

Technische Hochschule Ostwestfalen-Lippe  
Fachbereich Medienproduktion

Bachelorarbeit zum Thema:

**Augmented Reality und der didaktische  
Nutzen dieser Technologie am Beispiel einer  
Exponaten Digitalisierung**

Zur Erlangung des Grades Bachelor of Arts

Vorgelegt von:

Colin Östermann

Studiengang: BA Medienproduktion

Erstprüfer: Jan Pieniak

Zweitprüfer: Prof. Guido Falkemeier

Lizenz: CC BY (4.0)

Bad Salzuflen, den 05.09.22

# Inhaltsverzeichnis

|  |            |
|--|------------|
| <i>Abbildungsverzeichnis</i> .....   | <i>II</i>  |
| <i>Abkürzungsverzeichnis</i> .....   | <i>III</i> |
| <b>1. Einleitung</b> .....   | <b>1</b>   |
| 1.1 Motivation .....   | 1          |
| 1.2 Ziel.....  | 3          |
| 1.3 Struktur und Aufbau der Arbeit .....   | 4          |
| <b>2. Was ist Augmented Reality?</b> .....   | <b>6</b>   |
| 2.1 Geschichte von Augmented Reality .....   | 7          |
| 2.2 Wie funktioniert Augmented Reality .....   | 9          |
| 2.3 Arten von Augmented Reality Anwendungen .....  | 12         |
| 2.4 Anwendungsbereiche von Augmented Reality .....   | 15         |
| 2.4.1 Tourismus.....   | 15         |
| 2.4.2 Spiele.....  | 16         |
| 2.4.3 Automotive AR .....  | 17         |
| 2.4.4 Architektur .....  | 19         |
| <b>3. Einsatz von Augmented Reality im Bildungsbereich</b> .....   | <b>21</b>  |
| 3.1 Chancen.....   | 21         |
| 3.2 Probleme .....   | 24         |
| 3.3 Mögliche Einsatzszenarien / Bildungsbereiche.....  | 26         |
| 3.3.1 Berufsausbildung .....   | 26         |
| 3.3.2 Medizin .....  | 28         |
| <b>4. Praktische Erarbeitung einer Augmented Reality App zur Digitalisierung von Museumsexponaten für das Naturkundemuseum Bielefeld</b> ..... | <b>30</b>  |
| 4.1 Vorstellung und Funktion der App.....  | 31         |
| 4.2 Design der App.....  | 33         |
| 4.3 Technischer Hintergrund der App.....   | 35         |
| 4.3.1 Software, Frameworks, Programme, Coding .....  | 38         |
| 4.3.2 Scan der benutzten Assets (Museumsexponate).....   | 42         |
| 4.4 Benefits für Nutzer und Museum .....   | 44         |
| <b>5. Diskussion und Zukunftsausblick von Augmented Reality</b> .....  | <b>46</b>  |
| <b>6. Fazit</b> .....  | <b>48</b>  |
| <i>Anhänge</i> .....   | <i>IV</i>  |
| <i>Literaturverzeichnis</i> .....  | <i>VII</i> |
| <i>Eidesstattliche Erklärung</i> .....   | <i>X</i>   |

# Abbildungsverzeichnis

|  |    |
|--|----|
| Abbildung 1: Reality Virtuality Continuum (Quelle: <a href="https://en.wikipedia.org/wiki/Reality-virtuality_continuum#/media/File:Virtuality_continuum_2-en.svg">https://en.wikipedia.org/wiki/Reality-virtuality_continuum#/media/File:Virtuality_continuum_2-en.svg</a> ) ..... | 6  |
| Abbildung 2: von links nach rechts: Hauptmenü, Tischmodus, Bodenmodus ..   | 31 |
| Abbildung 3: Storyboard Ansicht in Xcode.....  | 34 |
| Abbildung 4: Reality Composer Software von Apple .....   | 38 |
| Abbildung 5: Initialisierung von Anker und 3D-Objekt.....  | 39 |
| Abbildung 6: Import der benötigten Frameworks .....  | 39 |
| Abbildung 7: Initialisierung von Marker-Tracker, Anker, 3D-Model, AR Konfiguration und Scan-Sound .....  | 39 |
| Abbildung 8: von oben nach unten: Festlegung der Tracking-Art, automatische Session Konfiguration, Start der Session .....   | 40 |
| Abbildung 9: von oben nach unten: Zuweisung des 3D-Objekts an den Anker, Anker wird der Szene hinzugefügt .....  | 40 |
| Abbildung 10: Initialisierung und Ausführung des Scan-Sounds .....   | 40 |
| Abbildung 11: Foto-Button Funktion .....   | 41 |
| Abbildung 12: Reload-Button Funktion .....   | 41 |
| Abbildung 13: Start-Button Funktion und Modus Abfrage.....   | 41 |
| Abbildung 14: Vollständiger Foto-Stack des Objektes (Quelle: Foto zur Verfügung gestellt von Marius Stümmler) .....  | 43 |
| Abbildung 15: Normal-Map des 3D-Objektes .....   | 44 |

## Abkürzungsverzeichnis

|          |                      |
|----------|----------------------|
| AR.....  | Augmented Reality    |
| HMD..... | Head Mounted Display |
| HUD..... | Head Up Display      |
| UI.....  | User Interface       |
| VR.....  | Virtual Reality      |

# 1. Einleitung

Die nachfolgende Arbeit befasst sich mit dem Thema „AR“ (AR) und dessen Einsatz im Bildungssektor. Dabei wird untersucht, was es mit dieser Technologie auf sich hat und wo diese ihre Anfänge hatte. Weiter folgend werden verschiedenste Einsatzszenarien vorgestellt, welche sowohl heute verwendet werden als auch solche, die sich als spannende Projekte für die Zukunft anbieten. Der Bildungssektor stellt sich als einer dieser Projekte heraus, in denen ein sehr großes Potenzial vorliegt, es aber aufgrund verschiedenster Probleme noch nicht dazu gekommen ist, dieses Potenzial vollends auszuschöpfen. Es wird untersucht, wie diese Probleme aussehen und welche Chancen im Bildungsbereich für die AR vorliegen.

Um die Theorie zu untermauern, erfolgt eine praktische Erarbeitung einer AR-Anwendung, welche dazu dient, Museumsexponate zu visualisieren. Beim Erstellen und Erarbeiten einer solchen Anwendungen gibt es einiges zu beachten, welches in dem zugeordneten Kapitel untersucht, diskutiert und umgesetzt wird.

## 1.1 Motivation

Im Verlauf unseres Studiums sind wir in die verschiedensten Bereiche der Medienproduktion eingestiegen. Film, Ton, Grafikdesign, Animation, Programmierung und Computergrafik: Für jeden war etwas dabei und jeder hat in 7 Semestern Studium einen der Themenbereiche entsprechend für sich entdeckt. Bei mir war es ein wenig anders. Im Studienverlauf haben mir so oft so viele Projekte Spaß gemacht und ich habe ständig neue Inhalte entdeckt, von denen ich vorher niemals gedacht hätte, dass sie mich so interessieren würden. Daher empfand ich es als besonders schwierig, mich auf ein Thema in der Bachelorarbeit zu beschränken. Hätte man mich in den ersten Semestern gefragt, hätte ich mich wahrscheinlich für Foto und Bildbearbeitung entschieden.

In den darauffolgenden Semestern habe ich mich besonders für Computergrafik interessiert, nicht zuletzt auch dadurch, dass ich mich zum einen für den „Digitale Bildwelten“-Schwerpunkt gemeldet habe, aber auch, dass das erste Medienprojekt viel mit Computergrafik zu tun hatte, zumindest in meinem Department. Dort ging es nämlich um die Planung und Konzeptionierung eines Messestands für die Landesgartenschau 2023 in Höxter, welche das Event auf der „Grünen Woche“-Messe in Berlin ausstellen wollten. Für die Planung und Visualisierung haben wir uns 3D-Renderings zu Nutzen gemacht. Nach diesem Medienprojekt habe ich einiges an Erfahrung aus dem Bereich Computergrafik mitgenommen, also entschied ich mich dafür, auch im nächsten Medienprojekt im Bereich „CGI“ zu arbeiten. Diesmal ging es um die Digitalisierung von winzigen Insekten, welche wir dann in vielfacher Vergrößerung in „Virtual Reality“ (VR) dargestellt haben. Im Verlauf des Medienprojektes haben wir uns dann sehr spontan dazu entschieden, auch mit AR zu arbeiten und die digitalisierten Insekten mit Hilfe eines Smartphones und der AR-Technologie darzustellen. Keiner aus unserem Projekt hatte irgendwelche Erfahrung mit dem Thema App-Programmierung und AR. Also habe ich mich dazu entschlossen, mich einzulesen und mich darum zu kümmern. Wir haben uns schnell dazu entschieden, die App für Apple-Geräte zu entwickeln, da die Entwicklerumgebung „XCode“ recht anfängerfreundlich ist und schon viele Frameworks für AR vorhanden sind. Der Anfang war sehr schwer und es gab viel zu lernen. Ich habe mir zahlreiche Videos angeschaut und mich durch etliche Foren geklickt. Aufgrund der Benutzerfreundlichkeit kam es allerdings schnell zu ersten Erfolgen und wir konnten schon bald unsere Insekten durch die Kamera des iPhones mithilfe von AR anschauen. Über das gesamte Medienprojekt habe ich mich immer mehr mit unserer App beschäftigt und habe ständig versucht, diese zu verbessern. Das hat mir eine Menge Spaß gemacht, sodass ich mich nach dem Projekt mit Jan Pieniak zusammengesetzt habe und wir besprochen haben, wie das Projekt weiter gehen soll. Ich habe ihm erzählt, dass ich großes Interesse daran hätte, meine Bachelorarbeit über das Thema AR zu verfassen. So bin ich nach und nach zu meinem jetzigen Thema gekommen. Ich würde mich gerne weiter mit der AR auseinandersetzen und mehr über diese Technologie

kennenlernen. Besonders der didaktische Nutzen interessiert mich dabei sehr. Deshalb resultiert für mich die Frage: Wie kann ich diese Technologie nutzen, um damit das Lernen zu unterstützen und zu verbessern?

## 1.2 Ziel

Wie bereits in meiner Motivation geschrieben, soll der Kern meiner Arbeit sein, die Technologie AR weiter zu erforschen, näher kennenzulernen und den potenziellen Nutzen dieser Technologie im Bildungssektor zu diskutieren. Zum einen möchte ich schauen, wie der aktuelle Stand dieser Technologie ist, zum anderen möchte ich einen Ausblick in die Zukunft geben und herausfinden, inwiefern AR das Lernen unterstützen und verbessern kann. AR ist eine Technologie, welche erstaunlicherweise schon länger existiert als der PC. Es wird schon lange an dieser Technologie erforscht und entwickelt. Trotzdem kommt es mir so vor, als stünde sie immer im Schatten der VR. Dies ist sehr verwunderlich, da das Potenzial dieser Technologie wesentlich höher ist als jenes der VR, da sie mit geringeren Mitteln verwendet werden kann und auch mit viel mehr Geräten kompatibel ist. Daraus ergibt sich ein wesentlich höherer Nutzen. Sie bekommt wesentlich weniger Aufmerksamkeit, als sie eigentlich verdient hätte. Das spiegelt sich dementsprechend auch in ihrem Einsatz im Bildungsbereich wider, so zumindest ist meine These. Um diesen Fragen auf den Grund zu gehen, beziehe ich mich auf einige Dokumentationen und Bücher, welche sich ebenfalls mit diesem Thema auseinandergesetzt haben. Es könnte außerdem in Erwägung gezogen werden, eigene Studien und Umfragen an Lehrinstitutionen durchzuführen, um ein noch aktuelleres und akkurateres Bild des Ganzen zu bekommen. Um abschließend zusammenzufassen, soll zunächst die Technologie an sich zusammen mit ihrer Geschichte und Zukunft untersucht werden. Dann werde ich genauer darauf eingehen, welches die aktuellen „Usecases“ dieser Technologie sind und wie genau sie im aktuellen Bildungssektor benutzt wird. Daraufhin will ich in die Praxis gehen und eine App gestalten und entwickeln, welche auf mein zweites Medienprojekt aufbaut. Ich

schaue also, wie ich eine App sinnvoll für die angestrebte Zielgruppe designe und wie die vorher angelernte Theorie der AR in die Praxis umzusetzen ist. Abschließend gebe ich einen Ausblick in die Zukunft, ehe ich dann zu einem Fazit komme.

## 1.3 Struktur und Aufbau der Arbeit

Aus meiner Motivation und der Festlegung meines Ziels heraus, bin ich auf eine für mich schlüssige Struktur gekommen, welche ich im Folgenden erläutern werde.

Nachdem Abbildungen und Abkürzungen erklärt wurden leite ich meine Arbeit mit der bereits angesprochenen Motivation und meinem Ziel ein.

Daraufhin leite ich das Oberthema dieser Arbeit - also die AR im Allgemeinen - ein und versuche dieses so verständlich wie möglich zu erklären. Da das Thema sehr komplex ist, werde ich bewusst nicht jede Art, Ausprägung und Technik bis ins Detail beleuchten, sondern beziehe mich nur auf die für mein Thema relevanten Daten und Fakten. Ich werde nach einer allgemeinen Erklärung über diese Technologie zunächst auf die Geschichte eingehen. Weiterführend werde ich dann erörtern, wie genau AR überhaupt funktioniert. Ergänzend dazu, geht es dann im nächsten Abschnitt über die Eingrenzung der verschiedenen Arten von AR. Ich werde die zuvor besprochenen Techniken dort einordnen. Im letzten und abschließenden Punkt dieses Kapitels werde ich dann auf einige Anwendungsbeispiele eingehen und anhand derer den Nutzen dieser Technologie untermauern.

Ist dieses einleitende und allgemeine Kapitel schließlich beendet, sollte der Leser einen grundlegenden Überblick über die AR haben. Er versteht sowohl wie diese Technologie funktioniert, als auch wie diese sinnvoll in unser Leben integriert werden kann.

Im nächsten Kapitel werde ich dann spezifischer auf das im Titel definierte Thema eingehen. Der Bildungsbereich und wie AR dort zum Einsatz kommt bzw. kommen könnte. Dabei werde ich zunächst wieder mit einem einleitenden



Unterkapitel starten. Dabei versuche ich zu erläutern, wie genau Medien das Lernen unterstützen und ergänzen können. Darauffolgenden geht es um den aktuellen Stand der AR in allen verschiedenen Bildungssektoren. Danach vergleiche ich den Einsatz von AR mit dem Einsatz anderer digitaler Medien im Bildungsbereich. Daraufhin folgen dann Beispiele für mögliche Einsatzgebiete, bzw. Wie die AR in den verschiedensten Bildungsbereichen zum Einsatz kommen kann. Abschließend werde ich dann aus meinen Erkenntnissen heraus die Vor- und Nachteile für den Einsatz von AR im Bildungsbereich aufstellen.

Im nächsten Kapitel werde ich alle meine Erkenntnisse zusammen nehmen und diese in die Praxis übertragen. Ich werde eine AR App programmieren, welche Insektenexponate des Naturkundemuseums Bielefeld vielfachvergrößert darstellt und erlebbar macht. Quasi wie eine Art digitale Lupe. Den Prozess - sowohl des Designs als auch der Technik dahinter - werde ich in diesem Kapitel dokumentieren. Am Ende des Kapitels stelle ich nochmal die Vorteile dieser Anwendung heraus.

Im vorletzten Kapitel meiner Arbeit führe ich dann eine Diskussion über die Ergebnisse durch, die in dieser Arbeit zusammengekommen sind. Des Weiteren diskutiere ich auch über die Zukunftsaussichten von AR.

Zuletzt komme ich dann zu einem Fazit, in welchem ich die gesamte Arbeit reflektiere und erkläre, was gut gelaufen ist und was nicht so gut lief.

## 2. Was ist Augmented Reality?

AR (z.Dt.: „Erweiterte Realität“) ist der Begriff für die Verbindung der Realität und virtuellen (meist) 3D-Objekten. AR ist dabei klar von Virtual Reality zu unterscheiden. In der Virtual Reality wird der Nutzer immersiv in eine komplett künstliche Umgebung platziert. Bei der AR steht die Realität immer noch im Vordergrund und wird nur mit Objekten ergänzt. Dabei wird durch verschiedenste Trackingmethoden versucht, die Objekte so nahtlos und realistisch wie möglich in die Umgebung einzubetten (Dörner et al., 2013; Mehler-Bicher et al., 2011). Platzierbar sind unter anderem 3D-Gegenstände und Informationen zu bereits vorhandenen, realen Gegenständen (Mehler-Bicher et al., 2011).

AR wird dabei zum einen für den Konsumenten in Form von Apps zur Verfügung gestellt, doch auch kommerziell wird auf diese Technologie zurückgegriffen. Beispielsweise können mit Hilfe von AR in American Football-Spielen, Hilfslinien für den Fernsehzuschauer eingeblendet werden. Im Fußball wird in einem anderen Beispiel von AR die Abseitslinie im TV-Sender eingeblendet (Dörner et al., 2013).

Stellt man zwischen Realität und Virtualität ein Spektrum auf, so würde sich die AR eher auf der Seite der Realität einordnen. Dieses Spektrum - also der Bereich zwischen Realität und Virtualität - nennt man auch Mixed Reality. Der Grad der Virtualität bestimmt die Einordnung auf dieser Skala (Tönnis, 2010).

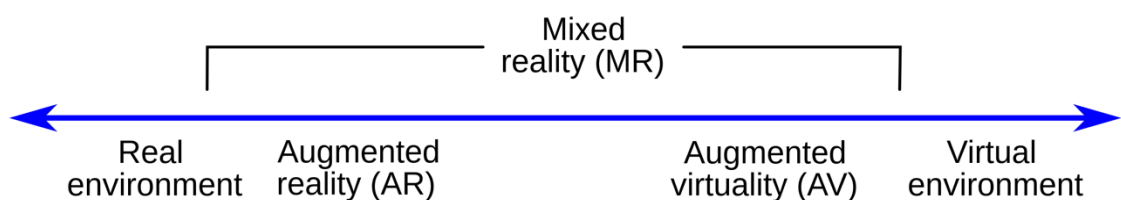


Abbildung 1: Reality Virtuality Continuum (Quelle: [https://en.wikipedia.org/wiki/Reality-virtuality\\_continuum#/media/File:Virtuality\\_continuum\\_2-en.svg](https://en.wikipedia.org/wiki/Reality-virtuality_continuum#/media/File:Virtuality_continuum_2-en.svg))

Damit AR möglichst realistisch und immersiv ist, müssen einige Grundvoraussetzungen herrschen. Zum einen muss die Darstellung und das Tracking immer in Echtzeit funktionieren, denn die AR ist eine interaktive Technologie (Tönnis, 2010). Diese Interaktivität funktioniert nur dann, wenn der Rechencomputer schnell und stark genug ist, um diese Echtzeitberechnungen

durchzuführen. Des Weiteren werden Sensoren benötigt, um zu jeder Zeit die Position des Geräts auszulesen, damit das Tracking vernünftig funktioniert.

Für ein Gutes AR-Erlebnis braucht es also einiges an Grundvoraussetzungen, damit es wie angedacht funktionieren kann. Durch den stetigen technischen Fortschritt, gerade im Mobile-Bereich in den letzten Jahren, sind diese Voraussetzungen mittlerweile kein Problem mehr, weswegen AR immer mehr im Bereich der Ottonormalverbraucher ankommt und sich immer mehr Personen dieser Technologie erfreuen dürfen (Ariso, 2017).

## 2.1 Geschichte von Augmented Reality

Es ist sehr schwer nachzuvollziehen, wo und wann genau die AR ihren Ursprung hat. Besser gesagt gab es in den 50er und 60er Jahren verschiedenste Forscher, welche sich diesem Thema widmeten und dabei auf die verschiedensten Geräte und Anwendungen kamen (Mehler-Bicher et al., 2011). Es lässt sich also sagen, dass die AR viele Wurzeln hat, welche am Ende in unseren heutigen Entwicklungsstand eingeflossen sind. Interessant hierbei ist, dass diese Entwicklungen oftmals unabhängig voneinander stattgefunden haben. So wurden erste Forschungen zum Thema AR schon einige Jahre vor der Entwicklung des ersten „Personal Computers“ gestartet (Tönnis, 2010).

Morton Heilig und Ivan Sutherland waren hierbei die Vorreiter. Der auch als der „Vater der Virtual Reality“ (*Gastautor Prof. Dr. Peter Heilig, 2020*) bekannte Heilig entwickelte in den späten 50er Jahren den „Sensorama“ (Mehler-Bicher et al., 2011). Ein Simulator, welcher den Nutzenden virtuell auf einem Motorrad durch Manhattan fahren ließ („Morton Heilig“, 2021). Dabei kamen unter anderem Geräusche, Gerüche und auch Vibrationen zum Einsatz (Mehler-Bicher et al., 2011). Diese Erfindung, welche seiner Zeit voraus war, patentierte er später. Auch patentierte er ein „Head-Mounted-Display“ (HMD) („Morton Heilig“, 2021). Ein HMD ist ein am Kopf befestigtes Ausgabegerät, welches die virtuellen Inhalte direkt auf die Netzhaut projizieren kann (Mehler-Bicher et al., 2011). Es gelang

Heilig allerdings nicht dieses umzusetzen. Hier kam Ivan Sutherland ins Spiel, welcher es 1966 erstmals schaffte, ein solches HMD zu bauen. Das Gerät wurde am Massachusetts Institut of Technology (MIT) gebaut und war so schwer, dass es mit Seilen an der Decke des Raumes befestigt werden musste. In den darauffolgenden Jahren lag der Fokus in der Forschung und Entwicklung immer mehr im Bereich der Virtual Reality. Ende der 80er Jahre wurde die Virtual Reality beispielsweise erstmals kommerziell eingesetzt (Mehler-Bicher et al., 2011; Tönnis, 2010).

Die AR hat sich nach und nach immer mehr aus der Virtual Reality heraus entwickelt. Der Begriff als solches fand seinen Ursprung Anfang der 1990er Jahren. Tom Caudell und David Mizell entwickelten ein System für den Flugzeugbauer Boeing. Bei diesem System handelte es sich um ein HMD, welches dabei helfen sollte, den Fertigungsprozess und die Kabelverlegung zu optimieren. In den folgenden Jahren stieg die Nachfrage nach solchen Systemen. Besonders die deutsche Industrie investierte viel Geld in die Entwicklung und Forschung („Industrial Augmented Reality“, 2022; Mehler-Bicher et al., 2011).

Die 90er- und frühen 2000er-Jahre waren eine spannende Zeit für AR. So wurden beide heute verwendeten Definitionen der AR in den 90er Jahren postuliert. 1993 stellten Paul Milgram et al. das „Reality-Virtuality Continuum“ auf, welches bereits in der obigen Abbildung zu erkennen ist. Diese Postulierung stellt den Übergang von realer- und virtueller Welt auf, auf welcher sich auch die AR einordnet (Mehler-Bicher et al., 2011). Diese Definition wird allerdings von der Fachwelt eher ignoriert. Hier bezieht man sich auf die Definition nach Ronald Azuma. Der amerikanische Informatiker postulierte diese 1997 (Mehler-Bicher et al., 2011). Ein weiterer Meilenstein der AR wurde im Jahr 1999 gesetzt. Der Japaner Hirokazu Kato entwickelte das „AR Toolkit“ (Mehler-Bicher et al., 2011). Dies war und ist eine Open-Source Anwendung, welche die Grundlage zum Erstellen und Entwickeln von AR Anwendungen liefert. Der Nutzer kann dabei auf eine riesige Datenbank zurückgreifen („ARToolKit“, 2022). Dieses Toolkit wurde 10 Jahre später zu Adobe Flash portiert, was es von nun an erlaubte, AR Anwendungen auch im Browser laufen zu lassen. 2008 kam die erste AR Anwendung auf Android Smartphones. Die erste Anwendung für Apples iPhone kam zwei Jahre

später (Mehler-Bicher et al., 2011). 2002 schlossen sich zwei Gemeinschaften an Wissenschaftlern aus Europa, Asien und den USA zusammen und gründeten ISMAR (International Symposium on Mixed and AR). Es finden jährliche Tagungen statt (Tönnis, 2010).

## 2.2 Wie funktioniert Augmented Reality

Wie in nachfolgenden Kapiteln beschrieben wird, gibt es unterschiedlichste Arten der AR. Trotz ihrer Unterschiede haben alle eine gemeinsame Basis, auf welcher sie funktionieren. Dabei ist der Ablauf meist identisch und lässt sich in fünf Unterpunkte aufteilen: Videoaufnahme, Tracking, geometrische Registrierung, Rendering/Darstellung und Ausgabe. Diese Schritte werden hintereinander ausgeführt. Durch den Fortschritt der Prozessoren-Technik ist hierbei allerdings keine nennenswerte Verzögerung feststellbar (Dörner et al., 2013).

Zunächst gibt die Videoaufnahme dem System die nötigen Informationen über die Umgebung und dient außerdem als Grundlage für den späteren „Ausgabe-Stream“. Man könnte sagen, es ist die unterste Ebene und die Basis des Ganzen. Durch moderne Bildverarbeitungen können hier Kanten und Ebenen erkannt und berechnet werden. Die Art der Kamera ist hierbei völlig egal, es gilt allerdings: Je höher die Auflösung und Qualität des Kamerabildes, desto besser und realistischer sind die AR-Anwendungen (Dörner et al., 2013).

Modernen Systemen genügt der Videostream oftmals schon, da hier mit künstlichen Intelligenzen gearbeitet wird, welche nur anhand von Bilddaten die genaue Position des Nutzers bestimmen können. Zumeist werden aber einige Sensordaten des Geräts (Gyrosensoren, Magnetometer etc.) parallel zum Videostream ausgelesen, um die Lagebestimmung und damit auch das Tracking zu verbessern (Dörner et al., 2013; Mehler-Bicher et al., 2011).

Das Tracking ist wahrscheinlich der essenziellste Schritt, denn ohne Tracking kann die Technologie nicht funktionieren. Es wird dafür verwendet die Lage, Orientierung und Position des Anwenders zu erfassen. Meist geschieht dies mit

Hilfe von 3-DOF-Lagesensoren (nichtvisuelles Tracking) und der Berechnung der Kamerabilddaten (visuelles Tracking) (Dörner et al., 2013; Mehler-Bicher et al., 2011). Das Ziel des Trackings ist es, am Ende ein dreidimensionales Koordinatensystem der realen Welt zu erstellen. Dieses Koordinatensystem wird dann mit dem virtuellen Koordinatensystem abgeglichen. Dies ermöglicht es dann, 3D-Objekte in diesem Koordinatensystem zu platzieren, welche dann stets die richtige Transformation, Rotation und Skalierung haben, um sich realistisch in die reale Welt einzufügen (Dörner et al., 2013).

Man unterscheidet grundsätzlich zwischen zwei Arten von Trackingverfahren: Nichtvisuelles Tracking und Visuelles Tracking (Mehler-Bicher et al., 2011).

Beim nichtvisuellen Tracking wird nur auf Grundlage von Sensordaten versucht, eine möglichst genaue Einschätzung der dreidimensionalen Position des Nutzers zu geben. Diese Sensordaten kommen zumeist aus fünf unterschiedlichen Quellen. Der Kompass und das GPS bringen Position und Ausrichtung relativ zur Erdachse. Die Abstände und Positionen zueinander können mit Hilfe von Ultraschall- und optischen Sensoren erfasst werden. Die Trägheitssensoren (Gyroskop u. Beschleunigungssensoren) können die Neigung und dreiaxsigte Verschiebungen feststellen (Mehler-Bicher et al., 2011).

Visuelles Tracking funktioniert - wie bereits in vorherigen Abschnitten beschrieben - auf Grundlage von Video- bzw. Bilddaten. Man unterscheidet hierbei grundsätzlich zwischen zwei Systemen: Merkmalbasierende Systeme und Modellbasierende Systeme (Mehler-Bicher et al., 2011).

Bei modellbasierenden Systemen sind der Software, Referenzmodelle, in Form von Bildern, Texturen oder 3D-Modellen bekannt. Es findet eine Abfrage und ein Abgleich mit den Bilddaten statt. Dabei versucht das System die Linien, Punkte und Formen in den Bilddaten zu erkennen. Diese gleicht es anschließend mit den hinterlegten Texturen oder 3D-Modellen ab und schaut dabei nach Gemeinsamkeiten. Sind 3D-Daten hinterlegt, so kann die Software erkennen, aus welcher Richtung der Nutzer das Objekt in der Realität gerade betrachtet. Diese Systeme haben allerdings lange Zeit keine große Aufmerksamkeit bekommen, da die Technik noch nicht auf dem derzeitigen Stand war. Zu oft

hatten diese Systeme Probleme mit Performance und Stabilität (Mehler-Bicher et al., 2011).

Daher sind merkmalsbasierte Systeme wesentlich häufiger anzutreffen. Diese Systeme funktionieren auf Basis von optisch optimierten „Markern“. Diese Marker sind zwei- oder dreidimensional und lassen sich durch ihre Einfachheit an Formen und Farben leicht „tracken“. Zusätzlich können diese Marker mit Informationen ergänzt werden. Diese Informationen befinden sich in Form von Bildern, Symbolen oder Barcodes ebenfalls auf dem Tracker. Die Informationen dienen unter anderem dazu, mehrere verwendete Marker voneinander zu unterscheiden. Diese Marker sollten zum einen so gestaltet sein, dass sie aus jeder Richtung heraus erkannt werden können. Zum anderen sollten sie auch die richtige Größe haben, um auch aus größeren Distanzen erkennbar und unterscheidbar zu sein. Um dies zu gewährleisten sind sie quadratisch und in schwarz-weiß gestaltet. Das sorgt für eine Erkennbarkeit aus allen Richtungen und für einen maximalen Kontrast, mit dem die Trackingsysteme am besten arbeiten können. Diese Systeme nehmen Farben nämlich oft anhand der Luminanz, nicht der Chrominanz auf. Sie verarbeiten also ausschließlich Graustufeninformationen, welche effizienter sind und den Speicher schonen. Über die vielen Jahre der Entwicklung haben sich einige unterschiedliche Arten und Standards von Markern durchgesetzt. Zu diesen zählen die „HOM Marker“ und „SCR Marker“ der Siemens AG, die „IGD Marker“ des Fraunhofer Instituts für grafische Datenverarbeitung, die „Frame Marker“, „Split Marker“ und „DOT Marker“ der Technischen Universität Graz, sowie die Marker des AR Toolkits (Mehler-Bicher et al., 2011).

Eine weitere Methode des Trackings ist das sogenannte „Face Tracking“. Hierbei wird häufig das „Elastic Bunch Graph Matching“ angewendet. Bei diesem Verfahren wird ein dreidimensionales Mesh aus mehreren Knotenpunkten über das Gesicht gelegt (Mehler-Bicher et al., 2011).

Um das Gesicht optimal erkennen zu können, gibt es zwei Methoden der Gesichtserkennung: musterbasierte Ansätze und bildbasierte Ansätze.

Bei musterbasierten Ansätzen werden biologische Proportionen einzelner Gesichtspartien zueinander untersucht. Diese Proportionen sind gemäß der

Wissenschaft bei einem Großteil der Menschen gleich. Probleme bekommen diese Systeme bei Gesichtern, welche nicht diesen Normen entsprechen (Mehler-Bicher et al., 2011).

Bildbasierende Ansätze funktionieren mit neuronalen Netzen und künstlicher Intelligenz. Bei diesen Systemen sind riesige Datenbanken an Informationen hinterlegt, welche eine genaue Gesichtserkennung ermöglichen (Mehler-Bicher et al., 2011).

Ist das Tracking abgeschlossen, so hat das System im besten Fall die dreidimensionale Position und Orientierung des Nutzers ermitteln können, um daraus ein künstliches Koordinatensystem zu generieren (Dörner et al., 2013).

Im nächsten Schritt der Registrierung wird nun dieses Koordinatensystem genommen und mit den Koordinatensystemen der virtuellen Elemente abgeglichen und aneinander angepasst. Die virtuellen Objekte werden nun fest verankert und fügen sich in die Umgebung ein, selbst wenn der Nutzer die Kamera bewegt. Die Bewegung der Kamera ändert dabei nicht die Ausrichtung des Koordinatensystems (Dörner et al., 2013).

Wenn die Berechnung aller geometrischer Informationen fertig ist, kommt es zur Darstellung, bzw. zum Rendering. Das virtuelle Objekt wird anhand aller vorliegender geometrischer Daten korrekt „gerendert“. Ist die Kamera in Bewegung, so wird die virtuelle Kamerabewegung daran angepasst. Jetzt liegen zum einen die Basisebene - also der Videostream – sowie auch die „gerenderten“ Bilder vor. Diese haben einen transparenten Hintergrund, weswegen sie sich einfach mit dem Videostream überlagern lassen. So entsteht das fertige Bild, welches dann im letzten Schritt der Ausgabe auf ein Display oder ähnlichem ausgegeben wird (Dörner et al., 2013).

## 2.3 Arten von Augmented Reality Anwendungen

Die zuvor diskutierten und beschriebenen AR-Lösungen lassen sich grundsätzlich in zwei unterschiedliche Arten einteilen: Video See-Through-AR und Optisches See-Through-AR. Hinzu kommt noch eine dritte Art der AR, welche allerdings im Zuge dieser Arbeit nicht behandelt wird, da sie keine



vollwertige Art der AR ist und ihr zu viele Einschränkungen gegenüberstehen. Die Rede ist von Projektionsbasierter AR (Dörner et al., 2013).

Wie der Name schon vermuten lässt, werden die Inhalte hier mittels eines Beamers o.ä. auf Objekte projiziert. Es ist also weder ein Smartphone noch ein HMD nötig. Im Kosten- und Aufwandsbereich bringt dies einige Vorteile mit sich. Allerdings stehen dem gegenüber wesentlich mehr Nachteile. Es können keine Objekte der Szene hinzugefügt werden. Lediglich können Oberflächen von Objekten verändert dargestellt werden, sodass es beispielsweise möglich ist, durch diese Technologie den inneren Aufbau von Objekten darzustellen, oder durch bestimmte Objekte hindurchzusehen. Eine einmalige Kalibrierung würde ausreichen, um das System startklar zu machen. Allerdings sind all diese Funktionen auch mit den anderen AR-Arten möglich, welche allerdings viel immersiver und realistischer funktionieren. Die Technik hat also mehr Nachteile als Vorteile (Dörner et al., 2013).

Beim Video See-Through-AR handelt es sich zumeist um die zuvor angesprochenen Smartphone AR-Anwendungen. Hier ist die Grundlage immer der Videostream des jeweiligen Geräts. Die virtuellen Objekte werden mit dem Videobild überlagert und auf dem jeweiligen Display ausgegeben (Dörner et al., 2013).

Das optische See-Through-AR beinhaltet in den meisten Fällen alle Arten, bei denen es zum Einsatz von HMDs kommt. Aber auch andere Anwendungsszenarien sind möglich. Die Grundvoraussetzung bei dieser Art der AR ist die Verwendung von semi-transparenten Displays. Diese ermöglichen dem Nutzer, sowohl die Realität hinter dem Display als auch die darauf angezeigten virtuellen Inhalte zu betrachten. Auch hier ist ein akkurates Tracking mittels mehrerer Sensoren nötig und auch wenn es nicht zwingend erforderlich ist, sind oftmals Kameras am Gerät verbaut, um in Kombination mit den Sensoren ein noch genaueres Tracking zu ermöglichen (Dörner et al., 2013).

Wichtig hierbei ist der Einsatz der richtigen Displays. Grundsätzlich ist es nötig, dass die Inhalte für jedes einzelne Auge angepasst sind. Dafür werden am besten zwei unterschiedliche Displays, für jeweils ein Auge, verwendet. Alternativ ist auch der Einsatz von stereoskopischen Displays möglich. Diese Displays können

zwei leicht versetzte Bilder auf einem Display anzeigen. Das Gehirn schafft es dann, diese Bilder zusammzusetzen, um so den gewünschten Effekt der Tiefenwahrnehmung zu erzielen („Stereodisplay“, 2022).

Da es sich bei diesen Systemen immer um eine rein optische Überlagerung handelt, ist es bei diesen Systemen schwer möglich, dunkle Inhalte anzuzeigen. Das wird beispielsweise in Bezug auf die Darstellung von Schatten ein Problem. Der Einsatz von solchen optischen See-Through-Ar-Anwendungen hat einen langen Weg hinter sich. Angefangen in den 60er Jahren mit dem ersten HMD von Ivan Sutherland (Tönnis, 2010), bis hin zur 2015 erstmals vorgestellten Microsoft Holo Lens, welche den Markt für immer verändern sollte. Durch ihren hohen Anschaffungspreis ist sie allerdings aktuell ausschließlich in der Industrie anzutreffen und nicht im Konsumentenmarkt („Microsoft HoloLens“, 2021).

Alle vorgestellten Arten von AR erfüllen ihren angedachten Zweck und haben ihre Daseinsberechtigung. Dennoch wird der Markt immer von den angesprochenen See-Through-AR-Lösungen dominiert sein. Alle Arten haben jedoch gemeinsam, dass sie eine ausreichende Kalibrierung, bzw. Tracking benötigen, um vernünftig zu funktionieren. Die Position, Ausrichtung und Skalierung muss also zu jeder Zeit passen (Dörner et al., 2013).

Wenn die Probleme mit der Helligkeit bei Optischen See-Through-AR-Anwendungen gelöst werden, können ihre Vorteile gegenüber der Video See-Through-AR-Anwendungen überwiegen, da diese immer mit Nachteilen im Sichtfeld und in der Auflösungsbeschränkung einherkommen (Dörner et al., 2013).

Ein weiterer wichtiger Punkt ist auch der Unterschied im Preis. Das Optische See-Through-AR ist wesentlich teurer. Allerdings kann hier ein Blick auf die Entwicklung im Virtual Reality Markt geworfen werden. Vor einigen Jahren waren Preise hier auch noch sehr utopisch für Konsumenten, mittlerweile sind die Systeme aber sehr erschwinglich geworden und der Markt hat sich immens vergrößert und weist ein starkes Wachstumspotenzial auf (PricewaterhouseCoopers, o. J.). Auch für den AR Markt wird ein starkes Wachstum bis 2024 prognostiziert (*Prognose zum Umsatz mit Augmented Reality in Deutschland bis 2024*, 2020).

## 2.4 Anwendungsbereiche von Augmented Reality

Die Anwendungsmöglichkeiten von AR scheinen immer größer zu werden und sind bereits aktuell in der Lage, sich in viele Bereiche unseres alltäglichen Lebens zu integrieren. Von der Industrie, über die Medizin und Forschung, bis hin zum Konsumentenmarkt können AR-Anwendungen eingesetzt werden. Jede erdenkliche Spalte ist dabei. Die Skalierbarkeit von AR ist dabei ein entscheidender Vorteil gegenüber der Virtual Reality. Fast jeder Mensch ist im Besitz eines AR-fähigen Gerätes. Soll diese Technologie für viele zugänglich sein, ist das ebenso wenig ein Problem, wie groß aufgesetzte Systeme mit hoher Qualität und Genauigkeit, wie sie zum Beispiel oft in der Industrie zu finden sind. Die Kosten für Systeme können also schon bei wenigen hundert Euro anfangen, sich allerdings auch in unvorstellbar hohe Summen ausdehnen, welche ausschließlich von großen Industrien gestemmt werden können.

Im Nachfolgenden werden einige Anwendungsbereiche der AR eingehender beleuchtet und erklärt.

### 2.4.1 Tourismus

Für den Tourismussektor ist der Einsatz von AR sehr spannend. Außerhalb der Industrie ist dieser Sektor wahrscheinlich einer von denen, bei dem der Einsatz dieser Technologie am meisten Potenziale mit sich bringt. Nicht nur spielerisch oder als nettes Gimmick. Die AR kann hier für eine Menge Entlastung und Unterstützung sorgen. Hier ist auch nicht nur von Zukunftsgedanken die Rede, sondern schon jetzt und auch schon seit einiger Zeit kommen AR-Anwendungen hier regelmäßig zum Einsatz. Zum Beispiel im Bereich der digitalen Museumsführungen (Dörner et al., 2013; Tönnis, 2010).

Denn bereits im Jahr 2008 startete das Louvre-Museum in Paris mit dem Einsatz von AR. Zwei Systeme kamen damals zum Einsatz. Zum einen wurde den Besuchern eine AR-Führung durch das Museum angeboten. Dabei wurden

Navigationshinweise virtuell eingeblendet, welche dem Besucher helfen sollten, sich zurecht zu finden. Außerdem kam ebenso ein virtueller Museumsführer zum Einsatz. Es war möglich mit diesem virtuellen Charakter zu interagieren, was insgesamt gut durch die Besucher angenommen wurde. Für die Umsetzung wurde mit der Verarbeitung der Videodaten in Kombination mit Sensordaten gearbeitet, da das Museum nicht auf den Einsatz von Markern setzen konnte (Tönnis, 2010).

Das andere System versorgte den Besucher mit zusätzlichen Informationen über bestimmte Gemälde. Somit konnte zum Beispiel nachvollzogen werden, wie der Künstler gemalt hat und welche Techniken dabei zum Einsatz kamen. Außerdem war es möglich, nachzuvollziehen, wie und an welchen Stellen das Gemälde restauriert worden ist. Des Weiteren konnten Bilder mit den Ausstellungsstücken gemacht werden, welche nach Wunsch auch am Ende der Führung ausgedruckt werden konnten (Tönnis, 2010).

Dieses Beispiel zeigt sehr gut, wie nützlich AR sein kann und wie fortschrittlich die Technik schon im Jahr 2008 war. Durch die enormen Entwicklungen der letzten Jahre sind mittlerweile noch wesentlich mehr Einsatzszenarien im Tourismusbereich entstanden (Dörner et al., 2013).

Wie ich im späteren Verlauf dieser Arbeit noch erklären werde, ist es beispielsweise möglich, ganze Exponate zu digitalisieren und diese von zuhause aus zu betrachten und zu erleben (S. 46 ff.). So ist teilweise ein aktiver Museumsbesuch gar nicht mehr unbedingt notwendig. Gerade für Leute, die nicht viel Zeit haben oder einfach zu weit vom Museum entfernt wohnen, ist das eine sehr gute Alternative.

## 2.4.2 Spiele

Über den Gaming-Markt ist AR wahrscheinlich das erste Mal richtig in den Konsumentenmarkt vorgedrungen und hat eine Menge Aufmerksamkeit bekommen.

Im Jahr 2016 erschien das Handyspiel „Pokémon Go“ für iOS und Android und mit diesem wurden eine Menge Nutzer das erste Mal mit AR konfrontiert. Das Spiel kreierte dabei anhand von GPS-Daten eine komplett virtuelle Spielwelt durch die sich der Spieler durchgelegen konnte. Seine Bewegung in der echten Welt übertrugen sich also in die virtuelle Welt. Dabei konnte der Spieler Pokémon finden, bekämpfen und fangen. AR wurde dafür eingesetzt, die virtuellen Pokémon mit dem Videobild der Kamera zu überlagern, um diese realistisch in die Realität zu integrieren. Dabei griff die App auf die Daten von GPS, Lage- und Drehratensensoren zurück, um die AR-Anwendung umzusetzen („Pokémon Go“, 2022).

Die App Pokémon Go war zu der Zeit der erste virale AR-Gaming Hit. Doch schon viele Jahre zuvor wurden erstmals „AR-Games“ entwickelt. So wurde im Jahr 2000 an der „University of South Australia“ das erste funktionsfähige mobile Outdoor AR Spiel „ARQuake“ entwickelt. Dieses basierte auf dem Spieleklassiker „Quake“ aus dem Jahr 1996. Nach dessen Veröffentlichung wurde der „Source Code“ des Spiels veröffentlicht. Die Wissenschaftler der „University of South Australia“ machten sich das zu Nutzen und portierten das Spiel auf ein von ihnen entwickeltes mobiles AR-System, welches mit einem HMD funktionierte. Die Spieler konnten mit Hilfe von Marker-Trackern, GPS- und Kompassdaten frei rumlaufen. Dabei wurden durch das „See-Through-Display“ die virtuellen Objekte des Spiels „Quake“ eingeblendet (*History - 2000 - The World's First Outdoor Augmented Reality Video Game* | *Atomic Digital Design*, 2021; Tönnis, 2010).

### 2.4.3 Automotive AR

Ein weiterer großer Anwendungssektor für AR-Anwendungen ist die Automobilindustrie. Hierbei finden sich die Anwendungen sowohl im Fertigungsbereich der Hersteller, als auch im Konsumentenmarkt wieder.

Der technische Fortschritt im Automobilmarkt steigt stetig. So ist es kein Wunder, dass auch AR mittlerweile in den meisten Fahrzeugklassen vorhanden ist. Die Einsatzmöglichkeiten sind vielseitig. Zum einen gibt es so genannte „Head-Up-

Displays“ (HUD). Diese sind meist hinter dem Lenkrad verbaut und projizieren ein semi-transparentes Bild an die Windschutzscheibe des Fahrzeuges. Auf diesem Display können Informationen, wie beispielsweise die Geschwindigkeit, der Tankfüllstand und die Navigationshinweise angezeigt werden. Diese HUDs gibt schon eine Zeit lang und lassen sich zudem auch nachrüsten. Sie helfen dem Fahrer sich besser auf die Geschehnisse auf der Fahrbahn zu konzentrieren, da dieser nun nicht mehr nach unten oder zur Seite schauen muss, um die genannten Informationen abzulesen (Tönnis, 2010).

Lange Zeit waren solche Displays allerdings noch keine vollwertigen AR-Anwendungen, da sie die dargestellten Inhalte nur anzeigten, nicht aber an die Umgebung anpassten. Die Displays waren schlichtweg zu klein. Dies änderte sich in den letzten Jahren.

Mit der Vorstellung der S-Klassen Baureihe 223 führte der deutsche Autohersteller Mercedes-Benz erstmals ein komplettes AR HUD ein. Dieses war dazu in der Lage, Inhalte so zu projizieren, dass sie dem Nutzer auf der Fahrbahn angezeigt werden. Es schaut also für den Fahrer so aus, als würden die Informationen auf der Fahrbahn liegen. Auch bei der Navigation bringt das System viele Vorteile mit sich. Navigationspfeile können dreidimensional platziert werden, um den Fahrer so mitzuteilen, wo genau er langzufahren hat. Außerdem ist es möglich Abstände zu vorausfahrenden Fahrzeugen anzuzeigen und den benötigten Bremsweg bei einer Vollbremsung grafisch darzustellen. Damit all das reibungslos funktioniert, sind hinter dem Lenkrad Kamera und Sensoren verbaut, welche die Position und Ausrichtung des Kopfs des Fahrers bestimmen können (Jordan, 2020).

Das zuvor erläuterte System ist eines vom Typ „Optisches See-Through-AR“. Im Automobilmarkt kommen allerdings auch „Video-See-Through“ Systeme zum Einsatz. Viele Fahrzeuge haben in der Front, Kameras verbaut. Diese Kameras nehmen die Sicht nach vorne auf. Nun ist es möglich dieses Videobild mit AR Inhalten zu überlagern, beispielsweise mit Navigationspfeilen. Dieses überlagerte Bild wird dem Fahrer dann im Display des Infotainmentsystems angezeigt und helfen ihm dabei, sich besser zu orientieren.

Neben den hohen Nutzen, welche die AR Technologie den Konsumenten bietet, gibt es auch eine Vielzahl von Anwendungsszenarien in der Fertigung und Reparatur von Fahrzeugen (Mehler-Bicher et al., 2011; Tönnis, 2010).

In so gut wie jeden Arbeitsschritt der Fahrzeugentwicklung lässt sich heutzutage ein AR-System einbinden. So ist es Fahrzeugdesignern beispielsweise möglich, die noch rohen Entwürfe in 3D-Objekte umzuwandeln und diese mittels AR-Anwendungen in die reale Welt zu integrieren. So kann das Modell aus allen erdenklichen Blickwinkeln betrachtet werden, um so besser einschätzen zu können, ob das Design so Sinn macht oder nicht. Auch können bereits vorhandene Prototypen, welche eventuell eine Designänderung hinter sich haben, an den geänderten Stellen mit virtuellen Objekten ergänzt werden. So muss nicht für jede Designänderung ein neuer Prototyp gebaut werden. Weiterhin kann dann bei der Fertigung der Autos auf AR-Anwendungen gesetzt werden, um dem jeweiligen Arbeiter besser zu visualisieren, was genau er zu tun hat, welche Teile wo angebracht werden müssen. Dies würde auch die Einarbeitung von neuen Mitarbeitern deutlich erleichtern. Die Fertigungshallen großer Automobilhersteller bieten genug Platz, um benötigte Trackingsysteme zu installieren (Mehler-Bicher et al., 2011; Tönnis, 2010).

Bei der Reparatur von Fahrzeugen können AR-Systeme auch entsprechend eingesetzt werden. So kann ein Mechaniker sich die betreffenden Teile in einer Explosionsansicht anschauen, um den Fehler besser lokalisieren zu können. Auch auf Grund der Tatsache, dass Autos verschiedener Hersteller unterschiedlich aufgebaut sind, würden solche Systeme enorm bei der Effizienz unterstützen (Mehler-Bicher et al., 2011).

## 2.4.4 Architektur

Ähnlich wie im Automobilsektor, lassen sich im Bereich der Architektur die genannten AR-Systeme sowohl im Fertigungs- und Planungsbereich als auch im

Konsumentenbereich anwenden. Diese Systeme können ebenfalls sowohl in der Innenarchitektur als auch in der Außenarchitektur verwendet werden.

Im Außenbereich ist es Architekten so möglich, die Städte- und Gebäudeplanung effizienter und schneller zu gestalten. Da die Architektur meist sowieso schon mit 3D-Modellen arbeitet, können diese somit genommen werden und für eine Darstellung mittels der AR-Anwendung verwendet werden. So kann überprüft werden, wie genau ein Gebäude im Gesamtkontext wirkt und wie es das allgemeine Bild der Stadt verändert (Dörner et al., 2013).

Im Innenbereichen sind die Möglichkeiten nochmals größer. Die Räume können zuvor komplett vermessen werden und dann im Anschluss komplett virtuell eingerichtet werden. Das spart eine Menge Zeit und Geld. Diese Technologien sind mittlerweile auch im Konsumentenmarkt angekommen. So ermöglichen es viele große Möbelhersteller, wie beispielsweise Ikea, ihre Möbel virtuell mit der Hilfe des Smartphones zu platzieren und zu betrachten. Somit ersparen sich viele Kunden den Gang in das Möbelhaus und können ganz bequem von zuhause Entscheidungen treffen (*Augmented Reality mit der IKEA Place App*, 2019).



### **3. Einsatz von Augmented Reality im Bildungsbereich**

Im Bereich der Bildung signalisieren die Trends der letzten Jahre klar, dass diese sich in eine ganz neue Richtung entwickelt. Klassische pädagogische Modelle scheinen überholt zu sein und Studien weisen auf, dass Lernende mit autonom entwickelten und praktisch orientierten Methoden besser und effizienter lernen. Der Lernende ist längst nicht mehr der passiv Zuhörende, sondern übernimmt zunehmend einen aktiveren Part (Ariso, 2017).

Um den Bezug zwischen Realität und Praxis herzustellen, eignen sich moderne Technologien wie bspw. die AR. Diese wurde zwar nicht dediziert für den Bildungsmarkt entwickelt, bietet aber alles was nötig ist, um sich in moderne pädagogische Lernkonzepte zu integrieren. So eignet sie sich besonders gut in Lehren, in denen ein hoher praktischer Bezug vorhanden ist, wie beispielsweise der Medizin oder technischen Ausbildungsberufen. Allgemein kann allerdings hinzugefügt werden, dass diese Technologie keine wirklichen Grenzen in den Altersklassen besitzt. So kann AR auch in Form von „Gamification“ in Grundschulen Anwendungen finden (Ariso, 2017; Geroimenko, 2020).

Investments großer Firmen und Industrien zeigen auf, dass der AR eine große Zukunft bevorsteht. In dem folgenden Kapitel werden auf Chancen und aktuell noch herrschende Probleme eingegangen, welche der Technologie aktuell noch einen flächendeckenden Einzug in den Bildungssektor verwehren. Außerdem werden Beispiele angeführt, wie und wo AR helfen und unterstützen kann.

#### **3.1 Chancen**

Obwohl AR keine neue Technik ist und ihre Anfänge bis in das 20. Jahrhundert zurückdatiert werden können, ist es längst keine Technik, welche im Mainstream angekommen ist, schon gar nicht im Bildungssektor. Dabei bietet diese Technologie so viele Möglichkeiten, das Lernen sowohl für den Lehrenden als auch für den Lernenden zu verbessern und zu erweitern. Gleiches hat auch schon der Horizon Report früh festgestellt (Ariso, 2017).

Dieser Report wird jährlich seit 2002 veröffentlicht und beschäftigt sich mit aktuellen Trends, Entwicklungen und Herausforderungen im Hochschulbildungsbereich (*Horizon Report 2021*, 2021). Diese Prognosen lassen sich allerdings auch auf andere Bildungsbereiche ableiten. Bereits im Report aus dem Jahr 2005 wurde die AR als aufstrebende Technologie erwähnt, welche innerhalb der nächsten 5 Jahre gewaltigen Einfluss im Bildungsbereich haben würde. Diese Annahme wurde auch im folgenden Jahresbericht getätigt. 5 Jahre später wurde in den Horizon Reports 2010 und 2011 dann zurückgerudert und man ging davon aus, dass die AR sich bis 2014 etablieren würde. Die Annahme sollte sich erneut als nicht ganz treffend erweisen (Ariso, 2017).

Ein Sprung in die Gegenwart zeigt, dass die AR nach wie vor nicht flächendeckend im Bildungsbereich angekommen ist (Geroimenko, 2020).

Betrachtet man die Vorteile und Chancen dieser Technologie, so stellt man sich zurecht die Frage, wieso diese flächendeckende Implementierung so stagniert. AR erlaubt es den Lehrenden, virtuelle Objekte zur Veranschaulichung von Unterrichtsinhalten zu präsentieren. Häufig wird versucht, dreidimensionale Objekte zweidimensional auf Papier darzustellen. Gerade bei Schülern jüngeren Alters ist die dreidimensionale Wahrnehmung und Vorstellung häufig noch eingeschränkt, weshalb hier sehr gut mit virtuellen Objekten gearbeitet werden kann. Ebenso ist es möglich, mikroskopisch kleine Objekte, wie Zellen oder Blutkörperchen, um ein Vielfaches vergrößert darzustellen, was eine gute Alternative zu beispielsweise Mikroskopen ist. Des Weiteren können Lehrinhalte visualisiert werden, welche sonst gar nicht darstellbar wären, wie beispielsweise Magnetfelder (Ariso, 2017; Thissen, 2017).

Eine weitere Chance ist, dass AR das Sozialverhalten der Schüler und Schülerinnen fördert und für einen insgesamt besseren Zusammenhalt sorgt. Es kann für eine bessere Zusammenarbeit sorgen, unabhängig von welchem Ort die Schüler arbeiten. Somit schafft die Technologie völlig neue Lehrräume. Außerdem kann es die Inklusion von Schülern und Schülerinnen mit psychischen und physischen Beeinträchtigungen verbessern (Ariso, 2017).

Studien aus der mediendidaktischen Forschung zeigen, dass das klassische Unterrichtsmodell des mündlich vortragenden Lehrers längst überholt ist. In diesem Modell nimmt der Lehrer die aktive Rolle des Wissensvermittlers ein, während die Schüler die passive Rolle einnehmen und den Worten des Lehrers folgen. Dieses klassische Modell sorgt für eine Entkopplung des Schülers aus seinem alltäglichen Leben, da es zu weit von diesem Modell abweicht. Die Lernenden müssen für ein besseres und effizienteres Lernen in eine aktive Rolle springen, was bedeutet sie müssen selbstständig eigene Methoden zum Lernen entwickeln. Lehrinhalte müssen mit praktischen Tätigkeiten verbunden werden. Es ist wichtig, dass der Lernende aktiv so viel Kontakt mit der Realität hat, wie möglich. Oft ist hier auch die „Gamification“ ein wichtiger Begriff. Dabei geht es um das Lernen mit spielerischen Inhalten. Hier eignet sich der Einsatz von AR besonders, da die Lernenden in eine virtuelle Rolle schlüpfen können um Aufgaben zu lösen und Herausforderungen zu meistern (Ariso, 2017; Kerres, 2018).

Studien zeigen, je mehr Sinne im Lernprozess beansprucht werden, um so effektiver ist das Lernen. Mit den entsprechenden Tools ist es mit AR möglich, so gut wie jeden Sinn zu reizen. Wenn unterschiedliche Sinne die gleichen Informationen aufnehmen und verarbeiten, so führt dies dazu, dass sich das Wissen nachhaltig länger einprägt. AR ist hierbei zwar nicht das einzige Medium, welches dazu in der Lage ist, mehrere Sinnesreize gleichzeitig anzusteuern, dennoch gibt es Studien, welche belegen, dass Wissen welches über AR vermittelt wurde länger im Gedächtnis der Lernenden bleibt, als Wissen welches über digitale Bücher, Präsentationen oder Videos vermittelt wurde (Ariso, 2017). Ein weiterer wichtiger Aspekt des Lernens ist, dass es nicht zwingend orts- und zeitgebunden ist. Der Lernende muss zu jeder Zeit dazu in der Lage sein, sich neues Wissen anzueignen. Die anfangs erwähnte räumliche Unabhängigkeit, welche durch AR möglich ist, bietet auch hier die dafür benötigten Rahmenbedingungen (Ariso, 2017).

AR erfüllt also all das, was benötigt wird, um an moderne pädagogische und didaktische Modelle anzuknüpfen. Es ist also an der Zeit, dass die spannende Technologie flächendeckenden Einzug in den Bildungssektor erhält. Momentan

kann dies allerdings noch nicht vollständig durchgeführt werden, wenn nicht alle Probleme und Kritiken, die damit einhergehen gelöst werden. Auf diese wird im Folgenden eingegangen.

## 3.2 Probleme

So schön die Technologie „AR“ auch sein mag, sie bringt nicht viel, wenn keine flächendeckende Integration stattfindet und nicht alle davon profitieren, also sowohl Lehrende als auch Lernende.

Zunächst muss für eine funktionierende und kompatible Infrastruktur gesorgt werden, welche oftmals nicht vorhanden ist. Es fehlt sowohl an Endgeräten, welche dazu in der Lage sind, die AR-Inhalte darzustellen, als auch an grundlegenden Dingen, wie eine Anbindung an das Internet im gesamten Lehrgebäude. Auch ist es Lernenden oftmals untersagt, ihre eigenen Geräte im Lehrgebäude zu benutzen. Eine Aufhebung dieser Regel würde ein Schritt in die richtige Richtung sein, da die allermeisten modernen Geräte bereits AR-fähig sind und Lernende somit ihre eigenen Geräte benutzen könnten (Thissen, 2017). Zu einer funktionierenden Infrastruktur gehört ebenso eine geeignete Plattform, auf der es Lehrenden möglich ist, entsprechenden AR-Inhalte zur Verfügung zu stellen. Leider gibt es auch hier noch einige Baustellen. Die Erstellung dieser Inhalte ist oftmals eher den Wissenschaftlern und Technikern vorenthalten, da diese noch relativ komplex ist. Um es für die Mehrheit zu vereinfachen, bedarf es einfacher und benutzerfreundlicher Software (Ariso, 2017; Geroimenko, 2020). Außerdem müssen Lehrende entsprechend geschult werden, um adäquat mit dieser Technologie umgehen zu können (Thissen, 2017). Wissenschaftler und Forscher müssen sich mit Lehrenden zusammenschließen. Die AR darf nicht nur eine Technologie sein, welche der Forschung dient, sie muss außerhalb der Forschungsbereiche in alltägliche Gegebenheiten integrierbar sein (Geroimenko, 2020). Den Lehrenden muss ein Verständnis dafür geschaffen werden, welches Potenzial hinter AR steckt. Sie dürfen nicht abgeschreckt werden vom Umfang,

sondern müssen motiviert werden, mit dieser Technologie, ihren Unterricht zu ergänzen und verbessern (Ariso, 2017; Thissen, 2017). Dabei spielt auch die Integrierbarkeit eine wichtige Rolle. Bestehende Lernpläne sollten im besten Fall sinnvoll ergänzt werden, anstatt diese komplett neu aufzuziehen. Das kann gerade bei der älteren Generation von Lehrenden zu einem Problem werden, da hier oftmals auch ein generelles technisches Verständnis nicht vorhanden ist. Lehrende sind durch die Generationen hinweg auf unterschiedlichen technologischen Wissensständen. Auch hier bedarf es Umschulungen. Bereits in der Ausbildung sollten technisches Verständnis und der Umgang mit neuen Technologien wie AR berücksichtigt werden. Auch müssen Lehrende ihre Rollen besser verstehen und umsetzen, also weg von der klassischen Rolle des aktiven Wissensvermittlers, hin zu einem Unterricht, welcher das autonome Verhalten der Schüler fördert (Ariso, 2017; Geroimenko, 2020; Thissen, 2017).

Auf Seiten der Schüler liegen die größten Probleme wohl darin, dass es durch den Überfluss an Informationen, Geräten und Aufgaben zu einer kognitiven Überlastung kommen kann. Gerade Schüler jüngeren Alters, welche noch nicht viele Erfahrungen mit Technologie haben, könnten davon betroffen sein (Ariso, 2017). Um dies zu verhindern ist eine stufenweise Implementierung von AR-Inhalten notwendig.

Durchgeführte Studien, die sich mit diesen Themen befassen sind meist leider nur auf eine kurze Durchführungsdauer ausgelegt, hier bedarf es längere und ausführlichere Studien, welche belegen oder widerlegen, ob und wo der langfristige Einsatz von AR in Bildungseinrichtungen Sinn macht (Geroimenko, 2020).

Abschließend lässt sich also sagen, dass es noch einige Hürden zu überwinden gibt. Auch bedarf es nach wie vor einer kompatiblen und massentauglichen Software, mit der sowohl Lehrende also auch Lernende optimal arbeiten können. Die Grundsteine, in Form von AR SDKs (Software Development Kits) sind gelegt. Denn 74% aller Android Smartphones und 91% aller iPhones, welche im Umlauf sind, sind AR-fähig (Geroimenko, 2020).

Was bei all den Entwicklungen in diesem Bereich fraglich ist, ist dass die von Google entwickelte Software Plattform „AR Expeditions“ Mitte 2021 vom Markt

genommen wurde. Mit ihr war es Lehrenden und Lernenden möglich, auf eine große Bibliothek von AR-Unterrichtsinhalten zuzugreifen. Die App verzeichnete allein im Google Play Store über 1 Mio. Downloads (Geroimenko, 2020).

### 3.3 Mögliche Einsatzszenarien / Bildungsbereiche

Wie bereits festgestellt, sind die Möglichkeiten und Chancen für den Einsatz von AR im Bildungssektor sehr groß. Auch wenn aktuell noch einige Probleme diese Technologie daran hindern, ihr volles Einsatzpotenzial zu entfalten und großflächig in den Bildungssektor einzuziehen, sehen die kommenden Jahre sehr gut aus. Nicht zuletzt dadurch, dass die benötigte Technik und Infrastruktur immer günstiger wird und immer mehr Industrien und Unternehmen in die Forschung und Entwicklung von AR investieren (*Prognosen zur Marktentwicklung der Augmented Reality sind sehr optimistisch*, o. J.). Es ist also für Bildungseinrichtungen einfacher einzusteigen. Die Corona-Pandemie hat die Probleme, was die technische Infrastruktur an Schulen angeht aufgedeckt. Hier herrscht mittlerweile ein Verständnis dafür, wie wichtig eine gute digitale Infrastruktur, nicht nur in Krisenzeiten, sein kann. Wenn sich also die Infrastruktur dahingehend verbessert, so profitiert auch die Implementierung von AR im Bildungsalltag davon (Mußmann et al., 2021).

Nachfolgend wird auf zwei Beispiele eingegangen, in denen die AR-Technik bereits eingesetzt wird, um Bildungsprozesse zu optimieren und für ein besseres Verständnis zu sorgen, gerade was die Anbindung von theoretischen Unterrichtsinhalten mit praktischen Tätigkeiten angeht.

#### 3.3.1 Berufsausbildung

Der Einsatz von AR im Ausbildungsbetrieb ist ein gutes Beispiel dafür, dass diese Technologie für jede Altersgruppen anwendbar ist. Ausbildungen beinhalten

zumeist praktische Inhalte, welche in den Betrieben vermittelt werden, sowie theoretische Inhalte, welche in den Berufsschulen gelehrt werden. AR kann hierbei perfekt die Brücke zwischen Theorie und Praxis schlagen. Vor allem in handwerklichen und technischen Berufsausbildungen hat die AR ein enormes Potenzial (Thissen, 2017).

Hierbei wird oftmals mit Maschinen gearbeitet. Diese Maschinen werden, auch im Zuge der immer weiter voranschreitenden Digitalisierung, komplexer und komplizierter. Mit Hilfe von AR-Anwendungen können hierbei zusätzliche virtuelle Inhalte zu Verfügung gestellt werden, welche die in den Betrieben vorhandenen Maschinen sinnvoll mit Informationen oder Grafiken und Objekten ergänzen. Gerade unter der Berücksichtigung, dass die Maschinen, welche in den Betrieben vorhanden sind, oftmals Produktionsmaschinen sind und keine Lerngegenstände. Es ist kaum möglich Lernaktivitäten an den Maschinen durchzuführen, ohne in den laufenden Produktionsprozess einzugreifen. Die Bedienung, Instandhaltung und Wartung dieser Maschinen wäre also mit Hilfe von AR komplett virtuell erlebbar und erlernbar. Auch werden moderne Maschinen immer komplexer in ihrem Aufbau und beinhalten immer mehr kleine Einzelteile. Eine virtuelle Visualisierung von verbauten Teilen wäre hier die optimale Lösung (Thissen, 2017).

Nicht nur für Auszubildende würde sich dies anbieten, sondern auch Mitarbeitern mit Berufserfahrung kommt dies zugute, da der technische Fortschritt dieser Maschinen, wie bereits erwähnt, rasant ansteigt und selbst erfahrene Mitarbeiter damit überfordert sind. Die benötigten Daten für solche AR-Anwendungen sind in den meisten technischen Betrieben sogar bereits in Form von CAD-Daten vorhanden (Thissen, 2017).

Diese Modernisierung der Lernlandschaft in handwerklichen und technischen Ausbildungsberufen könnte des Weiteren auch die Attraktivität dieses Berufsfelds erhöhen. Außerdem erhöht es Aufmerksamkeit, Motivation und Beteiligung der Auszubildenden (Thissen, 2017).

### 3.3.2 Medizin

Die AR in der Medizin bietet nicht nur Vorteile für angehende Ärzte, sondern auch für die Patienten, welche mit Hilfe der Technologie aktiv in die Diagnose und Behandlung eingreifen können. Außerdem erhöht es ihr Verständnis für die vom Arzt diagnostizierten Krankheiten (Geroimenko, 2020).

Das in der Medizin vermittelte Wissen muss früher oder später in die Praxis umgesetzt werden. Hierbei liegt ein großer Druck auf den Studierenden, da Fehler viele Konsequenzen mit sich bringen. Die AR kann hierbei ein risikofreies virtuelles Umfeld schaffen, in dem Studierende üben können, um dann das erlernte Wissen später besser in der Praxis umsetzen zu können (Geroimenko, 2020).

Doch auch bei der Wissensvermittlung unterstützt AR enorm. Das Medizinstudium umfasst sämtliche Bereiche des Körpers. Die meisten inneren liegenden Bereiche, wie Organe, Venen und Arterien sind für uns nicht sichtbar. Im Studium funktioniert diese Wissensvermittlung in diesen Bereichen entweder mittels nachgebauter Modelle oder am Beispiel einer Leiche. Einige Themen, wie zum Beispiel die Darstellung des Blutflusses, sind an realen Modellen einfach nicht darstellbar. Mit Hilfe von AR können selbst winzig kleine Bauteile des menschlichen Körpers dargestellt werden und in der Theorie sogar um ein Vielfaches vergrößert werden. Abläufe im Gehirn oder im schlagenden Herzen können visualisiert werden. Das führt zu einem wesentlich höheren Verständnis für bestimmte Themen und mehr Sicherheit. Auch macht es das Lernen unabhängig vom Ort. Studenten können von überall aus auf die Daten zugreifen und müssen dafür nicht extra in die Uni oder das Krankenhaus (Geroimenko, 2020).

Einige Tests haben gezeigt, dass Medizin Studenten im Anatomie-Bereich mit Hilfe von AR-Lernapps in der gleichen Zeit mehr Inhalte lernen konnten (Geroimenko, 2020).

AR Anwendungen in der Medizinlehre sind also sowohl dazu in der Lage, eine bessere Verbindung zwischen theoretischen Lehrinhalten und dessen praktischen Umsetzungen zu schaffen, als auch dazu in der Lage, eine bessere



Verbindung zwischen Arzt und Patient herzustellen, um somit die Kommunikation, die Diagnose und das Verständnis für Erkrankungen zu verbessern (Geroimenko, 2020).

Es gibt trotz der ganzen Vorteile aber auch einige Nachteile, welche mit der AR in Verbindung gebracht werden. Zum einen fehlt es den Studierenden an taktilem Feedback. Sie können zwar sehen was passiert und dies beeinflussen, allerdings bleibt das Tasten und Fühlen komplett außen vor. Gerade in der Medizin ist dies sowohl in der Behandlung, als auch in der Diagnose sehr wichtig (Geroimenko, 2020).

Die klassischen Modelle sind momentan nach wie vor die geeigneteren Wahl. Die optimale Lösung wäre hier eine Kombination aus beidem. Also dort wo es Sinn macht, die Realität mit virtuellen Informationen und Inhalten zu erweitern.

## 4. Praktische Erarbeitung einer Augmented Reality App zur Digitalisierung von Museumsexponaten für das Naturkundemuseum Bielefeld

Wie Anfangs in dem Kapitel der Motivation dieses Projektes erwähnt, ging dem praktischen Teil dieser Arbeit ein Medienprojekt in Zusammenarbeit mit dem Naturkundemuseum Bielefeld vorweg. Bei diesem Projekt ging es um die Digitalisierung von Museumsexponaten, in diesem Fall konservierte Insekten. Diese wurden mit Hilfe eines „Fotogrammetrie-Verfahrens“ (mehr in Punkt 4.3.2) digitalisiert. Die digitalisierte Form der Insekten wurde anschließend in ein entsprechendes Dateiformat konvertiert, damit sie kompatibel mit der App ist. Die App wird in diesem Fall mit Xcode und der Programmiersprache „Swift“ entwickelt (*Swift - Apple Developer*, o. J.; *Xcode 14 Overview - Apple Developer*, o. J.). Sie ist also nur mit Apple-Geräten kompatibel. Eine Alternative dazu wäre die Verwendung der Game Engine „Unity“ gewesen (*Augmented-Reality-Entwicklungssoftware | AR-Engine für Apps | Unity*, o. J.). Xcode bzw. Swift bietet allerdings eine Einsteigerfreundlichere Programmierumgebung an, in welcher es aufgrund von vorkonfigurierten Frameworks (siehe 4.3.1) möglich ist, sehr schnell und effizient zu guten Ergebnissen zu kommen.

Bei der Erstellung einer solchen App gibt es einige Dinge zu beachten. Apple bietet drei verschiedene Frameworks an, mit deren Hilfe sich AR-Anwendungen umsetzen lassen: „ARKit“, „RealityKit“ und „SceneKit“ (*ARKit | Apple Developer Documentation*, o. J.; *RealityKit | Apple Developer Documentation*, o. J.; *SceneKit | Apple Developer Documentation*, o. J.). Alle drei Frameworks richten sich an unterschiedliche Usecases. Es ist dennoch möglich, mit allen dreien ähnliche Ergebnisse zu erzielen. Auch ist es möglich, Frameworks miteinander zu verbinden. So wird in diesem Fall eine Mischung aus „ARKit“ und „RealityKit“ verwendet. Die genannten Frameworks sind das technische Gerüst der AR-Anwendung. Damit die App dann auch optisch ansprechend aussieht und bedienbar ist, werden ebenfalls Frameworks benötigt. Ebenso kann bei der Gestaltung des „User Interfaces“ (UI) zwischen zwei Herangehensweisen

gewählt werden, welche von Xcode vorgegeben werden: „SwiftUI“ und „Storyboard. Bei der Verwendung von SwiftUI wird das komplette UI rein programmatisch erstellt. Nutzt man Storyboard, so kann man die Gestaltung des UI layout- und ebenenbasiert umsetzen, ähnlich wie es in Programmen wie „Adobe XD“ oder „Adobe Illustrator“ funktioniert. Um die AR-Anwendung testen zu können, benötigt man ein AR-fähiges Apple Gerät, beispielsweise ein iPhone oder ein iPad. Auf diesem Gerät kann dann der Code kompiliert werden und man kann die Anwendung vor der Fertigstellung testen.

## 4.1 Vorstellung und Funktion der App

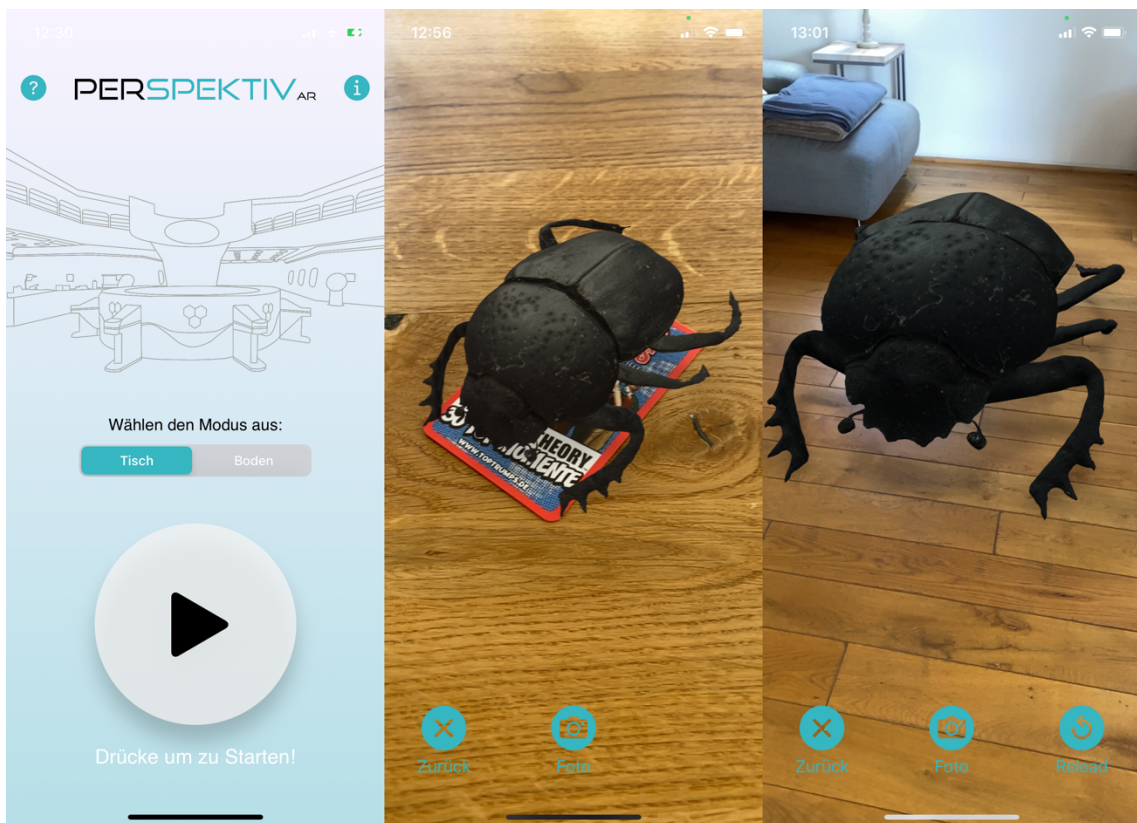


Abbildung 2: von links nach rechts: Hauptmenü, Tischmodus, Bodenmodus

Beim erstmaligen Starten der App wird dem Nutzer ein kurzes Tutorial gegeben, durch welches er sich durchklickt. Das Tutorial stellt die Funktionen der App kurz vor und erklärt, was zu tun ist. Die App funktioniert ausschließlich in Verbindung mit den Quartett-Karten. Diese können auf der Website (<https://www.perspektiv->

vr.de/ar-app) heruntergeladen werden. Die Karten dienen in diesem Fall als Marker, wie sie auch schon in 2.2 beschrieben worden sind. Die Marker sagen der Software, wie und wo das 3D-Modell dargestellt werden soll.

Im Hauptmenü der App hat der Nutzer die Möglichkeit, die App zu starten, den Modus zu wählen, das Tutorial erneut anzusehen und weitere Infos über das Projekt zu erhalten. Mit Hilfe der Modus-Wahl kann der Nutzer bestimmen, wie er sich das 3D-Objekt anschauen möchte. Dieser hat die Wahl zwischen „Tischmodus“ und „Bodenmodus“. Im Tischmodus erscheint das 3D-Objekt in der Größe des gescannten Markers. Er ist dann besonders nützlich, wenn nicht viel Platz vorhanden ist. Das Tracking des Markers wird hierbei dynamisch aktualisiert. Dadurch kann der Nutzer die Marker-Karte auch in die Hand nehmen und sie drehen und bewegen. Durch das dynamische Abfragen wirkt es so, als würde das 3D-Objekte an der Marker-Karte „kleben“. Wenn der Nutzer mehr Platz im Raum zur Verfügung hat, so kann er den „Bodenmodus“ verwenden. Im „Bodenmodus“ wird das 3D-Objekt in einem vielfach vergrößerten Maßstab dargestellt. Dadurch lassen sich kleinere Details am 3D-Objekt noch besser darstellen und betrachten. Das Tracking des Markers ist hierbei weniger dynamisch als im „Tischmodus“. Das Scannen der Marker-Karte setzt das 3D-Objekte an die entsprechende Stelle im dreidimensionalen Raum. Das 3D-Objekte ist nun dort verankert. Nimmt man die Marker-Karte weg, hat das keinen Einfluss mehr auf die Position des 3D-Objekts. Die Karte dient hier vielmehr der Orientierung und Bestimmung der Position im 3D-Raum. Aufgrund der Größe des 3D-Objekts muss der Nutzer nach erfolgreichem Scan einen Schritt zurück machen, um es in seiner vollen Gänze betrachten zu können.

Wenn der Modus im Hauptmenü ausgewählt worden ist, kann der Nutzer den Starten-Button betätigen, um in die AR-Ansicht zu gelangen. Dort erscheint dann zunächst ein kurzes Pop-Up Fenster, welches dem Nutzer nochmals den ausgewählten Modus erklärt. In der AR-Ansicht muss der Nutzer nun die Marker-Karte einscannen. Hierbei kann das Programm erkennen, welche Marker-Karte gescannt worden ist. Auf Grundlage dieser Information wird dann das passende 3D-Model geladen und angezeigt. Bei erfolgreichem Scan ertönt daraufhin ein Bestätigungs-Ton. Das 3D-Objekte wird nun je nach ausgewähltem Modus

angezeigt. Nun kann der Nutzer sich das 3D-Objekt genauer anschauen. In der AR-Ansicht stehen dem Nutzer, je nach Modus, zwei bzw. drei Buttons zur Verfügung. Zum einen ist es möglich, mit Hilfe des „Zurück-Buttons“ die AR-Ansicht wieder zu verlassen und in das Hauptmenü zu gelangen. Des Weiteren gibt es einen Kamera-Knopf, mit dem der Nutzer ein Foto der aktuellen AR-Ansicht aufnehmen kann. Dieses Foto wird automatisch in die Foto-Galerie gespeichert. Der dritte Button ist ein „Reset-Button“ und ist ausschließlich im „Bodenmodus“ verfügbar. Dieser Button setzt die AR-Szene zurück und entfernt alle 3D-Objekte daraus. Dieser Button wird im Tischmodus nicht benötigt, da hier das 3D-Objekt automatisch verschwindet, wenn die Marker-Karte nicht mehr erkannt wird.

## 4.2 Design der App

Design technisch wurde die App im Zuge dieser Arbeit komplett überarbeitet. Die originale Version entstammt aus dem bereits erwähnten Medienprojekt „PerSpektiv“ aus dem Sommersemester 2021. Dementsprechend wird sich was Farben, Schriften und Logos angeht am entsprechenden Style Guide orientiert (siehe Anhang A). Gründe für die Überarbeitung des Designs waren die neu gewonnen Erkenntnisse im UI-Design, welche unter anderem aus dieser Bachelorarbeit gewonnen wurden.

Bevor mit der Umsetzung in Xcode begonnen werden konnte, wurde ein Prototyp des Designs mit der Software „Figma“ erstellt.

Die App besteht aus sieben unterschiedlichen Views. Zentrum aller Views ist allerdings das Hauptmenü. Über dieses können alle anderen Views erreicht werden. Im Hauptmenü wurden die jeweiligen UI-Elemente in drei Funktionsprioritäten aufgeteilt: Primär-, Sekundär-, und Tertiärfunktionen.

Als Primärfunktion gilt das Starten der AR-Anwendung. Daher ist das entsprechende UI-Element größentechnisch am präsentesten.

Die Sekundärfunktion des Hauptmenüs ist der Moduswahl-Switch. Er ist größentechnisch nicht so präsent wie der Starten-Button, fällt allerdings aufgrund seiner Positionierung und Nähe zum ihm auch ins Auge des Nutzers, so dass dieser seine Funktion wahrnimmt und versteht.

Tertiärfunktionen sind in diesem Fall jene, welche Informationen über die Benutzung der App und das Projekt geben. Sie sind über die kleineren Buttons in den oberen beiden Ecken erreichbar. Sie geben dem Nutzer wichtige Informationen, die Funktion der App beeinflussen sie allerdings nicht, weshalb sie die geringste Präsenz aller UI-Elemente haben.

Neben den gerade beschriebenen UI-Elementen, welche allesamt Funktionen aufweisen, wird das Hauptmenü ebenfalls von rein optischen UI-Elementen geziert. Diese sind zum einen die Wortmarke des Projekts (siehe Anhang A), als auch eine Grafik.

In den jeweiligen AR Views wurde sich an bereits bestehenden und etablierten Konzepten orientiert. So sind hier alle Buttons auf einer horizontalen Linie am unteren Rand des Displays angeordnet. Dies ermöglicht dem Nutzer eine komfortable und intuitive Bedienung.

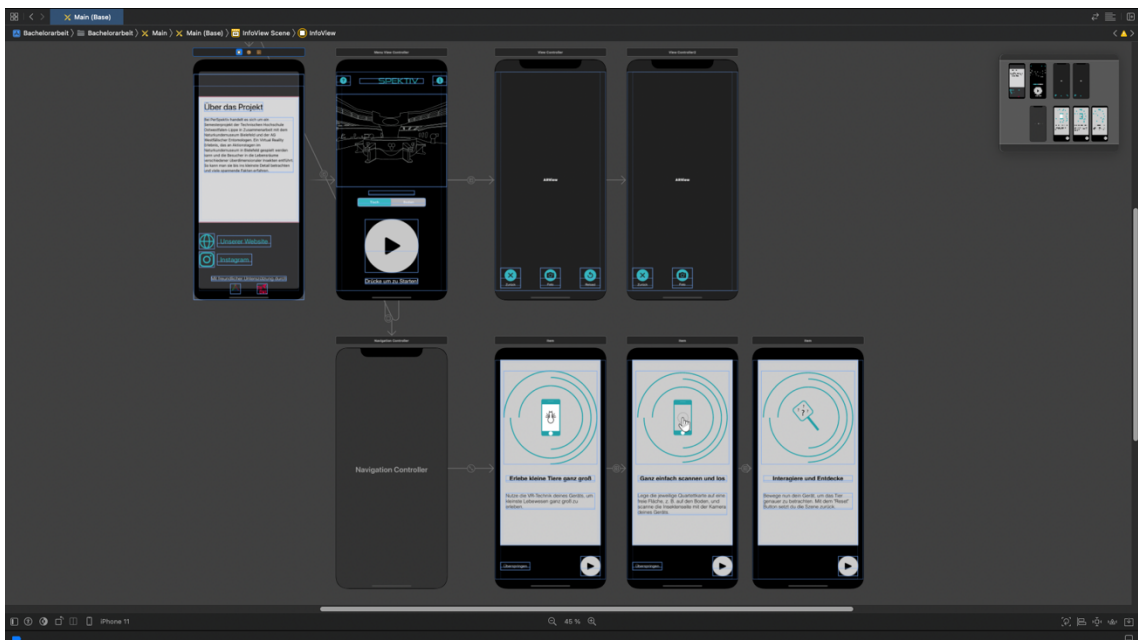


Abbildung 3: Storyboard Ansicht in Xcode

## 4.3 Technischer Hintergrund der App

Xcode bietet mehrere Optionen, wie eine App technisch gestaltet und programmiert werden kann. Zunächst hat man bei der Anlage eines Projekts die Wahl zwischen den Programmiersprachen „Swift“ (*Swift - Apple Developer*, o. J.) und „Objective-C“ (*About Objective-C*, o. J.). Swift hat sich in den letzten Jahren als die Programmiersprache für Apple Devices etabliert, weshalb darauf zurückgegriffen wird. Es gibt für Swift eine Menge an Ressourcen, welche von Apple selbst zur Verfügung gestellt werden. Nachdem sich für eine Programmiersprache entschieden wurde, muss als nächstes entschieden werden, auf welche Weise man die Gestaltung des UI umsetzen möchte. Hier besteht die Wahl zwischen „SwiftUI“ und „Storyboard“. SwiftUI ist die neuere beider Methoden und setzt auf eine rein programmatische Umsetzung. Jeder Button, Text und Switch muss also mittels einer entsprechenden Zeile Code platziert und programmiert werden. Mit Storyboard gestaltet sich die Umsetzung des UI einfacher. Hier können Texte, Buttons etc. per Mausklick an die entsprechende Stelle platziert werden. So lässt sich das UI wesentlich schneller und effizienter gestalten. Auch eine automatische Anpassung an alle iOS Gerätegrößen ist mit ein paar Mausklicks erledigt. In Storyboards arbeitet man mit sogenannten View Controllern. Ein View Controller spiegelt dabei eine Seite der App wider. So kann jede einzelne Seite individuell gestaltet werden. Damit die einzelnen View Controller dann nicht nur gut aussehen, sondern auch Funktionen haben, müssen den einzelnen View Controllern Code-Klassen zugewiesen werden. In diesen Klassen können den UI-Elementen Funktionen zugewiesen werden. Das funktioniert mit Hilfe von „IBOutlet“ und „IBAction“. Diese können mit einem simplen Mausklick dem Code hinzugefügt werden. Lediglich ein Name muss vergeben werden. IBOutlet stellen dem Code das UI-Element vor. Das Programm weiß demnach also, dass das Element existiert. Mit Hilfe des vergebenen Namens kann man auf ihn verweisen. Eine Funktion kann man ihm allerdings noch nicht vergeben. Dafür wird ein IBAction benötigt. Diese IBAction ist eine Funktion. Alles was in dieser Funktion drin steht, wird ausgeführt, sobald das UI-Element (z.B. ein Button) betätigt wird. Xcode bietet

des Weiteren eine Menge an vorkonfigurierten View Controllern und Programm-Presets an, mit denen sich einfacher arbeiten lässt. So kann beispielsweise, bevor das Projekt angelegt wird, ein AR App-Preset ausgewählt werden. In diesem Preset ist bereits der nötige Code für eine Reality-Kit Anwendung vorhanden und ein passender AR View Controller ebenfalls. So müssten in diesem Fall nur noch die passenden Assets importiert werden und die App kann grundlegend funktionieren.

Für die Zwecke dieser Anwendung greife ich auf zwei AR Frameworks zurück. RealityKit, welches ich für den Tischmodus verwende und ARKit, welches für den Bodenmodus verwendet wird.

ARKit ist das umfangreichere der Beiden. Es basiert rein auf Code und fordert zum Großteil eine manuelle Initialisierung. Dennoch nimmt das Framework dem Programmierer einen Teil der Arbeit ab. Für eine erfolgreiche AR Anwendung mit Hilfe von ARKit werden zunächst bestimmte grundlegende Voraussetzungen benötigt. Zunächst muss das darzustellende 3D-Modell in Form einer usdz-Datei in den Asset Katalog von Xcode importiert werden. Da es sich bei der Anwendung um ein Image-Tracking handelt, muss das Bild, welches getracked werden soll, ebenfalls in den Asset Katalog importiert werden, z.B. in Form einer png- oder jpg-Datei. Im Code des Programms werden Bild und Modell anschließend als „AR Reference Image“ und „Model Entity“ initialisiert. Des Weiteren müssen noch ein „Anchor Entity“, eine Konfiguration und die ARView selbst im Code initialisiert werden. Das Anchor Entity ist hierbei ein unsichtbarer Anker, welcher im dreidimensionalen Raum immer dort angelegt wird, wo sich das „AR Reference Image“ gerade befindet. Die Konfiguration beinhaltet alle wichtigen Parameter für die AR Ansicht. Die Initialisierung der AR View funktioniert durch die Verwendung des AR View Controllers automatisch. Mit Hilfe der Initialisierung kann auf die laufende AR View Session und AR View Szene zugegriffen werden, um so beispielsweise Objekte hinzuzufügen, oder zu entfernen, oder die ARView neuzustarten. Sind alle wichtigen Komponenten initialisiert, so kann die ARView Session gestartet werden. Beim Start wird daraufhin die jeweilige Konfiguration geladen. Als nächstes wird dem „Anchor Entity“ das „Model Entity“ als „child“ zugewiesen. Das hat zur Folge, dass sich das 3D Model immer dort im



dreidimensionalen Raum befindet, wo auch das „Anchor Entity“ ist. Die Koordinaten des „Anchor Entity“ werden an das „Model Entity“ vererbt. Im nächsten Schritt wird das „Anchor Entity“, somit auch das „Model Entity“, der AR View Szene hinzugefügt. Zu diesem Zeitpunkt ist das 3D-Model allerdings noch nicht sichtbar. Der Anker ist zwar schon vorhanden, hat allerdings noch keinen Platz im dreidimensionalen Raum, da das AR Reference Image noch nicht erkannt worden ist. Wenn es allerdings erkannt wird, so wird an dieser Stelle das „Anchor Entity“ platziert und das 3D Model ist sichtbar.

Die zuvor beschriebene Vorgehensweise wird dem Nutzenden bei Verwendung des RealityKit Frameworks zum Großteil komplett abgenommen. RealityKit ist einsteigerfreundlich und benötigt wenig Code, um zu funktionieren. Das liegt daran, dass hier mit dem „Reality Composer“ gearbeitet wird. Der „Reality Composer“ ist ein externes Programm, welches von Apple zur Verfügung gestellt wird. Dieser ist eine Art 3D-Viewer, in welchem die gesamte AR-Szene zusammengebaut und konfiguriert werden kann. Alles mit ein paar Mausklicks und ohne Code. So kann beispielsweise entschieden werden, welche Art des Trackings verwendet werden soll. Wird, wie in diesem Fall ein Image Tracking benutzt, so kann das Bild einfach importiert werden. Um den Rest kümmert sich der „Reality Composer“. Beim 3D Model ist es ähnlich. Es kann ganz bequem importiert werden und kann dann an die gewünschte Stelle und in die gewünschte Größe gebracht werden, ähnlich wie es in anderen 3D Programmen wie Blender oder 3DSMax funktioniert. Der „Reality Composer“ exportiert die Szene im nächsten Schritt als eine rproject-Datei. Diese Datei wird daraufhin einfach in Xcode importiert und mit zwei Zeilen Code aufgerufen. Mehr benötigt es nicht, damit es funktioniert.

Beide Frameworks haben ihre Vor- und Nachteile. ARKit ist wesentlich umfangreicher und lässt sich mehr an die Wünsche des Programmierers anpassen. RealityKit hingegen benötigt wenig Programmiererfahrung und lässt sich sehr schnell und intuitiv einstellen. Für diese Anwendung wurde auf beide Frameworks zurückgegriffen werden, da im Bodenmodus gewisse Anforderungen von RealityKit nicht erfüllt werden konnten. Der Anker muss hierbei dauerhaft an der gleichen Stelle vorliegen, damit der Nutzer ein paar

Schritte zurücktreten kann, um das 3D Modell vollständig sichtbar zu machen. Aus dieser Entfernung kann das AR Reference Image nicht mehr von der Kamera erkannt werden. Bei RealityKit verschwindet der Anker immer dann, wenn das AR Reference Image nicht mehr zu erkennen ist. Für diesen Anwendungsfall kann RealityKit demnach nicht verwendet werden.

### 4.3.1 Software, Frameworks, Programme, Coding

Damit die rcproject-Datei im Code aufgerufen werden kann, muss sie zunächst konfiguriert und mit Inhalten gefüllt werden. Dafür wird die von Xcode automatisch angelegte „Experience.rcproject“ im Reality Composer geöffnet.

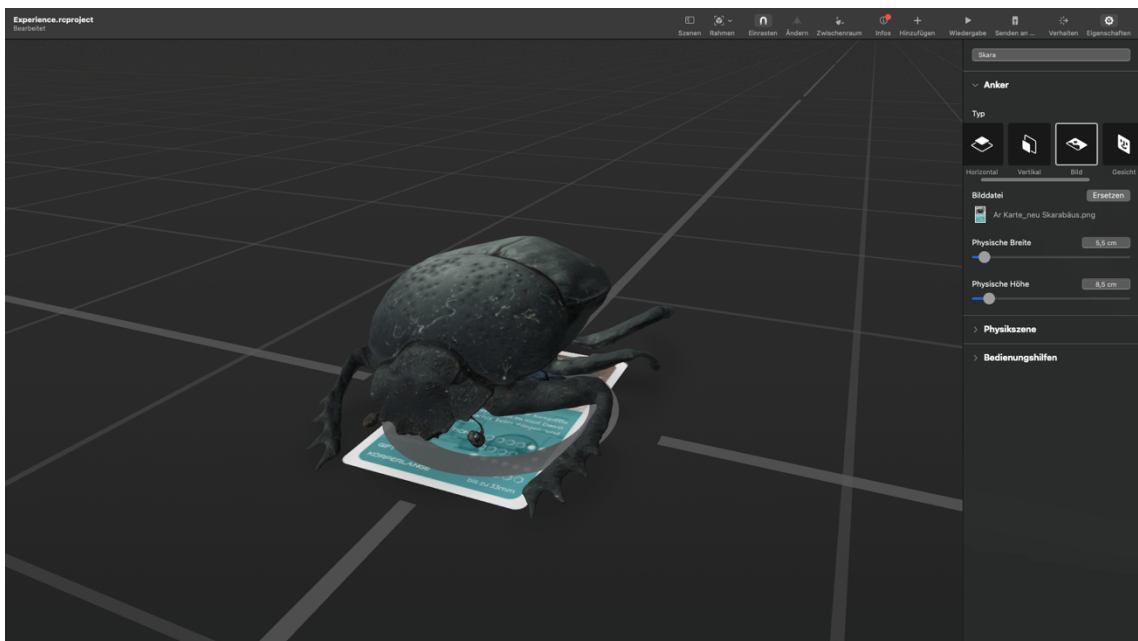


Abbildung 4: Reality Composer Software von Apple

Zunächst wird auf der rechten Seite des Programms der Ankertyp festgelegt. Es besteht die Wahl zwischen einer vertikalen oder horizontalen Oberfläche, einem „Image-Tracking“, einer Gesichtserkennung oder der Erkennung eines dreidimensionalen Objekts. In diesem Fall wird das „Image-Tracking“ ausgewählt. Damit es richtig funktioniert, muss zunächst eine Bilddatei importiert werden. Diesem Bild muss dann eine Höhe und eine Breite gegeben werden. Es muss also die reale Größe des Bildes, welches man mit der Kamera scannt,

angegeben werden, damit das Programm später das 3D-Objekt im richtigen Maßstab anzeigen kann. Zuletzt wird dem Anker ein Name gegeben, damit dieser später im Code aufgerufen werden kann und er sich eindeutig von anderen Ankern in der rcproject-Datei unterscheiden lässt. Ist der Anker angelegt, können die 3D-Objekte mit Hilfe des „+“-Buttons hinzugefügt werden. Wurden alle Objekte hinzugefügt, kann die Position, Rotation und Skalierung dieser bestimmt werden. Zu guter Letzt können im Reality Composer zusätzlich „Verhalten“ hinzugefügt werden. Das sind bspw. Töne oder Animationen, die bei gewissen Ereignissen ausgelöst werden. In diesem Fall wird ein Ton wiedergegeben, wenn das 3D-Objekt erscheint, damit der Nutzer weiß, dass der Scan der Tracker-Karte erfolgreich war. Die rcproject-Datei ist nun fertig konfiguriert und kann gespeichert werden. In Xcode werden die Anker und 3D-Objekte mittels zweier Zeilen Code dann initialisiert und aufgerufen.

```
173     let skaraAnchor = try! Experience.loadSkara()
174
175     arView.scene.anchors.append(skaraAnchor)
```

Abbildung 5: Initialisierung von Anker und 3D-Objekt

Der Tischmodus mit Hilfe des RealityKit-Frameworks ist somit technisch abgeschlossen. Damit der Bodenmodus auch funktioniert, benötigt es mehr Code, da hierfür das ARKit-Framework benutzt wird. Bevor allerdings mit dem Programmieren angefangen werden kann, müssen alle benötigten Frameworks in Xcode importiert werden.

```
8     import UIKit
9     import RealityKit
10    import ARKit
```

Abbildung 6: Import der benötigten Frameworks

Zunächst werden der Marker-Tracker, der Anker, das 3D-Model, die AR Konfiguration und der „Scan-Sound“ initialisiert. Ihnen wird ein eindeutig zuweisbarer Name gegeben, um sie später im Code wieder aufrufen zu können.

```
35     let myImage = ARReferenceImage.referenceImages(inGroupNamed:
36         "AR", bundle: nil)
37     let anchor1 = AnchorEntity(.image(group: "AR", name: "02"))
38     let model1 = try! Entity.load(named: "Skarabaus_app")
39     let configuration = ARWorldTrackingConfiguration()
40     let audioLoad = "sound1.wav"
```

Abbildung 7: Initialisierung von Marker-Tracker, Anker, 3D-Model, AR Konfiguration und Scan-Sound

Darauffolgend wird in der Konfiguration festgelegt, um welche Art des Trackings es sich handelt und wo das Programm nach den entsprechenden Bildern schauen soll. Auch hier muss den Bildern wieder Breite und Höhe zugewiesen werden, damit die Skalierung des 3D-Objekts vernünftig funktioniert. Es wird außerdem festgelegt, dass der Rest der Konfiguration automatisch von Xcode übernommen werden soll. Zu guter Letzt kann dann die „AR-Session“ mit der vorher definierten Konfiguration gestartet werden.

```
63 configuration.detectionImages = myImage
64 arView.automaticallyConfigureSession = true
65 arView.session.run(configuration)
```

Abbildung 8: von oben nach unten: Festlegung der Tracking-Art, automatische Session Konfiguration, Start der Session

Die „AR-Session läuft jetzt, ihr fehlen allerdings die Inhalte. Zunächst wird das 3D-Objekt dem Anker zugewiesen. Dann wird der Anker der „AR-Session hinzugefügt. Wird das zugehörige Bild von der Kamera erkannt, so wird der Anker an dieser Stelle positioniert und das 3D-Model wird angezeigt.

```
71 anchor1.addChild(model1)
72 arView.scene.addAnchor(anchor1)
```

Abbildung 9: von oben nach unten: Zuweisung des 3D-Objekts an den Anker, Anker wird der Szene hinzugefügt

Damit, genau wie bei dem Tischmodus, ein Ton abgespielt wird, wenn der Scan erfolgreich war, wird der zuvor initialisierte Sound einem Audiocontroller zugewiesen. Dieser wird dann bei erfolgreichem Scan abgespielt.

```
68 let audioSetup = try! AudioFileResource.load(named:
    audioLoad, in: nil, inputMode: .spatial,
    loadingStrategy: .preload, shouldLoop: false)
69 let audioController = anchor1.prepareAudio(audioSetup)
74 do {
75     try
        AVAudioSession.sharedInstance().setCategory(
            .playback)
76 } catch(let error) {
77     print(error.localizedDescription)
78 }
79
80 audioController.play()
```

Abbildung 10: Initialisierung und Ausführung des Scan-Sounds

Während die AR Session läuft, hat der Nutzer zusätzlich die Möglichkeit, ein Foto der aktuellen AR-View zu machen. Dazu wird im Code ein Screenshot der View gemacht, welcher dann als png-Datei komprimiert und anschließend in die Foto-Galerie gespeichert wird.

```

102  @IBAction func takePhoto(_ sender: Any) {
103      arView.snapshot(saveToHDR: false) { (image) in
104
105          let compressedImage = UIImage(data:
              (image?.pngData()!))
106
107          UIImageWriteToSavedPhotosAlbum(compressedImage!,
              nil, nil, nil)

```

Abbildung 11: Foto-Button Funktion

Damit der Reload-Button, welcher ausschließlich im Bodenmodus gebraucht wird funktioniert, wird bei seiner Ausführung die AR Session erneut geladen. Diesmal wird der Konfiguration allerdings hinzugefügt, dass alle schon vorhandenen Anker und Modelle in der Szene entfernt werden.

```

85  @IBAction func reloadScene(_ sender: Any) {
86      let session = arView.session
87      session.run(configuration, options:
          .removeExistingAnchors)

```

Abbildung 12: Reload-Button Funktion

Um den Modus auszuwählen, welcher im Menü gestartet werden soll, werden zunächst zwei View Controller angelegt, welchen ein eindeutiger Identifier gegeben wird: „01“ und „02“. View Controller 01 wird dann die zuvor angelegte „RealityKit“ Klasse zugewiesen, View Controller 02 die „ARKit“ Klasse. Dann wird mit Hilfe eines Switch Case Befehls abgefragt, auf welchen Modus gestellt wurde. Je nach Modus wird dann der jeweilige View Controller aufgerufen.

```

148  @IBAction func tabToStart(_ sender: Any) {
149      switch choseModeOutlet.selectedSegmentIndex {
150      case 1:
151          performSegue(withIdentifier: "01", sender: self)
152      default:
153          performSegue(withIdentifier: "02", sender: self)

```

Abbildung 13: Start-Button Funktion und Modus Abfrage

### 4.3.2 Scan der benutzten Assets (Museumsexponate)

Die Grundlage des gesamten Digitalisierungsprozesses ist die Fotogrammetrie. Bei diesem Verfahren wird aus einer Vielzahl von Fotos, aus allen Richtungen und Winkeln eines Objekts, eine digitale Kopie dieses Objekts erstellt. Die benötigte Software analysiert alle Bilder und versucht gleiche Bildpunkte in verschiedenen Bildern zu erkennen. So kann sich die Software alle Bilder logisch zusammensetzen und im dreidimensionalen Raum richtig zuordnen. Die Software weiß also, aus welchem genauen Winkel welches Foto geschossen wurde. Mit diesen Informationen kann die Software dann ein 3D-Modell errechnen und ausgeben. Die Bilder werden außerdem für die Erstellung der Textur verwendet. Aus allen Bildern wird also eine große Textur zusammengefügt. Da es sich im Falle dieses Projekts um winzig kleine Objekte handelt, mussten noch einige andere Verfahren und Techniken angewendet werden, damit die Fotogrammetrie-Software letztendlich brauchbare Bilder hat und die Erzeugung des 3D-Modells nicht fehlerhaft abläuft. So wurde mit einem Makro-Objektiv gearbeitet, damit möglichst viele Details vorhanden sind. Da das Makro-Objektiv allerdings nur einen schmalen Fokusbereich hat, waren Großteile des Objekts unscharf. Um dies zu verhindern, wurde mit Fokus-Stacking gearbeitet. Dabei werden aus der gleichen Position mehrere Aufnahmen vom Objekt gemacht. Der Fokusbereich jedoch wird bei jedem der einzelnen Bilder leicht verschoben. So erhält man verschiedenste Bilder, bei denen jeweils andere Teile des Objekts im scharfen Bereich liegen. Mit Hilfe einer Fokus-Stacking Software können diese Bilder dann zusammengefügt werden, sodass ein Bild generiert wird, bei dem alle Bereiche des Objekts scharf sind. Somit sind genug Details für die Fotogrammetrie-Software vorhanden.



Abbildung 14: Vollständiger Foto-Stack des Objektes (Quelle: Foto zur Verfügung gestellt von Marius Stümmler)

Das Modell, welches die Software errechnet, hat so viele Details, dass es viel zu viel Speicher verbraucht und daher nicht performant genug für die AR-Anwendung ist. Die Auflösung des Modells muss folglich um ein Vielfaches verringert werden. Dafür ist nach erfolgreicher Generierung des 3D-Modells ein wenig Nachbearbeitung nötig.

Dazu wird zunächst das Modell genommen und in die 3D Software Blender importiert. In Blender wird das Modell zunächst von allen Fehlern bereinigt, um vernünftig damit arbeiten zu können. Im nächsten Schritt wird das Modell genommen und in seiner Auflösung verringert. Durch die Minderung der Auflösung gehen ein Großteil an Details komplett verloren. Um diese Details wiederherzustellen, werden die Details des Original-Modells in eine Normal-Map „gebaked“. Dabei speichert die Software die Höhen- und Tiefeninformationen des Modells in einer 4K-Bilddatei. Die Farben dieser Bilddatei korrespondieren mit der jeweiligen Höhe, bzw. Tiefe an der entsprechenden Stelle im Modell. Diese Bilddatei ist sehr kompakt und verbraucht viel weniger Speicher. Die Software ist später dann dazu in der Lage, die „Normal Map“ mathematisch zu interpretieren. Dadurch entsteht dann der Eindruck, als hätte das 3D-Modell eine Menge an Details, obwohl es sich dabei nur um eine Illusion auf Basis der „Normal Map“ handelt.

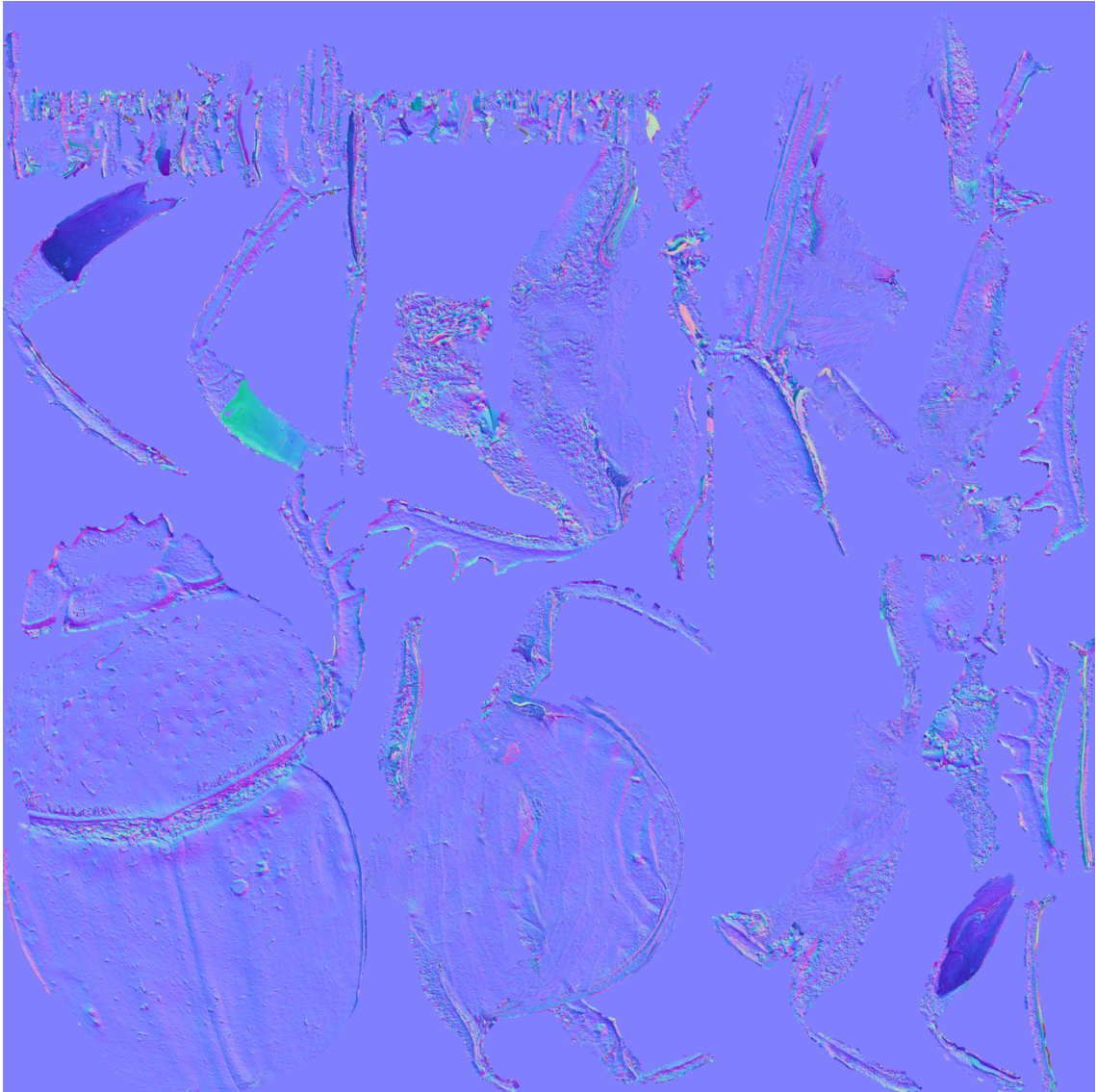


Abbildung 15: Normal-Map des 3D-Objektes

Zu guter Letzt werden 3D-Modell, Bildtextur und Normal Map zusammen in eine usdz-Datei konvertiert, damit sie von Xcode gelesen werden kann.

#### 4.4 Benefits für Nutzer und Museum

Die am Ende fertige App bietet mehrere Vorteile für das Museum sowie dessen Besucher. Mit der Einführung einer solchen App, könnten zusätzlich bisher überwiegend unerreichte Altersgruppen in die Zielgruppe des Museums eingeschlossen werden. Die Nutzer von Smartphones, Tablets und sonstigen digitalen Medien werden immer jünger. Die Erweiterung der analogen



Museumsinhalte mit digitalen Inhalten würde das Interesse an einem Museumsbesuch steigern. Es gibt viel mehr zu entdecken und auch der ganze Besuch an sich wird viel interaktiver. Davon könnten die Museen enorm profitieren. Neben der Freude durch mehr Besuchermassen, kann zudem das Museumserlebnis neu erlebt und mit zusätzlichen digitalen Inhalten erweitert werden. So sind die Tiere, wie in diesem Fall, nicht mehr nur leblose Objekte in einer Vitrine, sondern erlebbare Objekte, mit denen spielerisch interagiert werden kann. Des Weiteren kann nicht nur spielerisch eine Menge geboten werden, mit Hilfe der App können Nutzer auch noch einiges lernen. Die App funktioniert wie eine Art Lupe. Nutzer können also die kleinsten Details der Tiere klar und deutlich sehen und entdecken. Doch nicht nur Tiere sind denkbare Inhalte für AR-Anwendungen. Prinzipiell jedes Exponat eines Museums kann digitalisiert werden um dann mit Hilfe von AR und/oder VR visualisiert werden. So wäre es denkbar, ganze Museumsbereich zu digitalisieren und diese dann von zu Hause als eine digitale Tour erleben zu können. Das würde nicht nur denen zugutekommen, die keine Zeit für einen Museumsbesuch haben oder einfach zu weit entfernt wohnen, sondern auch das Museum selbst könnte durch digitale Touren einen komplett neuen Einkommensstrang bekommen.

## 5. Diskussion und Zukunftsausblick von Augmented Reality

Wenn auf die Entwicklung der AR zurückgeschaut wird, so ist der Fortschritt, den diese Technologie gemacht hat, enorm. Erste Versuchungen und Forschungen zum Thema AR kommen aus Zeiten, in denen keine PCs, geschweige denn Smartphones vorhanden waren (Tönnis, 2010). Die ersten Anwendungen wurden demnach ohne die Einbeziehung dieser Geräte entwickelt (Mehler-Bicher et al., 2011). Angefangen bei riesigen, an der Decke montierten HMDs (Tönnis, 2010), können heutzutage leistungsstarke und realistische Anwendungen, auf kleinen Geräten in unserer Hand dargestellt werden. Das veranschaulicht sehr gut, wie anpassungsfähig und variabel einsetzbar diese Technologie wirklich ist. Der heutige Fortschritt der AR ist auch dem zu verdanken, dass die Forschung und Industrie früh damit begonnen hat, viele finanzielle Mittel in die Entwicklung und Erprobung zu investieren („Industrial Augmented Reality“, 2022; Mehler-Bicher et al., 2011). Gerade in der Industrie ist der Vorteil, den diese Technologie mit sich bringt, enorm. Dennoch ist eine Menge an Potenzial noch lange nicht ausgeschöpft (*Prognosen zur Marktentwicklung der Augmented Reality sind sehr optimistisch*, o. J.). So war AR anfangs nur denen vorbehalten, die viel Geld investierten (Mehler-Bicher et al., 2011). Mittlerweile können auch kleinere Unternehmen und Einrichtungen Gebrauch von dieser Technologie machen (Thissen, 2017). Das liegt zum großen Teil am starken technologischen Fortschritt der letzten Jahre, gerade im Bereich der mobilen Geräte, wie Smartphones und Tablets. Die Einstiegspreise für leistungsstarke Geräte werden immer geringer. Das kommt AR-Anwendungen zugute, da hier eine schnelle Verarbeitung von Echtzeitdaten nötig ist. Durch den enormen Leistungsanstieg von Prozessoren und Grafikchips in Smartphones und Tablets wird ein Einstieg in die Welt von AR immer erschwinglicher (Dörner et al., 2013). Das ist gerade für Unternehmen und Einrichtungen interessant, welche eine große Menge an Geräten brauchen, bspw. Schulen oder Ausbildungsbetriebe. Folgt man den Trends und Entwicklungen der letzten Jahre, so werden die technischen Fortschritte in den genannten Märkten noch mehr ansteigen, was zum einen den

Preisen, als auch den Qualitäten der AR-Anwendungen zugutekommt (*Prognose zum Umsatz mit Augmented Reality in Deutschland bis 2024*, 2020). Doch nicht nur die Geräte sind wichtig für AR-Anwendungen, sondern auch die Inhalte und Software (Geroimenko, 2020). Auch hier hat sich in den letzten Jahren einiges getan und es wird sich in Zukunft auch noch einiges tun. In der Welt der computergenerierten Inhalte gibt es seit Jahren das Problem, dass es keine Vereinheitlichung von Formaten und Standards gibt. Es gibt zu viele Dateiformate und Programme. Da AR-Anwendungen leistungseffizient arbeiten müssen, wird hier mit kleineren Dateiformaten wie z.B. usdz gearbeitet. Die 3D Inhalte müssen also häufig konvertiert werden. Hierbei kann einiges schiefgehen. Damit das nicht geschieht, wollen sich große Unternehmen und Institute des Sektors, wie z.B. Nvidia, zusammentun, um für eine Vereinheitlichung in Form von Dateiformaten und Programmen zu sorgen (*Universal Scene Description (USD) at NVIDIA*, o. J.). Am Ende soll dabei eine große Plattform namens „Omniverse“ entstehen, die voll mit vereinheitlichten Inhalten ist (*Omniverse Platform for Virtual Collaboration*, o. J.). Eine solche Plattform, auf der sich alle AR-Anwender zusammenfinden und sich gegenseitig austauschen können würde allen Beteiligten nur Vorteile bringen und dafür sorgen, dass AR noch flächendeckender in allen Sektoren eingesetzt werden kann. Apple versucht ebenfalls die AR für alle zugänglich zu machen. Mit der „Reality Composer“ Software haben sie es Nutzern ermöglicht, mit nur wenigen Klicks und ohne viel Programmierarbeit, qualitative AR-Anwendungen zu erstellen (*AR Creation Tools - Augmented Reality*, o. J.). Mit der Anwendung „Swift Playgrounds“ führen sie außerdem spielerisch an die Programmierung von Anwendungen heran (*Swift Playgrounds*, o. J.).

Damit AR in der breiten Masse ankommt und von ihr genutzt werden kann, muss die Technologie und dessen Inhalte so einfach und günstig wie möglich zugänglich sein. Nur so kann das volle Potenzial von AR ausgeschöpft werden.

## 6. Fazit

Die vorliegende Arbeit hat sich mit dem Thema AR beschäftigt. Dabei wurde die Fragestellung untersucht, inwiefern diese Technologie didaktisch eingesetzt werden kann und wie sie aktuell schon eingesetzt wird. Dabei wurde ein Überblick über verschiedenste Bildungssektoren gegeben. Es wurde deutlich aufgezeigt, inwiefern AR beim Lernprozess in den verschiedensten Prozessstufen und Anwendungsfällen genutzt werden kann. Gerade in technischen und medizinischen Ausbildungen kann diese Technologie eine ganz neue Dimension an Lehrinhalten bieten. Diese Ausbildungen und Lehren beschäftigen sich oft mit kleinen oder verborgenen Elementen, welche mit Hilfe von AR visualisiert werden können. Nachweislich lernen Menschen besser und effektiver, wenn sie Lehrinhalte über verschiedenste Kanäle und Sinne aufnehmen, was für den Einsatz von Technologien wie AR spricht.

Diese Arbeit hat ebenso die Schwächen und Probleme von AR aufgezeigt. Häufig fehlt es an Kompetenz oder Infrastruktur, um diese Technologie effizient und sinnvoll nutzen zu können. Zudem fehlt es an Langzeitstudien, welche den Lerneffekt klar belegen. Doch nicht nur auf Seiten der Konsumenten liegen die Probleme. Auch auf Seiten der Hersteller fehlt es an Infrastruktur. Beispielsweise einer einheitlichen Plattform auf der alle Lernenden und Lehrende zusammenkommen können.

AR sollte nicht dazu genutzt werden, Strukturen zu ersetzen und neu zu denken. Vielmehr sollte es als ergänzendes Lehrmittel in Bereichen eingesetzt werden, in denen es als sinnvoll erscheint. Das Lernen sollte im Endeffekt nicht verkompliziert werden. AR sollte Schritt für Schritt integriert werden, um sowohl Lernende als auch Lehrende optimal mit der Technologie vertraut zu machen. Außerdem ist es von Nöten mehr Aufmerksamkeit für AR zu erzeugen. AR steht immer noch im Schatten der VR. Meiner Meinung nach völlig zu Unrecht, da AR die wesentlich massentauglichere Technologie ist. Es wird keine extra Brille oder Sensoren benötigt. So gut wie alle Smartphones und Tablets sind AR-fähig und können daher genutzt werden. Das macht die Technologie flexibler und variabler einsetzbar.

Abschließend kann ich sagen, dass mir die Recherche und Erarbeitung dieser Arbeit eine Menge neuere Erfahrung und Erkenntnisse gebracht hat. Ich persönlich bin ein großer Fan dieser Technologie und sehe in ihr eine Menge Potenzial für die Zukunft. Die Erstellung von AR-Inhalten und Anwendungen kann anfangs sehr kompliziert wirken. Doch wenn man sich intensiver damit befasst, macht es umso mehr Freude, wenn man erste Ergebnisse erzielt. Mir hat daher der praktische Teil dieser Arbeit besonders gut gefallen und ich bin mit den erzielten Ergebnissen und gewonnenen Erkenntnissen sehr zufrieden.

## Anhänge

Anhang A: Style Guide der App (Quelle: Entammt aus dem Medienprojekt „PerSpektiv“ aus dem Sommersemester 2021. Erstellt von Ebru Karliyol, Jessica Stach und Susann Ehrig. Abgerufen unter: <https://trello.com/c/GrtaZueS/63-style-guide>)

### FARBKONZEPT

---

|   |  |  |   |
|---|--|--|---|
| <br>CMYK 33 0 11 0<br>RGB 182 223 231<br>Hex #B6DFE7  | <br>CMYK 51 0 17 0<br>RGB 132 204 216<br>HEX #84CCD8 | <br>CMYK 64 0 25 0<br>RGB 82 190 199<br>HEX #52BEC7 | <br>CMYK 71 0 30 0<br>RGB 41 182 188<br>HEX #29B6BC |
| <br>CMYK 77 14 35 0<br>RGB 18 160 168<br>HEX #12A0A8 | <br>CMYK 0 0 0 0<br>RGB 255 255 255<br>HEX #FFFFFF  | <br>CMYK 91 79 62 97<br>RGB 0 0 0<br>HEX #000000   |   |

03

# TYPOGRAPHIE

---

Montserrat

ABCDEFGHIJKLMN  
OPQRSTUVWXYZ  
abcdefghijklmn  
opqrstuvwxyz  
0123456789

GOOD TIMES

ABCDEFGHIJKLMN  
OPQRSTUVWXYZ  
0123456789

## 04

# LOGO

---



## 05

# WORT UND BILDMARKE

---

Wortmarke

PERSPSEKTIV<sub>VR</sub>

Bildmarke



06



## Literaturverzeichnis

*About Objective-C.* (o. J.). Abgerufen 30. August 2022, von <https://developer.apple.com/library/archive/documentation/Cocoa/Conceptual/ProgrammingWithObjectiveC/Introduction/Introduction.html>

*AR Creation Tools—Augmented Reality.* (o. J.). Apple Developer. Abgerufen 1. September 2022, von <https://developer.apple.com/augmented-reality/reality-composer/>

Ariso, J. M. (Hrsg.). (2017). *Augmented reality: Reflections on its contribution to knowledge formation.* De Gruyter.

*ARKit | Apple Developer Documentation.* (o. J.). Abgerufen 30. August 2022, von <https://developer.apple.com/documentation/arkit/>

ARToolKit. (2022). In *Wikipedia*. <https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=ARToolKit&oldid=1087501201>

*Augmented Reality mit der IKEA Place App.* (2019, September 23). <https://www.ikea.com/de/de/this-is-ikea/corporate-blog/ikea-place-app-augmented-reality-puba55c67c0>

*Augmented-Reality-Entwicklungssoftware | AR-Engine für Apps | Unity.* (o. J.). Abgerufen 30. August 2022, von <https://unity.com/de/unity/features/ar>

Dörner, R., Broll, W., Grimm, P., & Jung, B. (Hrsg.). (2013). *Virtual und Augmented Reality (VR / AR).* Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-28903-3>

*Gastautor Prof. Dr. Peter Heilig: Morton Heilig, (1926 – 1997) „Vater der Virtual Reality“ | VAN SWIETEN BLOG – Infos und News.* (2020, März 3). <https://ub.meduniwien.ac.at/blog/?p=34532>

Geroimenko, V. (Hrsg.). (2020). *Augmented reality in education: A new technology for teaching and learning.* <https://doi.org/10.1007/978-3-030-42156-4>

*History—2000—The World’s First Outdoor Augmented Reality Video Game | Atomic Digital Design.* (2021, Januar 22). <https://atomicdigital.design/blog/2000-augmented-reality-video-game>

*Horizon Report 2021.* (2021, Mai 21). [Collection]. Deutscher Bildungsserver. [https://www.bildungsserver.de/onlineressource.html?onlineressourcen\\_id=62527](https://www.bildungsserver.de/onlineressource.html?onlineressourcen_id=62527)

Industrial augmented reality. (2022). In *Wikipedia*.  
[https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Industrial\\_augmented\\_reality&oldid=1081368862](https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Industrial_augmented_reality&oldid=1081368862)

Jordan, M. (2020, September 20). *Das MBUX Augmented Reality Head-Up Display der S-Klasse*. Mercedes-Benz Passion Blog / Mercedes Benz, smart, Maybach, AMG & EQ | MBpassion. <https://mbpassion.de/2020/09/das-mbux-augmented-reality-head-up-display/>

Kerres, M. (2018). *Mediendidaktik: Konzeption und Entwicklung digitaler Lernangebote* (5. Auflage). De Gruyter Oldenbourg.

Mehler-Bicher, A., Reiß, M., & Steiger, L. (2011). *Augmented Reality: Theorie und Praxis*. Oldenbourg-Verl.

Microsoft HoloLens. (2021). In *Wikipedia*.  
[https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Microsoft\\_HoloLens&oldid=215271701](https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Microsoft_HoloLens&oldid=215271701)

Morton Heilig. (2021). In *Wikipedia*.  
[https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Morton\\_Heilig&oldid=216873193](https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Morton_Heilig&oldid=216873193)

Mußmann, F., Hardwig, T., Riethmüller, M., & Klötzer, S. (2021). *Studie: Digitalisierung im Schulsystem—Herausforderung für Arbeitszeit und Arbeitsbelastung von Lehrkräften*.  
[https://www.gew.de/fileadmin/media/sonstige\\_downloads/hv/Service/Presse/2021/Digitalisierung-im-Schulsystem---Studie.pdf](https://www.gew.de/fileadmin/media/sonstige_downloads/hv/Service/Presse/2021/Digitalisierung-im-Schulsystem---Studie.pdf)

*Omniverse Platform for Virtual Collaboration*. (o. J.). NVIDIA. Abgerufen 1. September 2022, von <https://www.nvidia.com/en-us/omniverse/>

Pokémon Go. (2022). In *Wikipedia*.  
[https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Pok%C3%A9mon\\_Go&oldid=224988531](https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Pok%C3%A9mon_Go&oldid=224988531)

PricewaterhouseCoopers. (o. J.). *Studie: Deutscher Virtual-Reality-Markt wächst über die Nische hinaus*. PwC. Abgerufen 25. August 2022, von <https://www.pwc.de/de/technologie-medien-und-telekommunikation/studie-deutscher-virtual-reality-markt-waechst-ueber-die-nische-hinaus.html>

*Prognose zum Umsatz mit Augmented Reality in Deutschland bis 2024*. (2020, September). Statista.  
<https://de.statista.com/statistik/daten/studie/1247610/umfrage/prognose-zum-umsatz-mit-augmented-reality-in-deutschland/>

*Prognosen zur Marktentwicklung der Augmented Reality sind sehr optimistisch*. (o. J.). Abgerufen 29. August 2022, von <https://www.barff.de/enormes-wachstumspotenzial-f%C3%BCr-die-erweiterte-realit%C3%A4t>

*RealityKit* | *Apple Developer Documentation*. (o. J.). Abgerufen 30. August 2022, von <https://developer.apple.com/documentation/realitykit/>

*SceneKit* | *Apple Developer Documentation*. (o. J.). Abgerufen 30. August 2022, von <https://developer.apple.com/documentation/scenekit/>

Stereodisplay. (2022). In *Wikipedia*.  
<https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Stereodisplay&oldid=223271909>

*Swift Playgrounds*. (o. J.). Apple (Deutschland). Abgerufen 1. September 2022, von <https://www.apple.com/de/swift/playgrounds/>

*Swift—Apple Developer*. (o. J.). Abgerufen 30. August 2022, von <https://developer.apple.com/swift/>

Thissen, F. (Hrsg.). (2017). *Lernen in virtuellen Räumen: Perspektiven des mobilen Lernens*. De Gruyter Saur.

Tönnis, M. (2010). *Augmented reality: Einblicke in die erweiterte Realität*. Springer.

*Universal Scene Description (USD) at NVIDIA*. (o. J.). NVIDIA. Abgerufen 1. September 2022, von <https://www.nvidia.com/en-us/omniverse/USD/>

*Xcode 14 Overview—Apple Developer*. (o. J.). Abgerufen 30. August 2022, von <https://developer.apple.com/xcode/>

## **Eidesstattliche Erklärung**

Hiermit versichere ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe, dass alle Stellen der Arbeit, die wörtlich oder sinngemäß aus anderen Quellen übernommen wurden, als solche kenntlich gemacht sind und dass die Arbeit in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt wurde.

Bad Salzuflen, den 05.09.22

---