen Gegenstand sieht. Es könnte eine Auflistung von Daten, welches auf dem Display eines Smartphones oder Tablet angezeigt wird oder ein Preisschild, welches in ausgedruckter Form an einen physischen Gegenstand angebracht ist.

Die zweite Beziehung besteht zwischen Rohdaten und physischen Referenten. Diese Beziehung ist ein Konzept, da Datensätze sich auf mehrere unterschiedliche Referenten beziehen können. Der Grad, inwieweit der physische Referent und die physische Präsentation gleichzeitig wahrgenommen werden können, hängt von der räumlichen Distanz zwischen diesen beiden ab (Abbildung 2.4 (f)).

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.

Da Distanzen jedoch relativ zur Größe von Objekten wahrgenommen werden, können die physische und die wahrgenommene Distanz zwischen dem Physischen Referenten und der Physischen Präsentation stark voneinander abweichen. Wenn beide Objekte zum Beispiel nur wenige Zentimeter groß sind, kann ein

Abstand von einem Meter sehr groß erscheinen, während der gleiche Abstand für sehr große Objekte wie etwa einen Berg in einer Landschaftsansicht, sehr klein erscheint. [Mar18, S. 194]

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 welche 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 getroffen, kann die zeitliche Distanz stark variieren. [WJD17]

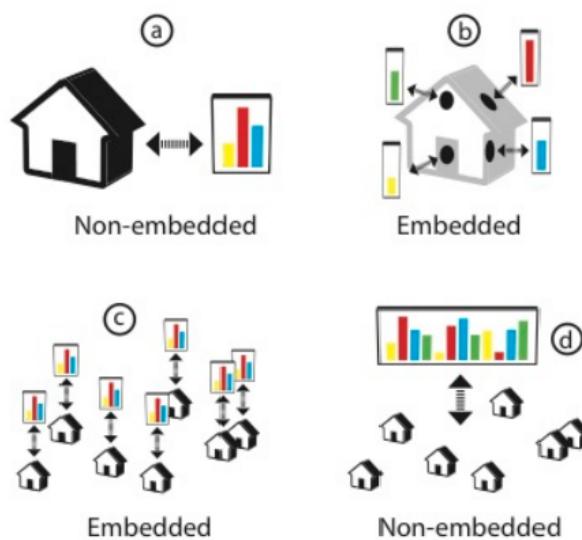


Abbildung 2.5: Embedded und Nicht-Embedded Situated Visualisierungen. [Mar18, S. 195]

Embedded Visualization stellt eine besondere Art von Situated Visualization dar, welche sehr stark in die physische Umgebung integriert sind. [Mar18, S. 195]

Abbildung 2.5 zeigt Embedded und nicht Embedded Situated Visualisierungen. Ist ein Objekt aus mehreren Einzelteilen zusammengesetzt und die Daten zu den Einzelteile werden in einer Visualisierung in der Nähe des Objektes dargestellt, gilt die Visualisierung als Situated, jedoch nicht als Embedded (Abbildung 2.5 (a)). [Mar18, S. 202] Werden die Daten zu den Einzelteile jeweils in der unmittelbaren Nähe der jeweiligen Einzelteile dargestellt, gilt die Visualisierung als Embedded (Abbildung 2.5 (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 den jeweiligen physischen Referenten entsprechen. Befinden sich in einem Haus beispielsweise mehrere Steckdosen und der Stromverbrauch für jede Steckdose wird jeweils in der unmittelbaren 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.

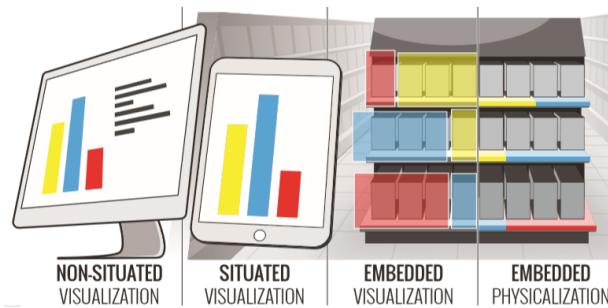


Abbildung 2.6: Illustration mit unterschiedlichen Visualisierungen am Beispiel von Produkten in einem Supermarkt-Regal

Mit Hilfe der Illustration in Abbildung 2.6 zeigen Willett, Jansen und Dragicevic am Beispiel von Produkten, welche in einem Supermarkt in einem Regal platziert sind, die Eigenschaften unterschiedlicher Visualisierungen und die damit verbundenen Vor- und Nachteile der jeweiligen Visualisierungsform.

Der Vorteil von Non-Situated Visualisierungen (Abbildung 2.6 ganz links) ist, dass diese flexibler hinsichtlich Standort der Nutzung und Hardwareanforderungen gestaltet werden können. Der Betrachter kann sich bei 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 Tablet 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 2.6 ganz links), wäre es dem Betrachter, ohne die Unterstützung durch eine Beschreibung oder Karte der Lage der genauen Position der Produkte im Supermarkt, 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 in der Nähe des Produktes befindet und die Visualisierung auf einem mobilen Endgerät anzeigt wird.

Embedded Visualization ermöglicht 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 in der Nähe der Produktteile anzeigen (z. B. mit AR).

Am Beispiel von (Abbildung 2.6 zweite von rechts) wird dem Betrachter ermöglicht, Informationen zur unmittelbaren Umgebung der Produkte (zum Beispiel eine zu schwache Beleuchtung, einen unangenehmen Geruch, einen Windzug, usw.) wahrzunehmen, während er die Visualisierung (welche ihm beispielsweise

eine Information über die rückläufigen Umsätze des Produktes in den vergangenen Monaten zeigt) zu diesen Produkten unmittelbar an den Produkten betrachtet.

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 in Fällen verwendet, in denen die Visualisierung am echten physischen Referenten schwierig bis unmöglich ist. Dies ist der Fall, wenn die physischen Referenten: 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. B. 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 Detailtreue nachgebildet ist gleichwertig zum eigentlichen physischen Referenten betrachtet werden.. Die Nutzung von Faksimiles verringert jedoch die Möglichkeit für den Betrachter, den eigentlichen Referenten zu verändern oder wichtige Details zu betrachteten. Dies kann durch den Einsatz von Telepräsenz⁷ kompensiert werden. [WJD17]

2.3.2 Situated Visualization - Techniken und Herausforderungen

Im folgenden Abschnitt wird ein Überblick über die Herausforderungen für die Darstellung von Daten im Kontext zu realen Objekten gegeben und Techniken für die Bewältigung dieser Herausforderungen vorgestellt.

[SH16] Bei der Darstellung von Informationen im Kontext zu realen Objekten stellen sich folgende Herausforderungen:

- Überladene Darstellung (Unübersichtlichkeit)
- Fehler in der Registrierung (Objekterkennung und Verfolgung)
- Visuelle Interferenzen

Überladene Darstellung (Unübersichtlichkeit):

Situated Visualization steht vor den gleichen Herausforderungen welche auch bei traditionellen Visualisierungen auftreten. **Überladene Darstellung (Unübersichtlichkeit):** 'Wird eine große Menge an Informationen dargestellt, kann dies dies schnell zu einer überladenen Darstellung führen, welches dem Betrachter, einen Einblick über die dargestellten Daten zu gewinnen erschwert. Da die Darstellung der Daten in AR Anwendungen, auf die Fläche der real existierenden Objekte begrenzt ist, wird diese Herausforderung besonders verschärft. Es eignen sich hierfür zwei Lösungsansätze: Die Datenmenge kann durch Filterung der Daten reduziert werden. Dafür kann das "Information seeking mantra" verwendet werden welches Shneiderman in [Shn96] beschreibt. [SH16, S. 241] Bei diesem Konzept, wird dem Nutzer zunächst ein Überblick über die gesamte Datenmenge gegeben. Dem Nutzer wird die Möglichkeit gegeben, in bestimmte Bereiche der Daten hineinzuzoomen, Teile der Daten welche nicht von Interesse sind auszublenden und einige Teile der Daten auszuwählen zu welchen mehr Details angezeigt werden sollen.

⁷Telepräsenz 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]

Beispielsweise kann dies in AR Anwendungen angewendet werden in welcher Annotationen zu Objekten aus der realen Welt visualisiert werden. Abbildung (2.7) zeigt ein Beispiel in welcher dem Nutzer, Informationen zu Büchern in einer Bibliothek als Annotationen angezeigt werden. Auf (Abbildung 2.7 links) werden alle Annotationen zu Büchern welche der Suche des Nutzers entsprechen dargestellt. (Abbildung 2.7 rechts) werden Annotationen zu Büchern mit ähnlichen Eigenschaften gruppiert dargestellt. Der Nutzer kann auf eine Gruppe klicken um die Annotationen welche in einer Gruppen zusammengefasst dargestellt sind, zu entfalten.



Abbildung 2.7: Annotationen zu Büchern in einer Bibliothek. Quelle: [Tat16, S. 1]

Werden virtuelle Darstellungen nahe an realen Objekten platziert, können diese wichtige Details aus der realen Welt sowie andere virtuelle Informationen verdecken. Verschiedene Arbeiten beschäftigen sich mit der Behandlung von Verdeckung ([Gra12], [BFH01]).

In dieser Arbeit wird das Problem der Überladenen Darstellung, bei der Implementierung des Prototypen nur dahingehend behandelt dass der Vorgang für die Erstellung von Feedbacks durch die Darstellung vorhandener Feedbacks auf dem Produkt nicht beeinträchtigt wird.

Fehler in der Objekterkennung und Verfolgung: Visualisierungen in AR müssen einen Bezug zu den Objekten aus der realen Umgebung herstellen. Fehler in der Objekterkennung und Verfolgungen führen zur ungenauen Ausrichtung der Visualisierung.

Dies erfordert die Einführung von Fehlerbehandlung. Um dem Nutzer zum Beispiel zu ermöglichen die den Kontext Darstellung trotz einer fehlerhaften Registrierung zu verstehen, können die Umrisse des Referenzen dargestellt werden. [SH16, S. 243]



Abbildung 2.8: Links: Durch die Fehlerhafte Registrierung wird der virtuelle Inhalt falsch platziert. Rechts: Durch die zusätzliche Darstellung der Umrisse des Objektes wird der Kontext wieder richtig hergestellt. Quelle: [SH16, S. 243]

AR Frameworks bieten die Möglichkeit, Informationen zum aktuellen Zustand der Objekterkennung abzurufen⁸ (z. B. ob das Objekt aus der realen Welt gefunden wurde und die Objektverfolgung im Gange ist, ob das Objekt verloren wurde und daher nicht weiter verfolgt werden kann, ob zu wenig Bildmerkmale gefunden werden und die Objekterkennung bald verloren gehen kann). Diese Informationen können genutzt werden um auf Fehler zu reagieren und zum Beispiel dem Nutzer entsprechende Anleitungen zur weiteren Bedienung zu geben.

Visuelle Interferenz: Visualisierungen heben relevante Daten hervor und lenken die Aufmerksamkeit des Nutzers zu diesen Informationen. In Situated Visualization wird die Aufmerksamkeit des Nutzers auf relevante Teile aus der realen Welt, der aktuellen Szene gelenkt. Eine Herausforderung dabei stellt, dass irrelevante Aspekte der realen Welt keinen störenden Einfluss haben.[SH16, S. 243] Kalkofen, Mendezt und Schmalstieg stellen Techniken vor Teile aus der realen Umgebung in den Fokus zu rücken während andere den Kontext dazu herstellen. [KMS07]

In AR stellt sich die Herausforderung, dass Visualisierungen sich auf Änderungen der realen Szene anpassen müssen. Dies kann zum Beispiel die Änderung der Lichtverhältnisse sowie die Änderungen des Hintergrundes sein. Die Änderung des Hintergrundes wie Farbe, Textur, Beleuchtung haben zum Beispiel einen signifikanten Einfluss auf die Lesbarkeit von Texten. [GE08]

2.4 Computerunterstützte Kollaboration

Durch die Verwendung des zu entwickelnden Systems sollen Anwendungsszenarien unterstützt werden, in welchen Nutzer über Feedback auf Produkten bzw. Produktteilen kommunizieren können. Diese Kommunikation soll eine Kollaboration von mehreren Nutzern mit dem Produkt im Mittelpunkt ermöglichen und zum Ziel haben, die Qualität des Produktes und die damit verbundene Kundenzufriedenheit zu verbessern.

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

⁸Tracking Status Informationen der AR Framework Vuforia: <https://library.vuforia.com/content/vuforia-library/en/articles/Solution/tracking-state.html> [letzter Aufruf: 06.09.2019]

Rodden betrachtet bei seiner Kategorisierung zwei Dimensionen der Kommunikation zwischen Nutzern: Die räumliche Distanz sowie die zeitliche Differenz im Nachrichtenaustausch dabei erfolgt eine Unterteilung zwischen Remote oder Co-Located sowie synchroner oder asynchroner Kommunikation.

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

Marriott u. a. beschreiben darüber hinaus eine Mischform von Remote und Co-located Kommunikation. Bei dieser Form von Kollaboration kann sich eine Teilmenge der Nutzer am gleichen Ort befinden, während ein anderer Teil entfernt, also Remote, mittels Telepräsenz an der Kommunikation teilnimmt.[Mar18, S. 188]

Schmalstieg und Höllerer beschreiben auf Grundlage dieser Unterteilungen mögliche Anwendungsbereiche für AR Systeme (Siehe Tabelle 2.1).[SH16, S. 362]

In Co-Located und synchronen Anwendungsszenarien (z. B. eine Besprechung in einem Besprechungsraum) können Augmented Reality Anwendungen die Nutzer dabei unterstützen, Informationen im gemeinsamen Raum zu betrachten, zu manipulieren und zu diskutieren.[SH16, S. 362]

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 ist), Informationen über dessen reale Umgebung zu zeigen (z. B. Installations- oder Reparatur-Anleitungen). ⁹

Tabelle 2.1: Kategorisierung computerunterstützter Kooperationssysteme mit Bezug zu AR.

Quelle: [SH16, S. 362]

	Co-located	Remote
Synchronous	AR shared space	AR telepresence
Asynchron	AR annotating/ browsing (in-situ)	Generic sharing

Zu den Anwendungsszenarien für asynchrone Kommunikation in AR Anwendungen zählt das Erstellen von Annotationen in der physischen Umgebung und das spätere Durchsuchen und Bearbeiten dieser Annotationen an Ort und Stelle durch andere Nutzer. [SH16, S. 362]

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.

⁹Ein 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]

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:

“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.“ (DIN EN ISO 9241-11, S. 4)

Dass die Usability eines Systems nach dessen Nutzungskontext zu bewerten ist, verdeutlichen Richter und Flückiger 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 dieser Tasten erfolgen musste. Indem in kurzen Zeitabständen beispielsweise zwei mal auf die Taste “2“ gedrückt wurde, wurde 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 einprägsam und einfach zu erlernen. Somit wies dieser Ansatz für den damaligen Stand der Technik eine hohe Usability auf. [RF16, S. 10]

Nielsen stellt in [Nie93, S. 25] Akzeptanzkriterien für Systeme vor und stellt Usability als ein Teil dieser Kriterien vor. Akzeptanzkriterien unterteilt er in soziale und praktische Kriterien.

Soziale bzw. ethische Akzeptanzkriterien sind diejenigen, 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. Es wird auf die Kamera sowie verschiedene Sensoren zugegriffen. Dies birgt Risiken, dass diese Daten missbräuchlich genutzt, gestohlen und die Privatsphäre der Nutzern verletzt werden könnte. [RKM13, S. 3] ¹⁰

In den praktischen Kriterien gliedert Nielsen die Eigenschaft Brauchbarkeit (engl. Usefullness) die Eigenschaften Gebrauchstauglichkeit (engl. Usability) und Nützlichkeit (engl. Utility). Mit Nützlichkeit ist dabei zu verstehen ob ein System mit den Funktionalitäten, die es bereitstellt, in der Lage ist, die Aufgabe zu erfüllen, zu dem es 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 ohne erneutes Erlernen dessen nutzen zu können.)

¹⁰Die Studie PlaceRaider [Tem12, S. 9] beweist, dass mithilfe von Kamera und den Sensordaten eines Smartphones die Umgebung des Nutzers detailliert genug rekonstruiert werden kann, um sensible Informationen wie Kontodaten auf einem Kontoauszug ablesen zu können. In [RKM13; Leb18] werden weitere Akzeptanzkriterien und Risiken vorgestellt welche bei der Gestaltung von Augmented Reality Systemen beachtet werden sollten.

- Wenig Fehler. (Das System sollte während der Nutzung zu möglichst wenig Fehlern führen. Im Falle des Auftretens von Fehlern sollte es möglich sein, dass sich das System von diesen Fehlern erholen kann, damit die Nutzung des Systems fortgeführt werden kann.)
- Subjektive Zufriedenstellung (Das System sollte angenehm zu nutzen sein, sodass die Nutzer während der Nutzung auch subjektiv zufriedengestellt werden.)

2.5.2 Usability Engineering

Im Laufe der Zeit haben sich verschiedene Fachrichtungen (wie z. B.: 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. [RF16, S. 7]

Als eine dieser Fachrichtungen wurde das Usability Engineering von Usability Fachleuten bei der 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, damit die Erreichung dieser sichergestellt wird. [Ros01, S. 14]

Mayhew in [May99] und Nielsen Nielsen in [Nie93] stellen Prozessmodelle für Usability Engineering Projekte vor und benennen diese als "The Usability Engineering Lifecycle". Mayhew macht in der von ihr vorgestellten Model eine Unterteilung in drei Phasen welche weitere Schritte beinhalten. Nielsen hingegen gliedert sein Model in elf Schritte. Im folgenden werden fünf dieser Schritte, genauer betrachtet:

Benutzerprofile

In diesem Schritt 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, welche durch das System entstehen interagieren werden. Dieses Personenspektrum beinhaltet alle Personen von denjenigen, welche das System installieren, konfigurieren, warten, administrieren bis hin zu Endnutzern des Systems oder auch Personen, welche das System per se nicht nutzen, aber auf durch das System produzierte Ergebnisse zurückgreifen. In einigen Fällen ist es einfacher potenzielle Nutzer eines neuen Systems zu identifizieren und deren Charakteristiken zu analysieren. Besonders zutreffend ist das für Fälle, in denen ein Produkt für eine klar definierte Nutzergruppe vorgesehen ist. [Nie93, S. 73]

Zum Beispiel für Produkte welche in einer bestimmten Abteilung eines Unternehmens in Einsatz kommen sollen. Schwieriger hingegen ist die Analyse von Nutzern für ein Produkt, welches für eine breite Masse von Nutzern gestaltet werden soll.

Folgende Informationen sollten über die Nutzer erhoben und analysiert werden: Der Erfahrungsstand des Nutzers (z. B. in Verwendung von solchen Systemen und Endgeräten), Bildungsstand, Alter des Nutzers, Arbeitsumgebung und Lebensumstände. Dieser Schritt ist von hohem Belang um die Lernfähigkeit von Nutzern besser einzuschätzen und so Kriterien für die Komplexität der Nutzeroberfläche zu bestimmen.

Aufgabenanalyse

Sobald die Nutzer identifiziert und deren Eigenschaften sowie Bedürfnisse analysiert wurden, werden ihre Ziele und Aufgaben ermittelt. Wie bewältigen die Nutzer aktuell Aufgaben, um ihre Ziele zu erreichen? Hierbei sollte beobachtet werden, welche Informationen die Nutzer benötigen, welche Ausnahme oder Notsituationen auftreten und wie die Nutzer in diesen Situationen handeln. Des weiteren sollte darauf geachtet werden, ob die Nutzer das aktuell verwendete System in irgendeiner Art und Weise umgehen. (engl. Workarounds). Zudem sollten die im Bezug auf die zu lösende Aufgabe verwendeten Terminologien festgehalten werden. Diese können später bei der Gestaltung der neuen Nutzeroberfläche berücksichtigt werden. [Nie93, S. 75]

Als nächstes werden in diesem Schritt 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. [Nie93, S. 77]

Zuletzt werden Möglichkeiten erforscht, wie sich das Nutzungsverhalten der Nutzer im Laufe 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. [Nie93, S. 78]

Analyse bestehender Produkte

In diesem Schritt 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 Nutzerstudien durchgeführt oder - falls mehrere Systeme zur Verfügung stehen - eine vergleichende Analyse gemacht werden. Auf Basis der Informationen welche, im Schritt "Benutzerprofile" zusammengetragen wurden, wird in diesem Schritt des Usability Engineering Lifecycle, untersucht wie gut die Funktionalitäten und Interaktionstechniken bestehender Systeme die Nutzer bei der Umsetzung ihrer Aufgaben unterstützen. Zusätzlich können technische Produktrezensionen, hilfreiche Informationen über bestehende Systeme geben. Da nicht für alle Aufgaben bereits eine Softwarelösung existiert, schließt Nielsen die Betrachtung von Lösungen, welche nicht aus dem Software bzw. Computer Bereich, stammen mit ein. [Nie93, S. 78]

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. Oft ist es nicht möglich, alle Usability Kriterien mit gleicher Gewichtung zu priorisieren. In diesem Schritt werden auf Grundlage der erstellten Benutzerprofile sowie der Aufgabenanalyse Prioritäten für die einzelnen Usability Eigenschaften definiert. [Nie93, S. 79]

Dafür werden die Usability Eigenschaften operationalisiert und in messbaren Zielen ausgedrückt. Meistens werden Messintervalle für angestrebte, minimal zureichende sowie theoretisch optimale Werte definiert.

Als minimal zu erreichende Werte, gelten der Regel Werte welche aktuell mit dem System bereits erreicht werden können. Usability Ziele für neue Versionen von bestehenden Systemen respektive für Systeme, wo bereits andere, vergleichbare Systeme existieren, festzulegen stelle ein einfacheres Unterfangen dar, da es im Gegensatz zu neu zu entwerfenden Systemen bereits Vergleichswerte gibt. Ein Vorgehen für solche Systeme ist einige mit dem System zu lösende Aufgaben zu definieren und mehrere Usability Spezialisten nach Werten zu fragen, welche realistisch zu erzielen sind. [Nie93, S. 79]

Prototypen und Szenarien

Die Implementierung eines Systems sollte nicht auf Basis der Gestaltung von Benutzeroberflächen in den frühen Phasen der Konzeption stattfinden. Stattdessen können in den frühen Phasen Prototypen 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 [Nie93, S. 93] (Abbildung 2.9):

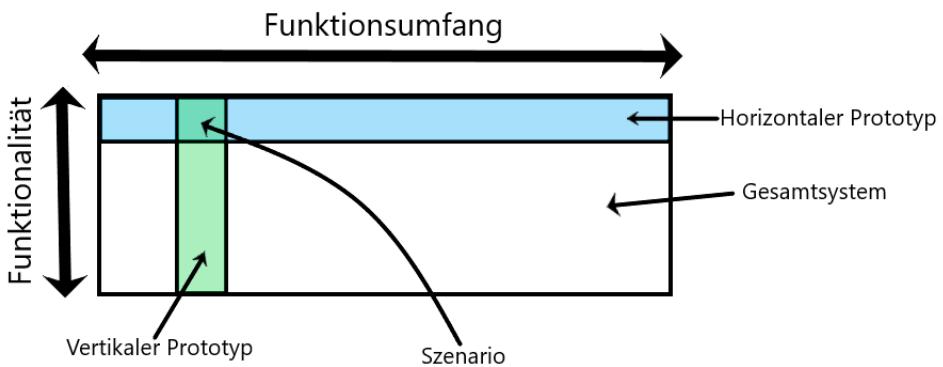


Abbildung 2.9: Schematische Darstellung von horizontalen und vertikalen Prototypen. Quelle: In Anlehnung an [Nie93, S. 94]

In die horizontale Dimension haben Prototypen einen breiteren Funktionsumfang, beinhalten jedoch wenig bis keine Funktionalität. Horizontale Prototypen eignen sich sehr gut, um einen Überblick über den Funktionsumfang des Systems zu gewinnen. Jedoch wirken Testszenarien 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 im der Funktionsumfang eingeschränkt, bieten jedoch mehr Funktionalität. Diese Prototypen eignen sich sehr gut, um besondere Aspekte eines Systems in aller Tiefe zu beleuchten. Dadurch sind diese Prototypen sehr nützlich, um bestimmte Funktionen möglichst in die Tiefe, unter realistischen Umständen zu testen und richtigen Aufgaben zu lösen.

Szenarien beschreibt Nielsen in [Nie93, S. 99] als minimalistische Prototypen, welche die Einschränkungen horizontaler und vertikaler Prototypen vereinen. Nutzer können nicht mit Daten interagieren (Einschränkung horizontaler Prototypen) und Nutzer können sich nicht frei im System bewegen (Einschränkung vertikaler Prototypen). Weiter definiert Nielsen Szenarien wie folgt. [Nie93, S. 100]

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

Aus Szenarien können, wenn diese ausreichend detailliert gestaltet sind, für Nutzertests verwendet werden. Beispielsweise können auf Basis von Szenarien Papierprototypen erstellt und diese von Nutzern getestet, um Aufgaben zu lösen. [Nie93, S. 101]

Kapitel 3

Analyse

In diesem Kapitel wird der Stand der Forschung zu Themen, welche für diese Arbeit eine hohe Relevanz darstellen, behandelt. Dazu zählen Annotationen in virtuellen Umgebungen, das Zeigen und Auswählen in Augmented Reality sowie die Kundeniteration mit immersiven Methoden.

