



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg  
*Hamburg University of Applied Sciences*

# **Bachelorarbeit**

Robert Rehder

Erweiterte Realität - Potenzialanalyse am Beispiel  
von Segelunterricht

**Robert Rehder**

Erweiterte Realität - Potenzialanalyse am Beispiel von  
Segelunterricht

Abschlussarbeit eingereicht im Rahmen meines Studiums

im Studiengang Bachelor Wirtschaftsinformatik  
am Department Informatik  
der Fakultät Technik und Informatik  
der Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

Betreuender Prüfer : Herr Prof. Philipp Jenke  
Zweitgutachter : Prof. Dr. Ulrike Steffens

Abgegeben am 23.02.2017

**Robert Rehder**

**Thema der Arbeit**

Erweiterte Realität - Potenzialanalyse am Beispiel von Segelunterricht

**Stichworte**

Erweiterte Realität, virtuelle Realität, Trackingverfahren, AR-App

**Kurzzusammenfassung**

Einführung in die Erweiterte Realität, sowie Anwendungsszenarien aus der Industrie und Wirtschaft. Im Rahmen dieser Abschlussarbeit wurde eine App im Prototypstatus entwickelt und getestet, um das Potenzial von Erweiterter Realität bei der Unterstützung von Segelunterricht zu untersuchen.

**Robert Rehder**

**Title of the paper**

Augmented Reality – potential analysis using the example of sailing lessons

**Keywords**

Augmented reality, virtual reality, tracking method, AR-App

**Abstract**

Introduction to augmented reality and practical examples of application in the industrial and economic sector. This paper illustrates the use of augmented reality as supportive tool during sailing lessons.

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>Einführung</b>	<b>7</b>
2.1	Definition und Abgrenzung zu Virtual Reality	7
2.2	Entwicklung	9
2.3.	Möglichkeiten und Einsatzgebiete	9
<b>3</b>	<b>Technische Einführung</b>	<b>11</b>
3.1	Trackingverfahren	11
3.1.1	Visuelles Tracking mit Marker	12
3.1.2	Visuelles Tracking ohne Marker	14
3.2	Ausgabegeräte	15
3.2.1	Mobile Geräte	16
3.2.2	Datenbrille (Head-Mounted-Display)	17
3.2.3	Head-Up-Display	17
3.3	Software, AR-Browser, Apps	18
3.3.1	AR-Browser	19
3.3.2	Apps	19
3.3.3	Vor- und Nachteile	20
<b>4</b>	<b>Anwendungsszenarien</b>	<b>21</b>
4.1	AR in der Industrie	21
4.1.1	Beispiel: Baupläne mit AR	21
4.1.2	Beispiel: Mitarbeiterschulung	24

4.1.3	Beispiel: Mini Augmented Vision .....	24
4.2	Nutzen in der Wirtschaft (Marketing).....	27
4.2.1	Beispiel: Lego Digital Box .....	28
4.2.2	Beispiel: Virtuelle Brillenanprobe .....	29
4.2.3	Beispiel: Bushaltestellenwerbung als Marketingtrick.....	30
<b>5</b>	<b>Prototyp AR App.....</b>	<b>31</b>
5.1	Motivation.....	31
5.2	Konzept .....	31
5.2.1	Idee.....	31
5.2.2	Aufbau .....	32
5.2.3	Anwendungsfall.....	33
5.3	Implementierung.....	34
5.3.1	Plattform .....	34
5.3.2	Arbeitsumgebung.....	34
5.3.3	Umsetzung .....	35
5.4	Evaluation.....	37
5.4.1	Testgerät .....	37
5.4.2	Vorgehen.....	37
5.4.3	Szenario.....	38
5.4.4	Ergebnis.....	39
<b>6</b>	<b>Ausblick.....</b>	<b>40</b>
<b>7</b>	<b>Fazit .....</b>	<b>41</b>
	<b>Glossar .....</b>	<b>42</b>
	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>43</b>
	<b>Versicherung über Selbstständigkeit .....</b>	<b>46</b>

# 1 Einleitung

Die Entwicklung von Augmented Reality oder auch Erweiterter Realität ist in den letzten Jahren enorm vorangeschritten. Es gibt immer mehr Anwendungsfelder in denen diese Technologie zum Einsatz kommt.

Im Rahmen dieser Bachelorarbeit werden existierende Projekte aus Industrie und Wirtschaft dargestellt und auf ihren sinnvollen Nutzen hin untersucht. Des Weiteren soll am Beispiel von Segelunterricht gezeigt werden, inwieweit dieser durch die Erweiterte Realität unterstützt, beziehungsweise welches Potenzial in diesem Bereich aus dieser Technologie gezogen werden kann. Zur Veranschaulichung wurde eine Prototyp App entwickelt, die einzelne Komponenten der Segelausbildung unterstützen soll.

Zu Beginn der Abschlussarbeit wird ein Überblick über die Technologie und die Entwicklung von Augmented Reality (AR) aufgezeigt. Darauf folgt eine technische Einführung in die Thematik. In dem Kapitel Anwendungsszenarien werden vorhandene AR-Systeme aus den Bereichen Industrie und Wirtschaft vorgestellt und deren sinnvoller Nutzen diskutiert. Zum Ende der Arbeit wird die entwickelte AR App im Prototypstatus vorgestellt und aufgezeigt inwieweit diese zur Unterstützung beim Segelunterricht zum Einsatz kommen kann. Die Ergebnisse der Arbeit werden abschließend im Ausblick und Fazit zusammengefasst.

## 2 Einführung

In diesem Kapitel geht es um die erste Einführung, die Möglichkeiten und die Entwicklung von Augmented Reality. Außerdem soll die Abgrenzung zu der virtuellen Realität dargestellt werden.

### 2.1 Definition und Abgrenzung zu Virtual Reality

Unter Augmented Reality oder Erweiterter Realität versteht man die Anreicherung von der realen Umwelt durch Zusatzinformationen. Die Darstellung dieser Zusatzinformationen kann auf verschiedenste Wege geschehen. Es wird also die reale Umgebung, die der Nutzer über das Kamerabild wahrnimmt, durch Objekte, Texte oder Bilder ergänzt.

Nach Azuma ist Augmented Reality durch folgende drei Eigenschaften definiert:

- Die Kombination von realer Umwelt und virtueller Realität
- Interaktion in Echtzeit
- Dreidimensionaler Bezug virtueller und realer Objekte

(Azuma 1997)



Abbildung 1: Ein realer Tisch und ein Telefon, Lampe und 2 Stühle werden eingeblendet Quelle: (Azuma 1997)

Die Kombination von realer Umwelt und virtueller Realität bedeutet, dass das Bild, welches der Nutzer sieht, eine Zusammensetzung aus dem realen Moment, also dem Livebild der Ka-

mera oder dem realen Bild, welches die Augen durch eine Datenbrille erfassen und der Anreicherung durch Objekte oder Informationen ist. In Abbildung 1 ist ein realer Raum und ein Schreibtisch mit einem Telefon zu sehen. Die Szene wird durch die Einblendung von einer virtuellen Tischlampe und zwei virtuellen Stühlen ergänzt. Dem Betrachter soll ein möglichst authentischer Eindruck entstehen. In diesem Fall besteht auch der dreidimensionale Bezug zu den virtuellen und realen Objekten. Die Tischlampe, die Stühle und der Tisch stehen in einem korrekten Größenverhältnis zueinander und zu dem realen Raum.

Interaktion in Echtzeit bedeutet in diesem Fall, dass die Erweiterung der Realität bzw. die Anreicherung durch Zusatzinformationen im aktuellen Moment bzw. mit minimaler Verzögerung stattfindet. Anders ist dies beispielsweise bei Kinofilmen, bei denen eine Szene gedreht wird und später mit nachanimierten Informationen oder Objekten angereichert wird.

Augmented Reality ist ein Teil der Mixed Reality. Die Mixed Reality gibt den Bereich zwischen virtueller Umgebung und realer Umgebung an. Anhand dieses Bereiches können erweiterte und virtuelle Realität eingestuft werden. (Milgram et al. 1994)

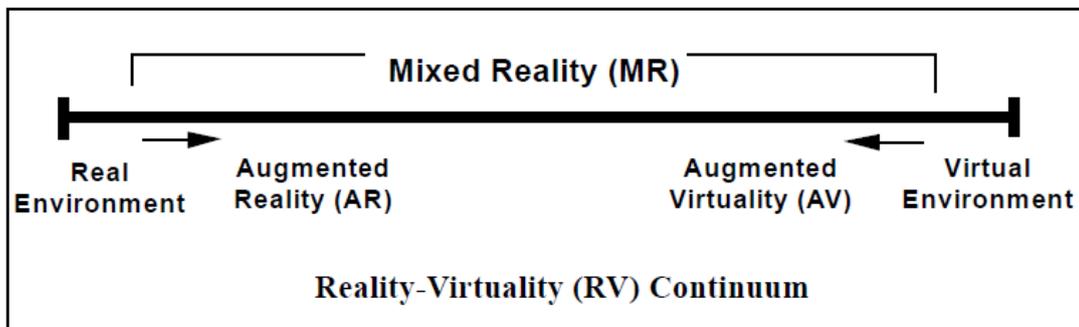


Abbildung 2: Kontinuum Realität und Virtualität Quelle: (Milgram et al. 1994)

Aus dem Kontinuum (Abb. 2), also den Zusammenhängen zwischen Realität und Virtualität von (Milgram et al. 1994) geht klar hervor, dass die Erweiterte Realität (AR) deutlich dichter an der Realität ist, als die virtuelle Realität (AV), welche sehr dicht an der Virtualität ist. (Milgram et al. 1994)

Der Hauptunterschied zwischen virtueller und Erweiterter Realität ist, dass der Nutzer sich bei der virtuellen Realität in einem virtuellem Raum befindet, also der gesamte Raum, in dem sich der Nutzer bewegt, synthetisch ist. Bei der Erweiterten Realität bewegt sich der Anwender in einem realen Raum und bekommt lediglich Anreicherungen durch virtuell eingeblendete Objekte. Ein Beispiel wäre wie in Abbildung 1, dass der Nutzer sich in seinem noch spärlich eingerichteten Büro umschaute und sich mit Hilfe eines Augmented-Reality-Systems mögliche Einrichtungsgegenstände virtuell in das Livebild des Raumes einblenden lassen kann. (Steiger und Mehler-Bicher 2014)

## 2.2 Entwicklung

Genauere Datierungen für die Entstehung des Ansatzes von der erweiterten Realität gehen aus der Literatur nicht hervor. Es wird aber von einer Zeit zwischen den fünfziger und sechziger Jahre gesprochen. (Steiger und Mehler-Bicher 2014)

Morton Heilig entwickelte in den Jahren 1957 – 1962 eine Maschine, mit der visuelle Effekte, Sound, Vibration, Wind und Geruch dem Nutzer simuliert werden konnten. Er nannte die Maschine Sensorama. (Institut für Neuere Deutsche Literatur und Medien) Diese Maschine war einer der ersten Schritte in die erweiterte Realität. 1966 wurde von Ivan Sutherland das Head-Mounted-Display erfunden. Dieses erste Head-Mounted-Display gab die Möglichkeit, Zusatzinformationen in die reale Umgebung einzublenden. (Steiger und Mehler-Bicher 2014)

In den siebziger Jahren entwickelte Myron Krueger das so genannte Videoplace. Dieses ermöglichte es dem Anwender in einem oder auch mehreren Räumen mit virtuellen Objekten zu interagieren. (Preim und Dachselt 2015)

In den neunziger Jahren führte Tom Caudell für Kabelverlegungsarbeiten bei Airbus den Begriff Augmented Reality ein. Im selben Jahrzehnt entwickelten L.B. Rosenberg und Steven Feiner, Blair MacIntyre und Doree Seligmann Augmented Reality Systeme.

1999 wurde das AR Toolkit von Hirokazu Kato entwickelt. 2008 entstand die AR-Firma Wikitude. (Steiger und Mehler-Bicher 2014)

## 2.3. Möglichkeiten und Einsatzgebiete

In sehr vielen Bereichen des Alltags ist es vorstellbar, dass Augmented Reality zum Einsatz kommt.

Typische Beispiele für Augmented Reality ist die Ergänzung von vorhandenen, realen Informationen in Form von Prospekten, Katalogen, Zeitschriften etc. durch virtuellen Inhalt. (Steiger und Mehler-Bicher 2014) Ikea hat beispielsweise eine App entwickelt, mit der eine Seite des Kataloges mit der Kamera des Smartphones anvisiert werden kann und anschließend das Bild mit Zusatzinformationen angereichert wird, wie dies beispielsweise in Abb. 3 mit einem Multimediainhalt in Form eines Videos dargestellt ist. (Brien 2012)



Abbildung 3: Ikea Katalog mit Augmented Reality Quelle: (Brien 2012)

Viele TV-Studios sind auch virtuell animiert und die Moderatoren stehen real in dieser virtuellen Umgebung. (Steiger und Mehler-Bicher 2014)

Nachdem in diesem Kapitel ein erster Überblick von den Möglichkeiten und Einsatzgebieten von Augmented Reality vorgestellt wurde, sollen diese in Kapitel 4 anhand von konkreten Anwendungsszenarien noch weiter ausgeführt werden.

## 3 Technische Einführung

Dieses Kapitel beschreibt die technischen Grundlagen, die für die Erweiterte Realität nötig sind. Insbesondere wird auf die Trackingverfahren und auf mögliche Ausgabegeräte eingegangen, um eine große Anwendungsvielfalt aufzuzeigen.

Um ein Augmented-Reality-System realisieren zu können, sind mehrere Komponenten nötig, die im Folgendem behandelt werden.

Für die Darstellung von virtuellen Objekten wird Software benötigt, die diese Objekte erzeugt. Oftmals handelt es sich um dreidimensionale Objekte. Diese Objekte müssen durch entsprechende Geräte ausgegeben werden, welche im Abschnitt 3.2 näher erläutert werden. Für diese Ausgabe gibt es verschiedene Display-Typen, die sich je nach Anwendungsfall unterschiedlich gut eignen. (Tönnis 2010)

Um die Einblendung von AR-Objekten zu ermöglichen, muss zunächst die reale Umgebung und die darin befindlichen Objekte erfasst werden, um anschließend diese reale Umgebung des Anwenders mit den gewünschten Zusatzobjekten bzw. Informationen anreichern zu können. Diese Aufgabe wird von dem sogenannten Tracker bzw. der Tracking-Software übernommen. (Steiger und Mehler-Bicher 2014) Auf die verschiedenen Trackingverfahren wird in diesem Kapitel unter 3.1. noch weiter eingegangen.

### 3.1 Trackingverfahren

Für die korrekte Einblendung von Objekten bzw. erweiterten Informationen in einem AR-System, ist es notwendig, die Position und Orientierung von Objekten in der realen Umgebung zu erkennen und zu identifizieren. Dieses Verfahren zur Erfassung nennt man Tracking. Mit Hilfe dieser Informationen ist es möglich, die virtuellen Objekte und Inhalte in dem für den Anwender sichtbaren realen Raum einzubinden. (Drochert und Geiger 2015)

*„Eine perfekte Illusion wird dann erzielt, wenn die Integration der virtuellen Objekte in die reale Umgebung so genau wie möglich erfolgt. Diese Genauigkeit hängt stets vom Anwendungsgebiet ab.“* (Steiger und Mehler-Bicher 2014, S. 25)

Im Folgenden wird das Tracking mit und ohne Marker vorgestellt und die jeweilige Form der Anwendung diskutiert.

### 3.1.1 Visuelles Tracking mit Marker

Für die sinnvolle Erkennung von Objekten und dessen Positionierung im Raum ist es nötig, dass die Anwendung aussagekräftige Punkte zur Orientierung findet, wofür sogenannte Marker genutzt werden können. Ein Marker ist ein zwei- oder dreidimensionales Objekt, welches durch seine Eigenschaft (Art und Form) leicht von einer Kamera erkannt und zugeordnet werden kann.

Die Tracking Engine ist eine Bildverarbeitungssoftware, die zuständig ist für die Erfassung und Verfolgung von Trackern. Marker ermöglichen der Tracking Engine ein vergleichsweise einfaches und schnelles Erkennen der Position und der Ausrichtung zur Kamera. Die Ausrichtung zu der Kamera kann anhand der klaren geometrischen Form von Markern durch zusätzliche Schritte gut erkannt werden.

Zusätzlich haben Marker die Eigenschaft, dass sie eindeutig identifiziert werden können, was das Abrufen von Marker spezifischen Informationen ermöglicht. (Steiger und Mehler-Bicher 2014)

Owen et al. betonen, dass ein Marker im besten Fall den Tracker bei der Bestimmung der Position und der Ausrichtung zur Kamera unterstützt, und unabhängig von der Orientierung bzw. Ausrichtung zur Kamera, optimal erkennbar sein sollte. Zudem sollte der Marker ein Teil einer Reihe leicht unterscheidbarer Marker sein, um eine größere Anzahl verschiedener Objekte markieren zu können. Das Bild (Marker) muss leicht lokalisiert und identifiziert werden können. Zudem sollte der Marker auch von einer Kamera ohne zu hohen Rechenaufwand bei größerem Abstand erkannt werden. (Owen et al. 2002)

Marker werden durch 4 Haupteigenschaften bestimmt: Form, Farben, Position und Identifizierung.

- **Form**  
Für die eindeutige Bestimmung der Position eines Objektes im dreidimensionalen Raum ist es notwendig, vier nicht lineare Punkte zu haben. Da ein Marker in den meisten Fällen einen Rahmen hat, ist es sinnvoll diesen quadratisch zu wählen und so die vier Eckpunkte zu nutzen.

- **Farben**  
Es sind technische Gründe die dafürsprechen, monochrome Marker zu nutzen. Monochrome Marker lassen sich deutlich besser und mit weniger Speicheraufwand erkennen und identifizieren. Für farbige Marker spricht die deutlich höhere Vielfalt, mit der die Marker erstellt werden können.
- **Position**  
Da ein möglichst hoher Kontrast des Makers die Erkennung der Kanten des Makers deutlich erhöht, ist es sinnvoll, wenn der Rahmen des Markers schwarz ist und sich der Hintergrund weiß gibt.
- **Identifizierung**  
Um zwischen Markern unterscheiden zu können, ist es notwendig, dass sich im inneren des Rahmens unterschiedliche Bilder befinden. Über diese Bilder kann ein Marker individuell identifiziert werden.

(Steiger und Mehler-Bicher 2014)



Abbildung 4: Beispiel für einen ARToolkit Marker Quelle: (ARToolkit)

In Abbildung 4 ist ein Marker zu sehen, der die vorangegangenen Eigenschaften erfüllt. Dieser Marker stammt aus der ARToolkit Bibliothek. Der angesprochene, schwarze Rahmen ist auf weißem Hintergrund und der Inhalt des Rahmens besteht aus der Buchstabenfolge „Hiro“ und dient zur genauen Identifizierung.

Bei einem Marker wie in Abb. 4 dargestellt, nimmt die Kamera das Gesamtbild auf und sucht in diesem nach Kanten, die starke Farb- oder Helligkeitswerte aufweisen. Wenn der Marker, wie in der Abbildung einen weißen Rand hat, hebt sich der schwarze, rechteckige Rahmen

stark ab. Aus den resultierenden Kanten werden Eckpunkte gebildet und mit diesen Informationen kann die Neigung zu der Kamera ermittelt werden. Durch das Innere in dem schwarzen Rahmen kann die Ausrichtung auf der vertikalen Achse zu der Kamera ermittelt werden. Hat das System Informationen über die tatsächliche Größe des Markers, so ist es möglich die Entfernung zwischen Kamera und Marker zu berechnen und somit auch die Lage im dreidimensionalen Raum. (Tönnis 2010)

### 3.1.2 Visuelles Tracking ohne Marker

Bei dem markerlosen Tracking muss das Bild der Umgebung allein ausreichen, um die entsprechenden Informationen zu beziehen. Es wird also auf zusätzlich angebrachte Marker verzichtet. Diese Technik ist aufwendiger und benötigt daher, je nach konkreter Umsetzung, deutlich mehr Rechenleistung als das Tracking mit angebrachten Markern. (Tönnis 2010)

Für das Tracking ohne Marker spricht in vielen Fällen ein optischer Aspekt sowie bei größeren Umgebungen die hohe Anzahl an anzubringenden Markern. (Steiger und Mehler-Bicher 2014)

Es gibt viele Ansätze mit denen das markerlose Tracking realisiert wird. Einige Tracking-Systeme nutzen dazu dreidimensionale Modelle, welche das zu trackende Objekt abbilden. Hierbei kann es sich wie in Abb. 5 beispielsweise um ein Spielzeugauto handeln. Dieses muss in dem System kalibriert werden, um dann auch wirklich das reale Objekt zu erkennen. Andere Systeme suchen in dem Bild sogenannte Merkmals-Punkte, also Kanten und Ecken oder Farb- und Kontrastunterschiede. Mehrere solcher Feature-Points ergeben dann die Position und Richtung der Kamera, sodass virtuelle Objekte korrekt ausgerichtet werden können.

Diese Art der Bildverarbeitung ist sehr komplex, da die korrekte Erkennung von diversen Eigenschaften und Umgebungszuständen abhängt. Eine große Rolle spielt beispielsweise die Umgebungshelligkeit und die Richtung der Beleuchtung sowie der Schattenwurf. (Tönnis 2010)

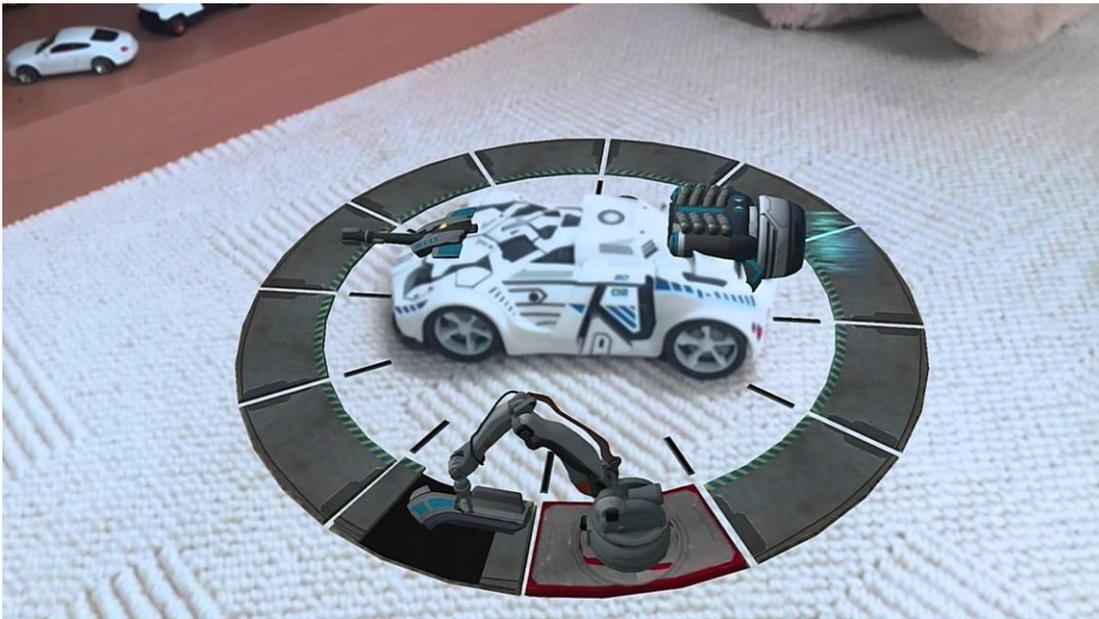


Abbildung 5: Modellauto Objekterkennung Vuforia Quelle: (YouTube - Vuforia)

In Abbildung 5 ist ein Modellauto zu sehen, welches per Kamera erfasst wird und dann mit Hilfe der Vuforia Bibliothek um Zusatzinformationen ergänzt wird. In diesem Fall kann das Auto um virtuelle Objekte ergänzt werden. Zum Beispiel wird virtuell am Heck des Fahrzeugs ein Düsenantrieb eingeblendet, der in der Realität nicht existiert. Der Kreis um das Auto ist der Bereich, in dem der Anwender mit dem Konfigurator interagieren kann. (YouTube - Vuforia)

## 3.2 Ausgabegeräte

Um in der erweiterten Realität die reale Umgebung und virtuelle Objekte miteinander zu verbinden und dieses Gesamtbild für den Anwender wahrnehmbar zu machen, benötigt es ein Darstellungsmedium in Form von einem Display. Es bestehen zwei unterschiedliche Prinzipien, wie die reale Umwelt mit virtuellen Objekten überlagert werden kann.

- **Optical See-Through Displays**  
Displays, bei denen der Anwender mit seinen Augen das reale Bild wahrnimmt und durch einen halbtransparenten Spiegel das generierte Computerbild eingeblendet bekommt.
- **Video See-Through Displays**  
Displays, bei denen das Bild der realen Umgebung per Kamera eingefangen wird und dem Nutzer im Hintergrund der Anwendung angezeigt wird. Die virtuellen Einblendungen werden im Vordergrund angezeigt und überlagern so das Livebild.

Für diese beiden Grundprinzipien gibt es verschiedene Arten von Displays mit unterschiedlichen Eigenschaften. (Tönnis 2010)

Im Folgenden werden drei der wichtigsten Displaytypen vorgestellt.

### 3.2.1 Mobile Geräte

Mobile Geräte bezeichnen Geräte, die unterwegs genutzt werden können. Heutzutage sind besonders Smartphones und Tablets aufgrund ihrer hohen Leistung und der integrierten Kamera geeignet für die Nutzung von AR-Systemen. Oftmals sind diese Geräte schon von Werk aus mit GPS und Kompass ausgestattet, was die Orientierung im realen Raum unterstützen kann. (Steiger und Mehler-Bicher 2014)

In der Abbildung 6 ist ein Tablet (iPad) zu sehen, auf dem eine AR-App geöffnet ist, die Möbelstücke in einen leeren Raum einblenden kann. Auf diese Weise kann dem Nutzer eine Vorstellung gegeben werden, wie dieses Möbelstück in seinem Raum aussehen würde.

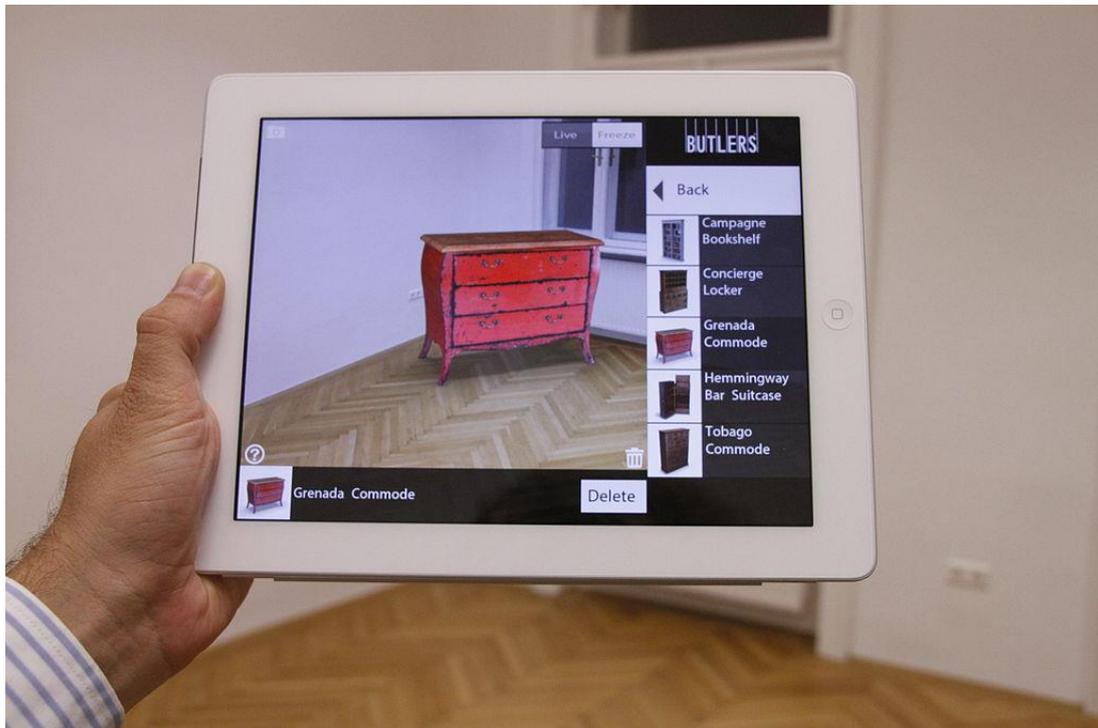


Abbildung 6: Tablet mit AR-Anwendung Quelle: ([https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/b/b0/ViewAR\\_BUTLERS\\_Screenshot.jpg/1024px-ViewAR\\_BUTLERS\\_Screenshot.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/b/b0/ViewAR_BUTLERS_Screenshot.jpg/1024px-ViewAR_BUTLERS_Screenshot.jpg))

### 3.2.2 Datenbrille (Head-Mounted-Display)

Datenbrillen oder auch Head-Mounted-Displays haben einen oder zwei integrierte Displays, die der Anwender direkt vor seinen Augen trägt. An der Brille wird eine Kamera benötigt, die das reale Bild erfasst. Diese Displays können auch transparent sein, dann handelt es sich um Optical See-Through Displays. Andernfalls handelt es sich um einen Video See-Through Display. (Tönnis 2010)



Abbildung 7: Head-Mounted-Display von Vuzix Quelle: (<http://www.itwissen.info/bilder/videobrille-von-vuzix.png>)

### 3.2.3 Head-Up-Display

Der Anwender bekommt die Zusatzinformationen direkt in sein Blickfeld eingeblendet und kann so, ohne seinen Blickwinkel zu ändern, auf diese Informationen zugreifen. Eine weite Verbreitung dieser Technik findet sich in der Automobilbranche, wo dem Fahrer Zusatzinformationen wie z.B. die aktuell erlaubte Höchstgeschwindigkeit oder Navigationshinweise auf der Windschutzscheibe eingeblendet werden. Für den Fahrer entsteht das Gefühl, dass diese Informationen sich in die reale Umgebung einfügen. Bei solch einem System werden keine

Marker genutzt, sondern es wird die Verkehrsbeschilderung oder die GPS-Informationen fürs Tracking genutzt. (Continental)



Abbildung 8: Continental Head-Up-Display Quelle: (Continental)

### 3.3 Software, AR-Browser, Apps

Um eine AR-Anwendung zu realisieren, kann bei der Suche nach geeigneter Software zwischen verschiedenen Anbietern gewählt werden. Auch hier gilt wieder, dass die Anforderungsbeschreibung der Anwendung ausschlaggebend ist für die Wahl des Anbieters.

Das weit verbreitete AR-Toolkit ist an der Universität von Washington entwickelt worden. Darüber hinaus wurde weitere Software an Hochschulen oder Forschungseinrichtungen entwickelt. Neben diesen Einrichtungen gibt es eine Vielzahl an Unternehmen, die sich auf die Entwicklung von AR-Software spezialisiert haben und diese am Markt anbieten. In Deutschland ist der Anbieter Metaio weit verbreitet. (Steiger und Mehler-Bicher 2014)

„Die Entwicklung einer AR Anwendung läuft im Wesentlichen in drei Schritten ab:

1. Schritt

*Definition und Registrierung des Zielobjektes.*

*Das Zielobjekt (vordefiniertes Objekt) kann ein zweidimensionales Objekt – z.B. ein Bild oder Logo – oder ein dreidimensionales Objekt – z.B. eine Verpackung – sein, das mit AR Elementen zu augmentieren ist.*

## 2. Schritt

*Erkennung des Objektes und Ermittlung der korrekten Position im Raum mit oder ohne Marker (Tracking/Objektlokalisierung)*

## 3. Schritt

*Überlagerung des Zielobjektes mit den virtuellen Objekten wie z.B. mit dreidimensionalen Objekten, Audio- oder Videosequenzen, Bildern etc. (Rendering/Augmentierung). „ (Steiger und Mehler-Bicher 2014, S. 50)*

Im Folgenden wird ein Fokus auf AR-Browser und AR-Apps gelegt. Je nach Anwendungszeck, Trackingverfahren und Ausgabegerät ist die Darstellung in einer eigenen AR-App oder in einem Kanal eines AR-Browsers sinnvoll. (Schart und Tschanz 2015)

### 3.3.1 AR-Browser

Ein AR-Browser ist eine Anwendung, die zusätzliche Informationen in dem Kamerabild des Anwenders anzeigt. Die weitverbreitetsten AR-Browser sind Wikitude, Layar, Junaio, Aurasma und Blippar. Entwickler, Firmen etc. stellen Inhalte zur Verfügung, die dann bei den meisten AR-Browsern per Verlinkungssystem zur Verfügung gestellt werden. Der Bedienungsablauf ist ähnlich wie bei einem Webbrowser. Der Anbieter stellt Informationen zur Verfügung die in dem Browser gesucht, gefunden und dargestellt werden können. Es gibt allerdings keinen Standard für AR-Browser, sodass für jeden AR-Browser eigens entwickelt werden muss. (Schart und Tschanz 2015)

### 3.3.2 Apps

Eine AR-App ist eine Anwendung, die genau auf einen Anwendungszeck zugeschnitten ist. Anders als bei einem AR-Browser, können alle Informationen und Inhalte direkt in die App eingebunden werden und sind so offline abrufbar. (Schart und Tschanz 2015)

### 3.3.3 Vor- und Nachteile

	<i>AR-Browser</i>	<i>AR-App</i>
<i>Vorteile</i>	Niedrige Entwicklungskosten Hoher Bekanntheitsgrad	Deutlich freier bei der Wahl der Features Uneingeschränkte Branding-Hoheit/Corporate Design
	Mit einem Kanal ist man automatisch auf allen Plattformen vertreten	Alle Inhalte können in der App untergebracht werden
	Möglichkeit, via Plug-ins aus der eigenen App auf festgelegte Kanäle zuzugreifen	Nicht von AR-Browser abhängig
		Für Einsatz keine Internetverbindung nötig Keine störenden Ladezeiten
<i>Nachteile</i>	Design und Usability können nur bedingt angepasst werden	Programmierung ist aufwendig und teuer, muss für jedes Betriebssystem neu programmiert werden
	Internetverbindung zwingend nötig	Benötigt unter Umständen viel Speicherplatz
	Inhalte können bei schlechter Netzabdeckung nicht aufgerufen werden, störende Ladezeiten	Hoher Werbeaufwand nötig, um App bekannt zu machen
	Werbung kommt nicht nur dem eigenen Unternehmen zugute	Zögerlichkeit der Nutzer, noch eine App herunterzuladen
	Hohe Roaming-Kosten für ausländische Touristen	
	Fehlende Standards für Aufbereitung von Inhalten	
	Ggf. Hemmschwelle beim Download, da nicht die bekannte Marke auf der App steht, sondern ein häufig unbekannter Channel-Name	

Tabelle 1: Vor- und Nachteile AR-Browser und AR-App Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an (Schart und Tschanz 2015, S. 137–138)

## 4 Anwendungsszenarien

In diesem Kapitel geht es um konkrete Anwendungsszenarien von Augmented Reality, die bereits in Betrieb- oder zumindest in konkreter Planung sind. Es wird besonderer Bezug auf Anwendungszwecke in der Industrie und in der Wirtschaft genommen.

### 4.1 AR in der Industrie

Augmented Reality lässt sich in der Industrie sehr gut einsetzen, da in dieser Branche sehr klare Abläufe sowie gut organisierbare Infrastrukturen bestehen. (Tönnis 2010)

Angefangen hat es mit AR in der Industrie, als Boeing-Ingenieure ein System entwickelt haben, welches die Mitarbeiter angeleitet hat, wo welches Kabel zu verlegen ist. Heutzutage lässt sich AR in der Industrie schon in diversen Bereichen anwenden. Beispiele hierfür sind die Produktionsplanung, in der Instandhaltung, als digitales Handbuch für Service und Wartung und in der Aus- und Weiterbildung.

Insgesamt lässt sich durch den Einsatz von AR-Systemen die Fehlerquote reduzieren, da die Mitarbeiter eine Hilfe durch visuelle Einblendungen bekommen und so beispielsweise ein Röntgenblick auf das Innere von Bauteilen möglich ist oder die zu verwendenden Werkzeuge und Ansatzpunkte einblendbar sind sowie die Darstellung von den jeweiligen Arbeitsschritten in Form von optischen Anleitungen.

Die visuellen Anweisungen bzw. die Informationsversorgung werden in Echtzeit in die reale Umgebung eingebettet und zwar zum passenden und richtigen Zeitpunkt. (Schart)

#### 4.1.1 Beispiel: Baupläne mit AR

Für den Aufbau komplexer Bauteile haben Forscher für einen Hersteller von Buchbindemaschinen ein AR-System entwickelt, welches bei diesem Vorgang deutlich bei der Orientierung unterstützt.

In einem der sehr aufwendigen Schritte für das Bauen einer Buchbindemaschine muss ein Mitarbeiter für jedes benötigte Rohteil eine spezielle Halterung zusammenbauen, um dieses Rohteil von der CNC-Fräse automatisiert bearbeiten zu lassen. Diese Halterung setzt sich aus Standardkomponenten zusammen. Bisher bauten die Mitarbeiter dieses Spannsystem anhand von Fotos der Baupläne nach. Es war höchste Präzision bei der Montage erforderlich,

da eine Überprüfung, ob das Spannsystem richtig zusammengesetzt war, nicht möglich war. Zum Testen, ob die Montage korrekt durchgeführt worden ist, wurde ein Probelauf mit der CNC-Fräse bei deutlich reduzierter Drehgeschwindigkeit durchgeführt und es musste geschaut werden, ob der Fräskopf an irgendeiner Stelle mit dem Spannsystem kollidierte. Eine Kollision erzeugt sehr hohe Kosten und bedeutet im schlimmsten Fall einen Totalschaden der Maschine. (Sauer 2010)

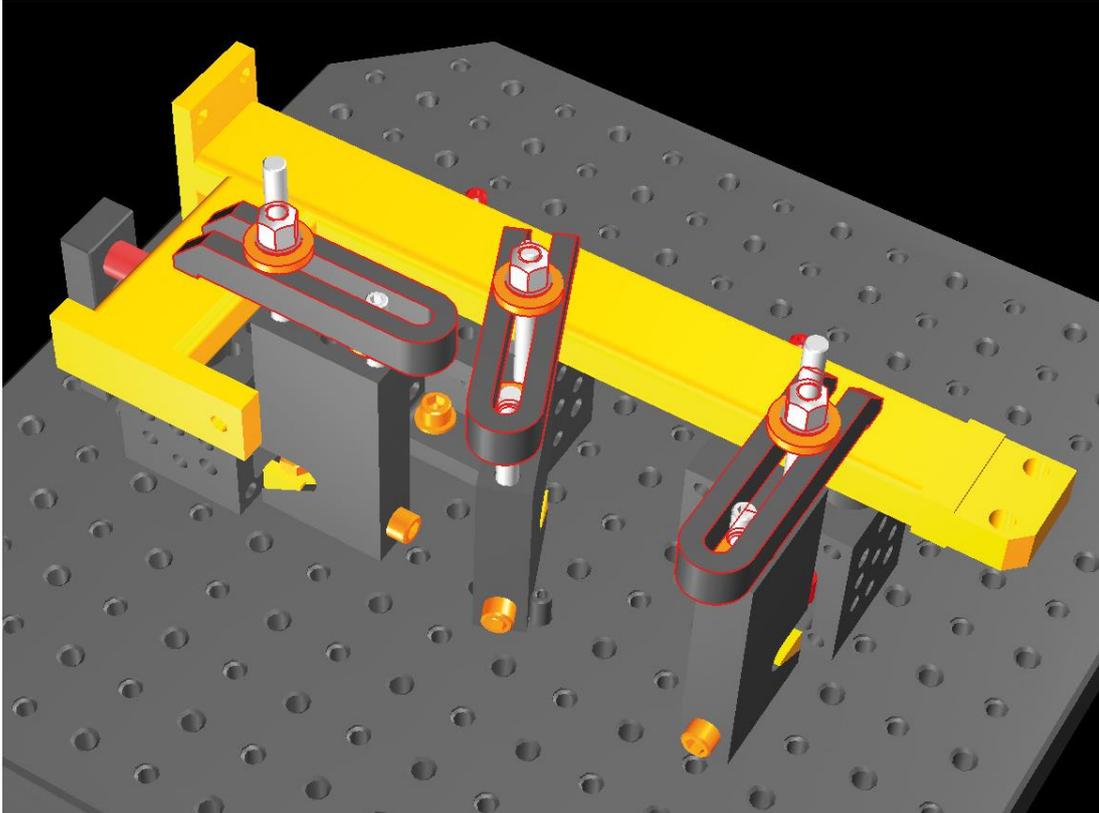


Abbildung 9: 3d-Modell eines Spannsystems Quelle: (Sauer 2010)

Es wurde ein Augmented Reality System, welches während der Montage dieser Spannsysteme Hilfestellung und Qualitätssicherung bietet, gemeinsam mit Experten des Fraunhofer-Instituts für Fabrikbetrieb und -automatisierung IFF in Magdeburg entwickelt.

Der Mitarbeiter hat bei diesem System nicht mehr die ausgedruckten Bilder des Bauplans neben sich liegen. Sein Arbeitsplatz wird durch ein Kamerasystem mit zwei Kameras gefilmt und er bekommt diesen als Livebild auf ein Monitorsystem mit zwei Bildschirmen. Dieses Livebild wird mit der Positionierung der Trägerelemente bzw. Halterungen auf der Lochras-

terplatte angereichert. So kann der Mitarbeiter schnell wahrnehmen, wo das nächste Halterelement montiert werden muss und bekommt eine optische Rückmeldung, ob dieses auch an der korrekten Position montiert worden ist (siehe Abb.10). (Sauer 2010)

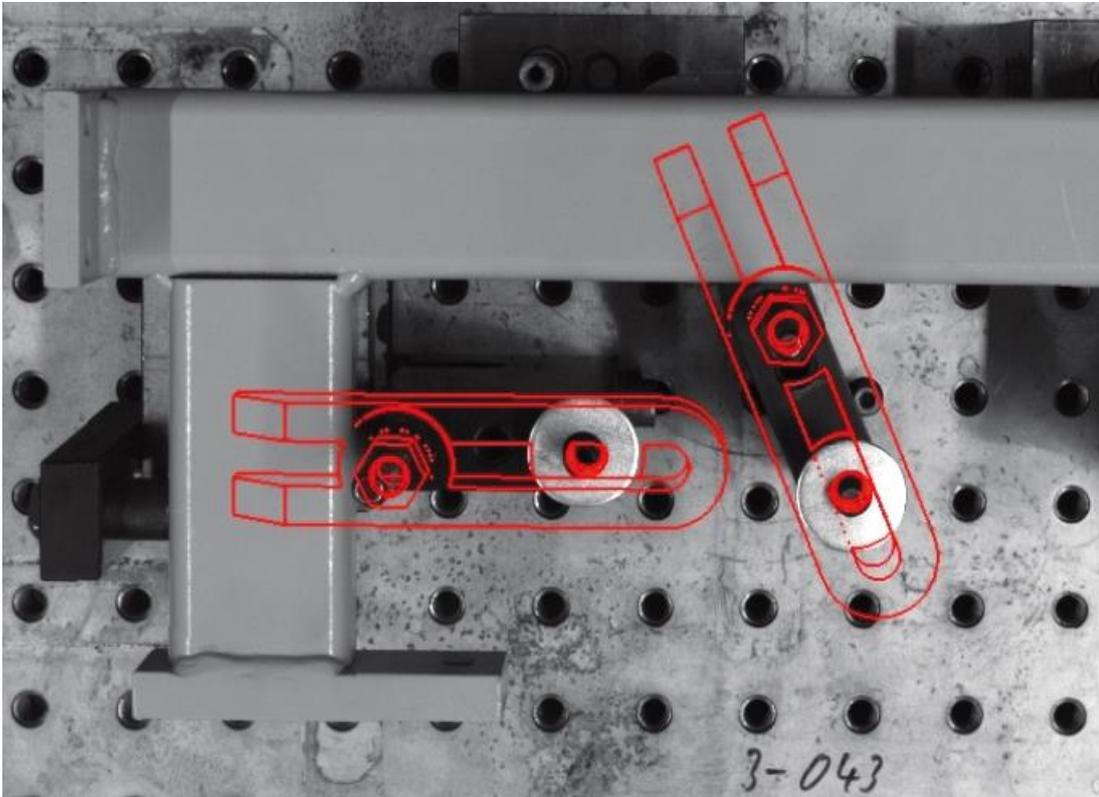


Abbildung 10: optische Darstellung für die Positionierung der Halterelemente Quelle: (Sauer 2010)

Auch wenn dies nicht die primäre Absicht für die Einführung des Systems war, werden seit der Einführung zwei Mitarbeiter weniger in der Produktion benötigt. Es werden an den Werkzeugmaschinen etwa 1600 Stunden eingespart, wodurch die Maschinen etwa eine Schicht länger verfügbar sind als vor Einführung des AR Systems. (YouTube - fraunhoferiff 2012)

### 4.1.2 Beispiel: Mitarbeiterschulung

Schulungsmaßnahmen für Mitarbeiter sind sehr aufwendig und zeitintensiv. Durch die Unterstützung von AR-Systemen kann Zeit eingespart werden. Es gibt bereits mehrere Systeme, die für diese Anforderungen im Einsatz sind. (Schart)



Abbildung 11: Screenshot YouTube Video Quelle: (YouTube - V431 2007)

In Abb. 11 ist zu sehen, wie ein Service-Techniker über seine Datenbrille die Einblendungen bekommt, welche Schrauben zu lösen sind und an welcher Stelle sie sich befinden, um die Kühlerverkleidung abzubauen. Dieses Video zeigt, wie der Mitarbeiter, der das Ziel hat den Lüfter zu wechseln, unterstützt bzw. geschult wird, wie dieser Austausch abläuft. Der Mitarbeiter trägt eine Datenbrille, also ein See-Through Display, über die er entsprechende Einblendungen für den Ausbau und Wechsel der Komponenten bekommt. Die Interaktion zwischen Mitarbeiter und System läuft über Spracherkennung. (YouTube - V431 2007)

### 4.1.3 Beispiel: Mini Augmented Vision

Mini (Tochter der BMW-Group) hat auf der Automesse 2015 in Shanghai ein System zur Unterstützung des Autofahrers auf Basis von Augmented Reality vorgestellt. Das System nennt sich Mini Augmented Vision. Der Fahrer trägt eine Datenbrille, die eigens für dieses System entwickelt worden ist und über die der Fahrer Zusatzinformationen erhält. Die Brille und das dazugehörige System wurden in Kooperation mit Qualcomm entwickelt.

Durch die See-Through Technik zeigt die Datenbrille die Informationen direkt in dem Sichtfeld des Fahrers an. Die Informationen werden so eingeblendet, dass keine anderen Verkehrsrelevanten Objekte oder Verkehrsteilnehmer verdeckt werden. (BMW Group 2015)

Die Brille kann genutzt werden, um dem Fahrer beispielsweise Navigationsinformationen direkt passend im Straßenbild in Form von Pfeilen anzuzeigen. Es werden aber auch Informationen über die aktuell erlaubte Höchstgeschwindigkeit oder sonstige Verkehrsregeln eingeblendet. Dieses System kann auch Informationen über Parkplätze in der Umgebung ausgeben. (Kuhlmann 2015)



Abbildung 12: Mini Augmented Vision Quelle: (BMW Group 2015)

In Abb. 12 ist ein Beispiel zu sehen, wie eine solche Anreicherung des Straßenverkehrs aussehen kann. Der Anwender bekommt die Information wie hoch seine aktuelle Geschwindigkeit in KM/Std ist und wo er abbiegen muss, damit er den gewünschten Parkplatz erreicht. Diese Informationen gliedern sich so in das Sichtfeld ein, dass es keine Ablenkung vom Straßenverkehr darstellt.

Zusätzlich soll es möglich sein die Datenbrille mit dem Smartphone zu koppeln, sodass eine Einblendung erscheint, sobald eine neue Nachricht auf diesem eingegangen ist. Aus Sicherheitsgründen ist es nicht möglich die Nachricht einzublenden, aber eine Sprachausgabe über die Soundanlage des Fahrzeugs wäre möglich. (Kuhlmann 2015)

Laut Hersteller ist die größte Neuerung an diesem System, dass das Fahrzeug rundherum mit Kameras ausgestattet ist, die die Umgebung des Fahrzeugs aufnehmen. So sei es möglich eine Art Röntgenblick zu erlangen. Der Fahrer kann dann so zu sagen durch z.B. die Tür oder die A-Säule schauen und sich eventuell dahinter befindliche Objekte wahrnehmen und entsprechend reagieren. Die Livebilder der Kameras werden an die Datenbrille gesendet und eingeblendet. In Abb. 13 ist der Hund schräg vor dem Auto durch das Armaturenbrett zu sehen, welcher ohne dieses System nicht zu sehen wäre.

Mit dieser Technologie soll außerdem der Fahrer beim Einparkvorgang unterstützt werden. Beim Blick in die Seitenspiegel soll ein Livebild einer Kamera, die am Spiegel angebracht ist, eingeblendet werden, so dass der Abstand zum Kantstein sichtbar wird. (BMW Group 2015)



Abbildung 13: Mini Augmented Vision – Röntgenblick Quelle: (BMW Group 2015)

## 4.2 Nutzen in der Wirtschaft (Marketing)

Im digitalen Zeitalter werden vorhandene Medien zur Kommunikation ergänzt und erweitert. So passen sich vorhandene Medien der aktuellen digitalen Entwicklung an und es werden neue Möglichkeiten zur Informationsverbreitung erzielt, die eine breitere Zielgruppe erreichen soll.

Auch Augmented Reality wird keine vorhandenen Medien ersetzen, vielmehr ergänzt bzw. bereichert diese Technologie vorhandene Medienformen. Durch Augmented Reality wird die Zusammenführung von Marketing und PR gefördert und bietet so neue und größere Zielgruppen. Für das Erreichen und Weitergeben von Informationen benötigt man einen Sender, einen Empfänger und ein Medium, über welches die Informationen übertragen werden. In der Werbung ist z.B. der Sender das Unternehmen, welches werben möchte, der potenzielle Kunde ist der Empfänger und das Medium für die eigentlichen Informationen kann z.B. eine Zeitschrift, eine Fernsehwerbung oder eine Radiowerbung sein. In der heutigen Medienlandschaft steht Werbung im Online- und Mobilbereich hoch im Kurs. (Schart und Tschanz 2015)

Augmented Reality bietet also die Möglichkeit, visuelle Medien durch Einblendungen bzw. Ergänzungen zu erweitern. Ein Beispiel sind Printmedien, die durch eine entsprechende AR-App um Informationen ergänzt werden. Abbildung 3 zeigt einen Ikea Katalog, der mit einer App um Informationen zu dem jeweiligen Produkt ergänzt wird. Diese Informationen können Videos aber auch 3D-Objekte des Produktes sein. So kann der potenzielle Kunde im Vorwege einen genaueren Eindruck von dem angebotenen Produkt erlangen.

Virtuelle Inhalte sollten möglichst nahtlos in die reale Umgebung eingebunden werden, so dass der Nutzer die Kombination möglichst realistisch wahrnimmt. Printmedien können lediglich zweidimensionale Bilder zeigen, mit Augmented Reality können auch Objekte in der dritten Dimension dargestellt werden.

Auch im Fernsehen wird Augmented Reality genutzt. Bei Fußballspielen werden häufig Abseitslinien oder Freistoßlinien in das Livebild eingeblendet. So hat der Zuschauer direkt die Möglichkeit nachzuvollziehen, ob ein Spieler im Abseits steht und der mögliche Abpfiff also eine korrekte Entscheidung des Schiedsrichters ist. (Schart und Tschanz 2015)

Im Folgenden wird auf einige Beispiele eingegangen, bei denen bereits Augmented Reality im Einsatz ist oder zumindest konkrete Prototypen bestehen.

#### 4.2.1 Beispiel: Lego Digital Box

Der Spielwarenhersteller Lego setzt in einigen ausgewählten Ladengeschäften auf ein AR-System, welches das Spielzeug im aufgebauten Zustand zeigt und dem Kunden so einen genaueren Eindruck von diesem Spielzeug gibt und dadurch die Kaufkraft erhöhen möchte. (Wolski 2012)



Abbildung 14: Lego Digital Box Quelle: (Wolski 2012)

Da der Kunde bei Lego Spielzeug, welches wie ein Bausatz funktioniert, erst im aufgebauten Zustand bzw. im Aufbauprozess das wirkliche Produkterlebnis wahrnehmen kann, möchte Lego mit diesem stationären System dieses Erlebnis ansatzweise schon im Ladengeschäft ermöglichen. (Schart und Tschanz 2015) Das System erfasst per Kamera die Verpackung des Spielzeugs, welche als Marker dient, und zeigt auf einem Display das Livebild an. Zusätzlich wird das fertig aufgebaute Spielzeug als dreidimensionales Objekt auf dem Bildschirm eingeblendet. (Wolski 2012)

Laut empirischen Untersuchungen ist das von Lego eingesetzte System verkaufsfördernd. Es wurden deutliche Umsatzsteigerungen in Geschäften in denen dieses System im Einsatz ist, wahrgenommen. (Steiger und Mehler-Bicher 2014)

### 4.2.2 Beispiel: Virtuelle Brillenanprobe

Das Angebot von Onlineoptikern ist in den letzten Jahren enorm gestiegen. Die fehlende Möglichkeit für den Kunden des Anprobierens ist gegenüber dem stationären Einzelhandel ein Nachteil, der mit Augmented Reality versucht wird einzudämmen. Viele Onlinehändler setzen inzwischen auf AR-Systeme, die es dem Kunden ermöglichen per Webcam die Brillen online anzuprobieren. (Schrödter und Mister Spex 2014)



Abbildung 15: Brillenanprobe online per Webcam Quelle: (Schrödter und Mister Spex 2014)

Bei solch einem System wird das Gesicht des Anwenders per Webcam erfasst und mit Face Tracking verfolgt. Das dreidimensionale Modell der Brille wird dann passend auf das Gesicht eingeblendet und verfolgt die Bewegungen des Kopfes. Es soll für den Anwender der Eindruck entstehen, als wäre es ein Blick in den Spiegel. (Schrödter und Mister Spex 2014)

### 4.2.3 Beispiel: Bushaltestellenwerbung als Marketingtrick

Ein Getränkehersteller hat im Jahr 2014 eine Werbeaktion an einer Londoner Bushaltestelle durchgeführt. Zum Einsatz kam bei dieser Werbekampagne Augmented Reality. Es wurde in die innenseitige Werbefläche einer Bushaltestelle ein Monitor integriert und auf der anderen Seite ein Kamera System. Das Kamerabild wurde auf diesem Monitor wiedergegeben und es entstand für die Passanten der Eindruck als würde durch ein Fenster geschaut werden.

Durch Augmented Reality gelang es die vermeintliche Realität um unglaubliche Gegebenheiten zu erweitern. In einem Fall öffnet sich ein Kanaldeckel und eine Riesententakel kommt aus diesem und schnappt einen Fußgänger. In einer anderen Szene fliegen vermeintliche Ufos die Londoner Innenstadt an. (Campillo-Lundbeck 2014)

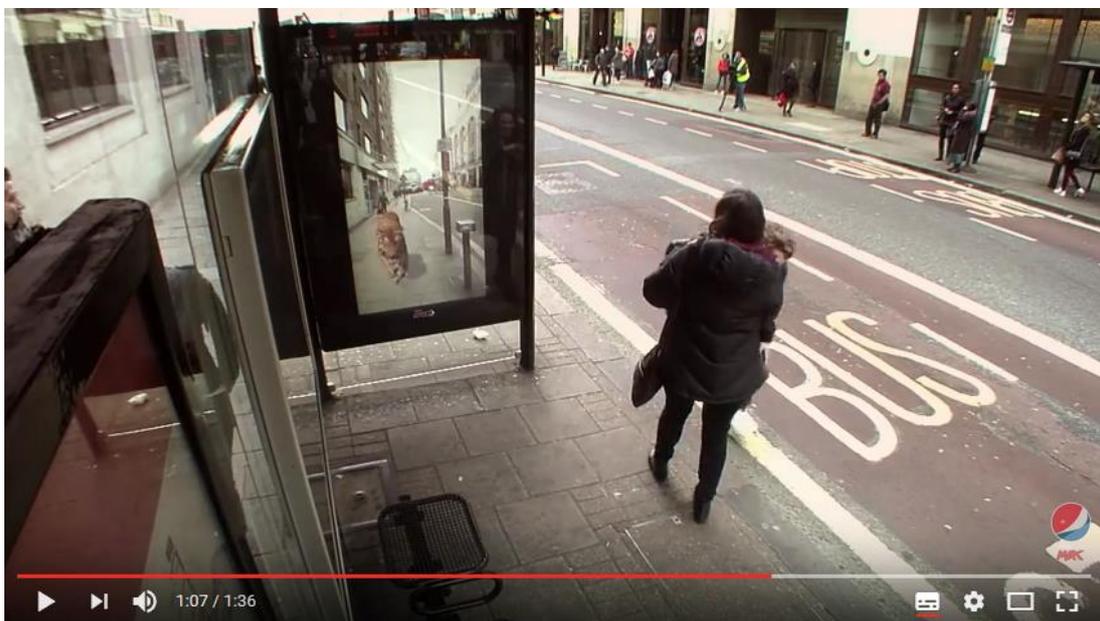


Abbildung 16: Ein virtueller Tiger läuft auf die Bushaltestelle zu Quelle: (YouTube - Pepsi Max 2014)

In der Abbildung 16 läuft ein virtueller Tiger auf die Bushaltestelle zu und scheint in den Wartebereich zu laufen. Kurz vorher dreht er ab. Die Passanten kommen nach einem kurzen Schreckmoment hinter die Illusion und entdecken das Kamera System. (YouTube - Pepsi Max 2014)

# 5 Prototyp AR App

In diesem Kapitel geht es um die Entwicklung einer App im Prototypenstatus. Den Titel dieser Arbeit aufgreifend, geht es um die Untersuchung der Möglichkeit Segelunterricht mit Hilfe eines AR-Systems zu unterstützen. Es geht dabei lediglich um ein unterstützendes System, nicht um ein ersetzendes System.

Die Idee und Ausführung ist als erster Ansatz und nicht als fertiges Produkt zu verstehen.

## 5.1 Motivation

Da ich freiberuflich Segelunterricht in einer Hamburger Segelschule gebe, bin ich mit der Thematik des Segelns sehr eng verbunden. Dadurch hat sich die Idee zur Entwicklung dieser App ergeben.

Zu der Segelausbildung gehört nicht nur die reine Praxisausbildung auf dem Wasser, sondern auch an Land gilt es, viele Dinge den Segelschülern nahe zu bringen. Ein großer Teil dieser Ausbildung an Land ist die Schulung der Seemannsknoten. Auch neben der Ausbildungszeit nutzen viele Segelschüler am Steg die Zeit, um diese Knoten zu lernen und zu üben. Hilfe hierbei ist häufig ein Buch oder ein Ausdruck einer Knotenanleitung.

Eine App, die mit Hilfe von Augmented Reality z.B. die Durchführung eines Knotens oder Begriffserläuterungen zu der Ausbildung ergänzen könnte, wäre sicherlich für viele Segelschüler eine kleine Hilfe.

## 5.2 Konzept

In diesem Abschnitt geht es um die Konzeption der zu entwickelnden Prototyp App. Im Folgenden wird eine konkrete Ideenbeschreibung dargestellt und auf den Aufbau eingegangen.

### 5.2.1 Idee

Bei der Segelausbildung ist neben der sicheren Führung eines Segelbootes ein zentraler Punkt, dass die wichtigsten Seemannsknoten beherrscht werden und angewendet werden können. Dazu gehören Knoten, um das Boot an sich zu befestigen, aber auch z.B. die Fender, die das Boot vor Beschädigungen schützen, fachgerecht am Boot oder der Steganlage zu befestigen. Um diese Fender während des Segelns aufzubewahren, gibt es eine sogenannte Fenderstange, an der die Fender mit einem bestimmten Knoten befestigt werden.

Die Idee ist es nun, mit Hilfe einer AR-App beim Lernen dieses Knotens zu unterstützen. Hierfür ist es kein Problem an dieser Fenderstange oder einem daran befestigten Fender einen Marker zu installieren, der für die AR-App zur Verfügung steht.

Da heutzutage die meisten Menschen sowieso ein Smartphone bei sich tragen, soll die App auch für Smartphones entwickelt werden. Da zum Testen ein Android-Smartphone zur Verfügung steht, soll als Plattform im ersten Schritt das Betriebssystem Android die Grundlage sein.

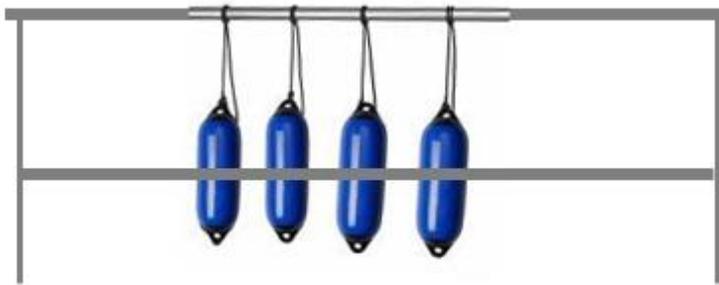


Abbildung 17: Beispiel für eine Fenderstange

In Abbildung 17 ist ein einfaches Beispiel für eine Fenderstange zu sehen. An der Stange werden die Fender mit dem Webeleinstek befestigt. (Jüde 1998) Die Idee ist, dass an einem der Fender ein Marker befestigt ist, der mit der Kamera des Smartphones erfasst wird. Auf dem Smartphone ist die AR-App geöffnet und die Anwendung erkennt und identifiziert den Marker.

Daraufhin wird das Livebild der Smartphone Kamera mit virtuellen Zusatzinformationen angereichert.

In diesem Fall bestehen die Zusatzinformationen aus einer Beschreibung, was ein Fender ist und wozu er dient, und es wird eine multimediale Einblendung in Form eines Videos geben, die die Befestigung des Fenders mittels des Webeleinsteks erläutert.

### 5.2.2 Aufbau

Die Mindestanforderungen an diesen Prototypen werden in diesem Abschnitt aufgezeigt und erläutert. In der ersten Prototypversion soll die App im Kameramodus starten und das Livebild dem Anwender angezeigt werden. Wenn die App einen Marker im Bild erkennt und identifiziert, sollen entsprechende Informationen eingeblendet werden. Diese Informationen bestehen aus einer Beschreibung über den Gegenstand, an dem der Marker befestigt ist, und aus einem multimedialen Inhalt, in diesem Fall einem Video.

Ganz konkret soll in dem Fall des Prototyps ein Marker erkannt werden, der an einem Fender befestigt ist. Dieser Fender ist mit einem Webeleinstek an der Fenderstange befestigt. Wenn die App nun diesen Marker erkennt, wird eine Beschreibung eingeblendet, was ein Fender ist und ein Video gezeigt, in dem der Webeleinstek erklärt wird.

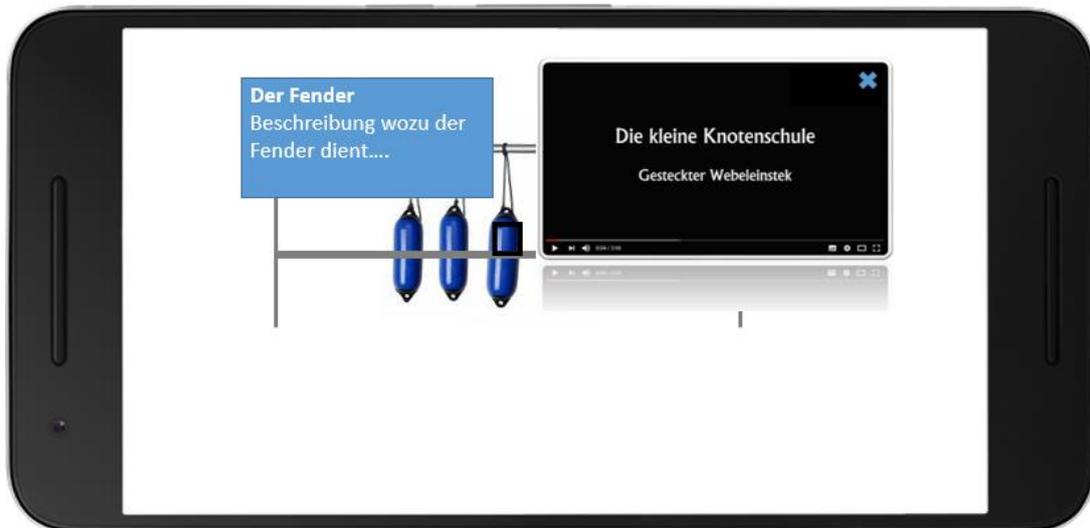


Abbildung 18: Entwurfsidee für den Prototyp

Abbildung 18 zeigt eine Idee für den Entwurf der App. Das schwarze Rechteck auf dem rechten Fender soll symbolisch den Marker zeigen. Sobald dieser Marker von der App erkannt worden ist, wird der blaue Beschreibungsblock und das Video eingeblendet.

### 5.2.3 Anwendungsfall

In der Praxis könnte diese App folgendermaßen zum Einsatz kommen:

Nachdem der Segellehrer seinen Segelschülern die Durchführung des Webeleinsteks zum Befestigen der Fender an der Fenderstange erläutert hat, könnte eine Einführung in die App stattfinden. Dadurch haben die Segelschüler auch nach den Segelstunden ohne Segellehrer die Möglichkeit diesen Knoten auf komfortable Weise zu üben und zu wiederholen.

## 5.3 Implementierung

In diesem Kapitel wird die Implementierung der Prototyp AR-App aufgegriffen und umschrieben. Es wird auf die Plattform für die App, die Entwicklungsumgebung und die Durchführung eingegangen.

### 5.3.1 Plattform

Als Plattform für die Prototyp App fungiert Android. Android ist ein Betriebssystem, aber auch eine Software Plattform für mobile Endgeräte. Das quelloffene System wird von der Open Handset Alliance weiterentwickelt. Die Open Handset Alliance ist ein Zusammenschluss mehrerer Unternehmen, welcher von Google gegründet worden ist.

Android basiert auf einem Linux Kernel, der für die Prozessverwaltung und Speicherverwaltung ist. Android bietet eine Java-Laufzeitumgebung. Für die Entwicklung einer Android App wird die Java SDK und Android SDK benötigt. Eine fertige Android App wird als Android Package, kurz apk zur Verfügung gestellt. (Becker und Pant 2011)

### 5.3.2 Arbeitsumgebung

In diesem Abschnitt wird die für die App genutzte Arbeitsumgebung aufgezeigt.

#### Unity 5.5

Unity ist eine 2D, 3D und VR Entwicklungsumgebung für Spiele und andere Multimedia-Projekte. Sie hat eine sehr ansprechende und angenehm zu bedienende Oberfläche und bietet trotzdem den nötigen Umfang für ein solches Projekt.

Gerade dank der übersichtlichen Oberfläche ist diese Entwicklungsumgebung für einen Einstieg in die AR-App-Entwicklung gut geeignet. Für dieses Projekt reicht die kostenlose Personal Version aus. (Graeff 2015)

#### