

Institut für Visualisierung und Interaktive Systeme

Universität Stuttgart
Universitätsstraße 38
D-70569 Stuttgart

Bachelorarbeit

Produktvisualisierung von Schmuck und Uhren mittels Augmented Reality

Josef Tunc

Studiengang:	Medieninformatik
Prüfer/in:	Prof. Dr. Michael Sedlmair
Betreuer/in:	M.Sc. Michael Becher, M.Sc. Xingyao Yu
Beginn am:	25. Mai 2021
Beendet am:	25. November 2021

Kurzfassung

Der schwedische Möbelhaus IKEA bietet durch eine App seinen Kunden die Möglichkeit an, virtuelle Möbel zu Hause zu platzieren und die Kaufentscheidung somit zu erleichtern. Seit der Veröffentlichung von Pokemon GO ist der Begriff der Augmented Reality bzw. Erweiterten Realität ein fester Bestandteil in unserer Gesellschaft. In dieser Bachelorarbeit soll die Frage der technischen Machbarkeit einer Anwendung für die Produktvisualisierung von Ringschmuck mittels Augmented Reality beantwortet werden. Anhand von Umfragen mit den Juwelieren und Nutzertests durch potenzielle Anwender sollen die Eindrücke und Beobachtungen gesammelt werden. Durch Verwendung von MobileAR, Machine Learning basiertes Hand-Tracking über MediaPipe und die Platzierung eines virtuellen Ringes am Finger wurde ein Prototyp fertiggestellt und somit die Frage der technischen Machbarkeit beantwortet. Diese Anwendung wurde getestet und das Feedback gesammelt. Dabei wurde festgestellt, dass von beiden Seiten (Juweliere und Anwender) großes Interesse vorhanden ist und sie solch eine App für zukünftige Einkaufstouren verwenden würden. Mithilfe der Ergebnisse und dieser Ausarbeitung wurde der Grundstein für weitere Projekte für die Produktvisualisierung mittels Augmented Reality gelegt.

Abstract

Through an app, the Swedish furniture retailer IKEA offers its customers the possibility to place virtual furniture at home and thus facilitate the purchase decision. Since the release of Pokemon GO, the term augmented reality has become an integral part of our society. In this bachelor thesis, the question of the technical feasibility of an application for the product visualization of ring jewelry using augmented reality will be answered. Based on surveys with jewelers and user tests by potential users, impressions and observations will be collected. By using MobileAR, machine learning based hand tracking via MediaPipe and placing a virtual ring on the finger, a prototype was completed, answering the question of technical feasibility. This application was tested and feedback collected. It was found that there is great interest from both sides (jewelers and users) and they would use such an app for future shopping trips. With the help of the results and this elaboration, the foundation was laid for further projects for product visualization using augmented reality.

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	7
2. Definitionen	9
3. Verwandte Arbeiten	13
3.1. Publikationen	13
3.2. Einordnung der Bachelorarbeit innerhalb der verwandten Arbeiten	14
4. Ziele und Vorgehensweise dieser Bachelorarbeit	17
5. Vorumfrage	19
6. Implementierung	21
6.1. Auswahl Software und Hardware	21
6.2. Installation	22
6.3. Implementierung	23
6.4. Anwendung	26
7. Nachumfrage	29
8. Nutzerstudie	31
9. Fazit	35
Literaturverzeichnis	37
A. Anhang	39

1. Einleitung

In vielen Situationen im Alltag haben sich die Begriffe *Virtual Reality* (VR, auf Deutsch *Virtuelle Realität*) und *Augmented Reality* (AR, auf Deutsch *Erweiterte Realität*) etabliert. Durch den Erfolg des Filmes *Matrix* [Wik] aus dem Jahr 1999 von den Wachowski Brüdern hat sich in der Gesellschaft der Gedanke an die Möglichkeit, in eine virtuelle Welt einzutauchen, verbreitet. Jedoch ist die Idee von der Erweiterung der Realität älter. Morton Heilig patentierte 1962 ein Virtual Reality-System, das Sensorama [Sen], mit dem die Sinne einer Person während eines Filmes beeinflusst werden und das Filmerlebnis unterhaltsamer gestaltet werden sollte. Durch Ivan Sutherland, Pionier der Informationstechnik, tauchte in „The Ultimate Display“ [Sut65] das erste Mal 1965 die Erweiterung der Realität in einer wissenschaftlichen Ausarbeitung auf. 1968 legte er den Grundstein für die heutige VR-Technik mit dem „Sword of Damocles“ [Dam], ein Vorläufer der heute bekannten VR-Brille.

Im Sommer 2016 hat das Entwicklerstudio Niantic das Spiel Pokemon GO [Pok] für Smartphones und Tablets veröffentlicht und somit großes Aufsehen erregt [Abbildung 1.1]. Seitdem ist der Begriff *Augmented Reality* oder auch *Erweiterte Realität* in der Gesellschaft präsent, obwohl der Begriff schon in den 90er Jahren das erste Mal auftaucht. Aufgrund fehlender technischer Möglichkeiten hat es jedoch bis zur Veröffentlichung von Pokemon GO gedauert, dass es sich in der Gesellschaft etabliert hat. Als in den 90er Jahren bei einer Liveübertragung eines American Football-Spiels durch ein AR-System Markierungen auf dem Spielfeld eingeblendet wurden, besteht heute für einen Großteil der Gesellschaft die Möglichkeit, AR-unterstützende Hardware zu nutzen. Mithilfe des technischen Fortschrittes, wie die im Jahr 2015 auf dem Markt veröffentlichte Microsoft HoloLens oder die Möglichkeit für mobile Geräte Augmented Reality-Anwendungen zu entwickeln, ist es möglich, unterschiedliche Produkte durch die Darstellung eines virtuellen 3D-Modells in einer realen Umgebung zu präsentieren und dem Anwender eine Vorschau zu bieten. Bekannte Anwendungsfelder sind die Darstellung von Möbeln in der eigenen Wohnung und die virtuelle Anprobe von Kleidung am eigenen Körper.

In dieser Bachelorarbeit wird die Frage der technischen Machbarkeit einer Augmented Reality-Anwendung zur Darstellung von virtuellen Ringen an der Hand eines Nutzers evaluiert und untersucht, inwiefern solch ein Prototyp beim Anwender und Juwelier-Inhaber akzeptiert wird. Aus der Sicht der Juweliere ist es ein Vorteil, dass sie dem Kunden die Anprobe von Schmuck und Uhren anbieten können und im Onlinehandel der Nachteil, dass ein Produkt nicht gesehen werden kann, wegfällt. Zudem kann der Kunde auch ein Produkt probieren, das aktuell nicht verfügbar ist.



Abbildung 1.1.: Erweiterung der Realität in Pokemon GO, Bildquelle: <https://www.mixed-reality.io/10-ways-to-engage-with-your-clients>

In Kapitel 2 wird die Bedeutung der wichtigsten Begriffe zu dem besseren Verständnis dieser Bachelorarbeit geklärt und in Kapitel 3 werden Ausarbeitungen im Zusammenhang mit dieser Arbeit genauer betrachtet. Danach werden die Ziele und die Vorgehensweise in Kapitel 4 erläutert. In Kapitel 5 werden die genauen Anforderungen und Erwartungen der Juweliere an einer Anwendung für die Produktvisualisierung mithilfe von Augmented Reality erfasst. In Kapitel 6 wird die Entwicklung der Anwendung beschrieben und der aktuelle Stand der Technik erläutert. In den nächsten Kapiteln 7 und 8 wird der Prototyp den Juwelieren und potenziellen Anwendern vorgestellt und getestet. Dabei werden ihre Eindrücke und Beobachtungen evaluiert. Abschließend wird im Kapitel 9 die Frage der technischen Machbarkeit solch einer Augmented Reality-Anwendung beantwortet und wie sie bei den Juwelieren sowie Anwendern ankommt.

2. Definitionen

In diesem Kapitel werden Begriffe erklärt, die als Unterstützung für das Lesen und Verstehen dieser Ausarbeitung hilfreich sind.

Es gibt unterschiedliche Versuche, um die Virtuelle Realität oder die Erweiterte Realität zu beschreiben. Jedoch gibt es keine eindeutige Beschreibung, sondern nur unterschiedliche Ansätze. Dazu verwende ich hier ein Zitat von Morpheus aus dem Film Matrix: „Was ist real? Wie definieren Sie real? Wenn Sie über das sprechen, was Sie fühlen, riechen, schmecken und sehen können, dann sind real einfach elektrische Signale die von Ihrem Gehirn interpretiert werden.“ [Wik]

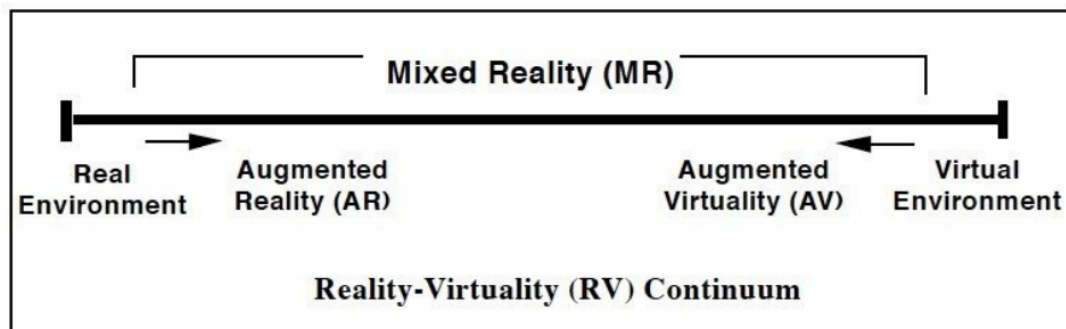


Abbildung 2.1.: Reality-Virtuality Continuum

Virtuelle Realität (im Englischen *Virtual Reality*) wird laut Duden als eine vom Computer erzeugte virtuelle Realität bezeichnet [Dud]. Steve Bryson hat im Rahmen des „IEEE Symposium on Research Frontiers in Virtual Reality“ im Jahr 1993 den Begriff folgendermaßen definiert: „Der Begriff Virtuelle Realität bezieht sich auf die Verwendung von dreidimensionalen Displays und Interaktionsgeräten zur Erkundung in Echtzeit computergenerierter Umgebungen.“ [Bry93] In „Augmented Reality: A class of displays on the reality-virtuality continuum“ [Mil+94] von Paul Milgram, Haruo Takemura, Akira Utsumi und Fumio Kishino wird ein Kontinuum von der Realität bis zur vollständigen virtuellen Umgebung aufgestellt und als Reality-Virtuality (RV) Continuum bezeichnet. (Abbildung 2.1) In diesem Kontinuum wird die Virtuelle Realität als Grenze dargestellt und beschreibt eine völlige virtuelle Umgebung.

2. Definitionen

Erweiterte Realität (im Englischen *Augmented Reality*) wird im Reality-Virtuality (RV) Continuum [Mil+94] als Erweiterung der realen Umgebung bezeichnet. Dabei kann die reale Umgebung mithilfe von virtuellen Komponenten wie 3D-Modelle, Bilder oder Videos erweitert werden. In „A Survey of Augmented Reality“ von Ronald T. Azuma aus dem Jahr 1997 [Azu97] wird die Erweiterte Realität als eine Variante der Virtuellen Realität bezeichnet, in der ein Nutzer die reale Welt sehen kann und mit virtuellen Objekten erweitern kann.

Gemischte Realität (im Englischen *Mixed Reality*) umfasst im Reality-Virtuality (RV) Continuum [Mil+94] von Paul Milgram et al. alles was zwischen den Grenzen des Kontinuum [Abbildung 2.1] ist, also der Virtuellen Realität und der Realen Umgebung. Oft wird die Gemischte Realität auch als Erweiterte Realität bezeichnet.

Unity [Uni] ist eine Entwicklungsumgebung [Abbildung 2.2] des US-amerikanischen Unternehmens Unity Technologies mit Sitz in San Francisco. Im Jahr 2005 ist Unity auf dem Markt erschienen und wird seitdem für die Entwicklung von Spielen und 3D-Anwendungen für Computer, mobile Geräte und Spielekonsolen verwendet.

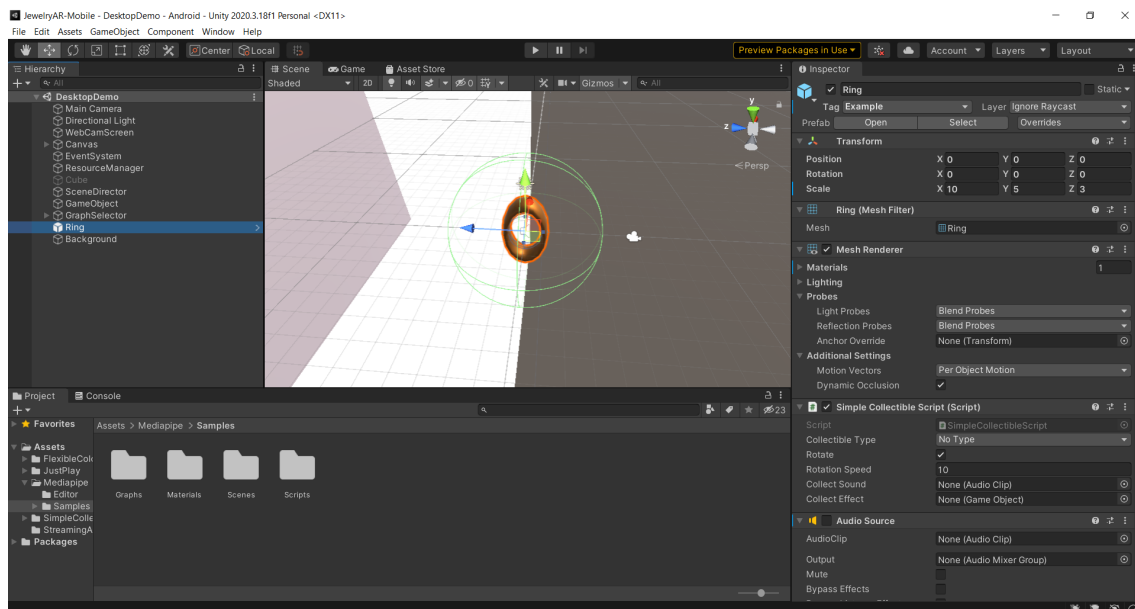


Abbildung 2.2.: Entwicklungsplattform Unity mit der Anwendung

Google MediaPipe [Meda] ist eine auf GitHub veröffentlichte Open Source-Anwendung für plattformübergreifende und Wahrnehmungseingaben verarbeitende Lösungen. Mit dieser Anwendung werden verschiedene Wahrnehmungseingaben [Abbildung 2.3] verarbeitet. Für diese Bachelorarbeit wurde die Funktion *Hands* verwendet, um die Form und Bewegung der Hände zu erkennen.

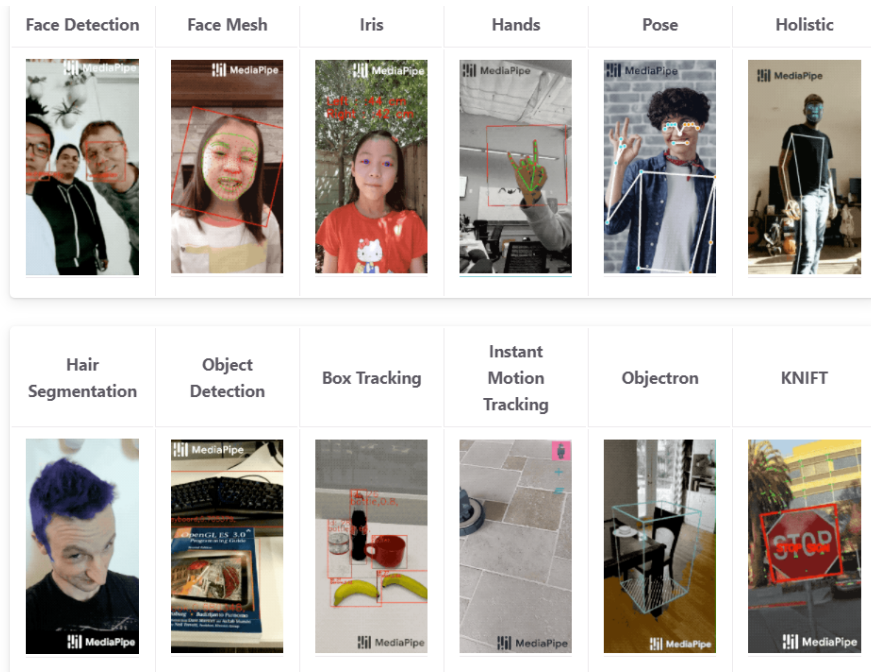


Abbildung 2.3.: Funktionen von Google MediaPipe, Bildquelle: <https://google.github.io/mediapipe/>

3. Verwandte Arbeiten

In diesem Kapitel zeigen wir inhaltlich verwandte Arbeiten zu dieser Bachelorarbeit und ordnen diese sinngemäß ein.

In der Fachstudie „**Evaluation von Augmented Reality Toolkits**“ [TTW19], die ich während meinem Medieninformatik-Studium an der Universität Stuttgart gemeinsam mit Benjamin Tunc und Lukas Walcher 2019 verfasst habe, befassen wir uns mit der Erweiterten Realität und stellen unterschiedliche AR-Toolkits (eine Sammlung von Werkzeugen zur Entwicklung von Augmented Reality-Anwendungen) vor. Diese Ausarbeitung dient als Vorarbeit bzw. Vorstudium.

3.1. Publikationen

In „**The Ultimate Display**“ von Ivan E. Sutherland [Sut65] aus dem Jahr 1965 befasst sich sein Autor als Erster mit der Idee einer virtuellen Welt. Dabei beschreibt er die physikalische Welt, die Möglichkeiten mittels Computer, unterschiedliche Eingabegeräte und beendet seine Ausarbeitung mit einer anderen Art von Display. Hier stellt er seine Idee eines Ultimativen Displays vor, welches einen Einblick in eine virtuelle Welt geben kann. Am Ende beschreibt er dieses Display als „das Wunderland, in welches Alice ging.“

1994 veröffentlichten Paul Milgram, Hauro Takemura, Akira Utsumi und Fumio Kishino in „**Augmented Reality: A class of displays on the reality-virtuality continuum**“ [Mil+94] ein Kontinuum von der Realen Umgebung bis zur Virtuellen Umgebung. Zwischen diesen Grenzen wird die Gemischte Realität eingegliedert, die die Erweiterte Realität und die Erweiterte Virtualität beinhaltet [Abbildung 2.1].

Ronald T. Azuma befasst sich 1997 in „**A Survey of Augmented Reality**“ [Azu97] mit der Erweiterten Realität und in welchen Gebieten damit geforscht werden kann. Als Beispiele nennt er unter anderem die Medizin, die Fertigung und das Militär. Dabei beschreibt er Augmented Reality-Systeme, welche Probleme dabei auftauchen und wie diese gelöst werden können.

In der im Journal of Data Processing veröffentlichten Ausarbeitung „**Using Hand as Support to Insert Virtual Object in Augmented Reality Applications**“ [Sak+11] von Mohamed Sakkari, Mourad Zaied und Chokri Ben Amar haben die Autoren ein System veröffentlicht, dass die Hand des Nutzers identifiziert und mit virtuellen Objekten erweitert.

Im 2013 erschienenen Buch „**Virtual und Augmented Reality**“ [Dör+13] von Ralf Dörner, Wolfgang Broll, Paul Grimm und Bernhard Jung werden die Grundlagen und Methoden der Virtuellen und Erweiterten Realität beschrieben. Das Buch wurde von Experten der Fachgruppe Virtuelle Realität und Augmented Reality der Gesellschaft für Informatik (GI) herausgegeben. Die Autoren befassen sich mit technischen Themen, der Wahrnehmung, mathematische Grundlagen und die Mensch-Computer-Interaktion.

Wei Zhu, Charles B. Owen, Hairong Li und Joo-Hyun Lee haben 2014 in „**Personalized In-store E-Commerce with the PromoPad: an Augmented Reality Shopping Assistant**“ [Zhu+14] das System PromoPad veröffentlicht, das als Einkaufsassistent mittels Augmented Reality-Technologien funktioniert.

2016 haben Lihao Ge, Hui Liang, Junsong Yuan und Daniel Thalmann in „**Robust 3D Hand Pose Estimation in Single Depth Images: from Single-View CNN to Multi-View CNNs**“ [Ge14] eine Methode vorgeschlagen, die den aktuellen Stand der Technik übertrifft und eine 3D-Handposenschätzung erzeugt.

Fan Zhang, Valentin Bazarevsky, Andrey Vakunov, Andrei Tkachenka, George Sung, Chuo-Ling Chang und Matthias Grundmann haben 2020 in den USA den Artikel „**MediaPipe Hands: On-device Real-time Hand Tracking**“ [Zha+20] veröffentlicht. Dabei präsentierten Sie eine Lösung für das Hand-Tracking in Echtzeit.

Im Buch „**Augmented Reality for Developers**“ [LB17] von Jonathan Linowes und Krystian Babilinski wird 2017 beschrieben wie Augmented Reality Anwendungen mit Unity, ARCore, ARKit und Vuforia entwickelt werden.

Selcen Ozturkcan hat 2020 im Journal of Information Technology Teaching Cases den Artikel „**Service innovation: Using augmented reality in the IKEA Place app**“ [Ozt20] veröffentlicht. Dabei beschreibt Sie die von dem schwedischen Unternehmen IKEA vorgestellte Augmented Reality-App vor, die es dem Nutzer ermöglicht virtuelle Möbel zu Hause zu platzieren und herauszufinden, wie das aussieht.

3.2. Einordnung der Bachelorarbeit innerhalb der verwandten Arbeiten

In den Publikationen von Ivan E. Sutherland, Paul Milgram et al. und Ronald T. Azuma wird der Anfang von der Idee der Virtuellen und Erweiterten Realität erzählt. Diese gehören zur Grundliteratur auf diesem Themengebiet.

In dem von Ralf Dörner et al. erschienenen Buch handelt es sich um Literatur, die in den letzten 8 Jahren erschienen ist. Dabei werden technische Themen sowie mathematische Grundlagen und die Mensch-Computer-Interaktion als Teil der Erweiterten Realität vorgestellt.

In den Artikeln von Mohamed Sakkari et al., Fan Zhang et al. und Lihao Ge et al. geht es um das Hand-Tracking für die Erweiterte Realität. Dabei präsentieren Sie in Ihren Ausarbeitungen eine Lösung für die Handerkennung. Wei Zhu et al. hat mit dem PromoPad ein System als Einkaufsassistent veröffentlicht, das beim Einkauf die Produktvisualisierung unterstützt.

Das Buch von Jonathan Linowes und Krystian Babilinski wurde als Grundlage für die Implementierung auf diesem Themengebiet verwendet. Dabei wurden in dieser Bachelorarbeit die Handerkennungsfunktion von Google MediaPipe und Unity als Entwicklungsplattform genutzt.

In Selcen Ozturkcan veröffentlichtem Artikel wird eine Augmented-Reality-Anwendung für die Produktvisualisierung vorgestellt. Anhand dieser Idee ist diese Ausarbeitung entstanden, um anderen Branchen diesen Vorteil zu ermöglichen.

Obwohl die Virtuelle Realität und die Erweiterte Realität in der Forschung und der Entwicklung ein fester Bestandteil geworden sind, finden sich bisher noch wenig Publikationen zum Thema Produktvisualisierung mittels Augmented Reality. Mit dieser Bachelorarbeit wird versucht, diese Lücke zu schließen, indem die technische Machbarkeit solch einer Anwendung beantwortet wird und der Prototyp Juwelieren und potenziellen Nutzern vorgestellt wird. Zudem soll diese Ausarbeitung als Grundlage für zukünftige Publikationen und Entwicklungsprojekten genutzt werden und somit einen Grundstein für die Zukunft gelegt werden.

4. Ziele und Vorgehensweise dieser Bachelorarbeit

Die Ziele dieser Arbeit sind:

- Anforderungen und Erwartungen der Juweliere mittels einer Vorumfrage evaluieren
- Auswählen von geeigneten Software- und Hardwareplattformen
- Literaturrecherche zu Verwandten Arbeiten und dem aktuellen Stand der Technik
- Implementierung einer Augmented Reality-Anwendung zur Produktvisualisierung von Schmuck und Uhren
- Durchführen einer Nutzerstudie
- Feedback von Juwelieren sammeln

Nach der Vorbereitung einer Vorumfrage, um die genauen Anforderungen und Erwartungen der Juweliere an einer Anwendung für die Produktvisualisierung mittels Augmented Reality zu erfassen, beginne ich mit der Auswahl der geeigneten Software und Hardware. Dabei muss die Frage geklärt werden, ob eine Anwendung für mobile Plattformen (Smartphone oder Tablet) oder für eine Augmented Reality-Brille (Microsoft HoloLens 2) entwickelt werden soll. Zudem muss durch Recherche die geeignete Software ermittelt werden. Dabei wird eine Software für die Entwicklungsumgebung und eine für das Hand-Tracking benötigt. Wenn die Auswahl getroffen ist, wird ein Prototyp einer Anwendung implementiert, mit der ein 3D-Modell eines Ringes am Finger virtuell platziert wird. Daraufhin wird eine Nachumfrage mit Juwelieren durchgeführt, um ihren ersten Eindruck zu ermitteln und ihre Meinung zu evaluieren. Zudem wird eine Nutzerstudie mit potenziellen Anwendern durchgeführt und ihren ersten Eindruck erfasst. Letztendlich wird die Frage der technischen Machbarkeit einer solchen Anwendung beantwortet und untersucht, wie sie bei Juwelieren und Anwendern ankommt.

5. Vorumfrage

Um die genauen Anforderungen und Erwartungen der Juweliere an einer Anwendung für die Produktvisualisierung mittels von Augmented Reality zu erfassen, wird eine Vorumfrage durchgeführt. Für die Vorbereitung werden folgende Rahmenbedingungen festgelegt: Die Anzahl der Probanden soll mindestens 10 betragen. Die Umfrage wird vor Ort in den Geschäften durchgeführt. Die Juweliere erhalten eine Einwilligungserklärung gemäß Datenschutz für eine Umfrage. Da keine personenbezogenen Daten (z.B. Name, Alter oder Telefonnummer) abgefragt werden und keine Details enthalten sind, die Rückschlüsse auf die befragte Person ziehen lassen, ist die folgende Umfrage anonym und die DSGVO greift nicht.

Im Rahmen der Umfrage werden Juweliere an den Standorten Göppingen, Stuttgart, Hamburg, Braunschweig und Pohlheim befragt. Somit erhalten wir die Anforderungen und Erwartungen von unterschiedlichen Selbstständigen aus den Bundesländern Baden-Württemberg, Hamburg, Niedersachsen und Hessen.

Im Zeitraum von 3 Wochen werden folgende Fragen beantwortet:

1. Standort
2. Besitzen Sie einen Onlineshop? Wenn Ja, seit wann haben Sie einen Onlineshop?
3. Würden Sie sagen, dass aufgrund von Corona Anwendern mehr Bereitschaft für das Online Einkaufen zeigen?
4. Ist Ihnen der Begriff Augmented Reality bekannt?
5. Haben Sie schon eine Augmented Reality – Anwendung für Produktvisualisierung ausprobiert? Wenn Ja, welche?
6. Haben Sie sich Gedanken darüber gemacht, inwiefern Augmented Reality das Shopperlebnis für den Anwendern attraktiver machen könnte? Wenn Ja, wie?
7. Würden Sie eine Anwendung in Ihrem Onlineshop begrüßen, die Ihren Anwendern das Anprobieren von Schmuck und Uhren virtuell ermöglicht?
8. Wie würden Sie sich solch eine Anwendung vorstellen?
9. Würden Sie eine Version für das Handy oder für eine AR-Brille verwenden?
10. Verfügen Sie über 3D-Modelle zu Ihren Produkten?
11. Welche Funktionen / Features sehen Sie als notwendig an?
12. Haben Sie noch weitere Ideen, Wünsche oder Anregungen?

5. Vorumfrage

Mehr als die Hälfte der Juweliere sind aufgrund der Corona-Pandemie, dem davor geltenden monatelangen Lockdown und dem unzureichenden Technischen Wissen zu Augmented Reality nicht bereit, an der Umfrage teilzunehmen. Bei den zehn teilnehmenden Juwelieren verfügen nur vier über einen Onlineshop und sind mit dem Begriff Augmented Reality oder Erweiterte Realität vertraut. Neun von zehn begrüßen eine Anwendung für die Produktvisualisierung mittels von Augmented Reality in ihrem Onlineshop und sind der Meinung, dass aufgrund von Corona Kunden mehr Bereitschaft für das Online Einkaufen zeigen. Nur zwei Juweliere haben bisher eine Augmented Reality-Anwendung ausprobiert und drei haben sich Gedanken darüber gemacht, inwiefern durch solch eine Anwendung das Einkaufserlebnis verbessert wird. Von den zehn Befragten würden acht die Anwendung für das Handy verwenden und drei für eine AR-Brille. Ein einziger Juwelier verfügt über 3D-Modelle zu seinen Produkten.

Bei der Umfrage werden folgende Funktionen und Features von den Juwelieren vorgeschlagen:

- Die Möglichkeit, viele Produkte zeigen zu können obwohl die Ware vor Ort nicht vorhanden ist.
- Mit einer Brille einen Trauring anprobieren zu können.
- Verschiedene Größen (Länge und Breite) und Farben auszuwählen.
- Eine Funktion, um die Ringgröße zu ermitteln.
- Das Produkt von allen Seiten betrachten zu können, verschiedene Perspektiven.
- Gute 3D-Modelle.
- Eine einfache Bedienung, eventuell eine Live-Beratung per Chat.
- Daten speichern, um Neuheiten empfehlen zu können.

Durch Teilnahme von verschiedenen Juwelieren aus unterschiedlichen Regionen in Deutschland zu den Anforderungen und Erwartungen für eine Anwendung zur Produktvisualisierung mittels von Augmented Reality zeigt sich, dass den meisten Juwelieren der Begriff AR (Augmented Reality oder Erweiterte Realität) nicht bekannt ist und sie sich keine Gedanken darüber gemacht haben. Da es den meisten Befragten an technischem Hintergrundwissen fehlt, wurden kaum Funktionen oder Features aus technischer Sicht vorgeschlagen. Zudem verfügen die meisten nicht über 3D-Modelle zu ihren Produkten. Jedoch sind fast alle offen und interessiert für einen neuen Bereich zur Produktvisualisierung und einer möglichen technischen Weiterentwicklung.

6. Implementierung

In diesem Kapitel werden die ausgewählte Software und Hardware vorgestellt und erklärt, warum sie ausgewählt wurden. In Unterkapitel 6.2 wird beschrieben, welche Software installiert wird um eine Anwendung für die Produktvisualisierung von Schmuck und Uhren mittels Augmented Reality zu erstellen. Daraufhin wird die Implementierung beschrieben und die fertige Anwendung vorgestellt.

6.1. Auswahl Software und Hardware

Bei der Auswahl der Hardware gibt es 2 Optionen:

- Microsoft HoloLens
- Smartphone

Während der Evaluierung der Vorumfrage mit den Juwelieren hat sich herausgestellt, dass acht von zehn Juwelieren eine Anwendung für das Smartphone bevorzugen würden. Zudem ist es aufgrund der geltenden Corona-Regeln schwieriger, für die Microsoft HoloLens zu programmieren, da die Bereitstellung der Hardware aufwändiger ist. Das Testen der Anwendung während der Nachumfrage für die Juweliere und der Nutzerstudie für potenzielle Anwender hat gezeigt, dass es mittels Smartphone einfacher ist.

Bei der Auswahl der Software wurde Unity als Entwicklungsumgebung festgelegt. Das Produkt des US-amerikanischen Unternehmens Unity Technologies ist eine führende Software für die Entwicklung von Spielen und 3D-Anwendungen für Computer, mobile Geräte und Spielekonsolen. Für die Hand-Erkennung wird die Open Source-Anwendung Google MediaPipe verwendet, die auf GitHub verfügbar ist. MediaPipe ermöglicht die Überlagerung der erweiterten Realität mit digitalen Informationen. [Meda]

In Unity kann der Entwickler Szenen erstellen und jede Szene verfügt über eine Kamera und Licht. Diese können mit Objekten (GameObject) erweitert werden. Ein GameObject hat seine eigenen Attribute und Komponenten, zum Beispiel Transformationseigenschaften wie Position, Rotation und Skalierung. Zudem besteht die Möglichkeit, ein Skript zu einem GameObject hinzuzufügen und das GameObject mit einem Tag zu kennzeichnen. Anhand dem Tag kann es dann im Skript gefunden und bearbeitet werden. Dieses Skript wird in C# geschrieben und besteht aus einer Start-Methode sowie eine Update-Methode. In der Start-Methode wird die Funktionalität des Skripts beim Starten der Szene beschrieben. In der Update-Methode wird das Verhalten des Skripts während der Ausführung der Szene beschrieben und pro Frame aktualisiert.

Die Installation der Software wird im nächsten Abschnitt beschrieben.

6.2. Installation

Um die Anwendung zu erstellen, wurde Unity ausgewählt. Wir verwenden hier die Version 2020.3.18f1, die auf der Unity Homepage heruntergeladen werden kann: <https://unity3d.com/de/get-unity/download>

Zusätzlich muss Docker Desktop für Windows heruntergeladen und installiert werden: <https://docs.docker.com/desktop/windows/install/>

In der offiziellen Dokumentation [Medb] von MediaPipe werden die Installationsanleitungen für Ubuntu, macOS, Windows, Windows Subsystem for Linux und mithilfe von Docker beschrieben.

Hier wird eine spezielle Unity Portierung mit einem Beispielprojekt verwendet, die als Open Source Anwendung auf GitHub verfügbar ist: <https://github.com/homuler/MediaPipeUnityPlugin#docker-for-windows>

Im Schritt Installieren für Windows steht folgender Hinweis [Medb]; „Hinweis: Die Erstellung von MediaPipe-Android-Anwendungen ist unter Windows noch nicht möglich. Bitte tun Sie dies stattdessen in WSL und lesen Sie die WSL-Einrichtungsanleitung im nächsten Abschnitt.“ Für diese Anwendung und der Entwicklung einer Anwendung mit Windows wurden die Installationsschritte mithilfe von Docker ausgeführt. Jeder Schritt wird in der Dokumentation ausführlich beschrieben und aktualisiert.

Der Nutzer hat die Möglichkeit, eine Anwendung für Desktop zu erstellen. Dafür wird ein Windows-Container benötigt, es muss ein Docker-Image erstellt und ausgeführt werden und der Build-Befehl innerhalb des Containers ausgeführt werden. Um eine Anwendung für Android zu entwickeln, wird ein Linux-Container anstatt einem Windows-Container benötigt. Die restlichen Schritte sind identisch mit der Installationsanleitung für Desktop-Anwendungen.

6.3. Implementierung

Die Liste der möglichen Funktionen von MediaPipe [Meda] ist lang [Abbildung 2.3]:

- Gesichtserkennung
- Handerkennung
- Posenerkennung
- Objekterkennung
- Haar Segmentierung
- Iriserkennung
- uvm.

Um eine Anwendung für die Produktvisualisierung von Ringen am Finger zu implementieren, muss die Hand-Erkennungsfunktion von MediaPipe verstanden werden. Im weiteren Verlauf konzentriere ich mich darauf.

MediaPipe Hands bietet mittels maschinellem Lernen die Möglichkeit, 21 fixe Punkte an der Hand zu platzieren [Abbildung 6.1], die in der Dokumentation als *Landmarks* bezeichnet werden. Hier werden zwei Modelle verwendet. Das *Palm Detection Model* erkennt die Handfläche und das *Hand Landmark Model* legt die 21 Punkte an der Hand fest.

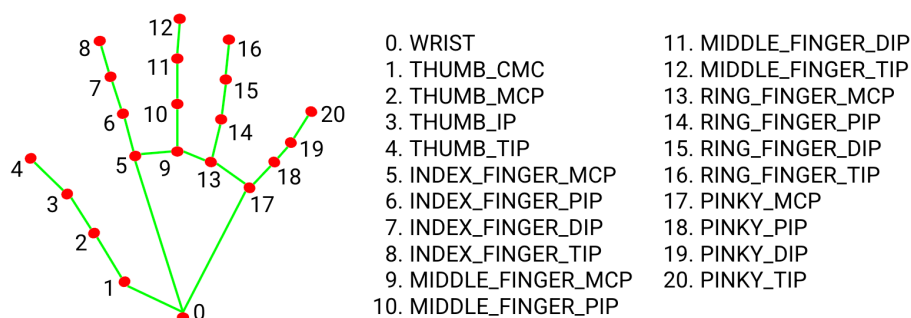


Abbildung 6.1.: 21 Punkte am Finger, Bildquelle: <https://google.github.io/mediapipe/solutions/hands.html>

Die hier verwendete Unity Portierung von homuler zeichnet die oben beschriebenen Landmark-Punkte anhand folgendem Skript: *MultiHandLandmarkListAnnotationController.cs*. Hier wird zur weiteren Entwicklung der Anwendung angesetzt. Das Skript befindet sich in folgendem Pfad:

Assets/Mediapipe/Samples/Scripts/MultiHandLandmarkListAnnotationController.cs

Um die Anwendung zu erstellen, wird in diesem Skript die Draw-Methode zum Zeichnen der Punkte und die Update-Methode bearbeitet. Um das 3D Modell, in diesem Fall ein Ring, im Skript zu bearbeiten, wird das GameObject durch ein Tag gefunden:

```
if(respawns == null){
    respawns = GameObject.FindWithTag("Example");
}
```

6. Implementierung

Mittels der Positionen der Landmarks kann die Position für unser 3D-Modell berechnet werden und die Skalierung festgelegt werden. Wir verwenden hierfür den Ringfinger. Im folgenden Code wird gezeigt, dass mit der Funktion *GetPositionFromNormalizedPoint* die Position eines der 21 gezeichneten Punkte ermittelt wird. Hier wird die Position der Punkte 13 und 14 deklariert und die Variable *midPoint* berechnet den Mittelpunkt der beiden Punkte. Mit der Funktion *respawns.transform.position* wird die Position der mit dem Tag ermittelten GameObjets an der Stelle *midPoint* festgelegt.

```
var src = GetPositionFromNormalizedPoint(screenTransform, landmarkLists[i].Landmark[14].X,
landmarkLists[i].Landmark[14].Y, isFlipped);

var dst = GetPositionFromNormalizedPoint(screenTransform, landmarkLists[i].Landmark[13].X,
landmarkLists[i].Landmark[13].Y, isFlipped);

var midPoint = (src+dst)/2;

respawns.transform.position = midPoint;
```

Um die Ausrichtung des Ringes festzulegen, werden drei Vektoren verwendet.

- Vektor 1: Die Entfernung zwischen zwei Punkten an einem Finger, in diesem Fall die Landmarks 13 und 14
- Vektor 2: Die Entfernung zwischen zwei Punkten an zwei nebeneinanderliegenden Fingern, in diesem Fall die Landmarks 9 und 13
- Vektor 3: Der Normalvektor, der aus der Ebene der beiden vorherigen Vektoren gebildet wird

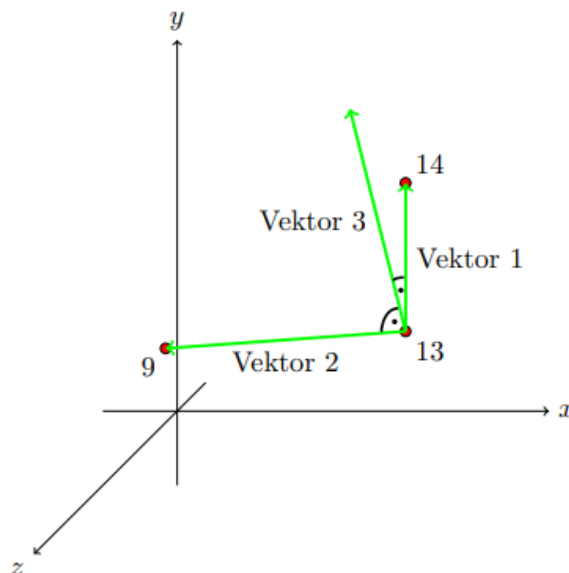


Abbildung 6.2.: Skizze zu den Vektoren

Im Skript sieht das folgendermaßen aus:

```
aPosition = new Vector3(landmarkLists[i].Landmark[13].X, landmarkLists[i].Landmark[13].Y, (
landmarkLists[i].Landmark[13].Z)*-1.0f);

bPosition = new Vector3(landmarkLists[i].Landmark[14].X, landmarkLists[i].Landmark[14].Y, (
landmarkLists[i].Landmark[14].Z)*-1.0f);

cPosition = new Vector3(landmarkLists[i].Landmark[9].X, landmarkLists[i].Landmark[9].Y, (
landmarkLists[i].Landmark[9].Z)*-1.0f);

Vector3 direction = aPosition - bPosition;
Vector3 direction2 = cPosition - aPosition;
Vector3.Normalize(direction);
Vector3.Normalize(direction2);
Vector3 normale = Vector3.Cross(direction2, direction);
```

Die Variablen *aPosition*, *bPosition*, *cPosition* stellen die Positionen der drei verwendeten Landmarks dar. Hier werden nicht die normalisierten Positionen verwendet. Mit den Variablen *direction* und *direction2* werden die in Abbildung 6.2 dargestellten *Vector1* und *Vector2* berechnet und normalisiert. Mit der Funktion *Vector3.Cross* wird der Kreuzprodukt der zwei normalisierten Vektoren berechnet. Das ist der *Vector3* aus der Abbildung 6.2.

Mit der *Vector3.Distance* Funktion wird die Entfernung zwischen den Positionen der Landmark-Punkte deklariert und die mittlere Entfernung berechnet. Anhand *midDistance* und dem Skalierungswert *scale* wird die Skalierung des Ringes festgelegt.

```
float distance = Vector3.Distance(aPosition,bPosition);
float distance2 = Vector3.Distance(aPosition,cPosition);
float midDistance = (distance + distance2)/2;

var scale = respawns.transform.localScale*10;
respawns.transform.localScale = new Vector3(midDistance*scale.x,midDistance*scale.y,
midDistance*scale.z);
```

Während der Update-Methode soll die Funktion *Quaternion.LookRotation* ausgeführt werden:

```
respawns.transform.rotation = Quaternion.LookRotation(direction2,normale);
```

Die Funktion erstellt eine Rotation mit zwei vorgegebenen Richtungen (*direction2,normale*). Die X-Achse richtet sich an dem Kreuzprodukt *Vector3* aus, die Y-Achse und die Z-Achse an den anderen beiden Vektoren *Vector2* und *Vector3*.

Somit wird eine Anwendung erstellt, die es ermöglicht, einen Ring als 3D-Modell am Ringfinger zu platzieren, in die richtige Richtung auszurichten und mit dem Finger mitbewegen zu lassen. Zudem gibt es noch eine große Menge an Möglichkeiten, um die Anwendung zu modifizieren.

6.4. Anwendung

Hier stelle ich einen Prototyp einer Anwendung vor. Beim Öffnen der App wird der Nutzer mit dem Hauptbildschirm der Anwendung begrüßt. Dabei ist auf der linken Seite ein RGB-Feld für die Modifikation der Farbauswahl sichtbar. Auf der rechten Seite ist ein Regler, mit dem sich die Breite des 3D-Modells modifizieren lässt. In der Mitte sieht der Nutzer die Sicht der Kamera und einen goldenen Ring. Zudem ist rechts oben ein Auswahlfeld, mit dem zwischen Vorderkamera und Hinterkamera gewechselt werden kann. In Abbildung 6.3 ist ein Screenshot der Anwendung, nachdem die App gestartet wurde.

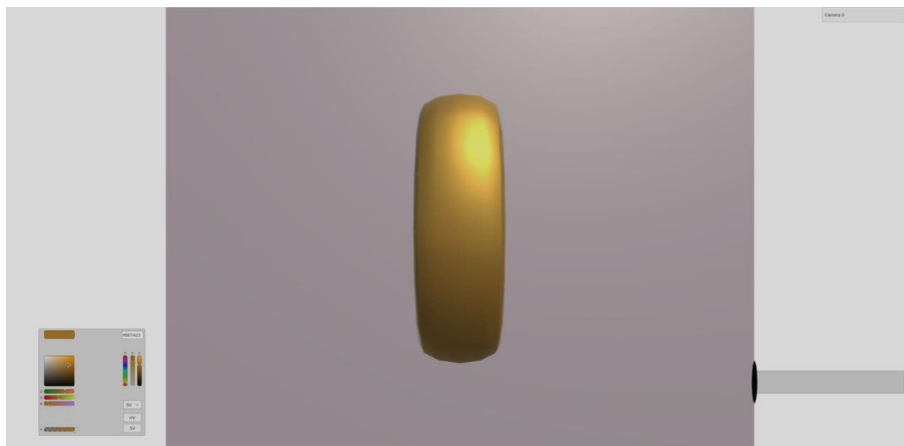


Abbildung 6.3.: Screenshot vom Start der Anwendung

Wenn der Nutzer seinen Finger vor die Kamera hält, müssen alle Finger sichtbar sein, damit MediaPipe die 21 Landmark Punkte setzen kann. Wenn Punkte fehlen, ist die Platzierung falsch. In Abbildung 6.4 und Abbildung 6.5 wird dargestellt, wie der Ring am Finger platziert wird. Nun hat der Nutzer die Möglichkeit, die Breite des Ringes zu ändern oder die Farbe umzustellen. Zudem bewegt sich und dreht sich der Ring mit dem Finger mit.



Abbildung 6.4.: Screenshot vom Ring am Finger Teil 1



Abbildung 6.5.: Screenshot vom Ring am Finger Teil 2

7. Nachumfrage

Im Vorfeld der Implementierung der Anwendung wurde eine Vorumfrage mit Juwelieren durchgeführt, um die genauen Anforderungen und Erwartungen an einem Prototyp für die Produktvisualisierung von Schmuck und Uhren mittels Augmented Reality zu erfassen. Nun wurde die Anwendung zwei ausgewählten Juwelieren, die im Vorfeld großes Interesse an dieser Bachelorarbeit gezeigt haben, im Rahmen einer Nachumfrage vorgestellt und folgende Fragen beantwortet:

1. Haben Sie an der Vorumfrage teilgenommen?
2. Ihnen wird nun ein Prototyp einer Anwendung zur Produktvisualisierung von Schmuck und Uhren mittels Augmented Reality vorgestellt. Was erwarten Sie?
3. Was ist Ihr erster Eindruck von der Anwendung?
4. Was hat Ihnen gefallen?
5. Was hat Ihnen nicht gefallen?
6. Welche Verbesserungsvorschläge haben Sie?
7. Haben Sie noch weitere Ideen, Wünsche oder Anregungen?

Beide Teilnehmer haben an der Vorumfrage teilgenommen und waren gespannter Erwartung. Beim ersten Eindruck gab es unterschiedliche Meinungen. Während der eine Juwelier die Anwendung als künstlich empfunden hat und sich ein realitätsnäheres Modell eines Ringes gewünscht hätte, war der andere Juwelier interessiert und mit dem Ergebnis zufrieden. Auf die Frage, was Ihnen gefallen hat, wurden folgende Punkte genannt:

- Neue, innovative und interessante Technik
- Die Anwendung startet sofort mit einem sichtbaren Ring
- Schnelle Umsetzung bei der Platzierung des Ringes

Bemängelt wurde, dass der Ring nicht realitätsnah ist und gewackelt hat. Der Grund für das Wackeln des Ringes ist, dass nicht die ganze Hand sichtbar gewesen ist und somit nicht alle Landmark Punkte gesetzt wurden. Dadurch wusste die Anwendung nicht, wohin genau der Ring platziert werden soll. Bei den Verbesserungsvorschlägen wurde eine Auswahlmöglichkeit für einen goldenen oder silbernen Ring, einen auswählbaren Stein für den Ring und ein besseres 3D-Modell genannt.

Als Fazit der Nachumfrage ist die Anwendung positiv bei den Juwelieren angekommen. Jedoch wird solch eine Funktion in einem Onlineshop gewünscht, da somit nicht vorhandene Ware anprobiert werden kann. Aber die Anprobe eines Ringes vor Ort ist nach Meinung der Teilnehmer weiterhin besser als die Möglichkeit, diesen Anwendungsfall virtuell anzubieten.

8. Nutzerstudie

Eine Nutzerstudie soll zeigen, wie die Anwendung bei potenziellen Anwendern ankommt. Diesbezüglich wurde der Prototyp zehn Personen vorgestellt und in einem Interview deren Eindruck festgehalten.

Dabei wurden folgende Fragen gestellt:

1. Ist Ihnen der Begriff Augmented Reality bekannt?
2. Haben Sie schon eine Augmented Reality - Anwendung für Produktvisualisierung ausprobiert? Wenn Ja, welche?
3. Ihnen wird nun ein Prototyp einer Anwendung zur Produktvisualisierung von Schmuck und Uhren mittels Augmented Reality vorgestellt. Was erwarten Sie?
4. Was ist Ihr erster Eindruck von der Anwendung?
5. Was hat Ihnen gefallen?
6. Was hat Ihnen nicht gefallen?
7. Welche Verbesserungsvorschläge haben Sie?
8. Haben Sie noch weitere Ideen, Wünsche oder Anregungen?
9. Ist die Bedienung leicht verständlich gewesen? (Note 1-6)
10. Wie sehr haben die Modifikationsmöglichkeiten zu einem besseren Shopperlebnis geführt? (Note 1-6)
11. Wie realistisch haben Sie die Möglichkeit, den Ring anzuprobieren, empfunden? (Note 1-6)

Die Testpersonen sind aus unterschiedlichen Herkunftsländer, unterscheiden sich im Geschlecht und im Alter.

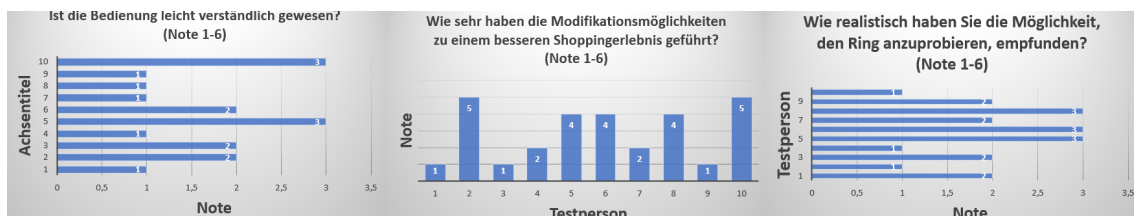


Abbildung 8.1.: Ergebnisse der Fragen 9-11

Die Ergebnisse der letzten drei Fragen (die Verteilung von Schulnoten, 1 = sehr gut und 6 = ungenügend) werden als Balkendiagramme in Abbildung 8.1 dargestellt. Auf die Frage, ob die Bedienung leicht verständlich gewesen ist, haben die Nutzer die Durchschnittsnote 1,7 vergeben, somit ist die Bedienung sehr leicht verständlich gewesen. Für die Frage, inwiefern die Modifikationsmöglichkeiten zu einem besseren Shopperlebnis geführt haben, wurde die Durchschnittsnote 2,9 verteilt. Hier sind die Meinungen zweigespalten. Als Letztes wurde auf die Frage, wie realistisch die Möglichkeit ist, einen Ring anzuprobieren, die Durchschnittsnote 2,1 vergeben. Somit wurde es als realistisch empfunden.

Bei der Nutzerstudie hat sich herausgestellt, dass 40% bisher noch nicht den Begriff *Augmented Reality* gehört haben und 80% keine Anwendung zur Produktvisualisierung mittels *Augmented Reality* probiert haben. Daraufhin wurden die Nutzer darum gebeten, ihre Eindrücke (Was hat Ihnen gefallen? Was hat Ihnen nicht gefallen? Verbesserungsvorschläge?) mitzuteilen.

Was hat Ihnen gefallen?

- Realistisch, direkt verfügbar, sitzt fest an der Stelle
- Es funktioniert: man sieht, ob einem der Ring steht
- Einstellungsmöglichkeiten (Breite und Farbe), Konfiguration
- In jeder Situation ausprobieren, gute Idee
- Dass es funktioniert, Anpassung an das 3D-Modell
- Dass man die Hand drehen kann und die App das erkennt
- Realistische Darstellung, sieht aus als ob man einen Ring am Finger trägt, Größen und Farbe änderbar
- Erwartungen wurden erfüllt

Zusammengefasst hat den Testpersonen gefallen, dass die Umsetzung möglich ist, die Anwendung von überall genutzt werden kann und die Modifikationsmöglichkeiten für Farbe und Breite leicht anwendbar sind.

Was hat Ihnen nicht gefallen?

- Man kann nicht sehr nah rangehen, da der Ring dann wackelt wenn nicht alle Finger ganz sichtbar sind
- Unter bestimmten Lichteinfluss funktioniert die Anwendung nicht richtig
- Beim Drehen der Hand funktioniert es nicht richtig
- Trotz Sichtbarkeit aller Finger hat es manchmal nicht die Größe an den Finger angepasst
- Wackelig
- Modifikationsmöglichkeiten nicht leicht zu bedienen

Bei dem Eindruck, was den Nutzern nicht gefallen hat, wurde öfter genannt dass die Anwendung nicht ganz funktioniert, weil der Ring wackelt. Zudem sind die Modifikationsmöglichkeiten nicht leicht zu bedienen und bei bestimmten Lichtverhältnissen funktioniert die Anwendung nicht.

Zum Abschluss wurden die zehn Testpersonen befragt, welche Verbesserungsvorschläge Sie haben. Anhand dieser Aussagen besteht ein Anhaltspunkt, mit dem weitergearbeitet werden kann und die Anwendung weiter entwickelt werden kann,

Welche Verbesserungsvorschläge haben Sie?

- Mehr Auswahlmöglichkeiten, mehr Modelle (Artikelliste am Rand mit Unterkategorien)
- Unabhängig von der Anzahl der Finger machen
- Anderen Finger auswählen
- Möglichkeit, ein Foto zu machen
- Größeres Farbfeld
- Ringe an beiden Händen anprobieren
- Blitzlicht im Dunkeln

Durch die Nutzerstudie konnte die Anwendung verschiedenen Testpersonen vorgestellt und ihre Eindrücke gesammelt werden. Dabei konnte ermittelt werden, dass die Anwendung für Interesse und Neugier gesorgt hat und bei potenziellen Anwendern gut angekommen ist. Da es sich hier um einen Prototyp und keiner fertigen App handelt, besteht die Möglichkeit zur Weiterentwicklung der Anwendung. Zudem wurden viele interessante Verbesserungsvorschläge gesammelt, mit denen die Anwendung weiterentwickelt werden kann.

9. Fazit

Während die Virtuelle Realität für Spiel und Unterhaltung verwendet wird und in diesem Bereich weiter geforscht und entwickelt wird, gibt es für Augmented Reality viele Themengebiete. Dazu gehören zum Beispiel die Logistik und die Produktion. Ein weiteres junges Einsatzgebiet für AR ist die Produktvisualisierung. Unternehmen aus der Möbel-Branche bieten den Kunden die Möglichkeit an, virtuelle Möbel mittels Augmented Reality zu Hause im Raum zu platzieren. Desweiteren haben Kunden anderer Branchen die Möglichkeit, Kleidung oder eine Brille virtuell anzuprobieren. Mit dieser Arbeit können die Einsatzmöglichkeiten der Produktvisualisierung nun auch auf weitere Branchen erweitert werden.

Im Rahmen dieser Bachelorarbeit sollte die Frage der technischen Machbarkeit einer Anwendung für die Produktvisualisierung von Schmuck und Uhren mittels Augmented Reality evaluiert werden und anhand von Umfragen sowie Nutzertests herausgefunden werden, inwiefern solch eine Anwendung bei Juwelieren aus Sicht des Verkäufers und bei potenziellen Anwendern ankommt. Durch die Definitionen und die verwandten Arbeiten wurden die Grundlagen zum besseren Verständnis dieser Ausarbeitung und zur Entwicklung einer Anwendung geschaffen. Die Anforderungen und Erwartungen der Juweliere wurden mittels einer Vorumfrage evaluiert. Zur Entwicklung eines Prototyps wurde Unity als Entwicklungsumgebung und Google MediaPipe für das Hand-Tracking verwendet. Im Kapitel Implementierung wurde beschrieben, wie solch eine Anwendung entwickelt werden kann. Durch die Fertigstellung eines Prototyps, mit dem ein virtueller Ring am Finger platziert wird, wurde die technische Machbarkeit bewiesen. Daraufhin wurde die Anwendung Juwelieren und potenziellen Anwendern vorgestellt und deren Eindrücke, was Ihnen gefallen hat, was Ihnen nicht gefallen hat und welche Verbesserungsvorschläge sie haben festgehalten.

Das Feedback hat gezeigt, dass auf beiden Seiten (Verkäufer und Anwender) großes Interesse für die Produktvisualisierung vorhanden ist und sie solch eine Anwendung bei ihrer nächsten Shopping-Tour begrüßen würden. Die Chance, in jeder Situation und an jedem beliebigen Ort einen Ring anzuprobieren, der modifizierbar ist, hat auf Zustimmung getroffen. Jedoch fehlt es noch vielen Juwelieren an technischem Hintergrundwissen und somit auch an der Bereitschaft, an Umfragen diesbezüglich teilzunehmen. Viele besitzen keine Onlineshops oder verfügen nicht über 3D-Modelle zu Ihrem Inventar.

Anhand den gesammelten Verbesserungsvorschlägen und dieser Ausarbeitung wurde ein Grundstein für die Produktvisualisierung von Schmuck und Uhren mittels Augmented Reality gelegt. Hiermit können sich Interessierte über die Virtuelle Realität und Erweiterte Realität informieren und selbst eine Anwendung weiterentwickeln und verbessern. Zudem kann mit der gleichen Technik auch anderen Schmuck dargestellt werden.

In den nächsten Jahren werden voraussichtlich viele Unternehmen Augmented Reality-Anwendungen für die Produktvisualisierung nutzen und somit ihren Kunden das Einkaufen von zu Hause erleichtern, indem die Anreise zum Shop wegfällt. Aufgrund der Corona-Pandemie und dem darauf folgenden Lockdown haben viele Juweliere mit der Existenz kämpfen müssen, da der Besuch des Kunden

weggefallen ist. Mittels solcher Anwendungen und einem Onlineshop kann diesem Problem entgegengewirkt werden. Des Weiteren werden die technischen Möglichkeiten voranschreiten und in den Bereichen der Virtuellen Realität und Erweiterten Realität wird weitergeforscht. Es werden neue Hardware und neue Software zur Verfügung stehen.

Schlussendlich greife ich nochmal auf das Zitat von Morpheus aus dem Film Matrix (1999) zu: „Was ist real? Wie definieren Sie real? Wenn Sie über das sprechen, was Sie fühlen, riechen, schmecken und sehen können, dann sind real einfach elektrische Signale die von Ihrem Gehirn interpretiert werden.“ Passend dazu, dass es unterschiedliche Ansätze zur Beschreibung der Virtuellen Realität oder Erweiterten Realität gibt, ist ein Zitat der deutschen Schriftstellerin Hilde Domin: „Jeder meint, dass seine Wirklichkeit die richtige Wirklichkeit ist“. Somit liegt es nun an uns, was damals mit der Idee für eine Virtuelle Realität begonnen hat, für unsere Wirklichkeit und für unseren Fortschritt zu nutzen.

Literaturverzeichnis

- [Azu97] R. T. Azuma. „A Survey of Augmented Reality“. In: *Presence: Teleoperators and Virtual Environments* (1997) (zitiert auf S. 10, 13).
- [Bry93] S. Bryson. „Symposium Considers Applications of Virtual Reality“. In: *IEEE Symposium on Research Frontiers in Virtual Reality* (1993) (zitiert auf S. 9).
- [Dam] S. of Damocles. URL: <https://nextbillionseconds.com/2018/11/30/1968-when-the-world-began-part-two-sword-of-damocles/> (zitiert auf S. 7).
- [Dör+13] R. Dörner et al. *Virtual und Augmented Reality*. 2013 (zitiert auf S. 13).
- [Dud] Duden. URL: https://www.duden.de/rechtschreibung/Virtual_Reality (zitiert auf S. 9).
- [LB17] J. Linowes, K. Babilinski. *Augmented Reality for Developers*. 2017 (zitiert auf S. 14).
- [Meda] MediaPipe. URL: <https://mediapipe.dev/> (zitiert auf S. 11, 21, 23).
- [Medb] MediaPipeDoku. URL: <https://google.github.io/mediapipe/> (zitiert auf S. 22).
- [Mil+94] P. Milgram et al. „Augmented Reality: A class of displays on the reality-virtuality continuum“. In: *Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering* (1994) (zitiert auf S. 9, 10, 13).
- [Ozt20] S. Ozturkcan. „Service innovation: Using augmented reality in the IKEA Place app“. In: (2020) (zitiert auf S. 14).
- [Pok] PokemonGO. URL: <https://pokemongolive.com/de/> (zitiert auf S. 7).
- [Sak+11] M. Sakkari et al. „Using Hand as Support to Insert Virtual Object in Augmented Reality Applications“. In: *Journal of Data Processing* (2011) (zitiert auf S. 13).
- [Sen] Sensorama. URL: <https://www.netzpiloten.de/sensorama-virtual-reality-in-1962/> (zitiert auf S. 7).
- [Sut65] I. E. Sutherland. „The Ultimate Display“. In: *Proceedings of IFIP Congress* (1965) (zitiert auf S. 7, 13).
- [TTW19] B. Tunc, J. Tunc, L. Walcher. „Evaluation von Augmented Reality Toolkits“. In: (2019) (zitiert auf S. 13).
- [Uni] Unity. URL: <https://unity.com/de> (zitiert auf S. 10).
- [Wik] Wikipedia. URL: [https://de.wikipedia.org/wiki/Matrix_\(Film\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Matrix_(Film)) (zitiert auf S. 7, 9).
- [Zha+20] F. Zhang et al. *MediaPipe Hands: On-device Real-time Hand Tracking*. 2020 (zitiert auf S. 14).
- [Zhu+14] W. Zhu et al. „Personalized In-store E-Commerce with the PromoPad: an Augmented Reality Shopping Assistant“. In: (2014) (zitiert auf S. 14).

Alle URLs wurden zuletzt am 25. 11. 2021 geprüft.

A. Anhang

In diesem Kapitel sind folgende Dateien zu finden:

- Die Vorumfrage für die Juweliere zum Thema Produktvisualisierung von Schmuck und Uhren mittels Augmented Reality, die im Mai 2021 durchgeführt wurde.
- Das Interview für den EndAnwendern zum Thema Produktvisualisierung von Schmuck und Uhren mittels Augmented Reality, das im November 2021 durchgeführt wurde.
- Die Nachumfrage für die Juweliere zum Thema Produktvisualisierung von Schmuck und Uhren mittels Augmented Reality, die im November 2021 durchgeführt wurde.



Umfrage: Produktvisualisierung von Schmuck und Uhren mittels Augmented Reality

Josef Tunc
Karl-Kübler-Straße 62
73033 Göppingen
Email: josef.arsan@gmail.com
Tel.: +491605606734

Einwilligungserklärung gemäß Datenschutz für eine Umfrage zum Thema „Produktvisualisierung von Schmuck und Uhren mittels Augmented Reality“

Auf den folgenden Seiten möchte ich Ihnen im Rahmen meiner Bachelorarbeit an der Universität Stuttgart einige Fragen stellen zum Thema “Produktvisualisierung von Schmuck und Uhren mittels Augmented Reality”.

In dieser Umfrage werden keine personenbezogenen Daten (z.B. Name, Alter oder Telefonnummer) abgefragt. Da hier keine Details enthalten sind, die Rückschlüsse auf die befragte Person ziehen lassen, ist die folgende Umfrage anonym und die DSGVO greift nicht.

Für Fragen oder Anregungen stehe ich Ihnen gerne zur Verfügung.

Ich bin einverstanden und möchte an der Umfrage teilnehmen.

Standort		Datum	
----------	--	-------	--

-
1. Besitzen Sie einen Onlineshop? Wenn Ja, seit wann haben Sie einen Onlineshop?

 2. Würden Sie sagen, dass aufgrund von Corona Kunden mehr Bereitschaft für das Online Einkaufen zeigen?

 3. Ist Ihnen der Begriff Augmented Reality bekannt?

 4. Haben Sie schon eine Augmented Reality – Anwendung für Produktvisualisierung ausprobiert? Wenn Ja, welche?

 5. Haben Sie sich Gedanken darüber gemacht, inwiefern Augmented Reality das Shoppingerlebnis für den Kunden attraktiver machen könnte? Wenn Ja, wie?

 6. Würden Sie eine Anwendung in Ihrem Onlineshop begrüßen, die Ihren Kunden das Anprobieren von Schmuck und Uhren virtuell ermöglicht?

 7. Wie würden Sie sich solch eine Anwendung vorstellen?

 8. Würden Sie eine Version für das Handy oder für eine AR-Brille verwenden?

 9. Verfügen Sie über 3D-Modelle zu Ihren Produkten?

 10. Welche Funktionen / Features sehen Sie als notwendig an?

 11. Haben Sie noch weitere Ideen, Wünsche oder Anregungen?

Vielen Dank für Ihre Teilnahme!



Interview: Produktvisualisierung von Schmuck und Uhren mittels Augmented Reality

Josef Tunc
Karl-Kübler-Straße 62
73033 Göppingen
Email: josef.arsan@gmail.com
Tel.: +491605606734

Einwilligungserklärung gemäß Datenschutz für ein Interview zum Thema „Produktvisualisierung von Schmuck und Uhren mittels Augmented Reality“

Herzlich Willkommen und vielen Dank für Ihre Teilnahme an diesem Interview zum Thema Produktvisualisierung von Schmuck und Uhren mittels Augmented Reality. Dieses Interview wird im Rahmen meiner Bachelorarbeit an der Universität Stuttgart durchgeführt. Ihnen wird ein Prototyp einer Anwendung für die Produktvisualisierung von Schmuck und Uhren mittels Augmented Reality vorgestellt.

In diesem Interview werden keine personenbezogenen Daten (z.B. Name, Alter oder Telefonnummer) abgefragt. Da hier keine Details enthalten sind, die Rückschlüsse auf die befragte Person ziehen lassen, ist das folgende Interview anonym und die DSGVO greift nicht.

Für Fragen oder Anregungen stehe ich Ihnen gerne zur Verfügung.

-
1. Ist Ihnen der Begriff Augmented Reality bekannt?
-
2. Haben Sie schon eine Augmented Reality – Anwendung für Produktvisualisierung ausprobiert? Wenn Ja, welche?
-
3. Ihnen wird nun ein Prototyp einer Anwendung zur Produktvisualisierung von Schmuck und Uhren mittels Augmented Reality vorgestellt. Was erwarten Sie?
-
4. Was ist Ihr erster Eindruck von der Anwendung?
-
5. Was hat Ihnen gefallen?
-
6. Was hat Ihnen nicht gefallen?
-
7. Welche Verbesserungsvorschläge haben Sie?
-
8. Haben Sie noch weitere Ideen, Wünsche oder Anregungen?
-
9. Ist die Bedienung leicht verständlich gewesen? (Note 1-6)
-
10. Wie sehr haben die Modifikationsmöglichkeiten zu einem besseren Shopperlebnis geführt? (Note 1-6)
-
11. Wie realistisch haben Sie die Möglichkeit, den Ring anzuprobieren, empfunden? (Note 1-6)

Vielen Dank für Ihre Teilnahme!



Nachumfrage: Produktvisualisierung von Schmuck und Uhren mittels Augmented Reality

Josef Tunc
Karl-Kübler-Straße 62
73033 Göppingen
Email: josef.arsan@gmail.com
Tel.: +491605606734

Einwilligungserklärung gemäß Datenschutz für eine Umfrage zum Thema „Produktvisualisierung von Schmuck und Uhren mittels Augmented Reality“

Auf den folgenden Seiten möchte ich Ihnen im Rahmen meiner Bachelorarbeit an der Universität Stuttgart einen Prototyp einer Anwendung für Produktvisualisierung von Schmuck und Uhren mittels Augmented Reality vorstellen.

In dieser Umfrage werden keine personenbezogenen Daten (z.B. Name, Alter oder Telefonnummer) abgefragt. Da hier keine Details enthalten sind, die Rückschlüsse auf die befragte Person ziehen lassen, ist die folgende Umfrage anonym und die DSGVO greift nicht.

Für Fragen oder Anregungen stehe ich Ihnen gerne zur Verfügung.

1. Haben Sie an der Vorumfrage teilgenommen?

2. Ihnen wird nun ein Prototyp einer Anwendung zur Produktvisualisierung von Schmuck und Uhren mittels Augmented Reality vorgestellt. Was erwarten Sie?

3. Was ist Ihr erster Eindruck von der Anwendung?

4. Was hat Ihnen gefallen?

5. Was hat Ihnen nicht gefallen?

6. Welche Verbesserungsvorschläge haben Sie?

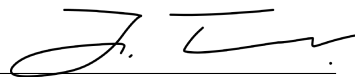
7. Haben Sie noch weitere Ideen, Wünsche oder Anregungen?

Vielen Dank für Ihre Teilnahme!

Erklärung

Ich versichere, diese Arbeit selbstständig verfasst zu haben. Ich habe keine anderen als die angegebenen Quellen benutzt und alle wörtlich oder sinngemäß aus anderen Werken übernommene Aussagen als solche gekennzeichnet. Weder diese Arbeit noch wesentliche Teile daraus waren bisher Gegenstand eines anderen Prüfungsverfahrens. Ich habe diese Arbeit bisher weder teilweise noch vollständig veröffentlicht. Das elektronische Exemplar stimmt mit allen eingereichten Exemplaren überein.

Göppingen, 25.11.2021

A handwritten signature in black ink, consisting of a stylized first letter 'J' followed by a series of loops and a horizontal stroke.

Ort, Datum, Unterschrift