3.1 Informationsdarstellung in virtuellen Umgebungen

Mit Anwendung des digitalen Prototypen sollen Feedback in Form von Annotationen auf dem physischen Produkt dargestellt werden. In diesem Abschnitt werden Forschungen zu Annotationen in virtuellen Umgebungen, insbesondere der Usability-Aspekten dieser Darstellungsform, näher betrachtet.

Brandenburg befasst sich in ihrer Arbeit mit unterschiedlichen Informationsdarstellungsformen in virtuellen Umgebungen. Sie vergleicht hierbei in einer Studie zwei unterschiedliche Darstellungsformen in einer CAVE¹ hinsichtlich Usability-Aspekte für virtuelle Design-Review Prozesse in der virtuellen Produktentstehung. Dabei wird ein besonderer Fokus auf die Art der Aufgabe der Review-Teilnehmer gelegt. [Bra19, S. 48]

Bei einer virtuellen Design-Review wird das 3D-Modell eines Produktes bzw. verschiedene Ausführungen dessen von einem interdisziplinären Reviewteam betrachtet, um Entscheidungen zu treffen. Hierbei werden neben dem 3D-Modell des Produktes Informationen zum Produkt bzw. zu den einzelnen Produktteilen betrachtet welche für die Entscheidungsfindung relevant sind. [Bra19, S. 32]

In Anlehnung an [PB04] [PKB07] identifiziert Brandenburg zwei unterschiedliche Aufgabentypen, welche einen Einfluss auf die jeweiligen Darstellungsformen haben: Such- und Vergleichsaufgaben. Eine Suchaufgabe kann dabei beispielsweise die Frage: "Wo ist der Motor? " eine Vergleichsaufgabe hingegen: "Was befindet sich im Kofferraum und wie wird es bezeichnet? ". [Bra19, S. 52]

Annotationen, welche nicht direkt am betreffenden Produktteil dargestellt werden sondern auf einer eigenen Ebene um das Produkt herum, führen zu mehr Genauigkeit, weniger Bearbeitungszeit und erhöhter Zufriedenheit bei der Lösung einer Suchaufgabe. Dies begründet sich dadurch dass Annotationen in dieser Anordnung sich gegenseitig oder Teile vom Produkt nicht überdecken. Im Gegensatz dazu eignen sich

¹CAVE kurz für *Cave Automatic Virtual Environment*, bezeichnet einen Raum in welcher drei bis 6 Wände Projektionsflächen sind und dem Nutzer durch das Tragen von Shutterbrillen ein Eindruck des Eintauchens in die dargestellte Szene ermöglicht wird.

Annotationen, welche direkt an den betroffenen Produktteilen dargestellt werden, für Vergleichsaufgaben besser. Die Ursache dessen liegt in der nötigen Übertragungsleistung von bildlichen zu textuellen Informationen. [Bra19, S. 52]

In der Studie wurde neben der getrennten Darstellung von Text und Produktteil, als eine weitere unabhängige Variable die Darstellung mit oder ohne Verbindungslinie welches Annotation mit dem Produktteil verbindet betrachtet. Abbildung 3.1 zeigt die evaluierten Darstellungsformen.

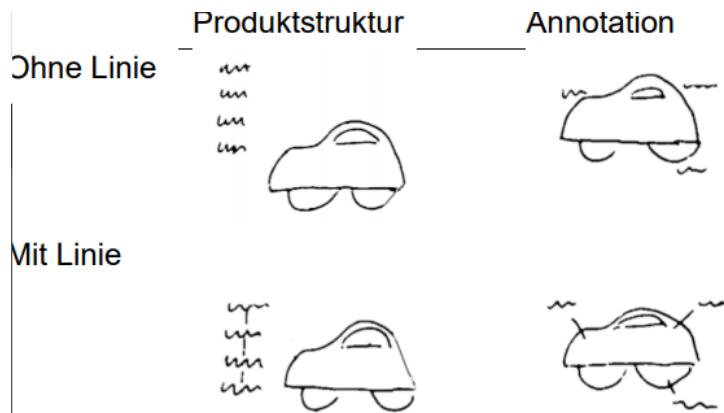


Abbildung 3.1: In der Studie evaluierte Darstellungsformen. Quelle: [Bra19, S. 127]

Auf Abbildung 3.2 linke Seite ist die getrennte Darstellung als Baumstruktur zu sehen. Die einzelnen Bauteile sind mit Verbindungslinien an Elternknoten, welche eine Baugruppe bilden, verbunden dargestellt. In der Studie wurde jeweils ein Begriff aus der Baumstruktur sowie ein Produktteil am Auto farblich grün hervorgehoben.

Abbildung 3.2 rechte Seite zeigt die Darstellung als Annotation. Hier wurden die Begriffe, welche zu einer Baugruppe gehören, durch eine grüne Einrahmung der jeweiligen Annotation von den anderen Annotationen farblich hervorgehoben.

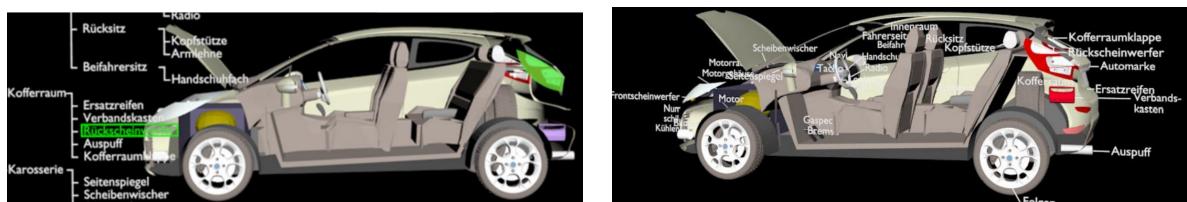


Abbildung 3.2: Unterschiedliche Darstellungsformen - Links: Darstellung als Baumstruktur getrennt vom Produkt. Quelle: [Bra19, S. 127] Rechts: Darstellung als Annotation am jeweiligen Produktteil. Quelle: [Bra19, S. 128]

Abbildung 3.3 zeigt die Aufgabenstellungen, welche von den Versuchspersonen gelöst werden mussten:

Anweisung	Aufgabentyp
Gehören die beiden markierten Begriffe zu einer Baugruppe?	Suchaufgabe ausschließlich im Textfeld
Gehören das markierte Bauteil und der ebenfalls markierte Begriff zusammen?	Übertrags-/Vergleichsaufgabe von Text/Begriff zu bildlichem Objektteil

Abbildung 3.3: Aufgabenbeschreibungen - Such- und Vergleichsaufgaben. Quelle: [Bra19, S. 132]

Im Ergebnis dieser Studie konnten die Effekte beider Darstellungsformen auf die jeweiligen Aufgabentypen haben, welche von Polys, Kim und Bowman in [PKB07] beschreiben werden, bestätigt werden. Des Weiteren hat sich in dieser Studie herausgestellt, dass Annotationen, welche mit einer Verbindungsline dargestellt werden, welche Text mit dem entsprechenden Produktteil verbindet, zur effizienteren Lösung der Aufgabe beitragen. Quelle: [Bra19, S. 135]

3.2 Zeigen und Auswählen in AR Benutzeroberflächen

In diesem Abschnitt werden Grundlagen für das Zeigen und Auswählen in virtuellen Umgebungen behandelt sowie einige aktuelle Arbeiten zu diesem Thema näher betrachtet.

Der digitale Prototyp soll auf einer Touchscreen-Bildschirmoberfläche eines Smartphones genutzt werden. Ortega u. a. beschreiben folgende grundlegende Probleme, welche bei Interaktionen auf diesen Oberflächen auftreten können und daher beachtet werden sollten: Durch die Tatsache, dass Interaktionen mit dem direkten Berühren des Bildschirms stattfinden, fehlt bei Touch Oberflächen das Schweben über Elemente (engl. Hover), bevor eine Aktion durch das Klicken der Maustaste bestätigt wird. Dadurch, dass der Finger auf den Bildschirm aufgelegt wird, entsteht das Problem der Verdeckung. Zudem muss mit stark variierendem Sinn für Präzision gerechnet werden. Weiter ordnen Ortega u. a. Ansätze für die Behandlung dieser Probleme in zwei Gruppen ein: Die erste Gruppe behandelt diese Probleme in der Gestaltung der Benutzeroberfläche, während in der zweiten Gruppe für die Lösung dieser Probleme die Intention des Nutzers untersucht und die Interaktion entsprechend danach ausgeführt wird. [Ort16, S. 205]

Die Aufgabe, ein Objekt in einer virtuellen Umgebung auszuwählen, setzt sich aus einer Komposition dreier Teilaufgaben zusammen, welche jeweils unterschiedlich umgesetzt werden können. Diese Teilaufgaben werden in [BH99, S. 12] [Bow11, S. 150] als folgende vorgestellt:

- *Andeutung der Selektion eines Objektes* (engl. *Indication of object*). Dem Nutzer wird die Möglichkeit gegeben, auf ein Objekt oder auf einen Bereich zu zeigen, welcher ausgewählt werden soll.
- *Bestätigen der Auswahl* (engl. *Confirmation of selection* bzw. *Indication to select*). Es werden Techniken zur Verfügung gestellt, mit denen der Nutzer seine Auswahl bestätigen kann.
- *Rückmeldung* (engl. *Feedback*). Die Bestätigung der Auswahl wird vom System bestätigt.

Abbildung 3.4 stellt diese Teilaufgaben in einer Übersicht dar und zeigt einige Beispiele, wie diese auf unterschiedlicher Weise umgesetzt werden können.

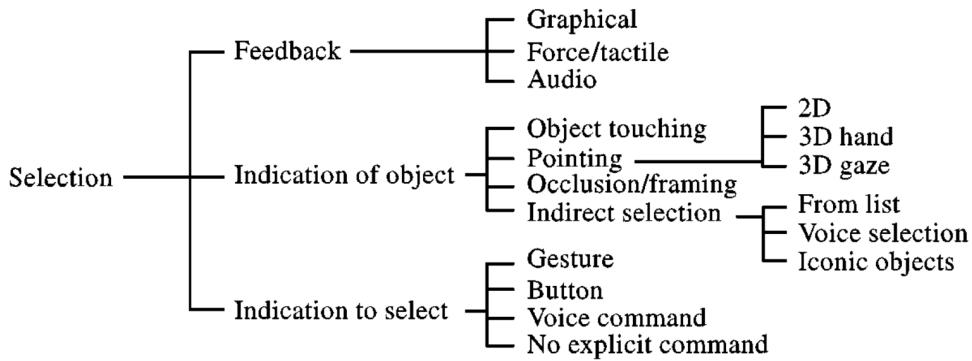


Abbildung 3.4: Klassifikation von Auswahltechniken. Quelle: [BH99, S. 12]

Beispielsweise kann das Andeuten einer Selektion durch die Auswahl in einer Listenansicht, Sprachbefehle oder durch das Zeigen umgesetzt werden. Eine Technik für das Zeigen stellt das Ray-Casting dar. Mit dieser Technik wird ausgehend von einer Startposition, in eine Richtung in welche gezeigt wird, ein Strahl ausgesendet, welcher Objekte in der Umgebung treffen kann. Dabei werden Schnittpunkte dieses Strahls mit Objekten aus der Umgebung verglichen und das Objekt mit dessen Schnittpunkt am nächsten zur Startposition befindet wird ausgewählt.

Bowman u. a. bezeichnet das Zeigen durch Ray-Casting als eine der einfachsten und effektivsten Techniken für das Auswählen in virtuellen Umgebungen für Anwendungsfälle, in welchen auf Objekte aus naher Distanz gezeigt wird.[Bow11, S. 153]

Vincent, Nigay und Kurata vergleichen in einer Studie zwei unterschiedliche Ansätze für das Zeigen zur Auswahl von Stellen auf planaren Oberflächen. Die Studie vergleicht folgende zwei Ansätze mit Anwendung auf zwei unterschiedlichen mobilen Endgeräten - einem Tablet und einem Smartphone:

- Das Zeigen durch ein in der Mitte des Bildschirm fixierten Fadenkreuzes; diesen Ansatz bezeichnen Vincent, Nigay und Kurata als *Crosshair*. Ausgehend von dieser Stelle wird von der Anwendung ein Strahl in die Umgebung ausgesendet und kann Objekte in der Umgebung treffen. Der Nutzer kann auf bestimmte Stellen auf planaren Oberflächen zeigen, indem er das mobile Endgerät bewegt und mit dem Fadenkreuz die Stelle anvisiert (Abbildung 3.5 (B)).
- Bei der zweiten Methode hingegen, welche als *Relative Pointing* bezeichnet wird, wird das Fadenkreuz auf die Oberfläche fixiert, auf welcher die Selektion stattfinden soll. Der Nutzer kann die Position des Fadenkreizes durch Wischen auf der Touchscreen-Oberfläche verändern (Abbildung 3.5 (C)).

Zusätzlich wird der Versuch mit dem Zufügen eines künstlich erzeugten Registrierungsjitter d. h. einer stark schwankenden Positionsänderung der virtuellen Objekte (Abbildung 3.5 (D)), wiederholt.

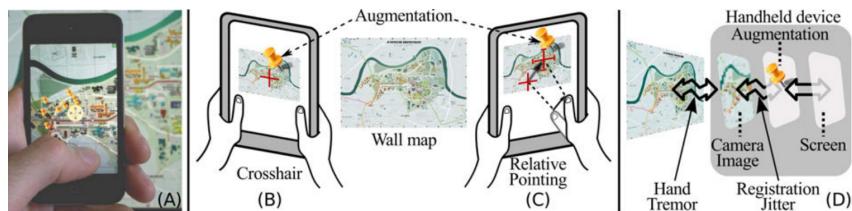


Abbildung 3.5: Darstellung zweier Ansätze für das Zeigen und Auswahl auf ebenen Oberflächen. Quelle: [VNK13]

An der Studie nahmen 24 Versuchsteilnehmer teil und als Aufgabe musste auf einer Oberfläche, auf welchem Kreise, welche ringförmig angeordnet sind, ausgewählt werden. Die auszuwählenden Kreise sind jeweils blau hervorgehoben worden. Die Teilnehmer haben die Aufgabe aus ca. einem Meter Entfernung ausgeführt.

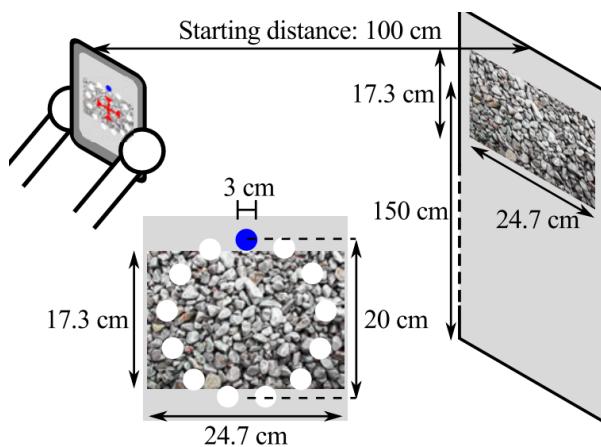


Abbildung 3.6: Versuchsaufbau - Vergleich Crossfade vs. Relative Pointing Quelle: [VNK13]

Folgende Schlüsse lassen sich als Fazit dieser Studie ziehen:

- Der Ansatz *Relative Pointing* führt zu weniger Fehler (Verfehlten der Stelle welche ausgewählt werden soll).
- Zusätzlicher Registrierungsjitter beeinträchtigt die Genauigkeit der Auswahl mit *Relative Pointing* geringer.
- Mit *Relative Pointing* zeigt sich ein geringer Unterschied hinsichtlich Genauigkeit und Dauer des Auswahlvorgangs und des verwendeten Endgerätes. Im Kontrast dazu zeigt sich bei der *Crossfade* Methode ein signifikanter Unterschied in beiden Punkten der Performance/Performanz: Hier schneidet die Nutzung des Smartphones schlechter ab.

In einer weiteren Arbeit befasst sich Vincent mit dem Zeigen auf Oberflächen von dreidimensionalen Objekten. [Vin14, S. 92]

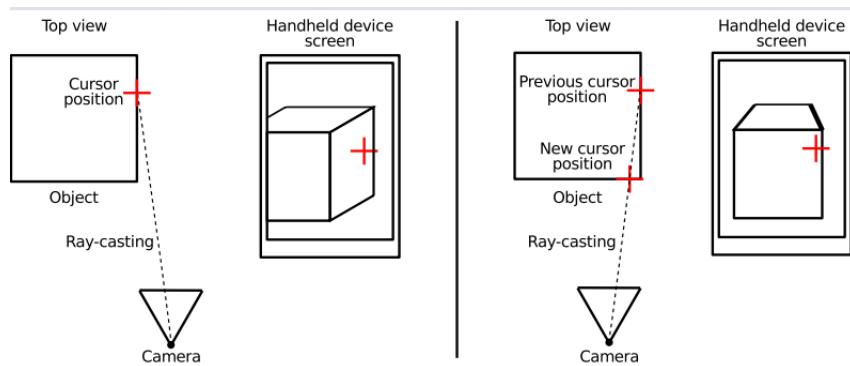


Abbildung 3.7: *Relative Pointing* auf der Oberfläche von 3D Objekten. Quelle: [Vin14, S. 84]

Bei der Anwendung des *Relative Pointing* auf 3D-Oberflächen macht Vincent auf einen Unterschied aufmerksam: Der Fadenkreuz bzw. der Zeiger kann durch die Struktur des 3D Objektes verdeckt werden oder sich durch einen Perspektivenwechsel der Kamera nicht mehr im Sichtfeld befinden. Er schlägt für die Behandlung dieses Problems vor, mit Ray-Casting zu überprüfen, ob der Zeiger sich im nächsten Schnittpunkt des Ray-Cast befindet und ihn dort zu platzieren, falls dieser sich in einem anderen Bereich befindet. Der Ray-Cast soll dabei ein virtuelles 3D-Modell des Objektes treffen. Als eine Alternative dazu schlägt er vor, den Tiefensensor der Kamera des zu benutzten Smartphones zu nutzen, um diesen Vorgang auf dem physischen Objekt durchzuführen zu können. [Vin14, S. 83]

3.3 Immersive Product Improvement (IPI)

In diesem Abschnitt wird ein von Kirschner in [Kir12] vorgestellter methodischer Lösungsansatz für Open Innovation (zu dt. Offene Innovation) betrachtet und drei unterschiedliche Umsetzungsmöglichkeiten welche Kirschner vorstellt.

Open Innovation beschreibt den Innovationsprozess eines Unternehmens, bei welcher interne sowie externe Ideen genutzt werden um diese in der Produktentwicklung umzusetzen und ihr Wissen weiterzuentwickeln. Im Gegensatz dazu gehen Impulse zur Innovation in Closed Innovation lediglich von innerhalb des Unternehmens aus. [Kir12, S. 32]

Die von Kirschner vorgestellte Methode setzt ein bereits existierendes Produkt voraus an welchem, Nutzern, Nutzungserfahrung sammeln und Verbesserungsbedarf feststellen. Diese sollen Nutzer dann als Verbesserungsvorschläge in Form von Kommentaren auf den Produkten, an den entsprechenden Stellen anbringen können. Diese Verbesserungsvorschläge sollen dem Hersteller bei der Überarbeitung der Produkte im Zuge der Modellpflege oder Nachfolgerplanung helfen. Abbildung 3.8 veranschaulicht diese Methode. [Kir12, S. 122]

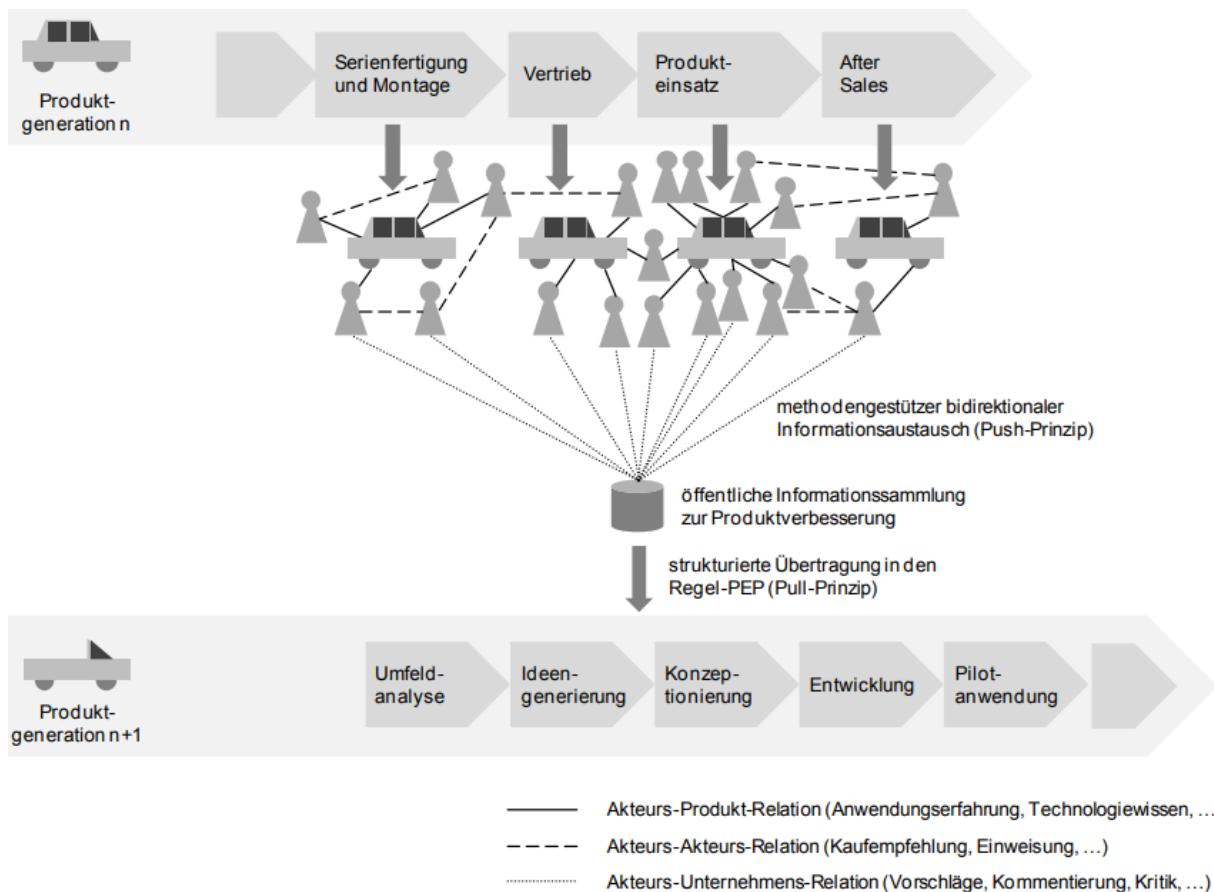


Abbildung 3.8: Grobkonzept der IPI-Methode. Quelle:[Kir12, S. 128]

Als Tools für die Umsetzung dieser Methode stellt Kirschner drei Ansätze vor: Die physische Umsetzung, bildzentrierten Umsetzung oder objektzentrierten Umsetzung (mit Augmented Reality).

Mit der physischen Umsetzung wird ein Exemplar des Produktes ausgestellt und Nutzer können Verbesserungsvorschläge durch das Anbringen von Notizzetteln auf dem Produkt abgeben. Dabei sollte nach Kirschner, darauf geachtet werden dass Notizzettel an Referenzpunkten (an der Stelle am Produkt welche mit dem Beitrag verknüpft ist) angebracht werden. Damit soll verhindert werden dass keine gleichen Beiträge für die gleiche Stelle am Produkt abgegeben werden.

Die Vorteile dieser Umsetzung führt Kirschner auf, dass diese Methode den höchsten Grad an Immersion bietet, da ein einziges Produkt als Nutzungs- und Beitragsbasis verwendet wird. Zudem ist diese Methode kostengünstig und schnell einsetzbar und erfordert keine Serienproduktion. Die Nachteile dieser Umsetzung sind jedoch: Einschränkte Anzahl an teilnehmenden Nutzern sowie der Verzicht auf akteursinitiierte Teilnahme, eingeschränkte Skalierbarkeit und aufwendigere Auswertung mit potenziell höherer Fehlerquellen. Zudem wäre diese Methode bei länger laufender Einsatz personal bedingt überproportional teuer. [Kir12, S. 125]

Beim bildzentrierten Ansatz werden Abbildungen des Produktes über eine Onlineplattform des Herstellers zur Verfügung gestellt. Die Nutzer haben die Möglichkeit auf über einer Listenansicht oder direkt auf der

Abbildung des Produktes bestimmte Referenzpunkte auszuwählen und ein Kommentar dazu abzugeben. Bestehende Kommentare andere Nutzer einsehen und bewertet werden. Weiter können Nutzer bei Abgabe eines Kommentars diesen thematisch zu einem vom Hersteller vorgegeben Kategorie einordnen. [Kir12, S. 127]

Zu diesem Ansatz wurde 2011 von Kirschner u. a. eine Studie durchgeführt worin der Zugang zu Referenzpunkten am Produkt über Listen und Bildansicht verglichen wurde. Abbildung 3.9 zeigt beide Ansichten. [Kir11].

Die Studie wurde mit 48 Teilnehmern durchgeführt wobei die 24 Zugang mit Zugang über die Listenansicht Kommentare abgeben konnten und die anderen Teilnehmer über die Bildzugang. Die Teilnehmer hatten sieben Tage Zugang auf die Plattform um Kommentare abzugeben und bestehende Kommentare zu bewerten.



Abbildung 3.9: Online-Produktkommentierung über Listen- und Bildzugang. Quelle: [Kir11, S. 7]

Im Ergebnis dieser Studie kam heraus dass über Bildzugang deutlich mehr Kommentare erstellt werden gegenüber dem Zugang über Listenansicht. Auch die Anzahl an Bewertungen (auf Abbildung 3.10 sind diese mit "threads" bezeichnet) ist ein deutlicher Unterschied zu erkennen. Die Autoren vermuten dass dieser deutliche Unterschied durch die zusätzliche kognitive Beanspruchung verbunden ist, die benötigt wird um die textuelle Information aus der Liste mit den entsprechenden Stellen des Produktes zu verbinden.

	<i>list based group</i>	<i>picture based group</i>
page views	1056	1492
mean page visit time	48 seconds	59 seconds
# of objects	18	20
# of threads	23	33
# of comments	33	55

Abbildung 3.10: Ergebnisse der Erhebung - Vergleich Liste vs. Bildzugang. Quelle: [Kir11, S. 7]

Mit der objektzentrierten Ansatz sollen Nutzer die Möglichkeit haben über die Nutzung eines mobilen Endgerätes das Produkt zu betrachten. Durch entsprechende Objekterkennungsmechanismen das Produkt erkannt und bestehende Kommentare auf dem Produkt an entsprechenden Stellen dargestellt werden können. Dies erfordere die Umsetzung mit Augmented Reality.[Kir12, S. 135]

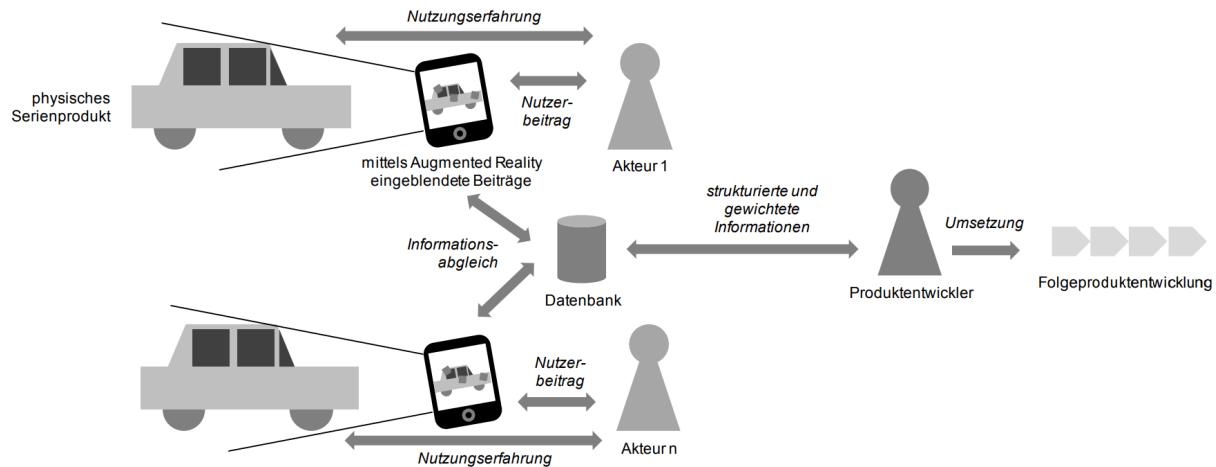


Abbildung 3.11: Informationsfluss in der objektzentrierten IPI-Umsetzung. Quelle:[Kir12, S. 135]

Als Vorteile dieses Ansatzes beschreibt Kirschner: Dass das Produkt automatisch erkannt werden kann und der Nutzer das Produktbild nicht auswählen muss. Zudem biete dieser Ansatz im Vergleich zum bildzentrierten Ansatz einen höheren Grad an Immersion. Als Nachteile beschreibt er dass ein erhöhter Maß an technischen Aufwand für die Umsetzung erforderlich sei und zum aktuellen Stand der Technik die Stabilität der technischen Umsetzung noch nicht gewährleistet sei. Weiter beschreibt er dass das Produkt physisch oder zumindest visuell sich vor dem Nutzer befinden müsse und somit ein Teil der Beiträge wegfallen würde.[Kir12, S. 130]

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 diente. 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 kann es jedoch vorkommen, 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 derartigen Beschreibungen auch nicht immer hervor. Zudem ist nicht ohne Aufwand möglich, direkt zu erkennen, an welchen Stellen eines Produktes sich Feedbacks häufen.

Nutzer von bestimmten Produkten (z.B. zu Hausaltprodukten, Modellflugzeugen, usw.), welche sich in Interessengruppen zum Austausch von Erfahrungen räumlich treffen, haben die Möglichkeit Ihre Ideen genauer zu beschreiben. Bei solchen Treffen haben 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 Feedbackgabe ist jedoch dessen eingrenzende Reichweite. Zudem werden Inhalte, welche im Rahmen solcher Treffen diskutiert wurden oft nicht ausreichend dokumentiert.

Auf Basis der im Kapitel 2 behandelten Grundlagen und der Nutzungskontextanalyse wurde eine abstrakte Skizze des Gesamtsystems (Abbildung 4.1) entworfen, in welcher, Funktionale wie Nicht-Funktionale Anforderungen an das zu konzipierende System dargestellt werden:

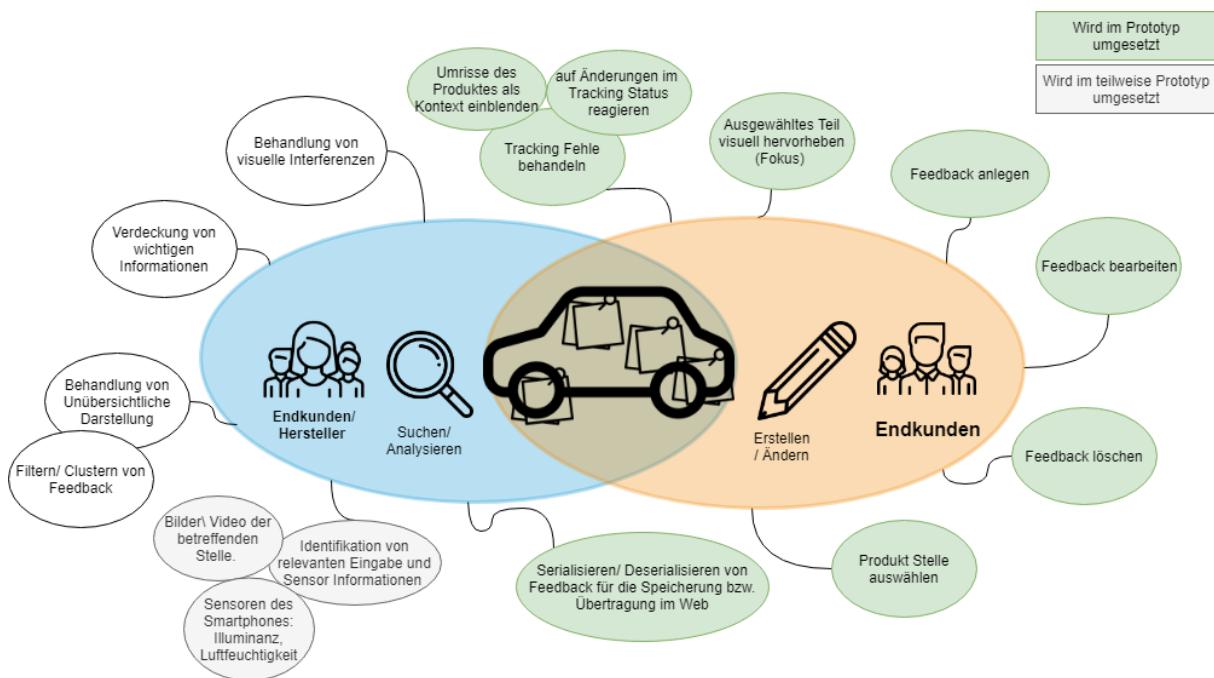


Abbildung 4.1: Abstrakte Skizze des Gesamtsystems

Quelle: Eigene Darstellung

Dieses Skizze hat den Zweck die Projektidee begreifbarer machen und als grobe Orientierung bei der Anforderungsanalyse dienen.

4.2 Anforderungsanalyse

Als Grundlage für die Anforderungsanalyse wurde ein Kreativ Workshops durchgeführt. Das Ziel dieses Workshops war, die im Kapitel 2 Abschnitt 2.5.2 beschriebenen Schritte des Usability Engineering Lifecycle nach Nielsen umzusetzen.

Der Workshop fand am Fraunhofer IPK in Berlin statt, wobei an der Studie fünf Teilnehmer partizipierten.

Zur Vorbereitung wurde in einem zuvor für diesen Workshop gebuchten Besprechungsraum, einzelne Stationen für die am Workshop durchzuführenden Aktivitäten vorbereitet.¹ Zunächst wurden die Teilnehmer begrüßt und für deren Teilnahme am Workshop bedankt. Anschließend wurde der Anlass und der Ablauf des Workshop vorgestellt.

Mit Hilfe einer kurzen Präsentation wurde die Projektidee vorgestellt und anhand einer groben Skizze des zu konzipierenden Systems (Abbildung 4.1) verdeutlicht. Anschließend fand eine Frage- Antwort Runde statt, welches den Teilnehmern die Möglichkeit gab, Rückfragen zu stellen. Somit sollte sichergestellt werden, dass die Projektidee von allen Teilnehmer verstanden wurde.

¹z.Bsp.: Aufstellung eines Pinnwand für die Erstellung eines Affinitätsdiagramms, Abbildungen von Personen für die Erstellung von Personas usw.

Nach Vorstellung der Projektidee fand ein Brainstorming statt, dessen Ergebnis in einem Affinitätsdiagramm festgehalten wurden. Dieses diente als Grundlage für die Erstellung von Nutzerprofilen.²

Dabei sollen Ideen für die Beantwortung folgender Fragen zusammengetragen 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?

Es wurde eine Zeitbegrenzung von 15 Minuten vorgegeben, innerhalb welcher Ideen zu den, oben genannten Fragen, auf Kärtchen aufgeschrieben wurde. Folgende Ideen, im Wortlaut niedergeschrieben, sind dabei entstanden, welche im nächsten Schritt als Orientierung für die Erstellung von Personas dienten³:

Wer sind die 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)

Wo liegen die Schmerzpunkte: Komplizierte Beschreibung der Umgebung/ Use-Case, Zustand der Bearbeitung unbekannt, Fehlerbehebung des 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

Personas: Im nächsten Schritt wurden auf Grundlage der im Affinitätsdiagramm festgehaltenen Stichpunkte, Personas erstellt. Diese repräsentieren, stellvertretend die Ziele der Nutzer des zu konzipierenden Systems.

Es wurden Bilder von Personen unterschiedlichen Alters und Geschlechts auf dem Boden ausgelegt. Die Bilder zeigten die Personen in jeweils unterschiedlichen Situationen, sodass möglichst individuelle Eigenschaften ausgemacht werden konnten. Es fand eine kurze Diskussion statt, indem Abbildungen von Personen ausgewählt wurden, welche realistische Nutzer für das zu konzipierende System darstellen. Anschließend wurden den Personas fiktive Namen gegeben und die Begriffe aus dem Affinitätsdiagramm in gemeinsamer Abstimmung den einzelnen Personen zugeordnet.

²Im gewöhnlichen Vorgang für die Erstellung von Affinitätsdiagramme, schreiben Teilnehmer Ideen auf Kärtchen, welche zunächst unsortiert auf ein Pinnwand gehetzt werden. Anschließend werden die Ideen, gemeinsam besprochen und in Gruppen bzw. Untergruppen sortiert. In dem stattgefundenen Workshop wurden diese Gruppen jedoch im voraus vorgegeben.

³Eine Abbildung des entstandenen Affinitätsdiagramm befindet sich im Anhang [Referenz darauf]

Auf diese Weise wurden in Anlehnung an das von Richter und Flückiger in [RF16, S. 57] vorgestellte Beispiel, fünf unterschiedliche Personas erstellt (Tabelle 4.1, Eine vollständige Beschreibung der Personas befindet sich im Anhang A). Die Personas Felix, Timo und Svenja sind für die Implementierung des Prototypen besonders bedeutsam. Diese Personas werden das System nutzen, um Feedbacks zu erstellen, zu bearbeiten und zu löschen. Die Personas Magitta und Flo dienen dazu, um ein Verständnis für das zu konzipierende Gesamtsystem aufzubauen, in welchen sich der Prototyp einfügen soll. Diese werden vorwiegend die Artefakte, welche durch das System entstehen, nutzen Tabelle 4.1 zeigt eine Übersicht der konzipierten Personas.

Tabelle 4.1: Zusammenfassung der Personas

Name	Rolle	Ziele und Bedürfnisse
Timo	Produktentwickler	*Oft sind komplizierte Anwendungsfälle schwer zu beschreiben. *Produktbezogene Beschreibungen bei welchen Bezug zu spezifischen Stellen am Produkt genommen werden muss oft von anderen nicht verstanden.
Svenja	Auszubildende	* Möchte dass es besonders einfach und unkompliziert benutzbar ist.
Felix	Zahnarzt	* Möchte dass seine Laborgeräte einwandfrei funktionieren. * Möchte bei technischen Problemen schnelle Rückmeldung vom Hersteller. Qualität der Produkte haben einen Einfluss auf sein Betrieb.
Magitta	Produktmanagerin	* Möchte die Produkte ihres Unternehmens zu verbessern. * Wo liegen die Schwächen? Wo die Stärken? Wie werden die Produkte von den Kunden wahrgenommen?
Flo	Daten Analyst	* Möchte aus Daten Wissen generieren. * Möchte über eine Schnittstelle präzise Kundenfeedbacks zu Produkten erheben um aus diesen Erkenntnisse zu generieren

Szenarien:

Basierend auf den entworfenen Personas, wurden im nächsten Schritt Ist-Szenarien beschrieben (siehe Anhang: A Abschnitt “*Ist-Szenarien*“). Mit diesen wurden aktuelle Problemlösungsstrategien der Personas Timo, Felix und Svenja im jeweiligen Anwendungskontext beschrieben. Dabei wurden besonders die Schmerzpunkte der aktuellen Lösungstretarien betont. Die “*Ist-Szenarien*“ wurden hinsichtlich möglicher Verbesserungen mit einer neuen Lösung analysiert und im weiteren Schritt “*Soll-Szenarien*“ entwickelt (siehe Anhang A Abschnitt “*Soll-Szenarien*“).

Die Soll-Szenarien beschreiben, in welchem Kontext sowie unter welchen Bedingungen die Anwendung verwendet wird, um die Aufgabe, ein Feedback an einem physischen Produkt abzugeben. Die beschriebenen Soll-Szenarien beinhalten Beschreibungen für Funktionen, welche nicht im Prototypen enthalten sein werden. Diese dienen dazu um ein Verständnis dafür aufzubauen zu können, wie sich der Prototyp in ein Gesamtsystem mit diesen Funktionen einfügen wird.

Folgende Funktionen, welche in den “*Ist-Szenarien*“ beschrieben sind, werden jedoch nicht Teil des

Prototypen sein:

- Anmeldevorgang
- Produktauswahl
- Feedbacks von anderen Nutzern auf dem Produkt sehen
- Versand von Informationen an den Hersteller

User Stories:

Auf Grundlage der „*Soll-Szenarien*“, wurden im nächsten Schritt User Stories beschrieben, welche im Prototypen implementiert werden:

Tabelle 4.2: User Stories

Nr.	Als	abgeleitet aus Persona	möchte ich	damit
10	Endkunde	Timo	neue Anwendungsfälle direkt am Produktteil beschreiben können	ich bei meiner Beschreibung implizit ein Bezug zu einer bestimmten Stelle am Produkt herstellen kann.
20	Endkunde	Timo	Ergänzende Anleitungen direkt am Produktteil oder Stellen ansehen können	ich mir ergänzende Bemerkungen und Anleitungen direkt an der betreffenden Stelle ansehen kann.
21	Endkunde	Timo	Fragen von anderen Kunden am betreffenden Produktteil oder Stellen ansehen können	die Fragen besser verstehen und Antworten bereitstellen kann welche anderen helfen.
22	Endkunde	Timo	Fragen am betreffenden Produktteil oder Stellen beschreiben können	die Fragen von anderen Kunden besser verstanden werden und Antworten und ich schneller Antworten erhalte.
30	Endkunde	Timo	Anleitungen zu spezifischen Stellen am Produkt beschreiben können	mir die Bezugnahme zu der betreffenden Stelle am Produkt erleichtert wird und meine Anleitungen verständlicher für andere 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. B.: eine Rückmeldung abgeben)
32	Endkunde	Svenja, Timo, Felix	eine von mir abgegebene Feedback auswählen können,	damit ich dieses Feedback oder den löschen kann
33	Endkunde	Svenja, Timo, Felix	die Beschreibung auf einer von mir abgegebenes Feedback verändern können	ich eine Nachträgliche Korrektur oder Ergänzung vornehmen zu kann.
34	Endkunde	Svenja, Timo, Felix	den Bezugspunkt (Produktteil oder bestimmte Stelle auf einem Produktteil) auf die, ein von mir erstelltes Feedback sich bezieht ändern können	ich eine Nachträgliche Korrektur oder Ergänzung vornehmen zu kann.
35	Endkunde	Svenja, Timo, Felix	ein von mir erstelltes Feedback löschen können	ich eine obsolete, redundante oder versehentlich erstellte Rückmeldung wieder entfernen kann.
40	Endkunde	Svenja	schnell und unkompliziert Feedbacks zu Teile od. Stellen am Produkt abgeben können.	ich auch Feedbacks beiläufig abgeben kann.
50	Endkunde	Svenja, Timo, Felix	Bewertungen zu einem Produkt, an der Betreffenden Stelle am Produkt ansehen können	ich mich vor dem Kauf eines Produktes genauer erkundigen kann, und mir vor allem, die für mich wichtigen stellen am Produkt besser beurteilen kann
60	Endkunde	Svenja, Timo, Felix	Kontaktinformationen zu Verantwortlichen Personen sehen können.	ich direkt Kontakt zu dieser Person aufnehmen kann.
70	Geschäftskunde (gewerblich nutzender Endkunde)	Felix	möchte ich den Wunsch äußern können, dass der Hersteller über mein Feedback informiert wird	ich sicher gehen kann dass mein Feedback zeitnah vom Hersteller wahrgenommen wird
80	Geschäftskunde (gewerblich nutzender Endkunde)	Felix	bei Abgabe eines Feedback, den Einfluss auf mein Geschäft oder Anwendungsfall beschreiben können	ich dem Hersteller des Produktes ein besseres Verständnis über den Ausmaß ermöglichen kann und dieser den im Feedback entsprechend beurteilen und priorisieren kann

4.3 Entwurf

Im folgenden Abschnitt wird der erste Entwurf des zu entwickelnden Prototypen beschrieben. Es wird zunächst ein Papierprototyp vorgestellt, welcher einen Entwurf der Benutzeroberfläche darstellt. Anschließend werden die durch das System zu speichernden Daten in Form einer Entitätentyp festgelegt und dargestellt sowie die Klassendiagramme für den digitalen Prototypen entworfen.

4.3.1 Low-Fidelity-Prototyp

Die in der Anforderungsanalyse erstellten Soll-Szenarien sowie die festgelegten User Stories wurden zur Orientierung für die Gestaltung des Papierprototypen verwendet. Im Folgenden werden die einzelnen Ansichten des entwickelten Papierprototypen vorgestellt und erläutert:

In Abbildung 4.2 ist der Startbildschirm der Anwendung zu sehen. Auf diesen gelangt der Nutzer, sobald die Anwendung gestartet wurde. In der Mitte des Bildschirmes wird ein Text eingeblendet, welcher den Nutzer dazu auffordert, die Kamera auf das Produkt⁴ zu richten. Dieser wird eingeblendet, damit die Registrierung des Produktes stattfinden kann und ist in dieser Ansicht immer sichtbar, wenn die Registrierung nicht stattfinden kann.

In der linken oberen Ecke des Bildschirmes befinden sich zwei Buttons mit den Aufschriften "My Feedbacks" und "New Feedbacks". Durch das Klicken auf das Button "My Feedbacks" gelangt der Nutzer in die auf Abbildung 4.7 vorstelle Ansicht, in welcher er die Möglichkeit hat, die von ihm erstellten Feedbacks zu bearbeiten oder zu löschen. Klickt der Nutzer auf den Button mit der Aufschrift "New Feedbacks", gelangt er in die auf Abbildung 4.4 dargestellte Ansicht. In dieser ist die Anwendung in einem Modus, in welcher Produktteile für die Erstellung von neuem Feedback ausgewählt werden können.

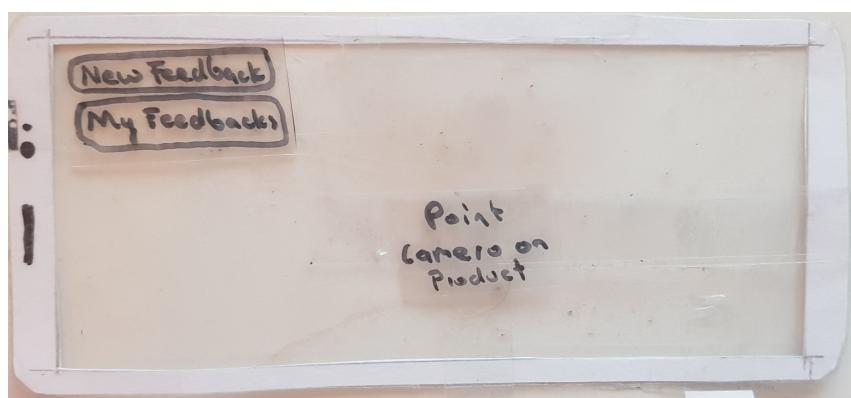


Abbildung 4.2: Papierprototyp - Startbildschirm
Quelle: Eigene Darstellung

Sobald die Kamera auf das Produkt gerichtet wird, findet die Registrierung statt. Das heißt, dass das 3D-Modell des physischen Produktes über das reale Produkt gelegt wird und dieses überlagert. Dieses virtuelle Modell wird durchsichtig dargestellt, sodass das reale Produkt sichtbar bleibt. Die Konturen des

⁴Das Wort "Product" wird an dieser Stelle in der Annahme verwendet dass für das Tracking ein CAD Modell des physischen Produktes verwendet wird. Dies kann sich je nach verwendeter Tracking Methode ändern.

virtuellen Produktes jedoch sollen im Falle einer fehlerhaften Registrierung dem Anwender die Konturen des virtuellen Modells als Kontext zeigen.

In dieser Ansicht kann der Nutzer das Produkt durch den Bildschirm des Smartphones betrachten, wobei bestehendes Feedback auf dem Produkt in Form von Annotationen dargestellt wird. Die Annotationen werden mit Verbindungslinien dargestellt, welche den Bezugspunkt auf dem Produkt und den Text miteinander verbinden. Dies wurde auf Grundlage der Forschungsergebnisse in [Bra19] [PKB07] entschieden, welche feststellen dass mit Verbindungslinien dargestellte Annotationen eine bessere Effizienz in der Bearbeitung der Aufgaben aufweisen.

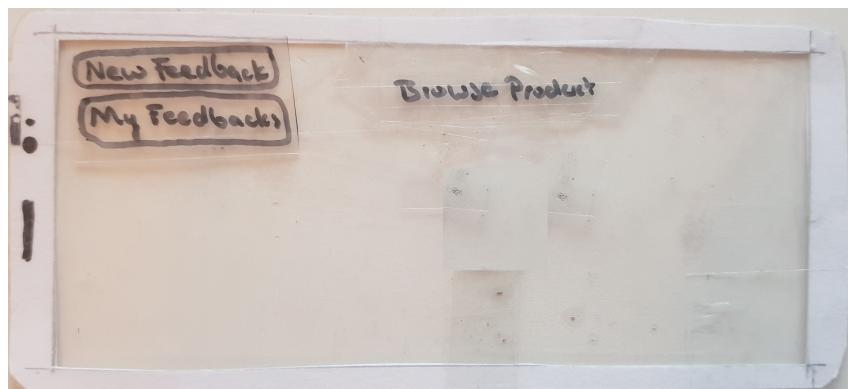


Abbildung 4.3: Papierprototyp - Ansicht zum Suchen und Finden von Feedbacks auf dem Produkt.
Quelle: Eigene Darstellung

In der auf Abbildung 4.4 gezeigten Ansicht befindet sich die Anwendung in einem Modus, in welchem eine Stelle oder ein Produktteil für die Erstellung eines neuen Feedbacks ausgewählt werden kann.

Um die Funktion des Zeigens und des Auswählens realistischer testen zu können, wurde beschlossen diese als vertikale Prototypen zu implementieren und anschließend von einer kleinen Nutzergruppe testen zu lassen. Dafür wurden die zwei von Vincent, Nigay und Kurata vorgestellten Methoden aus Kapitel 3 Abschnitt 3.2: *Crossfade* und *Relative-Pointing* als Vorlage genommen.

Abbildung 4.4 zeigt die Ansicht für die Variante *Crossfade*. In dieser Ansicht wird in der Mitte des Bildschirmes ein Fadenkreuz angezeigt. Der Nutzer kann das Smartphone auf die Stelle oder das Produktteil richten, welches er auswählen möchte. Das Produktteil, welches im Visier des Fadenkreuzes ist, wird farblich hervorgehoben. Auf der rechten unteren Ecke des Bildschirmes befindet sich ein grüner Button mit einem Häkchen. Drückt der Nutzer auf diesen Button, wird die Stelle oder das Produktteil im Visier des Fadenkreuzes ausgewählt, dann gelangt der Nutzer in die auf Abbildung 4.6 gezeigte Ansicht.

Befindet sich im Visier des Fadenkreuzes ein auf dem Produkt vorhandenes Feedback, werden anstelle des Buttons für das Anlegen von neuem Feedback, die zwei Buttons welche auf Abbildung 4.5 in der rechten unteren Ecke zu sehen sind, für das Bearbeiten und Löschen dieses Feedbacks angezeigt.

Der Vorteil dieser Methode liegt in der Tatsache, dass die auszuwählende Stelle nicht durch Finger verdeckt wird. Der Nachteil hingegen ist dass das Auswählen mehr durch das Zittern der Hände und dem Registrierungsjitter unterliegt.

In der linken oberen Ecke im Abbildung 4.4 befindet sich ein Button mit einem Haussymbol, dieser dient zur Rückkehr zum Startbildschirm.



Abbildung 4.4: Papierprototyp - Auswahl von Produktteil für die Erstellung eines neuen Feedback
Quelle: Eigene Darstellung

Abbildung 4.5 zeigt in der rechten unteren Ecke zwei Buttons zum Bearbeiten und Löschen von Feedback. Diese erscheinen immer dann, wenn ein auf dem Produkt vorhandenes Feedback von dem Fadenkreuz auf der Mitte des Bildschirmes anvisiert wird oder im Falle der Umsetzung mit der *Relativ-Pointing* Methode auf das Feedback getippt wird.

Die Icons auf diesen Buttons sind selbsterklärend. Ein Bleistift soll das Editieren symbolisieren und ein Müllbeimer das Löschen.



Abbildung 4.5: Papierprototyp - Auswahl von Feedback auf dem Produkt für die Bearbeitung bzw. Löschung.
Quelle: Eigene Darstellung

Auf Abbildung 4.6 ist die Formularansicht zu sehen, in welche die Nutzer nach dem Auswählen einer Stelle auf dem Produkt gelangen, um Eingaben für das zu erstellende Feedback zu machen. Hier wurde darauf geachtet, Eingabefelder zu definieren und Begrifflichkeiten zu verwenden um die Anforderungen als User Stories in Tabelle 4.2 festgehalten wurden, abdecken zu können.

Im oberen Abschnitt des Formulars befinden sich vier Buttons für die Auswahl von einer vom Hersteller vorgegeben Kategorie. Dies wurde basierend auf dem im Kapitel 3 Abschnitt 3.3 von Kirschner in der

bildzentrierten IPI Umsetzung vorgeschlagenen Entwurf (Siehe 3.9) entschieden. Diese Kategorien sollen den Endnutzern, insbesondere der Persona Timo, dabei helfen seine Feedback kategorisch zu sortieren sowie beim suchen nach Feedback nach diesen zu filtern. Dem Hersteller sollen diese Kategorien die Gewichtung und Analyse vereinfachen.

Folgend werden die im Formular erhaltenen Kategorien zu den im Tabelle 4.2 festgehaltenen Anforderungen ihrer Erfüllung nach zugeordnet: *Design* erfüllt: 40, *New Use-Case* erfüllt: 10, *Question* erfüllt: 21 und 22, *Instruction* erfüllt: 20 und 30.

Neben dem Auswahl einer Kategorie befindet sich im Formular das Feld *Description* welches als einziges Pflichtfeld vom Nutzer ausgefüllt werden muss. Die Auswahl einer Kategorie ist ebenso Pflicht, jedoch trifft die Anwendung eine Vorauswahl, nämlich "Design". Das Geringhalten der Anzahl von Pflichtfeldern beruht auf Berücksichtigung der User Story 40. Im Feld *Description* kann der Nutzer die Beschreibung für sein Feedback eingeben. Dieses wird nach dem Anlegen auf dem Produkt als Annotationstext sichtbar sein.

Desweiteren kann eine Beschreibung eingegeben werden, um das Ausmaß auf das Geschäft oder den Anwendungsfall zu beschreiben. Dieses Feld wurde unter Berücksichtigung der User Story 80 in das Formular aufgenommen, nur im Fall dass eine schnelle Bearbeitung und Rückmeldung seitens des Hersteller erwünscht ist, als ein Pflichtfeld gekennzeichnet. Der Wunsch einer schnellen Bearbeitung und Rückmeldung vom Hersteller (Tabelle 4.2 User Sory 70) wird durch die Auswahl des Kontrollkästchens Notify Support im unteren Bereich des Formulares geäußert.

Schließlich befinden sich unten rechts ein Button, mit dem die Eingaben bestätigt werden können und links ein Button womit der Erdstellvorgang abgebrochen werden kann. In beiden Fällen gelangt der Nutzer zum Startbildschirm (Abbildung 4.2).

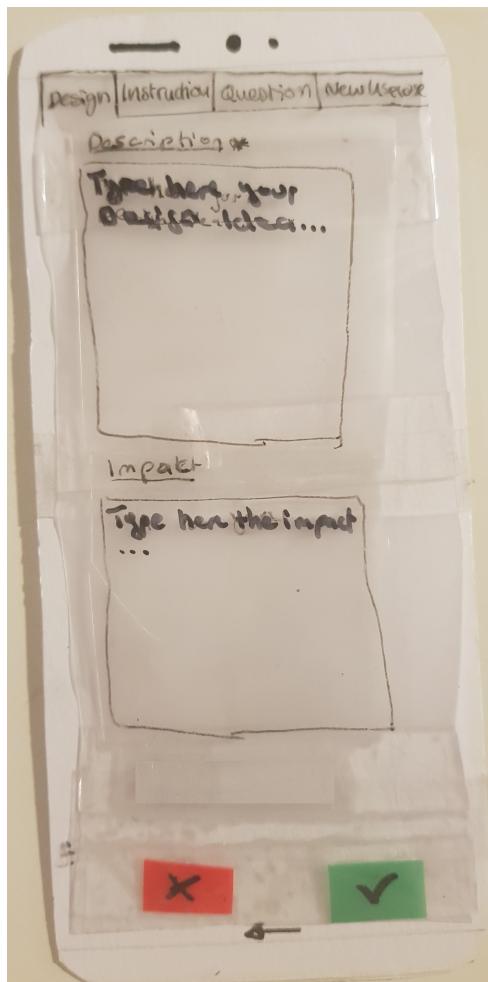


Abbildung 4.6: Papierprototyp - Eingabeformular für die Erstellung eines neuen Feedback.
Quelle: Eigene Darstellung

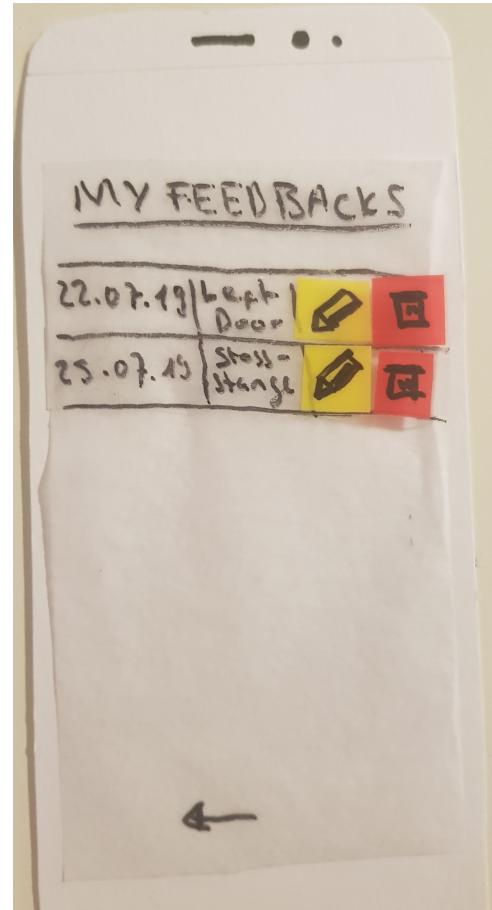


Abbildung 4.7: Papierprototyp - Listenansicht aller Feedback für die Bearbeitung und Löschung.
Quelle: Eigene Darstellung

Zu der in Abbildung 4.7 gezeigten Ansicht gelangt der Nutzer indem auf den sich im Startbildschirm 4.2 befindenden Button *My Feedbacks* geklickt wird. Diese Ansicht beinhaltet eine Auflistung aller vom Nutzer angelegten Feedbacks und bietet eine weitere Darstellungsform, aus welcher Feedback editiert oder gelöscht werden können. In der Auflistung wird zu jedem Feedback der Name des Produktteils sowie die Beschreibung des Feedbacks angezeigt. Rechts daneben werden die Buttons zum Editieren und Löschen, angezeigt welche der Anwender aus der Ansicht in Abbildung 4.5 bereits kennt.

4.3.2 Objektorientierter Entwurf

Im Folgenden werden die zu speichernden Daten für ein Feedback als ein Entitätentyp festgelegt und auf Abbildung 4.8 visualisiert.

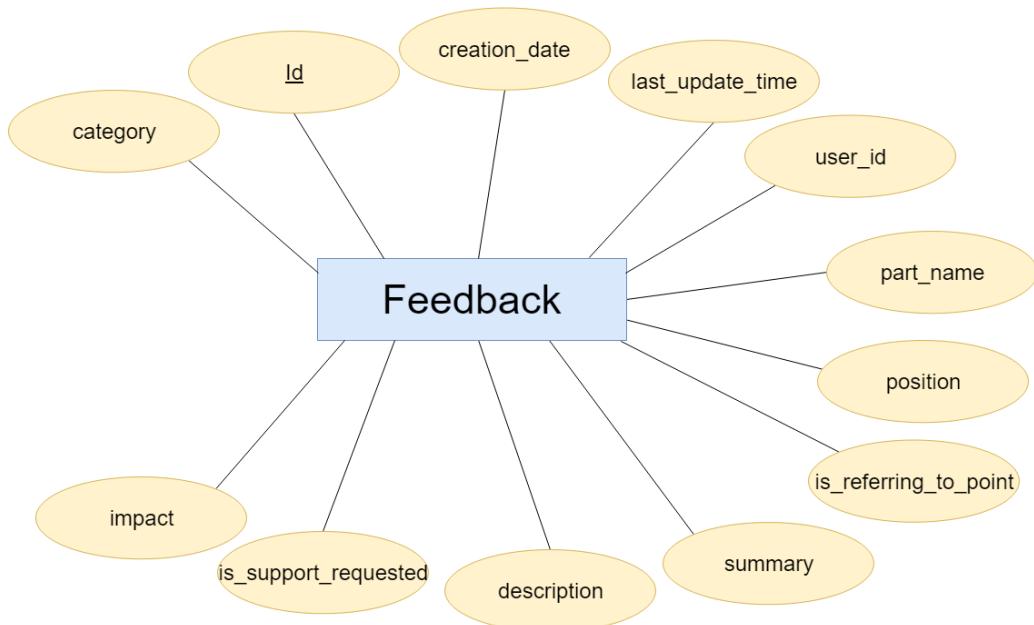


Abbildung 4.8: Papierprototyp - Auswahl von Feedback auf dem Produkt für die Bearbeitung bzw. Lösung.

Quelle: Eigene Darstellung

Folgend werden die einzelnen Attribute näher erläutert:

- Die *Id* ist vom Datentyp Integer und bildet den Primärschlüssel über die ein Feedback im System eindeutig identifizierbar gemacht werden soll.
- Mit dem Attribut *creation_time* wird der Erstellungszeitpunkt (Zeit und Datum) festgehalten.
- Das Attribut *last_update_time* gibt Aufschluss darüber, wann das Feedback zum letzten Mal aktualisiert wurde.
- Über die *user_id* kann das Feedback einem bestimmten Nutzer zugeordnet werden.
- *part_name* beinhaltet den Namen des Bauteils, auf welches das Feedback referenziert.
- Das Attribut *position* ist float Array der Länge drei und wird die Postion des Ankerpunktes der Annotation auf dem Produkt bzw. Produktteil beinhalten.
- *is_referring_to_point* ist vom Typ Boolean und gibt Ausschluss darüber, ob sich das Feedback auf die ausgewählte Stelle auf dem Produktteil oder auf das Produktteil selbst bezieht (Grad der Embeddedness)
- Das Attribut *description* wird die Beschreibung des Feedbacks beinhalten, die der Nutzer eingibt. Dieser Text wird auf dem Produkt sichtbar sein.
- Im Attribut *impact* wird die Beschreibung für den Einfluss auf den Anwendungsfall bzw. auf das Geschäft festgehalten.

- Das Attribut `is_support_requested` gibt Aufschluss darüber, ob das Feedback zeitnah vom Hersteller bearbeitet und eine Rückmeldung gegeben werden soll.

Zuletzt wird in diesem Kapitel der Klassenentwurf des zu implementierenden Prototypen vorgestellt und in Form eines Klassendiagramms visualisiert. Die Klassen sind in Anlehnung an das Entwurfsmuster *Model-View-Presenter* (kurz MVP, zu dt. Modell-Ansicht-Präsentierer) entworfen. Abbildung 4.9 zeigt eine schematische Darstellung dieses Entwurfsmusters.

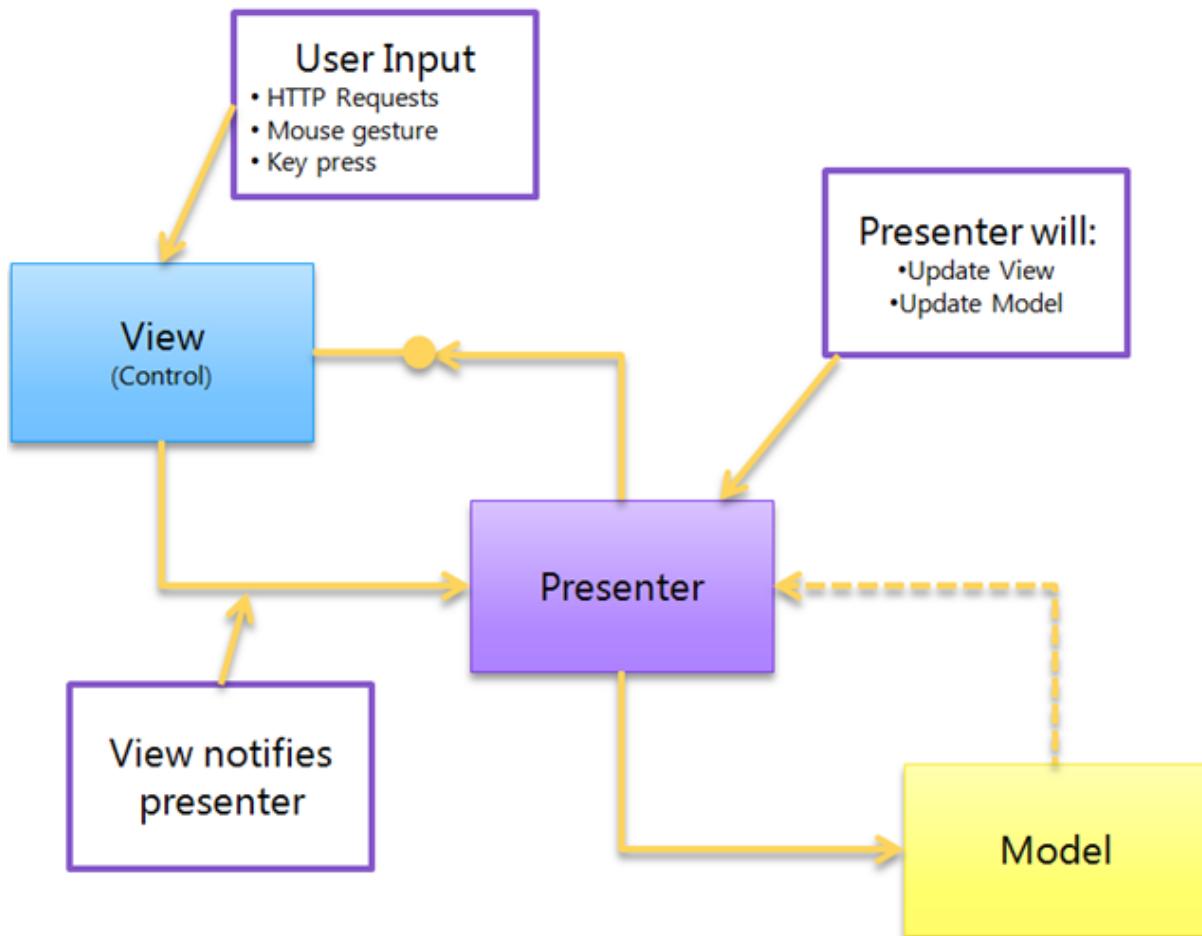


Abbildung 4.9: Schematische Darstellung des MVP Entwurfsmusters.

Quelle: [Val09]

Mit dieser Herangehensweise wird die Anwendung in drei Schichten aufgeteilt:

- Die *View* stellt Klassen für die Entgegennahme von Nutzereingaben über Steuerelemente der Benutzeroberfläche zur Verfügung. Sie benachrichtigt den *Presenter* bei Ereignissen, welche über eine gewisse Logik verarbeitet werden müssen.
- Der *Presenter* beinhaltet Logik für die Verarbeitung der Nutzereingaben. Sie ist für die Synchronisierung zwischen dem *Model* und der *View* zuständig. Empfängt der *Presenter* ein Ereignis von der *View*, ruft dieser entsprechende Methoden des *Models* auf, um Daten zu verändern und aktualisiert anschließend die *View*.

- Das *Model* enthält Klassen für die Abbildung der Daten der Anwendung, Methoden für den Zugriff auf die Daten, das Ändern sowie für die Persistenz der Daten. Das *Model* hat keine Kenntnis über die *View* oder den *Presenter*.

Abbildung 4.10 zeigt die Klassen des zu implementierenden Prototypen in einem Klassendiagramm visualisiert. Nachfolgend werden die dargestellten Klassen näher erläutert und den Schichten des MVP Entwurfsmusters zugeordnet:

Die Klassen *SelectionManager*, *FormManager* sowie *FeedbackListController* bilden die *View* des MVP Entwurfsmusters. Die Klasse *UIManger* repräsentiert den *Presenter* und die Klassen *FeedbackStorageManager*, *FeedbackDB* sowie *Feedback* bilden die *Model* Schicht.

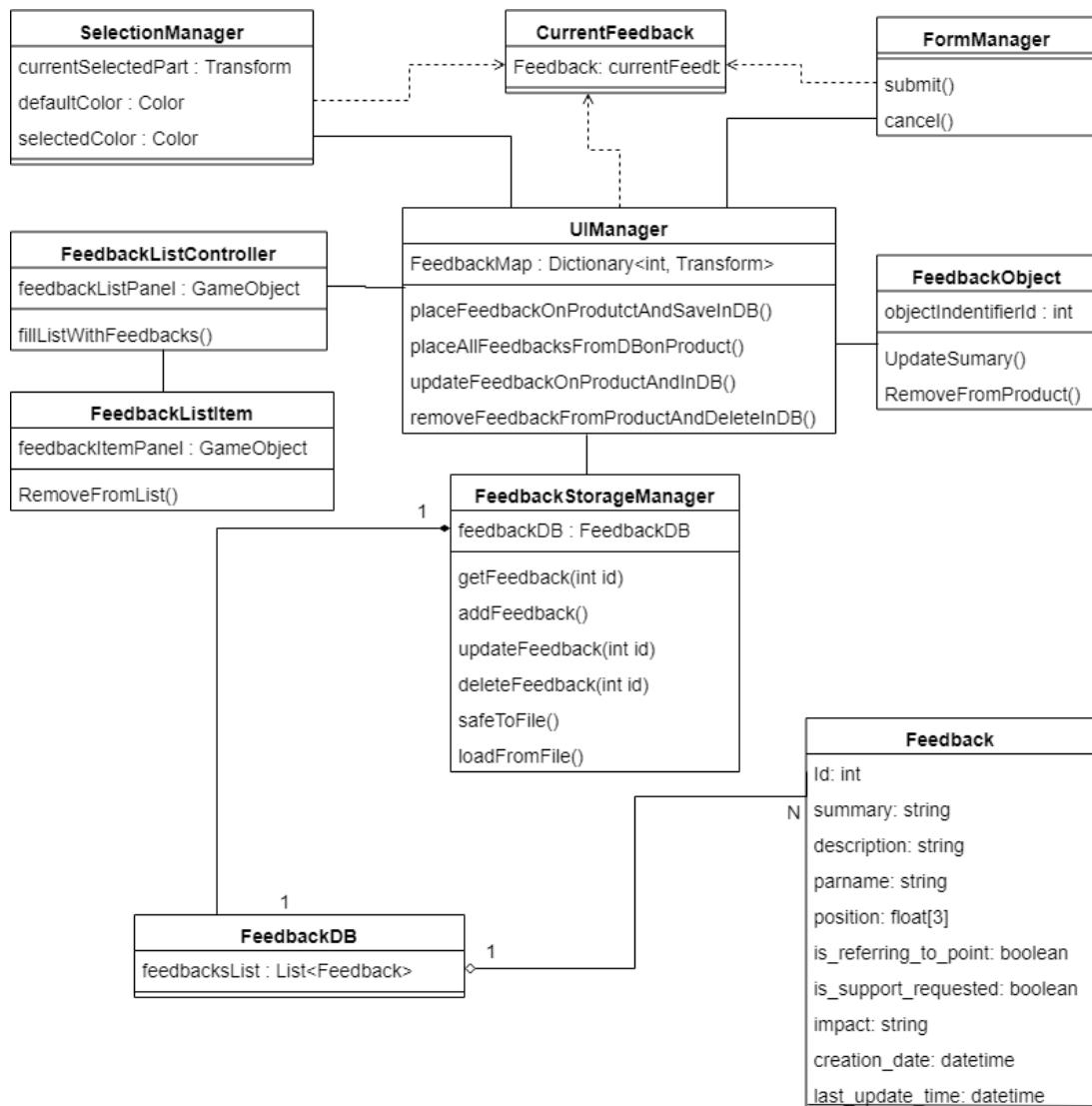


Abbildung 4.10: Klassendiagramm
Quelle: Eigene Darstellung

Nachfolgend werden die Klassen näher erläutert:

SelectionManager	Nimmt Nutzereingaben über die Touchscreen Benutzeroberfläche kommen, entgegen und ist für das Zeigen auf dem Produkt, in Fokus rücken ausgewählter Produktteile sowie das Informieren des UIMangers über Selektion von Stellen auf dem Produkt oder bestehender Feedback zuständig.
FormManager	Ist für die Koordinierung der Steuerelemente des Eingabeformulars (Abbildung 4.6), der Validierung von Nutzereingaben sowie das Informieren des UIMangers über Ereignisse (Feedback Anlegen Button gedrückt oder Cancel Button gedrückt) zuständig.
FeedbackListController	Ist für die Koordinierung der Listenansicht (Abbildung 4.7) für alle Feedbacks eines Nutzers zuständig.
CurrentFeedback	Eine Singleton-Instanz ⁵ , welches Informationen über das aktuell anzulegende, noch nicht im Model gespeichertes Feedback beinhaltet. Die Klassen SelectionManager sowie FormManager greifen auf diese Klasse zu um Informationen zu aktualisieren. Die UIManager Klasse greift auf diese Klasse zu um aus den enthaltenen Informationen im Model ein neues Feedback anzulegen.
FeedbackObject	Diese Klasse wird als Skript an eine Annotation welche in Unity als ein Prefab angelegt wird hinzugefügt und hat zwei Aufgaben. Sie enthält eine Id über die eine Annotation auf dem Produkt (eine Instanz in der View) eindeutig identifizierbar gemacht wird. Diese Id wird mit der Id aus dem Datenmodell 4.8 übereinstimmen. Des Weiteren wird dieses Skript Methoden für die Steuerung der Annotation verfügen (z. B. zum Nutzer rotieren, sich vom Produkt entfernen)
FeedListItem	Diese Klasse wird als ein Skript an jede Listeneintrag welche ein Feedback in der Listenansicht (Abbildung 4.7) repräsentieren angefügt. Diese Klasse verfügt über Methoden für die Entfernung des Listeneintrags aus der Listenansicht oder die Aktualisierung.
UIManager	Enthält Methoden für die Entgegennahme von Ereignissen die von den Ansichten kommen (SelectionManager, FormManager) sowie die Logik um auf diese Ereignisse zu reagieren. Sie verfügt über Methoden wie das Anlegen eines neuen Feedbacks über die Nutzung von Methoden die der FeedbackStorageManager zur Verfügung stellt, sowie das Platzieren eines Feedbacks oder die Platzierung aller Feedbacks aus der Datenbank auf dem Produkt.

⁵Als Singleton werden Klassen bezeichnet welche nach dem Entwurfsmuster Singleton implementiert sind. Von diesen Klassen kann nur eine einzige Instanz in der Applikation instanziert werden.

FeedbackStorageManager	Diese Klasse stellt Methoden für den Zugriff auf die Datenbank (FeedbackDB) zur Verfügung und enthält Methoden zum anlegen, verändern oder löschen von Feedback aus der Datenbank. Sie enthält zudem Methoden für die Serialisierung ⁶ und Deserialisierung ⁷ der Daten zum laden und lesen aus einer Datei zur Verfügung.
FeedbackDB	Kapselt die Daten welche in Form einer Liste gespeichert werden.
Feedback	Repräsentiert ein Feedback als Datenmodell im System.

⁶Serialisierung beschreibt die Umwandlung eines Objektes in eine Folge von Bytes. Quelle: <https://www.it-visions.de/glossar/alle/3468/Deserialisierung.aspx> [Letzter Zugriff: 09.09.2019]

⁷Deserialisierung beschreibt den Vorgang bei welcher aus einer Folge von Bytes ein bestimmtes Objekt aus der objektorientierten Programmierung erzeugt wird. Quelle: <https://www.it-visions.de/glossar/alle/3468/Deserialisierung.aspx> [Letzter Zugriff: 09.09.2019]

Kapitel 5

Implementierung

In diesem Kapitel wird der Vorgang der Implementierung des digitalen Prototypen erläutert. Zunächst wird ein kurzer Einblick über die verwendete Spiele Enigen Unity gegeben und wichtige Komponente erklärt. Anschließend wird die Auswahl der Traking Framework sowie die verwendete Traking Methode erläutert. Es wird die Wahl der passenden Zeige und Auswahl Methode erläutert sowie die Verarbeitung der Eingabedaten über die Touchscreen Oberfläche an mit einer Flussdiagramm veranschaulicht. Abschließend wird er digitale Prototyp vorgestellt und die Vorbereitung des Prototypen auf die Studie erklärt.

5.1 Entwicklungsumgebung

5.1.1 Game Engine

Unity ist eine Spieleengine des Unternehmens Unity Technologies und stellt eine Entwicklungsumgebung vorwiegend für Spiele dar. Jedoch hat sich Unity seither zu einem vielseitigen Werkzeug auch in anderen Bereichen als der Spieleanwendung (z. B. im Bereich der Industrie) entwickelt. Unity ermöglicht die Entwicklung von Anwendung für über 25 Plattformen darunter Plattformen für mobile Endgeräte wie Android oder iOS.

Zu den für die Verständnis dieser Arbeit wichtigen Komponente der Unity Umgebung zählen Szenen, Komponente, Prefabs sowie GameObjekts. Folgend werden diese kurz erläutert:

Szenen: In Unity ist die Entwicklung in Szenen organisiert. Jede Szene besteht aus einem Szenengraph. Dieser Graph enthält wiederum weiter Objekte wie z. B. Game Objekte.

GameObjects: Game Objekte stellen in Unity Objekte dar wie zum Beispiel eine Lichtquelle, eine Audioquelle oder eine geometrische Form wie ein Würfel. Game Objekte erhalten Eigenschaften durch Hinzufügen von Komponente. [Uni]

Komponente: Komponente geben Game Objekten Eigenschaften und steuern diese. Eine Komponente kann zum Beispiel ein Material sein welches gewisse Eigenschaften wie eine Farbe oder Textur hat. Durch

das hinzufügen eines Skriptes als Komponente an ein Game Objekt kann dieses darüber gesteuert werden.[Uni]

Prefabs: In Unity können Game Objekte vorgefertigt sodass diese nicht zur Laufzeit erstellt werden müssen. Dies vorgefertigten Game Objekte sind so genannte Prefabs welche. Es kann zur Laufzeit eine Instanz eines Prefabs erzeugt werden.[Uni]

Zu den unterstützten Programmiersprachen in Unity zählen Java Script und C#. Für die Entwicklung des digitalen Prototypen wird die Programmiersprache C# verwendet und die Visual Studio IDE der Firma Microsoft genutzt.

5.1.2 Tracking

Da die Applikation verwendet werden soll um Produkte mit virtuellen Informationen war es naheliegend ein Traking Verfahren zu wählen welches für die Registrierung die Produkte selbst nutzen kann: Modell-basiertes Tracking mit Verwendung von 3D CAD Modell des Produktes. Hierzu wurden zwei Framework in Betracht gezogen und ausprobiert. Das AR Tracking Framework der Vuforia der Firma PTC sowie VisionLib der Firma Visometry GmbH.

Zu dem Vorteilen von Vuforia zählten, dass Vuforia als Framework in Unity bereits integriert ist sowie die Ermöglichung eine Kombination von modellbasierten und modelfreies Tracking zu verwenden. Mit Vuforia kann wahlweise für modelfreies Tracking die Frameworks ARCore für Android Endgeräte oder ARKit für iOS Endgeräte verwendet werden.

Auf der anderen Seite waren die Vorteile des VisionLib Framework die dass dieses, sich durch eine schlanke SDK schnell in Unity integrieren lässt. Zudem erschien das Tracking von 3D Modellen mit VisionLib stabil und wenig empfindlich gegen unterschiedlichen Lichtverhältnissen, Bewegungen des Modells sowie z. B. geringer Textur des Modells zu sein.¹

Das Tracking mit dem VisionLib Framework wurde am Beispiel eines vom Hersteller bereitgestellten Spielzeugauto aus Papier getestet. Nach einer Kalibrierung der Kamera konnte das Tracking getestet werden. Das Spielzeugauto wurde mit unterschiedlichen Lichtverhältnisse (Tageslicht, Abends bei gedimmten Licht) sowie mit mäßiger Bewegung des Modells getestet. Bei schneller Bewegung der Kamera oder des Modells konnte das ging kam ging die Registrierung verloren jedoch erschien das Tracking im allgemeinen sehr stabil. Unterschiedliche Lichtverhältnisse haben nur geringen Einfluss auf die Qualität des Trakings gehabt. Leider konnte das VisionLib Framework für ein Test an einem größeren Model nicht weiter genutzt werden da die beantragte Testlizenz bereits abgelaufen war. Vom Hersteller wurde die akademische Nutzung eine Lizenz angeboten, es konnte jedoch mit dem Lizenzgenerierungs-Tool dieser Liezenzen nur Lizenzen für iOS Endgeräte erzeugt werden.

Für die Nutzung von 3D Modellen zur Objekterkennung in Vuforia konnte das vom Hersteller zur Verfügung gestellte Tool Model Target Generator verwendet werden. In diesem konnte ein 3D CAD Model des Produktes geladen werden und ein Binärdatei erzeugt werden welches in Unity geladen werden kann.

¹Beschreibung des VisionLib Framework: <https://visionlib.com/awe/> [Letzter Zugriff: 07.09.2019]

Das Tracking wurde am Beispiel eines Autos ausprobiert hat jedoch nicht geklappt. Die Ursache dafür lag vermutlich daran dass das Modell zu aus zu vielen Polygonen bestand (über 600.000). Laut dem Hersteller kann das müssen Modelle mit mehr als 400.000 Polygonen für ein erfolgreiches Tracking vereinfacht werden.

Zuletzt wurde beschlossen mit Verwendung von Vuforia als Tracking Framework ein Bild mit natürlichen Bildmerkmalen, ein sogenanntes Image Target in Kombination mit ein modellfreies Verfahren zu verwenden.

5.2 Verarbeitung der Eingabedaten

Wie im Kapitel zuvor beschrieben wurde beschlossen für das Zeigen auf dem Produkt und dem Auswählen von Produktteile zwei unterschiedliche Methoden als vertikale Prototypen zu entwickeln und von einer kleinen Gruppe an Testnutzern ausprobieren zu lassen. Zunächst wurde die Methode *Crossfade* implementiert. Abbildung 5.1 zeigt das Auswählen eines Produktteils oder Stelle. In der Mitte des Bildschirms dient der Fadenkreuz zum Anvisieren auf dem Produkt. Es wird ein Ray ausgehend von der Kamera in die Welt ausstrahlt. Trifft dieses ein Produktteil erschien im unteren Rand des Bildschirms ein Button zum auswählen dieser Stelle. Beim klicken auf diesen Button wurde zu diesem Zeitpunkt der Entwicklung zunächst nur ein Würfel auf die ausgewählte Stelle platziert. Abbildung 5.2 zeigt den Vorgang für das Editieren oder Löschen. Wurde die Kamera auf ein Würfel gerichtet, welche in diesem Stand der Entwicklung zunächst durch Würfel repräsentiert wurden, erschienenen am unteren Rand des Bildschirmes zwei Buttons zum editieren oder löschen.



Abbildung 5.1: Digitaler Prototyp
Crossfade Methode Erstellen
Quelle: Eigene Darstellung

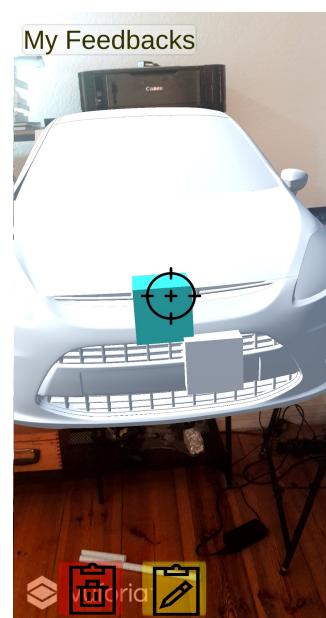


Abbildung 5.2: Digitaler Prototyp
Crossfade Methode Bearbeiten/
Löschen
Quelle: Eigene Darstellung

Diese Methode wurde von vier Testnutzern getestet und als zu umständlich empfunden worden. Was bei der Nutzung aller Testnutzer beobachtet werden konnte, dass diese intuitiv auf eine beliebige Stelle oder auf den Fadenkreuz auf dem Bildschirm getippt haben und sehr spät gemerkt haben das sich am unteren Rand des Bildschirm ein Button zum Anlegen befindet. Die Anmerkungen der Nutzer zu dieser Variante waren, dass sie intuitiv angenommen haben dass sie auf das Bildschirm klicken oder wischen müssten um eine Stelle auf dem Produkt auszuwählen. Dies könnte sich dadurch erklären dass eine gewisse Erwartungskonformität durch die Nutzung von Touchscreen Oberflächen vorhanden ist. Zudem gab es die Anmerkung dass es recht Umständlich sei die Stelle am Produkt anvisiert zu lassen und gleichzeitig die Aufmerksamkeit auf das Button zum auswählen zu richten. Das zittern der Hände würde diesen Umstand weiter verschlimmern.

So wurde entschieden mit der Implementierung der *Relativ Pointing* Methode für das Zeigen und Auswählen auf dem Produkt fortzufahren. Die Informationsverarbeitung während der Nutzung der Touchscreen Oberfläche für das Zeigen und Auswählen einer Stelle oder eines bereits existierenden Feedback veranschaulicht das Flussdiagramm auf Abbildung 5.3.

Die Interaktion mit der *Relativ Pointing* Methode wurde wie folgt umgesetzt.

Während des gesamten Vorangs wird ein Ray-Cast durchgeführt. Die Interaktion ist in drei Phasen aufgeteilt, die Phase in welcher der Finger auf das Bildschirm angelegt wird, die Phase in welcher der Finger auf dem Touch Bildschirm bewegt wird und die Phase in dem der Finger angehoben wird. Es wird ein Strahl ausgehend vom Position des Fingers auf dem Bildschirm, in die Welt hinein gesendet.

Folgend sind die Interaktion Schritte beschrieben:

1. Der Nutzer legt sein Finger auf das Touchscreen an. Dies ist der Startposition für das Zeigen.
 - a) Es wird zunächst überprüft ob der Strahl ein bereits vorhandenes Feedback getroffen hat. Ist dies der Fall wird auf die aktuelle Position des Fingers ein zwei Buttons zum Editieren oder Löschen des Feedback platziert. Diese Buttons bleiben für eine bestimmte Zeit eingeblendet (z. B. 4 Sekunden) und werden ausgeblendet entweder wenn die Zeit abgelaufen ist oder wenn der Finger erneut an das Bildschirm an eine andere Stelle angelegt wird.
 - b) Falls der Finger einen Bereich auf dem Produkt trifft, werden alle auf dem Produkt vorhandenen Feedback ausgeblendet damit während des Auswahlvorgangs keine Bereiche auf dem Produkt verdeckt werden. Der Zeiger welches durch eine rote Kugel repräsentiert wird, wird an der Stelle die der Strahl auf dem Produkt getroffen hat platziert.
2. Der Nutzer bewegt sein Finger auf dem Touch Bildschirm.
 - a) Es wird überprüft ob ein Produktteil bereits Blau eingefärbt und so in Fokus gerückt ist. Ist dies der Fall, wird das eingefärbter Teil in die Standardfarbe gefärbt sodass dieser nicht mehr hervorgehoben wird und das Teil welches vom ausgesendeten Strahl getroffen wird wird in Blau eingefärbt.
 - b) Ist auf dem Produkt ein Teil bereits in den Fokus gerückt. Wird das Teil welches vom Strahl getroffen wird Blau eingefärbt.

- c) Der Zeiger wird auf dem Produkt in jeder Frame in welcher der Finger in Bewegung ist auf die Stelle auf dem Produkt gesetzt die der ausgesendete Strahl trifft.
- 3. Der Nutzer hebt sein Finger vom Bildschirm ab. Es werden alle vorhanden Feedback wieder auf dem Produkt eingeblendet. Es wir ein Button zum auswählen der Stelle auf dem sich aktuell der Zeiger auf dem Produkt befindet auf der Stelle auf dem der Finger des Nutzers beim anheben des Fingers auf dem Bildschirm befand eingeblendet.

Diese Methode wurde ebenfalls von Test Nutzern (darunter auch eine Nutzerin welche die *Crossfade* Methode nicht getestet hatte) getestet und Iterationsschritte schnell verstanden.

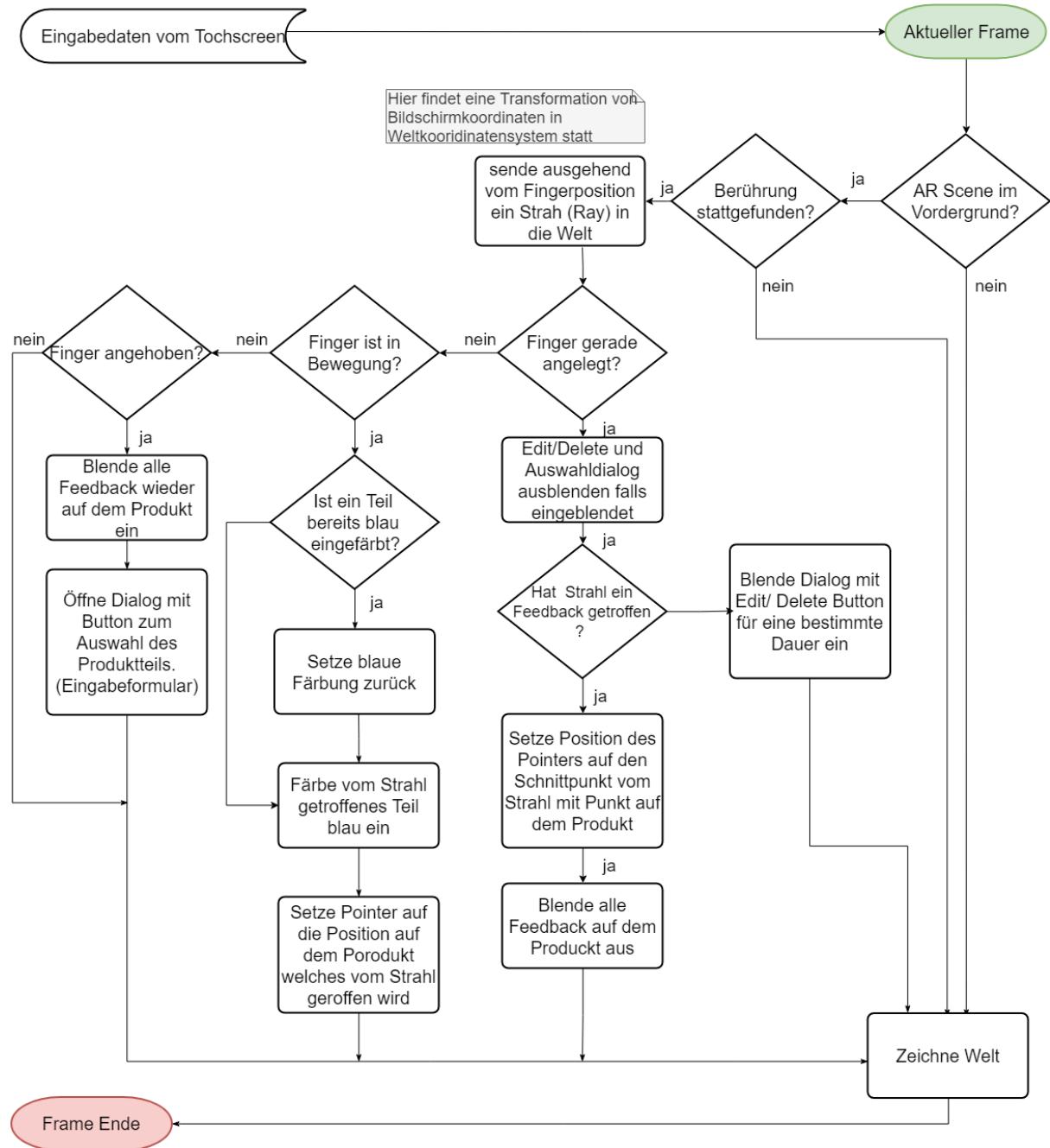


Abbildung 5.3: Flussdiagramm - Verarbeitung des Touchscreen Berührvorgang
Quelle: Eigene Darstellung

5.3 Vorstellung des digitalen Prototypen

Im Folgenden wird der digitale Prototyp vorgestellt.

Die Überlagerung der realen Produkte konnte mit verwendeter Tracking Methode leider nicht optimal erreicht werden. Zum einen die Skalierung der virtuellen Objekte welche relativ zur Größe des Image

Targets Skaliert wurden konnte nicht passgenau bestimmt werden. Zum anderen musste das Image Target so auf dem Produkt ausgerichtet werden das das virtuelle Modell das physische passgenau überlagert. Das Ergebnis der Überlagerung ist auf Abbildung 5.4 zu sehen. Trotz dessen konnte jedoch mit der eingesetzten Interaktionstechnik eine Stelle am Produkt ausgewählt und Feedback angelegt werden. Der Bezug zu der Stelle am realen Produkt konnte trotz schlechter Überlagerung hergestellt werden.

Auf Abbildung 5.5 ist eine Ansicht zu sehen in welcher der Nutzer eine Stelle für die Erstellung eines Feedback ausgewählt hat. Wird auf das grüne Button geklickt, gelangt man in die auf Abbildung 5.9 dargestellte Formularansicht.



Abbildung 5.4: Digitaler Prototyp
Überlagerung des realen Produktes. Nicht optimal.
Quelle: Eigene Darstellung



Abbildung 5.5: Digitaler Prototyp
Auswahl einer Stelle am Produkt.
Quelle: Eigene Darstellung

Für die Bearbeitung und Löschung von Feedback gibt es mit zwei unterschiedliche Darstellungsformen aus die, diese Aktionen durchgeführt werden können. Die Annotationsansicht welche auf Abbildung 5.7

dargestellt ist sowie die Listenansicht welches auf Abbildung 5.6 zu sehen ist.

My Feedbacks		
Part Name	Summary	
	regelmäsig zu ölen.	
STC_HA_20_RA_Hinterrahmen_v3_161270	bremst sehr gut!	
STC_CH_RA_vorderrahmen_v5.9_1884221	Ein Logo wäre schön an dieser Stelle!	
STC_CH_DA_Mittlere_Platte_V3_NA_23394	Hier wäre eine Handyhalterung sehr gut!	
RA_Baby-Seat_Cybex_Juno-2Fix_v1_MK_14160	ich würde hier gerne ersatzweise einen einkaufskorb anbringen können	
STC_CH_SI_Seat_Novosport_TG_16022	der sitz ist sehr bequem	
Back to Product		

Abbildung 5.6: Digitaler Prototyp
Listenansicht
Quelle: Eigene Darstellung

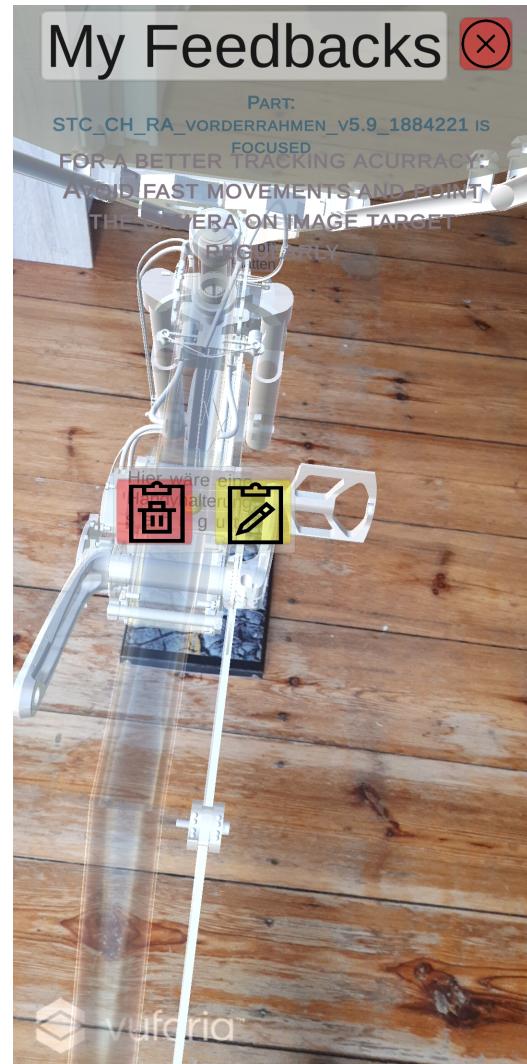


Abbildung 5.7: Digitaler Prototyp
Annotationsansicht
Quelle: Eigene Darstellung

Auf Abbildung 5.8 ist eine erste Version des Formular Ansicht für das Anlegen eines neuen Feedback zu sehen. Viele Elemente dieser Ansicht wurde von den Test Nutzern nicht verstanden. Insbesondere war ging nicht klar hervor wofür die einzelnen Kategorien stehen sowie was die Felder *Impact* und *Request Support* bewirken. Außerdem wurde festgestellt dass, das Formular keine Möglichkeit zur näheren Spezifizierung, ob auf die ausgewählte Stelle am Produkt oder das Produktteil Bezug genommen wird ermöglicht.

So das Formular überarbeitet. Die überarbeitete Version ist auf Abbildung 5.9 zu sehen. Zu den Feldern welche nicht gut verstanden wurden, wurden Beschreibungen hinzugefügt, welche diese näher beschreiben. Zudem wurden Icons verwendet welche die Bedeutung der Elemente verbildlichen. An einigen Stellen wurden Gestaltungsgesetze angewendet. Zum Beispiel wurde das Gesetz der Nähe verwendet und ähnliche Kategorien wie Design und New Usecase sowie Frage und Anleitung näher beieinander dargestellt.

Des weiteren wurden die Buttons zum "Reset" um Zurücksetzen der Eingaben sowie das Button zum zurückkehren in die AR Ansicht mit einem Abstand zum SSubmit"Button, für die Bestätigung der Eingaben dargestellt. Das Gesetz der Unentschlossenheit wurde angewendet um zu zeigen dass die zwei Kontrollkästchen für die Auswahl ob Bezug auf eine bestimmte Stelle am Produkt genommen wird oder auf ein Produktteil zusammen gehören.

Das Bild zeigt den digitalen Prototypen der Formularansicht Version 1. Es besteht aus zwei Hauptabschnitten:

- Category***: Ein Kategorienauswahlbereich mit vier Optionen: Design (ausgewählt), Question, Instruction und New Usecase.
- Summary***: Ein Bereich zum Eingeben des Titels der Design-Idee.
- Description**: Ein Bereich zum Eingeben der Beschreibung der Design-Idee.
- Impact**: Ein Bereich zum Beschreiben des Auswirkungsmaßes auf die Use Case oder das Business.
- Request Support**: Ein Kästchen zur Anforderung von Support.
- Buttons**: Am unteren Rand befinden sich drei Buttons: Cancel (rot), Reset (grau) und Submit (grün).

Abbildung 5.8: Digitaler Prototyp
Formularansicht Version 1
Quelle: Eigene Darstellung

Das Bild zeigt den digitalen Prototypen der Formularansicht Version 2. Es besteht aus zwei Hauptabschnitten:

- Category***: Ein Kategorienauswahlbereich mit vier Optionen: Design, New Usecase, Question und Instructions.
- Feedback is referring to***: Ein Bereich zur Angabe des Bezugspunkts des Feedbacks.
- Summary***: Ein Bereich zum Eingeben des Titels des Feedbacks.
- Description (optional)**: Ein Bereich zum Eingeben einer detaillierten Beschreibung.
- Impact (optional)**: Ein Bereich zum Beschreiben der Auswirkungen des Feedbacks.
- Request Support**: Ein Kästchen zur Anforderung von Support.
- Buttons**: Am unteren Rand befinden sich drei Buttons: Reset (grau) und ein grüner Button mit einem Checkmark.

Abbildung 5.9: Digitaler Prototyp
Formularansicht Version 2
Quelle: Eigene Darstellung

5.4 Zeiterfassung für die Studie

Für die Zeiterfassung der durchzuführenden Aktionen in der Studie wurde beschlossen für jede durchgeführte Aktion jeweils in der Start Methode der SelektionManager Klasse die Zeitmessung zu starten und bei der jeweiligen Aktion zu stoppen. Die Start Methode wird nur einmal im Lebenszyklus des

Skriptes ausgeführt und wird vor der ersten Ausführung der Update Funktion ausgeführt welcher in jeder Frame ausgeführt wird. [Uni]

Für die Erstellung und Bearbeitung wurde die Zeit jeweils in der Methode gestoppt in welcher die Szene für die Formular Ansicht 5.9 geöffnet wurde. Für das Löschen wurde die Zeit in der Methode gestoppt in welcher die Lösch-Methode des StorageManagers aufgerufen wurde.

Der Datentyp (Siehe Abbildung 4.8) für ein Feedback wurde um drei weitere Felder ergänzt in welcher die Zeiten für die jeweiligen Aktionen festgehalten wurden. In drei neuen Felder vom Datentyp Integer wurde jeweils die Zeit in Millisekunden gespeichert die benötigt wurde um in das Formular zum Erstellen bzw. zum Bearbeiten zu gelangen sowie die Zeit die benötigt wurde um ein Feedback zu löschen. Die Werde wurden in eine XML Datei gespeichert wenn die Applikation beendet wurde.

Es wurde vorausgesetzt dass nach jeder Aufgabe die Anwendung neugestartet werden musste damit die Startzeit, da diese in der Start Methode des SelektionManager Klasse beginnt für die neue Aufgabe zurückgesetzt wird. Sicherlich hätte dies eleganter gelöst werden können, doch diese Methode wurde getestet und als sicher empfunden. Auf Grund des Zeitmangels wurde die Zeitmessung bei dieser Methode belassen.

Kapitel 6

Nutzerstudie

Wie in der Zielsetzung festgelegt, wurde die Usability des digitalen Prototypen für die Erstellung, Bearbeitung und Löschung von Feedback in einer Nutzerstudie evaluiert. Da im Prototypen zwei unterschiedliche Darstellungsformen für die Feedbacks implementiert ergaben sich daraus die Aufgaben: Wie konnten die Bearbeitung und Löschung von Feedback gelöst werden und welcher Unterschied in der Usability hinsichtlich der zwei verschiedenen Darstellungsformen festgestellt werden kann.

Im Kapitel 3 Abschnitt 3.1 sowie im Abschnitt 3.3 wurden Studien betrachtet, welche unterschiedliche Darstellungsformen miteinander verglichen. Auf Grundlage der Ergebnissen, die Brandenburg in [Bra19] identifiziert hat - nämlich dass sich die Darstellung als Annotationen am Produkt für Vergleichsaufgaben besser eignet - wurden in dieser Studie zwei gerichtete Hypothesen aufgestellt.

6.1 Aufbau der Studie

Versuchspersonen

An der Studie nahmen 12 Versuchspersonen im Durchschnittsalter von 25 Jahren (Standardabweichung 5,1) teil. Davon waren vier weiblich und 8 männlich. Alle Versuchsteilnehmer waren Studierende. Zehn von ihnen sind im Studiengang Angewandte Informatik, eine Person im Maschinenbau und eine weitere Person in Filmregie immatrikuliert.

Drei der Versuchspersonen haben angegeben regelmäßig Erfahrung mit virtuellen Umgebungen zu haben. Weitere fünf Versuchspersonen haben angegeben, dass sie virtuelle Umgebungen schon einmal gesehen oder ausprobiert haben. Nur zwei haben angegeben noch keine Erfahrung bisher zu haben. Außerdem haben 8 Versuchspersonen angegeben, dass sie seit mehr als drei Jahren Erfahrung mit Smartphones haben welche mit dem Betriebssystem Android betrieben werden. Zwei haben angegeben keine Erfahrung mit Android zu haben.

Vier der Versuchspersonen gaben an, etwa einmal die Woche Feedback zu Produkten in Online Einkaufsportalen zu lesen. Zwei gaben an, seltener als einmal im Monat Bewertungen zu Produkten zu schreiben und eine Person gab an, zwei bis drei mal im Monat Bewertungen zu schreiben.

Elf Versuchspersonen gaben an, dass es ihnen selten bis gelegentlich schwer falle, bestimmte Stellen oder Positionen an einem Produkt zu beschreiben oder Beschreibungen von anderen zu verstehen. Nur ein Teilnehmer gab an, mit solchen Beschreibungen keine Schwierigkeiten zu haben.

Material:

Für den Versuch wurde auf einem Smartphone mit des Typs: *Samsung Galaxy S8* durchgeführt. Auf dem Endgerät war das Betriebssystem Android in der Version 9 installiert. Als Produkt wurde das 3D-Modell eines Smart Tripelec genommen. Hierbei handelt es sich um ist ein Fahrrad welches im Sitzen gefahren werden kann. Abbildung 6.1 zeigt das verwendete Modell.

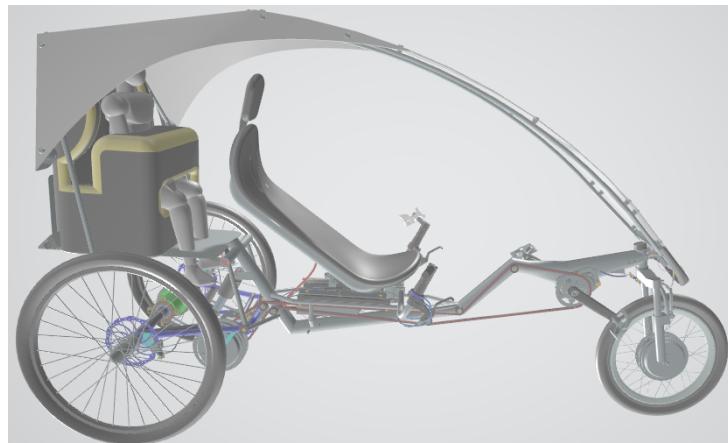


Abbildung 6.1: 3D Modell Smart Tripelec Quelle: Eigene Abbildung

Leider war es aus organisatorischen Gründen nicht möglich das physische Produkt für die Durchführung der Studie zur Verfügung da zu haben. So wurde der Versuch ohne Überlagerung des realen Produktes auf dem virtuellen Produkt durchgeführt.

Das Nutzungserleben (engl. User Experience, kurz UX) wurde nach dem meCUE Fragebogen von Minge, Riedel und Thüring operationalisiert. Dieser Fragebogen ist modular aufgebaut und beinhaltet die vier Module der Produktwahrnehmung, Emotionen, Konsequenzen und des Gesamтурteils. Abbildung 6.2 zeigt den Aufbau dieser Module.

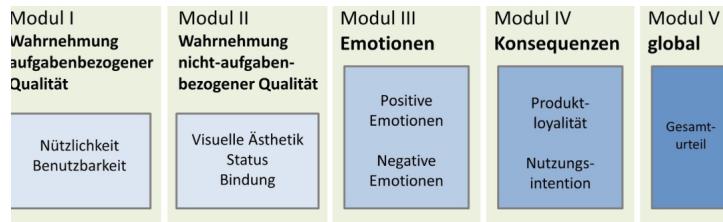


Abbildung 6.2: Module des meQue Fragebogens. Quelle: [MRT13, S. 4]

In den Modulen M1 bis M3 werden in diesem Fragebogen Aussagen formuliert, deren Zustimmung über ein Likert skaliertes Antwortformat erfasst werden¹[MRT13]. Im Modul vier kann eine Bewertung von

¹Skalenwert von 1 bis 7: "lehne völlig ab", "lehne ab", "lehne eher ab", "weder noch", "stimme eher zu", "stimme zu", "stimme völlig zu"

-5 bis 5 (Schrittweite 0,5) als Gesamurteil abgegeben werden.

Unabhängige Variablen:

Die unabhängige Variable (UV) ist die Darstellungsform des zu bearbeitenden Feedback. Die Darstellungsform des Feedback wird zweifach gestuft in:

- Darstellung des Feedback als Annotation auf dem Produkt sowie
- Darstellung des Feedback als Listenansicht

Abhängig Variablen

Objektiv abhängige Variablen sind die Dauer der Bearbeitung des Feedback (Zeit vom Start der Anwendung bis zur Öffnung des Formulars) für die beiden Darstellungsformen sowie für die Darstellung als Annotation für die andren Aufgaben: Erstellung und Löschung von Feedback. Desweiteren zählen die Werte aus dem meQue Fragebogen zu den abhängen Variablen.

Prozedur

Zunächst haben die Versuchsteilnehmer einen demografischen Fragebogen ausgefüllt. Danach wurde die Studie erläutert und eine Einweisung in die Aufgaben gegeben. Dies erfolgte in schriftlicher Form. Die Studien sowie Aufgabenbeschreibungen befinden sich im Anhang.

Die Aufgaben waren:

- Vier neue Feedback erstellen. Der Inhalt der Feedbacks wurde in der Aufgabenbeschreibung vorgegeben.
- Die zuvor erstellten Feedbacks in der Darstellungsvariante der Annotation bearbeiten. In der Aufgabenbeschreibung wurde vorgegeben, was sich am Feedback ändern sollte.
- Die zuvor erstellten Feedbacks in der Darstellungsvariante Liste bearbeiten. In der Aufgabenbeschreibung wurden die durchzuführenden Änderungen vorgegeben.
- Die vier Feedback in der Darstellungsvariante der Annotation sollten gelöscht werden.

Nach jeder Aufgabenbearbeitung (z. B. nach vier Iterationen zum Erstellen von Feedback) wurde der MeQue Fragebogen von den Teilnehmern ausgefüllt und die jeweils durchgeföhrte Interaktion bewertet.

Hypothesen

Auf Grundlage der Analyse

H1: Die Darstellung der Feedbacks als Annotation erhöhen die Nützlichkeit, Benutzbarkeit und Zufriedenheit.

H2: Die Zeit, in das Formular für die Bearbeitung der Feedback zu gelangen, wird mit der Darstellung als Annotation auf dem Produkt weniger Zeit in Anspruch nehmen als mit der Darstellung in Listenansicht.

Beide Darstellungsformen wurden von den gleichen Versuchspersonen durchgeführt.

Als Signifikanzniveau wurde (α)= 0,05 festgelegt.

6.2 Erhebung

Ergebnisse

Abbildung 6.3 zeigt die Mittelwerte für die mit dem meQue Fragebogen bewerteten Produkteigenschaften. Sie stellt die Bewertung der Produkteigenschaften für die Bearbeitung der Annotation mit der Darstellung als Listenansicht und der Annoation Ansicht nebeneinander.

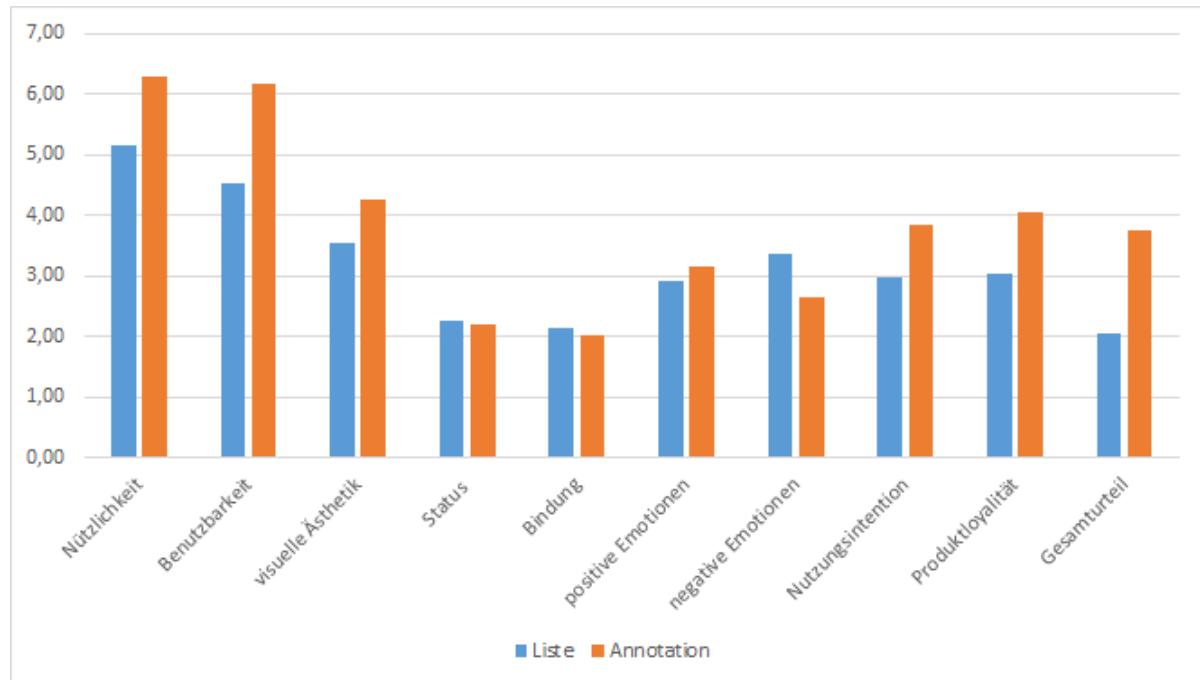


Abbildung 6.3: Vergleich der Mittelwerte aus meQue Fragebogen für Listen vs. Annotation Ansicht
Quelle: Eigene Darstellung

Auf Abbildung 6.4 sind die p-Werte für Mittelwerte für die Bewertung der Produkteigenschaften zu sehen. Diese wurden in einem T-Test mit ein Signifikanzniveau von Alpha $\alpha = 0,05$ berechnet.

Produkteigenschaften	Nützlichkeit	Benutzbarkeit	visuelle Ästhetik	Status	Bindung	positive Emotionen	negative Emotionen	Nutzungsintention	Produktloyalität	Gesamurteil
p-Wert	0,00719113	0,00118213	0,00623291	0,408771	0,10994	0,13760636	0,03909281	0,012923253	0,015102139	0,013490266

Abbildung 6.4: p-Werte für den Vergleich von meQue Fragebogen Liste vs. Annotation Ansicht
Quelle: Eigene Darstellung

Abbildung 6.5 zeigt eine Vergleich der Mittelwerte für die Zeit in Sekunden vom Start der Anwendung bis zur Öffnung des Bearbeitungsformulars für die beiden Darstellungsvarianten Liste und Annotation.

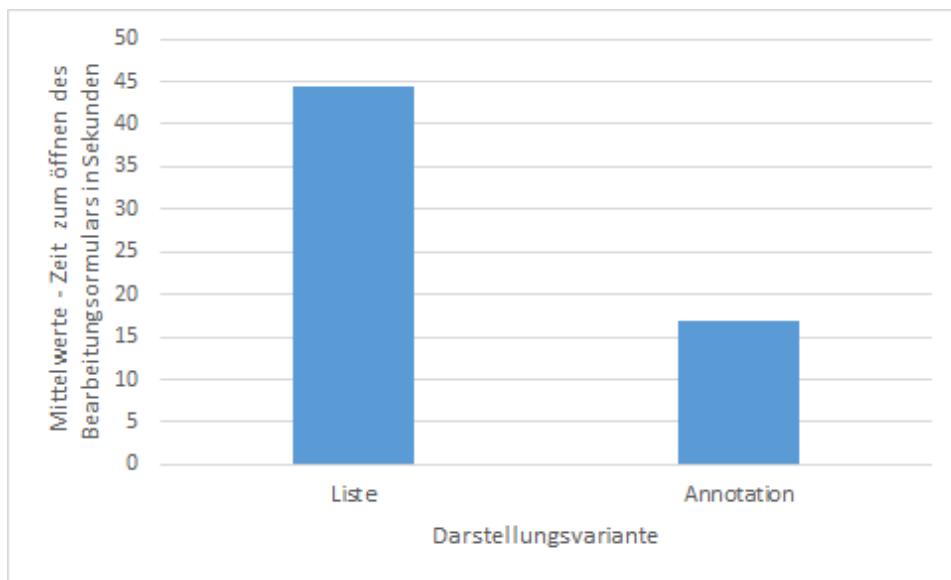


Abbildung 6.5: Vergleich der Mittelwerte (Liste vs. Annotation) über alle Versuchspersonen und Iterationen.

Quelle: Eigene Darstellung

Hier ergab ein T-Test mit Signifikanzniveau von Alpha $\alpha = 0,05$ einen p-Wert von 0,064

Auf Abbildung 6.6 sind die Mittelwerte der aufgabenbezogenen Produktqualitäten der Nützlichkeit (engl. Usability) und Nutzbarkeit (engl. Utility)- bewertet nach dem meQue Fragebogen - für die Aufgaben Erstellung, Bearbeitung und Löschung von Feedback zu sehen. Die Abbildung 6.7 zeigt die durchschnittlichen Zeiten für diese Aktionen.

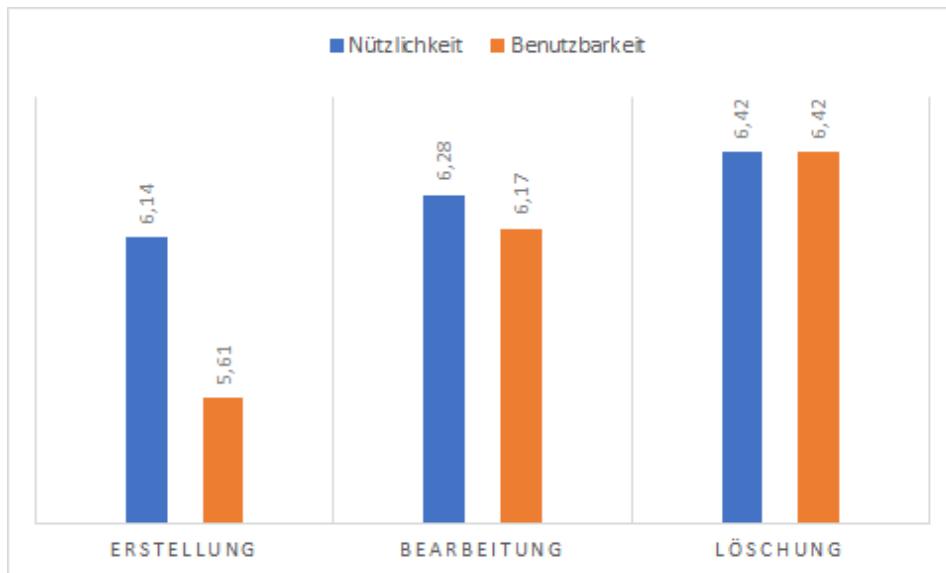


Abbildung 6.6: Mittelwerte Usability u. Utility für die Aufgaben: Erstellen - Bearbeiten - Löschen in Annotation Ansicht

Quelle: Eigene Darstellung

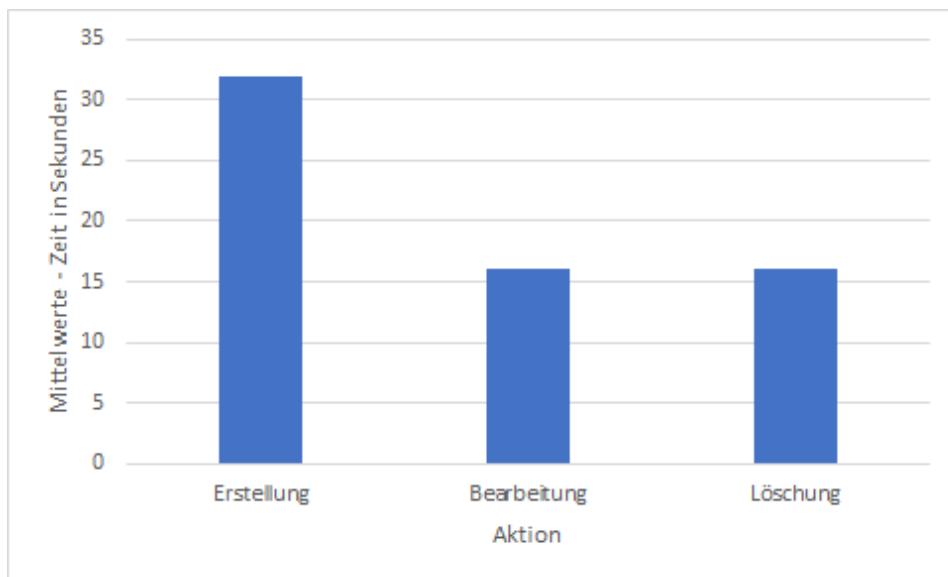


Abbildung 6.7: Mittelwerte der Zeiten für die Aufgaben: Erstellen - Bearbeiten - Löschen in Annotation Ansicht
 Quelle: Eigene Darstellung

6.3 Diskussion

Auf Grundlage der aus der Auswertung der erhobenen Daten gewonnenen Erkenntnisse kann folgendes festgehalten werden:

In Bezug auf die aufgabenbezogenen Qualitäten (wie Gebrauchstauglichkeit- und Brauchbarkeit) des Prototypen werden das *Relative Pointing* sowie die Darstellung des Feedback als Annotation mit Verbindungslien zum Produkt, bevorzugt. Sowohl die Mittelwerte des me-Que Fragebogen, in welcher die Aufgaben Bearbeiten und Löschen mit über 6 und die Aufgabe Erstellen mit über 5,5 bei einer Bewertungsskala bis 7 bewertet wurden, als auch die gemessenen Zeiten für diese Aufgabenbearbeitung bestätigen dies: Der Mittelwert für die Erstellung eines Feedback beträgt 30 Sekunden, für die Aufgaben Bearbeiten und Löschen sind es 16 Sekunden.

Die Hypothese H1, kann auf Grundlage der berechneten p-Werte für die Produkteigenschaften Nützlichkeit, Nutzbarkeit, visuelle Ästhetik, negative Emotionen, Nutzungsintention sowie Gesamturteil bestätigt werden. Hypothese H2 jedoch kann mit einem ermittelten p-Wert von 0,064 nicht bestätigt werden, da dieser Wert über dem festgelegten Signifikanzniveau von 0,05 liegt

Insgesamt kann zusammenfassend gesagt werden, dass die Ansicht mit Annotationen für die Aufgaben ein Feedback auf dem Produkt zu bearbeiten oder zu löschen gegenüber der Listenansicht bevorzugt werden kann. Der Prototyp zeigt eine hohe Usability, hat jedoch nach den Ergebnissen des meQue Fragebogens zu urteilen hinsichtlich der Produkteigenschaften *visuelle Ästhetik, positive Emotionen, Status, Nutzungsintention* sowie *Gesamturteil* deutliches Verbesserungspotenzial.

Kapitel 7

Fazit

Dieses Kapitel fasst die Arbeit zusammen. Es wird mit Rückblick auf die Zielsetzung sowohl Erreichtes reflektiert als auch Herausforderungen die sich während der Arbeit gestellt haben und mögliche Verbesserungen hervorgehoben. Abschließend werden in einem Ausblick Erweiterungsmöglichkeiten beschrieben.

7.1 Zusammenfassung

Im Kapitel 3 dieser Arbeit wurden Forschungen im Gebiet der Informationsdarstellung in virtuellen Umgebungen (Abschnitt 3.1) sowie Methoden für das Zeigen und Auswählen in AR-Anwendungen (Abschnitt 3.2) betrachtet. Im Abschnitt 3.3 wurden Arbeiten betrachtet, welche ein Konzept für das in dieser Arbeit entworfene System vorstellen und unterschiedliche Umsetzungsmöglichkeiten beschreiben.

Im Kapitel 4 wurden im Rahmen eines Workshops anknüpfend an die im Kapitel 2 Abschnitt 2.5.2 beschriebene Methode des Usability Engineering, Nutzerprofile erstellt, die Aufgaben der Nutzer analysiert und Anforderungen für den Prototypen definiert. Darauf aufbauend wurde im Abschnitt 4.3.1 ein Papierprototyp erstellt. Dieser wurde einerseits genutzt um die Abdeckung der definierten Anforderungen zu überprüfen, andererseits auch als grobe Vorlage für die Entwicklung des digitalen Prototypen im Kapitel 5. Zusätzlich zum Papierprototypen wurde als Grundlage für die Implementierung im Abschnitt 4.3.2 ein Datentyp für ein Feedback definiert sowie ein Klassendiagramm erstellt.

Im Kapitel 5 wurden zunächst verschiedene zwei verschiedene Tracking Frameworks und unterschiedliche Tracking Methoden ausprobiert. Nachdem das Tracking mit Verwendung eines 3D-Modell des physischen Produktes nicht funktioniert hat, wurde beschlossen ein Image Target für das Tracking mit Nutzung des Vuforia Frameworks zu verwenden. Es wurden zwei im Kapitel 3 behandelte Methoden für das Zeigen und Auswählen implementiert, diese wurden von Testnutzern getestet wurde die hinsichtlich ihrer Usability besser geeignete Methode in den Prototypen aufgenommen. Abschließend wurde im Kapitel 5 ein Eingabeformular gestaltet, welches mit Berücksichtigung der im Kapitel 4 identifizierten Anforderungen die Erstellung eines Feedback ermöglicht.

Wie in der Zielsetzung vorgenommen, wurde im Kapitel 6 der im Kapitel zuvor implementierte Prototyp hinsichtlich seiner Usability für die Aktionen: Erstellung, Bearbeitung und Löschung eines Feedback evaluiert. Dabei hat sich ergeben, dass der entwickelte Prototyp für die Bearbeitung dieser Aufgaben eine hohe Usability aufweist, jedoch in Eigenschaften, welche in der Produktwahrnehmen eher in den Bereich des

Nutzungserlebens (engl. User Experience, kurz UX) zugeordnet werden deutliches Verbesserungspotenzial aufweist.

Zudem wurden in diesem Kapitel für die Bearbeitung von Feedback, zwei unterschiedliche Darstellungsformen verglichen und festgestellt wurde, dass die Darstellung der Feedbacks als Annotationen auf den Produkten im Vergleich zu einer Listenansicht zu mehr Zufriedenheit bei der Bearbeitung der Aufgabe führt uns sich daher besser eignet.

Abschließend werden in diesem Kapitel die Arbeit hinsichtlich aufgetretenen Herausforderungen, mögliche Verbesserungen erläutert sowie in einem Ausblick Erweiterungsmöglichkeiten vorgestellt.

7.2 Kritischer Rückblick

Reflektierend betrachtend kann hinsichtlich der Zielsetzung dieser Arbeit gesagt werden, dass diese mit der durchgeführten Nutzerstudie erreicht wurden. Jedoch gab es einige Schwächen in der Umsetzung, welche in zukünftigen Arbeiten verbessert werden können.

Zu diesen zählen organisatorische Schwächen, die sich auf folgende Punkte ausgewirkt haben:

- Für die Erarbeitung einer besser geeigneteren Lösung für die Überlagerung des physischen Produktes wurde nicht ausreichend Zeit eingeplant, sodass auf eine Lösung zurückgegriffen werden musste bei der die Überlagerung nicht optimal funktionierte.
- Das physische Produkt konnte für die Nutzerstudie nicht bereitgestellt werden. Dies hatte zur Folge dass die Darstellung als Annotation ohne eine Überlagerung des physischen Produktes und Listenansicht ohne die Anwesenheit des physischen Produktes getestet werden musste.
- Für die Zeiterfassung für der Aufgabenbearbeitung wurde eine Lösung gewählt, die zwar getestet wurde und als sichere Methode empfunden wurde, jedoch keine geschickte Lösung darstellte. Mit dieser Zeiterfassungsmethode musste bei jeder Iteration der Aufgabenbearbeitung die Anwendung neugestartet werden, damit die Zeit für die nächste Aufgabe zurückgesetzt wurde.

7.3 Ausblick

Der entwickelte Prototyp kann in unterschiedliche Richtungen erweitert werden. Zum Einen können weitere in Kapitel 4 Abbildung 4.1 dargestellten Anforderungen implementiert werden. Wie zum Beispiel die Behandlung von Überdeckung, wichtiger Produktteile oder Annotationen. Eine Lösung für das Filtern und die in Clustern zusammenfügen der Annotationen (siehe Beispiel auf Abbildung 2.7) auf dem Produkt. Es könnte mit Hilfe der auf den Endgeräten verfügbaren Sensoren, dem Feedback weitere Informationen wie zum Beispiel Luftfeuchtigkeit, Helligkeit oder Bilder von den ausgewählten Stellen hinzugefügt werden. Dies würde die Aussagekraft der Feedbacks mit der Stärke der Darstellungsform Embedded Visualization nämlich (Eigenschaften aus der unmittelbaren Umgebung wahrnehmen zu können) bis zu einem bestimmten Grad stärken.

Zum Anderen kann der Prototyp wie auf dem von Kirschner auf Abbildung 3.11 vorgestellten Konzept der objektzentrierten Ansatz der IPI Umsetzung, erweitert werden. Die Grundlage für den Datenaustausch wurde mit der Erarbeitung eines Datentyps für Feedback und dessen Serialisierung und Deserialisierung erreicht. Im weiteren Schritt können diese Daten zwischen mehreren Clients ausgetauscht und synchronisiert werden, sodass, wie auf Abbildung 3.11 vorgestellt, ein Informationsausgleich stattfindet und eine asynchrone Kommunikation über das Feedback ermöglicht wird.

Zudem kann eine Schnittstelle erarbeitet werden mit der Hersteller auf diese Daten in strukturierter und gewichteter Form zugreifen und Erkenntnisse für neue Produktgenerationen gewinnen können.

Abbildungsverzeichnis

2.1	Komponente für Objekterkennung und Verfolgung in AR Quelle: In Anlehnung an [SH16, S. 86]	6
2.2	Kategorien der modellbasierten Tracking Verfahren mit Verwendung von CAD Modellen. Quelle: [LR16, S. 86]	8
2.3	Überblick unterschiedlicher Trackingverfahren für Innen und Außenbereiche. Quelle: [AP17]	9
2.4	Konzeptionelles Model zu Situated Visualization. Quelle: [Mar18, S. 192]	10
2.5	Embedded und Nicht-Embedded Situated Visualisierungen. [Mar18, S. 195]	11
2.6	Illustration mit unterschiedlichen Visualisierungen am Beispiel von Produkten in einem Supermarkt-Regal	12
2.7	Annotationen zu Büchern in einer Bibliothek. Quelle: [Tat16, S. 1]	14
2.8	Links: Durch die Fehlerhafte Registrierung wird der virtuelle Inhalt falsch platziert. Rechts: Durch die zusätzliche Darstellung der Umrisse des Objektes wird der Kontext wieder richtig hergestellt. Quelle: [SH16, S. 243]	15
2.9	Schematische Darstellung von horizontalen und vertikalen Prototypen. Quelle: In Anlehnung an [Nie93, S. 94]	20
3.1	In der Studie evaluierte Darstellungsformen. Quelle: [Bra19, S. 127]	23
3.2	Unterschiedliche Darstellungsformen - Links: Darstellung als Baumstruktur getrennt vom Produkt. Quelle: [Bra19, S. 127] Rechts: Darstellung als Annotation am jeweiligen Produktteil. Quelle: [Bra19, S. 128]	23
3.3	Aufgabenbeschreibungen - Such- und Vergleichsaufgaben. Quelle: [Bra19, S. 132]	24
3.4	Klassifikation von Auswahltechniken. Quelle: [BH99, S. 12]	25
3.5	Darstellung zweier Ansätze für das Zeigen und Auswahl auf ebenen Oberflächen. Quelle: [VNK13]	26
3.6	Versuchsaufbau - Vergleich Crossfade vs. Relative Pointing Quelle: [VNK13]	26
3.7	<i>Relative Pointing</i> auf der Oberfläche von 3D Objekten. Quelle: [Vin14, S. 84]	27
3.8	Grobkonzept der IPI-Methode. Quelle:[Kir12, S. 128]	28
3.9	Online-Produktkommentierung über Listen- und Bildzugang. Quelle: [Kir11, S. 7]	29
3.10	Ergebnisse der Erhebung - Vergleich Liste vs. Bildzugang. Quelle: [Kir11, S. 7]	29
3.11	Informationsfluss in der objektzentrierten IPI-Umsetzung. Quelle:[Kir12, S. 135]	30
4.1	Abstrakte Skizze des Gesamtsystems Quelle: Eigene Darstellung	32
4.2	Papierprototyp - Startbildschirm Quelle: Eigene Darstellung	36
4.3	Papierprototyp - Ansicht zum Suchen und Finden von Feedbacks auf dem Produkt. Quelle: Eigene Darstellung	37

4.4 Papierprototyp - Auswahl von Produktteil für die Erstellung eines neuen Feedback Quelle: Eigene Darstellung	38
4.5 Papierprototyp - Auswahl von Feedback auf dem Produkt für die Bearbeitung bzw. Löschung. Quelle: Eigene Darstellung	38
4.6 Papierprototyp - Eingabeformular für die Erstellung eines neuen Feedback. Quelle: Eigene Darstellung	40
4.7 Papierprototyp - Listenansicht aller Feedback für die Bearbeitung und Löschung. Quelle: Eigene Darstellung	40
4.8 Papierprototyp - Auswahl von Feedback auf dem Produkt für die Bearbeitung bzw. Löschung. Quelle: Eigene Darstellung	41
4.9 Schematische Darstellung des MVP Entwurfsmusters. Quelle: [Val09]	42
4.10 Klassendiagramm Quelle: Eigene Darstellung	43
5.1 Digitaler Prototyp Crossfade Methode Erstellen Quelle: Eigene Darstellung	47
5.2 Digitaler Prototyp Crossfade Methode Bearbeiten/ Löschen Quelle: Eigene Darstellung	47
5.3 Flussdiagramm - Verarbeitung des Touchscreen Berührvorgang Quelle: Eigene Darstellung	50
5.4 Digitaler Prototyp Überlagerung des realen Produktes. Nicht optimal. Quelle: Eigene Darstellung	51
5.5 Digitaler Prototyp Auswahl einer Stelle am Produkt. Quelle: Eigene Darstellung	51
5.6 Digitaler Prototyp Listenansicht Quelle: Eigene Darstellung	52
5.7 Digitaler Prototyp Annotationsansicht Quelle: Eigene Darstellung	52
5.8 Digitaler Prototyp Formualrantsicht Version 1 Quelle: Eigene Darstellung	53
5.9 Digitaler Prototyp Formularansicht Version 2 Quelle: Eigene Darstellung	53
6.1 3D Modell Smart Tripelec Quelle: Eigene Abbildung	56
6.2 Module des meQue Fragebogens. Quelle: [MRT13, S. 4]	56
6.3 Vergleich der Mittelwerte aus meQue Fragebogen für Listen vs. Annotation Ansicht Quelle: Eigene Darstellung	58
6.4 p-Werte für den Vergleich von meQue Fragebogen Liste vs. Annotation Ansicht Quelle: Eigene Darstellung	58
6.5 Vergleich der Mittelwerte (Liste vs. Annotation) über alle Versuchspersonen und Iterationen. Quelle: Eigene Darstellung	59
6.6 Mittelwerte Usability u. Utility für die Aufgaben: Erstellen - Bearbeiten - Löschen in Annotation Ansicht Quelle: Eigene Darstellung	59
6.7 Mittelwerte der Zeiten für die Aufgaben: Erstellen - Bearbeiten - Löschen in Annotation Ansicht Quelle: Eigene Darstellung	60
A.1 Das im Kreativ Workshop am 03.05.2019 entstandene Affinitätsdiagramm welches als Grundlage für die Erstellung von Personas diente. Quelle: Eigene Darstellung	70

Tabellenverzeichnis

2.1 Kategorisierung computerunterstützter Kooperationssysteme mit Bezug zu AR. Quelle: [SH16, S. 362]	16
4.1 Zusammenfassung der Personas	34
4.2 User Stories	35

Glossar

AR Kurzbeschreibung für Augmented Reality (zu dt. Erweiterte Realität). 3

PTAM Paralell Tracking and Mapping. 8

SLAM kurz für Simultaneous Localization and Mapping). 8

Visualisierungspipeline Rahmenstruktur, Programmgerüst welches in der Softwaretechnik verwendet wird.

Literaturverzeichnis

- [AP17] Bhavna Arora und Nida Parkar. „Augmented Reality: Tracking Methods Archita Dad“. 2017. URL: www.ijert.org.
- [Azu97] Ronald T Azuma. „A Survey of Augmented Reality“. 1997. URL: [http://www.cs.unc.edu/%5Csim\\$azumaW:](http://www.cs.unc.edu/%5Csim$azumaW:)
- [BFH01] Blaine Bell, Steven Feiner und Tobias Hsllerer. „View Management for Virtual and Augmented Reality“. 2001. URL: <https://dl.acm.org/citation.cfm?id=502363>.
- [Bow11] Doug A. Bowman u. a. *3D User Interfaces Theory and Practice*. 2011. ISBN: 0-201-75867-9.
- [Ćuk15] Saša Ćuković u. a. „Marker Based vs. Natural Feature Tracking Augmented Reality Visualization of the 3D Foot Phantom“. 2015.
- [GE08] Joseph L Gabbard und J II Edward Swan. „Usability Engineering for Augmented Reality: Employing User-based Studies to Inform Design“. 2008. URL: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.424.308&rep=rep1&type=pdf>.
- [KM07] Georg Klein und David Murray. „Parallel Tracking and Mapping for Small AR Workspaces“. 2007.
- [KMS07] Denis Kalkofen, Erick Mendezt und Dieter Schmalstieg. *Interactive Focus and Context Visualization for Augmented Reality*. 2007. ISBN: 9781424417506. URL: <http://www.cs.tufts.edu/comp/250VIS/papers/AR-FC-VIS.pdf>.
- [Leb18] Kiron Lebeck u. a. „Towards Security and Privacy for Multi-User Augmented Reality: Foundations with End Users“. 2018. URL: <https://ar-sec.cs.washington.edu>.
- [LR16] Michael Lowney und Abhilash Sunder Raj. „Model Based Tracking for Augmented Reality on Mobile Devices“. 2016.
- [Mar18] Kim Marriott u. a. *Immersive Analytics*. 2018, S. 366. ISBN: 978-3-030-01387-5.
- [May99] Deborah J. Mayhew. *The usability engineering lifecycle*. 1999. ISBN: 1-55860-561-4.
- [MRT13] Michael Minge, Laura Riedel und und Manfred Thüring. „Entwicklung, Modulare Evaluation interaktiver Technik. Experience., und Validierung des meCUE Fragebogens zur Messung der User“. 2013.
- [Nie93] Jakob Nielsen. *Usability Engineering*. 1993, S. 362. ISBN: 0125184069. URL: https://books.google.de/books?hl=de&lr=&id=DB0owF7LqIQC&oi=fnd&pg=PP1&dq=usability&ots=B15aUOFUCN&sig=8apn_0ZCNfu_NhbGpjnUGKTgyjY#v=onepage&q=usability&f=false.
- [Ort16] Francisco R. Ortega u. a. *Interaction Design for 3D User Interfaces*. CRC Press, 2016, S. 763. ISBN: 978-1-4822-1694-3.

- [PB04] Nicholas F Polys und Doug A Bowman. „Design and Display of Enhancing Information in Desktop Information-Rich Virtual Environments: Challenges and Techniques“. 2004.
- [PKB07] Nicholas F. Polys, Seonho Kim und Doug A. Bowman. „Effects of information layout, screen size, and field of view on user performance in information-rich virtual environments“. 2007.
- [RF16] Michael Richter und Markus Flückiger. *Usability und UX kompakt Produkte für Menschen*. Springer Vierweg, 2016, S. 219. ISBN: 978-3-662-49827-9.
- [Rod92] Tom Rodden. „A Survey of CSCW Systems“. 1992. URL: <http://citeseervx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.39.8704&rep=rep1&type=pdf>.
- [Ros01] Mary Beth Rosson u. a. *Usability Engineering: Scenario-Based Development of Human-Computer*. 2001. ISBN: 1-55860-712-9.
- [SH16] Dieter Schmalstieg und Tobias Höllerer. *Augmented Reality: Principles and practice*. 2016, S. 496. ISBN: 978-0-321-88357-5.
- [Shn96] Ben Shneiderman. „The Eyes Have It: A Task by Data Type Taxonomy for Information Visualizations“. 1996. URL: [https://www.cs.umd.edu/%5Csim\\$ben/papers/Shneiderman1996eyes.pdf](https://www.cs.umd.edu/%5Csim$ben/papers/Shneiderman1996eyes.pdf).
- [Tat16] Markus Tatzgern u. a. „Adaptive Information Density for Augmented Reality Displays“. 2016. URL: <https://help.here.com/de/wp8/citylens>.
- [Tön10] Marcus Tönnis. *Augmented Reality Einblicke in die Erweiterte Realität*. 2010, S. 199. ISBN: 978-3-642-14178-2.
- [Uni] Unity. „Programming in Unity: For programmers new to Unity - Unity“. URL: <https://unity3d.com/de/programming-in-unity>.
- [Val09] Erwin van der Valk. „the difference between model-view-viewmodel and other separated presentation patterns – Erwin van der Valk’s blog: Practicing patterns“. 2009. URL: <https://blogs.msdn.microsoft.com/erinvandervalk/2009/08/14/the-difference-between-model-view-viewmodel-and-other-separated-presentation-patterns/>.
- [Vin14] Thomas Vincent. „Handheld Augmented Reality Interaction: Spatial Relations“. 2014.
- [VNK13] Thomas Vincent, Laurence Nigay und Takeshi Kurata. „Handheld Augmented Reality: Effect of registration jitter on cursor-based pointing techniques“. 2013. URL: <http://dx.doi.org/10.1145/2534903.2534905>.
- [WJD17] Wesley Willett, Yvonne Jansen und Pierre Dragicevic. „Embedded Data Representations“. 2017.

Anhang A

Affinitätsdiagramm:



Abbildung A.1: Das im Kreativ Workshop am 03.05.2019 entstandene Affinitätsdiagramm welches als Grundlage für die Erstellung von Personas diente. Quelle: Eigene Darstellung

Personas



Zahnarzt

- ❖ 37 Jahre alt
- ❖ hat Zahnmedizin studiert
- ❖ arbeitet seit 9 Jahren als Zahnarzt
- ❖ führt seit 2 Jahren eine eigene Zahnarztpraxis
- ❖ wünscht sich dass in seiner Praxis alles glatt läuft damit er mehr Zeit für seine Familie hat

Felix

- nutzt das System gelegentlich
- verwendet das System meistens dann wenn es dringende Problem mit seinen Produkten im Labor gibt
- nutzt das System mit seinem Smartphone und teilweise auf den Desktop PCs in seiner Praxis

“Ein Problem mit den Laborgeräten ist oft mit zusätzlichen Kosten und Aufwand für meine Praxis verbunden. - Terminen müssen verschoben oder gar abgesagt werden. Mein Personal muss sich mit Aufgaben beschäftigen die nicht notwendig wären.”

“Meine Patienten verlassen sich auf mich und mein Personal - wir müssen uns auf unser Equipment verlassen können”

“Bis ich Unterstützung vom Technischen Support bekomme dauert es oft zu lang”

“Oft dauert es sehr lange bis ich eine erste sinnvolle Rückmeldung erhalte und das Problem überhaupt verstanden wird. Ärgerlich ist dann wenn die Behebung des Problems nur wenige Minuten dauert.”



Bastler, Tüftler / Technik-Nerd

- ❖ 50 Jahre alt
- ❖ Bachelor Abschluss in Maschinenbau
- ❖ ist seit 18 Jahren als Senior Produktentwickler bei einem Hersteller für innovative Haushaltsgeräte tätig
- ❖ Bastelt gerne in seiner Freizeit
- ❖ nimmt an Treffen für Modellflugzeuge teil

Timo

- nutzt das System oft
- verwendet das System meistens wenn es spezifische Fragestellungen oder Probleme mit seinen Werkzeugen und Produkten gibt
- verwendet das System um Ideen
- nutzt das System mit seinem Smartphone

“oft wird nicht verstanden was ich meine..”

“Anleitungen zu den Produkten, vor allem an sehr spezifischen sind oft nicht vorhanden oder zu abstrakt”

“schnelle Lösungen aus der Community zu ”



Auszubildende

- ❖ 21 Jahre alt
- ❖ macht aktuell eine Ausbildung zu Mediengestalterin
- ❖ geht in ihrer Freizeit gerne aus
- ❖ möchte sich mehr engagieren, aber es soll nicht zu aufwendig sein
- ❖ wünscht sich mehr Aufmerksamkeit und Anerkennung

Svenja

- **nutzt das System gelegentlich**
- **nutzt das System mit ihrem Smartphone**
- **nutzt das System meistens wenn sie ein neues Produkt probiert und besonders beeindruckt davon oder enttäuscht ist**

“ich möchte eine App relativ einfach und beiläufig bedienen können”

“es sollte ein schneller Einstieg möglich sein ohne dass ich mich in eine App erstmal anlernen müsste”

“sollte auch mal schnell, während auf den Bus warte erledigt werden können”



Produktmanagerin

- ❖ 46 Jahre alt
- ❖ hat ein Master Abschluss in Betriebswirtschaftslehre
- ❖ hat 5 Jahre im Consulting gearbeitet
- ❖ seit 15 Jahren im Product Management
- ❖ seit 8 Jahren Leiterin im Produkt Management für die Produktfamilie XY

Magitta

- **arbeitet selten mit dem System**
- **Nutzt die Daten die aus dem System stammen**
- **benutzt ihr Laptop/ Desktop PC/ Tablet**
- **arbeitet oft mit Powerpoint Slides**
- **nutzt Visualisierungen in Management Dashboards**

“Ich trage große Verantwortung.”

“Die Daten müssen für mich gut aufbereitet und sein.”

“wie kann ich unsere Produkte verbessern?”

“Es ist für mich wichtig die Mängel und Schwachstellen an unseren Produkten zu kennen?”

“Können intern Prozesse optimiert und verbessert werden um die Qualität der Produkte zu verbessern?”



Data Scientist

- ❖ 29 Jahre alt
- ❖ hat ein Bachelor Abschluss in Wirtschaftsinformatik
- ❖ war 1,5 Jahre als Werkstudent in einem IT Unternehmen für Suchmaschinenoptimierung tätig
- ❖ als Absolvent hat er ein Jahr an einem Marketingunternehmen gearbeitet
- ❖ ist seit 8 Monaten als Freelancer tätig
- ❖ sein Job ist sein Hobby

Flo

- **arbeitet selbst nicht mit dem System**
- **Nutzt die Daten die aus dem System stammen**
- **arbeitet mit seinem Laptop/ Desktop PC/ Cloud**
- **nutzt KI Technologien um Erkenntnisse aus großen Datenmengen zu gewinnen**

“Daten sind der Rohstoff in meinem Geschäft!”

“Meine Kunden bezahlen mich für die Erkenntnisse die ich auch den Daten gewinne. ”

“Die Qualität meiner Arbeit misst sich daran wie zuverlässig diese Erkenntnisse sind.”

“Daten über Produkte und ”

“welches sind die Top 10 Smartphones?”

Ist-Szenarien

Felix

Am Dienstagabend nach der Sprechstunde, entscheidet sich Felix, dem technischen Support des Herstellers für die Beleuchtungsanlage im Behandlungsraum A, eine E-Mail zu schreiben. Denn die Leuchte bleibt nicht stabil in seiner Ausrichtung sondern rutscht immer wieder seitlich nach runter. Nicht nur er ist darüber sehr verärgert sondern auch seine Arzthelperin. Diese muss bei Eingriffen, bei welchen, Felix eine gute Ausrichtung der Beleuchtung besonders wichtig ist, die Leuchte immer wieder richtig ausrichten. An manchen Eingriffen ist sie sogar nur noch damit beschäftigt. Er hatte die Anfrage im Support bereits vor eineinhalb Wochen geöffnet, doch nach der ersten Rückmeldung folgte nur ein E-Mail Ping-Pong mit Gegenfragen wurden und Vorschläge die er ausprobieren sollte, jedoch nicht geholfen haben. Am Mittwochnachmittag erhält Felix eine Antwort. Der Hersteller reagiert diesmal mit dem Angebot einer Skype-Session. Vier Experten werfen an diesem Videoanruf einen Blick auf die Leuchte und tauschen sich aus untereinander aus. Einer von diesen wurde, spontan noch dazu gerufen. Nach kurzer Zeit stellt sich heraus dass an dem Modell welches bei Felix im Praxis in Einsatz ist, ein Gelenk angebracht ist, welches ein sehr seltenes Exemplar ist. Einem der Support Ingenieure der dieses Modell zufällig einmal bei einem Kunden im Einsatz gesehen hatte, fällt ein, dass bei diesem Modell, am Drehgelenk, eines der M6er Schrauben mit einer M7er Schraube ausgetauscht werden musste, um das Gelenk stabiler zu machen. Der Hersteller schickt daraufhin einen Techniker, und die Schraube wird ausgetauscht. Felix ist nun besonders verärgert da ein Problem welches in fünf Minuten behoben werden konnte, ihm und seiner Personal sehr viel Wertvolle Zeit und Mühe gekostet hat. Die Entschuldigungen des technischen Supports über den Verlauf dieser Anfrage und die Beteuerungen diesen Sachverhalt an das Produktmanagement und an das Doku-Team für die weitere Aufarbeitung weiterzugeben besänftigen seine Verärgerung kaum.

Timo

Timo freut sich. Es ist endlich Samstag, seine Freundin ist auf Junggesellinnenabschied und er hat endlich wieder Zeit an seinen Modellfliegern zu werkeln. In drei Wochen findet ein Treffen der Modellflieger Community am Nachbarort statt und er will seine Flieger bis dahin auf Vordermann bringen. Vor einigen Wochen hatte er bereits angefangen, sich um das etwas kränklich anhörende Motor, eines seines seiner Flieger zu kümmern. Vor zwei Wochen hatte er hierzu eine Frage im Forum "Modellfliegerprofis.de" gepostet und gefragt ob jemand eine Ahnung hätte, ob für die M16er Schraube links neben der Lötstelle des Einlassventils eine Mutter von einem anderen Hersteller verwendet werden kann? Ob da schon einmal jemand eine andere Mutter ausprobiert hat und ob dies geholfen hat. Er hat wenig Hoffnung dass jemand sinnvoll auf seine Frage antworten konnte, dennoch wirft er mal einen Blick in das Forum. Wie erwartet haben nur wenige auf seine Frage reagiert und die meisten haben nicht genau verstanden worum es geht. Er beantwortet noch einige Fragen und schließt etwas frustriert das Forum. Drei Wochen später am Treffen der Modellflieger hat er dann die Gelegenheit sein Anliegen den anderen Technikaffinen direkt am Modell zu zeigen und sich über seine Frage auszutauschen. Es stellt sich heraus dass, einige den Blog Beitrag gesehen haben, sich jedoch gar nicht erst die Mühe gemacht haben die betreffende Stelle am Flieger anzuschauen. Vielen geht aus seiner Beschreibung nicht klar hervor welche Stelle am Flieger er genau meint. Links neben des Einlassventils gebe es mehrere Lötstellen. Einigen war die Beschreibung zu kompliziert und wussten gar nicht wie eine M16er Schraube überhaupt aussieht. Für Timo ist es nicht

neu, dass dieser Art von Fragen und Antworten am Ort und Stelle am Modell viel einfacher beschrieben, diskutiert und oft auch Lösungen gefunden werden können.

Svenja

Svenja ist fix und alle! Es ist Mittwochabend, sie hat gerade ihr Fitness Workout hinter sich gebracht und wartet in Ihrem Lieblingskaffee auf ihren Kumpel Timo. Der hat ihr geschrieben dass er sich etwas verspäten wird. Svenja hört während des Workouts oder auch in der Agentur während der Arbeit gerne Musik und hat sich vor kurzem neue Bluetooth Kopfhörer gegönnt. Die Kopfhörer sehen sehr hochwertig aus und gefallen ihr vor allem wegen der schönen Gestaltung. Außer die etwas nach ihrer Meinung zu auffällige Rille an einer bestimmten Stelle des Aufbewahrungsbox der Kopfhörer. Sie hat eine Menge für diese Kopfhörer investiert. Fast ein Drittel ihrer Ausbildungsvergütung. Sie hatte sich vorgenommen, Feedback zu diesem Produkt abzugeben. Da sich Timo nun verspäten wird, entschließt sie sich, die Zeit zu nutzen um das zu erledigen. Sie hat gesehen dass in dem Onlineshop in dem sie die Kopfhörer gekauft hat, Rezessionen geschrieben werden können. Sie holt sich ihr Handy raus, loggt sich im Onlineshop ein und sucht sich die Kopfhörer in ihren letzten Bestellungen heraus. Sie hatte zuvor noch nie eine Rezension geschrieben, doch nach etwas hin und her klicken gelangt sie zu einem Formular wo sie Eingaben machen kann. Es werden ihr einige Kriterien vorgeschlagen, welche Sie an dem Produkt bewerten kann (z. Bsp. die Soundqualität, Gestaltung usw.). Das findet sie praktisch. Sie gibt für die Gestaltung 4 Sterne. Doch sie findet dass in diesem Fall, eine Begründung für den Stern Abzug sehr angebracht wäre. Sie versucht die Stelle zu beschreiben, doch in dem Moment fällt ihr auf, das dies eigentlich gar nicht so einfach ist. Besser wäre wenn sie von der Stelle ein Bild machen und mit einer Bildbearbeitungsprogramm markieren würde (so ein Programm ist sowieso standardmäßig auf ihrem Handy installiert denkt sie sich.). Dennoch findet sie das jetzt etwas aufwendig. Im Augenwinkel sieht sie auch schon den Timo aus dem Tram aussteigen und in ihre Richtung zu laufen. Sie schließt den Browser und nimmt sich das für ein anderes mal vor.

Soll-Szenarien

Felix

Es ist Donnerstagnachmittag, Felix hat Mittagspause und kommt gerade vom Mittagessen. Am Mittagessen haben Felix und Gül (seine Arzthelferin) sich über die Beleuchtungsanlage im Behandlungsraum A unterhalten. Gül beklagt sich dass dieser so oft nicht in der ausgerichteten Position bleibt und immer wieder nach unten rutscht. Felix entschließt sich mit dem technischen Support des Herstellers Kontakt aufzunehmen. Er erinnert sich noch, dass er vor einigen Wochen eine E-Mail von diesen erhalten hatte worin ein neues Feedback Feature beworben wird. Man könne damit Feedback direkt am Produkt abgeben. Er findet schnell diese E-Mail und erkundigt sich über das Feature. Es hört sich ganz gut dafür geeignet zu sein um über die Leuchte ein Feedback abzugeben. Er ist jedoch etwas skeptisch. Er lädt die vom Hersteller beschriebene App herunter und gibt einige Daten wie zum Beispiel seine Kundennummer ein. Im App findet er eine Auflistung von Produkten die er von diesem Hersteller in seiner Praxist hat. Er wählt aus dieser Auflistung die Leuchte. Daraufhin erscheint ein Bildschirm auf welches er angeben soll um welcher Kategorie sein Feedback eingeordnet werden soll: Es ist die Kategorie "Gestaltung" vorausgewählt. Er schaut sich die anderen Kategorien an und, wählt "Beeinträchtigung in der Nutzung" aus.

Nachdem er auf das Button "Fortfahren" geklickt hat, schaltet sich die Kamera seines Smartphones ein und in halbtransparenter Schrift wird er aufgefordert, die Kamera auf die Leuchte zu richten. In dem Moment

wo er die Leuchte durch das Display seines Smartphones sieht, wird die Leuchte auf dem Bildschirm seines Smartphones mit einer virtuellen, halbtransparenten, gräulichen Silhouette umhüllt. Es erscheint nun in der Mitte des Bildschirms, ein Art Fadenkreuz in einem Ring. Felix soll nun die Kamera nah auf das Teil am Produkt richten, für das er ein Feedback abgeben möchte und zweimal auf das Fadenkreuz tippen um es auszuwählen. Dies wird ihm auf dem Bildschirm in halbtransparenter Schrift unter dem Ring mit dem Fadenkreuz eingeblendet. Also bewegt Felix die Kamera in Richtung des Gelenks welches immer wieder herunterrutscht. Während er die Kamera in Richtung des Gelenks bewegt färbt sich jeweils das Teil am Produkt welches sich dem Mittelpunkt der Kamera am nächsten befindet, gelblich. Das ist wohl ein Zeichen dass das System gerade dieses Teil im Fokus hat. Außerdem sieht er auf manchen Teilen keine virtuelle Post Its mit Bemerkungen eingeblendet. Es sieht für ihn so aus dass diese Bemerkungen von anderen Kunden stammen. Hier und da schaut hält er kurz an und schaut sich dieses oder andere Post It an. Es fallen ihm interessante Anleitungen oder Bemerkungen zur Gestaltung des betreffenden Produkt auf. Am Gelenk angekommen wird gelblich eingefärbt. Felix tippt zweimal auf das Fadenkreuz worauf sich die Kamera des Smartphones schließt. Es wird nun auf dem Bildschirm angezeigt, welches Teil er ausgewählt hat. Er kann wohl die Auswahl wieder aufheben indem er auf das Button "Aufheben" welches daneben angezeigt wird, klickt. Darunter ist ein Eingabefeld ausgeklappt worin er eine Beschreibung eingeben kann. Er sieht dass wohl außer der Beschreibung noch eine weitere Eingabe möglich ist. Unter dem ausgeklappten Eingabefeld für die Beschreibung, befinden sich weitere Felder, welcher momentan noch eingeklappt ist. Felix findet das Feld mit der Bezeichnung "Business Impact" interessant und schaut sich dieses genauer an. Hier kann er eine Beschreibung für die Auswirkungen auf sein Geschäft eingeben und ob er sich wünscht dass diese Rückmeldung an das technische Support gesendet wird. Er gibt ein dass er wegen diesen Mangels, einen Verlust von mindestens einem Personentag in der Woche Verlust macht. Er merkt, dass wohl die Beschreibung für die Rückmeldung wohl ein Pflichtfeld ist. Das Button "Absenden" ist immer noch ausgegraut. Er gibt noch eine Beschreibung ein und klickt auf Absenden. Am nächsten Morgen erhält er eine E-Mail vom technischen Support worin ihm mitgeteilt wird dass, alle erforderlichen Daten für die Bearbeitung der Anfrage erhalten wurden. Bei dem Bauteil welches an dem Produkt angebracht ist, handele es sich um ein seltenes ein das eher selten an dieser Leuchte angebracht wird. Sie hätten jedoch ein die genau Bauteilbezeichnung und ein Bild von diesem Bauteil um intern, möglichst schnell jemanden zu finden der sich mit diesem Bauteil in Kombination mit der Leuchte auskennt. Nach vier Tagen erhält Timo eine Rückmeldung. Der Support hätte das Problem identifizieren können und teil ein Terminvorschlag mit um ein Techniker vorbeizuschicken. Sie hätten zu diesem Bauteil ein Kommentar hinterlassen welches die Ursache und mögliche Lösungsansatz direkt am Bauteil dokumentiert. Er könne sich dies mit dem AR System ansehen.

Timo

Es ist Mittwochabend. Nach dem Abendessen entschließt sich Timo mal ein Blick in das Forum "Modellfliegerprofis.de" zu schauen. Hier hatte er am Montag eine Frage zu eines seiner Flieger gepostet. Wie er es schon gewohnt war, kamen einige Gegenfragen. Einige haben nicht verstanden welche Stelle am Flieger genau meint und einige welche es ungefähr verstanden haben, haben den Kontext zu seinem Problem nicht ganz verstanden. Einer hat vorgeschlagen das Problem doch mal mit den neuen AR System zu beschreiben. Dort könne man Rückmeldungen an Produkten, direkt am betreffenden Teil abgeben. Anleitungen beschreiben, Tipps und Bemerkungen von anderen ansehen uvm. Timo findet das spannend und lädt sich die App schnell runter. Er kann sich mit sein Nutzerdaten vom Onlinehandel anmelden

von welchem er seine Modellflugzeuge kauft und bekommt nach der Anmeldung seine Modellflugzeuge angezeigt. Er wählt das betreffende Modellflugzeug aus. Daraufhin erscheint ein Bildschirm auf welches er angeben soll um welche Art von Rückmeldung es sich handelt. Es ist "Gestaltung" vorausgewählt. Er schaut sich die anderen Arten an und ist überrascht was angeboten wird. Unter anderem erwecken folgende Kategorien sein Interesse: "Alternativer Anwendungsfall", "Technische Frage". In seinem Fall wählt er "Technische-Frage" aus. Nach dieser Auswahl schaltet sich die Kamera seines Smartphones ein und er wird von der App geleitet bis er das betreffende Teil ausgewählt hat. Bevor Timo sein Auswahl bestätigt sieht er am betreffenden Produkt teil einige Bemerkungen, Anleitungen und auch eine andere Frage von anderen Nutzern. Doch noch keine welche seine spezielle Frage beantwortet. Nachdem er mit zweimal antippen des Fadenkreuzes seine Auswahl bestätigt, schaltet sich die Kamera wieder aus und es wird ihm bestätigt welches Teil er ausgewählt hat. Auf dem Bildschirm ist ein Eingabefeld "Technische Frage" ausgeklappt in welchem er seine Frage eingeben kann. Darunter sind zwei Links eingeblendet, eines zu den Stellen der Dokumentation des Herstellers in welchen dieses Produkt-Teil vorkommt. Er gibt seine Beschreibung ein und klickt auf "Bestätigen". Als Timo die App nutzt und sich Bauteile am Modell sich nochmal anzuschauen, entdeckt er einige Rückmeldungen von Kunden, welche sein Interesse erwecken. Er nutzt die App, um Fragen von Nutzern zu beantworten, indem er Rückmeldungen von Kategorie "Anleitung" erstellt, zudem findet er einige Vorschläge interessant, welche mit einigen Änderungen am Produkt neue Anwendungsfälle ermöglichen würden. Auch seine Rückmeldung findet er wieder und ist gespannt ob er dazu etwas hören wird. Vier Tage später, als Timo nochmal die App nutzt um sein Flieger anzuschauen, ist er erstaunt. Ein anderer Nutzer hat an die Stelle am Produkt wo auch Timo seine Frage gestellt hatte, einen neuen Beitrag der Kategorie "Anleitung" erstellt und empfiehlt einige "Mutter" eines anderen Herstellers. Einen Link mit genaueren Beschreibung zu diesen hat er auch mit eingefügt.

Svenja

Während Svenja in ihrem Lieblingscafé auf ihren Kumpel Timo wartet (dieser hat ihr geschrieben dass er sich etwas verspäten wird), fasst sie den Entschluss für ihre neuen Bluetooth Kopfhörer die sich sich neulich zugelegt hatte, eine Bewertung zu schreiben. Sie möchte ihre Meinung zur der Gestaltung, der Aufbewahrungsbox der Kopfhörer kundtun. Insgesamt findet sie ja das Produkt sehr schön gestaltet, jedoch ist eine Rille am Aufbewahrungsbox ihrer Meinung nach zu auffällig. Sie hatte von ihren Kollegen in der Agentur mitbekommen, dass der Onlinehandel, von welchem sie auch ihre Kopfhörer herhat, neuerdings so ein Feature anbietet, womit die Bezugnahme an Produktstellen erleichtert wird. Das probiert sie doch gleich mal aus sagt sie und holt ihr Smartphone heraus. Die App hatte sie bereits im Büro installiert, also kann sie diese sofort starten. Sie meldet sich an und Ihr werden gleich Ihre aktuellen Bestellungen angezeigt. Als sie die Kopfhörer auswählt und auf Bewertung abgeben klickt, passiert etwas das sie etwas überrascht. Die Kamera des Smartphones schaltet sich ein und die App bittet sie, die Kamera auf die Kopfhörer zu richten. Na gut sagt sie, kramt schnell die Kopfhörer heraus und folgt der Anleitung der App. Nach kurzer Zeit hat sie verstanden dass sie die Stelle zu welche sie Ihre Bewertung abgeben möchte im Visier des Fadenkreuzes haben muss. Als Sie das Teil am Produkt ausgewählt hat, auf welches sie die Rille befindet welches ihr nicht gefällt, sieht sie im Augenwinkel dass der Timo aus dem Tram aussteigt und in ihre Richtung läuft. Schnell tippt in das Feld für die Beschreibung "Die Rille ist ein wenig zu auffällig." und klickt auf "Bestätigung". Sie ist froh sie nichts weiteres eingeben musste.

Usability-Studie Smart-Product-Feedback

Vielen Dank dass Sie sich die Zeit nehmen an dieser Studie teilzunehmen. Diese Studie ist Teil einer Bachelorarbeit welcher an der Hochschule für Technik und Wirtschaft Berlin, im Studiengang Angewandte Informatik angefertigt wird.

In dieser Studie werden Interaktionsmethoden für die Erstellung, Bearbeitung und Löschung von Produkt Feedbacks evaluiert. Dabei sollen Erkenntnisse zur Nutzungserlebnis für diese Interaktionsmethoden gewonnen werden.

Für die Bearbeitung von Feedbacks werden zwei unterschiedliche Darstellungsformen getestet. Im Rahmen dieser Studie werden diese Datensätze ausgewertet und anschließend verglichen.

Es handelt sich hierbei um eine Augmenten Reality Anwendung (kurz AR), womit Endkunden Feedbacks zu Produkten abgeben können. Die AR-Komponente unterstützt diese Anwendung, indem damit Bezug auf bestimmte Teile oder Stellen am Produkt genommen werden kann. Die abgegebenen Feedbacks werden in Form von Annotationen auf dem Produkt, an den ausgewählten Stellen visualisiert.

Feedback können hierbei Anmerkungen zum Design vom Produkt, Vorschläge für neuen Anwendungsfälle, Fragen zu bestimmten Stellen oder Teile oder kurze Anleitungen (Tutorials) zu den bestimmten Stellen am Produkt sein.

Es ist angedacht, dass die Visualisierung, das physische Produkt überlagert, sodass die Interaktionen am realen Produkt stattfinden. Für diese Studie steht das physische Produkt jedoch nicht zur Verfügung und die Interaktion findet ausschließlich am virtuellen Produkt statt.

Im Laufe dieser Studie werden Ihnen folgende Aufgaben gestellt:

- **Sie werden vier neue Feedbacks erstellen.**

Es wird ihnen in Stichpunkten vorgegeben, welchen Inhalt das Feedback haben soll und wo am Produkt dieser platziert werden soll.

Nach jeder Erstellung eines Feedbacks werden Sie gebeten, einen Fragebogen auszufüllen.

- **Sie werden die von Ihnen erstellten Feedbacks bearbeiten.**

Für die Bearbeitung von Feedbacks werden jeweils zwei unterschiedliche Interaktionsmethoden getestet. Diese werden nacheinander getestet, wobei eines immer deaktiviert sein wird.

- Es wird ihnen in Stichpunkten vorgegeben, welches der Feedbacks sie bearbeiten sollen und was sich im Inhalt ändern soll.

Nach jeder Bearbeitung eines Feedbacks werden Sie gebeten, einen Fragebogen auszufüllen.

- **Sie werden die von Ihnen erstellten Feedbacks löschen.**

Nach jeder Löschung werden Sie gebeten, einen Fragebogen auszufüllen

Erstellung von Feedbacks:

Als Produkt für die Bearbeitung der Aufgaben wird die Anwendung ein Smart-Triplec darstellen. Eine Abbildung davon sehen Sie in Abbildung 1. Die Menüpunkte der Anwendung sind in englischer Sprache gestaltet. Sie können Eingaben jedoch in Deutsch machen.

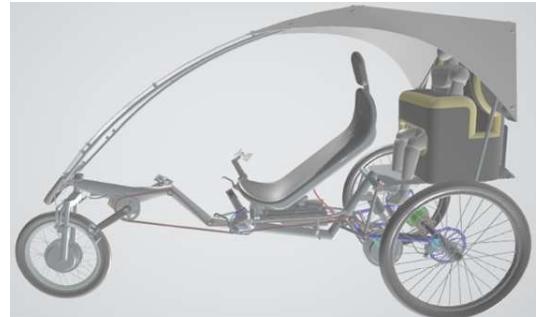


Abbildung 1: Smart-Triplec

Iteration 1:

- Sie müssen während der Fahrt öfter anhalten, um für die Navigationsanzeige auf Ihr Smartphone zu schauen.
- Sie haben die Idee, dass an der mittleren Stange am Triplec eine Halterung für ein Smartphone angebracht werden kann.
- Nutzen Sie die Anwendung und erstellen Sie ein Feedback, welches diese Idee beschreibt.

Iteration 2:

- Zum wöchentlichen Einkauf fahren Sie oft mit dem Triplec aber ohne Kind.
- Sie finden es praktisch, wenn der Platz für den Kindersitz auch für einen größeren Einkaufskorb genutzt werden könnte.
- Nutzen Sie die Anwendung, um ein Feedback zu erstellen welches diese Idee beschreibt.

Iteration 3:

- Sie finden den Sitz des Pedelec's sehr bequem.
- Nutzen Sie die Anwendung und erstellen Sie ein Feedback, welches Ihren Eindruck beschreibt.

Iteration 4:

- Sie sind Betreiber eines Vermietungsgeschäftes für Pedelec's. Schon oft haben sich Kunden darüber beschwert, dass bei starkem Fahrtwind ein lautes Klappern an der Windschutzscheibe zu hören ist.
- Sie vermuten, dass dies von einer der Befestigungsstellen am Rahmen ausgeht.
- Nutzen Sie die Anwendung, um die Frage zu stellen wie die Windschutzscheibe richtig befestigt werden muss. Sie wünschen sich hierzu die Unterstützung des Herstellers.

Bearbeiten:

Iteration 1:

- Sie möchten Ihr Feedback von Aufgabe 1 nun ergänzen und hinzufügen: Dass es zudem praktisch wäre, wenn an die Halterung auch ein Tablet angebracht werden könnte.

Iteration 2:

- Sie möchten ein Detail zu Ihrem Feedback aus Aufgabe 1 hinzufügen. Sie fänden es gut, wenn der Einkaufskorb auch während der Fahrt sicher befestigt werden kann.

Iteration 3:

- Nach einer Weile haben Sie gemerkt, dass der Sitz vor allem wenn Sie über Pflasterstein fahren nicht so bequem ist. Sie möchten nun Ihr Feedback aus Aufgabe 1 aktualisieren.

Iteration 4:

- Sie vermuten, dass der starke Lärm durch die Verwendung einer falschen Schraube verursacht wird. Sie möchten Ihr Feedback aus Aufgabe 1 nun um diese Bemerkung ergänzen.

Fragebogen zur Person

Alter: _____

Geschlecht: männlich weiblich

Studiengang: _____ seit _____ Jahren

Beruf: _____ seit _____ Jahren

Wie häufig geben Sie Feedback zu Produkten:

.... als Rezension im Online-Einkaufsportal?

täglich mehrmals etwa 1-mal etwa 2-3-mal im Monat etwa 1-mal im Monat seltener als 1-mal im Monat nie

.... als Rezension in einem Video (Onlineplatform)?

Täglich mehrmals etwa 1-mal etwa 2-3-mal im Monat etwa 1-mal im Monat seltener als 1-mal im Monat nie

... als Reklamation?

täglich mehrmals etwa 1-mal etwa 2-3-mal im Monat etwa 1-mal im Monat seltener als 1-mal im Monat nie

... in Form eines Blogbeitrags?

täglich mehrmals etwa 1-mal etwa 2-3-mal im Monat etwa 1-mal im Monat seltener als 1-mal im Monat nie

... an Treffen mit Interessengruppen

(„Meetup“, „Verein“, „Vorträge“)

täglich mehrmals etwa 1-mal etwa 2-3-mal im Monat etwa 1-mal im Monat seltener als 1-mal im Monat nie

Wenn Sie Feedback zu Produkten geben, fällt es Ihnen schwer, die genauen Stellen (Position) oder bestimmte Teile am Produkt (verständlich für andere in Textform) zu beschreiben, auf welche sie Bezug nehmen möchten?

nein, nie ja, selten ja, gelegentlich ja, oft ja, immer

Wie häufig lesen Sie Feedbacks zu Produkten?

...Rezessionen in Online- Einkaufsportalen?

täglich mehrmals etwa 1-mal etwa 2-3-mal im Monat etwa 1-mal im Monat seltener als 1-mal im Monat nie

...Blogbeiträge?

täglich mehrmals etwa 1-mal etwa 2-3-mal im Monat etwa 1-mal im Monat seltener als 1-mal im Monat nie

Wenn Sie Feedbacks zu Produkten lesen, fällt es Ihnen schwer zu verstehen, auf welche Stelle oder auf welches Teil am Produkt das Feedback Bezug nimmt?

nein, nie ja, selten ja, gelegentlich ja, oft ja, immer

Wie viel Erfahrung haben Sie mit virtuellen Umgebungen?

(„Augmented Reality Anwendungen auf Smartphone“, „HMD“, „Cave“, andere AR/ VR-Systeme)

nutze ich
regelmäßig nutze ich
gelegentlich habe ich schon
einmal ausprobiert habe ich schon
einmal gesehen gar keine

Wie oft nutzen Sie ihr Smartphone:

täglich mehrmals etwa 1-mal etwa 2-3-mal etwa 1-mal seltener als nie
in der Woche in der Woche mal im Monat im Monat 1-mal im Monat

Wieviel Erfahrung haben Sie mit Smartphones, welche mit den Betriebssystemen Android betrieben werden?

gar keine Weniger als ein Monat Seit ein bis 3 Monaten Weniger als ein Jahr 1 bis 3 Jahren Seit mehr als 3 Jahren

Erklärung zum Datenschutz

Alle Daten, die im Rahmen dieser Studie erhoben werden, z. B Eingaben während der Nutzung der Anwendung, Fragebögen oder die durch die Anwendung erfassten Zeiten werden streng vertraulich behandelt. Schriftlich erhobene Daten und Informationen werden nur in anonymisierter Form gespeichert. Die Daten werden für die Dauer der Studie und für die für eine Bachelorarbeit vorgeschriebene Zeit gespeichert. Danach werden alle erhobenen Daten gelöscht.

Ich erkläre mich einverstanden, dass Teile der erfassten Daten in wissenschaftlichen Publikationen verwendet werden. (Falls Sie dies nicht wünschen, streichen Sie bitte diesen Absatz.)

Hiermit bestätige ich, dass ich die Erklärung zum Datenschutz gelesen habe und damit einverstanden bin.

Ort, Datum und Unterschrift

Vor- und Nachname in Druckbuchstaben

VP-Code	Produkt	0
---------	---------	---

Fragebogen zur Bewertung interaktiver Produkte

meCUE 2.0-Fragebogen

Dieser Fragebogen dient dazu zu erfassen, wie Sie das Produkt erleben.

Auf den folgenden Seiten finden Sie verschiedene Aussagen, die Sie benutzen können, um Ihr Erleben zu bewerten.

Bitte geben Sie den Grad Ihrer Zustimmung zu jeder Aussage an, indem Sie das entsprechende Feld ankreuzen.

Entscheiden Sie spontan und ohne langes Nachdenken, um Ihren ersten Eindruck mitzuteilen.
Bitte beurteilen Sie jede Aussage, selbst wenn Sie meinen, dass sie nicht vollständig zu Ihrem Erleben passt.

Es gibt keine "richtigen" oder "falschen" Antworten - nur Ihre persönliche Meinung zählt!

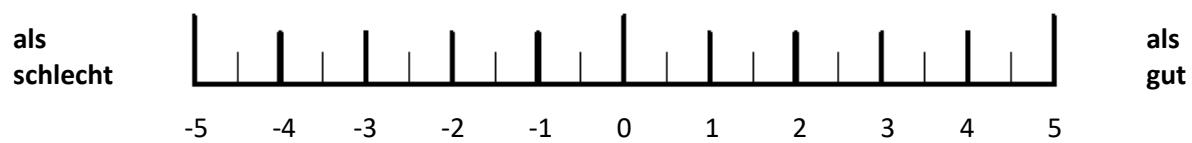
VP-Code	Produkt	
---------	---------	--

VP-Code	Produkt	III
---------	---------	-----

VP-Code	Produkt	IV
---------	---------	----

VP-Code	Produkt	V
---------	---------	---

Wie erleben Sie das Produkt insgesamt?



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 09.09.2019

Ali Bektas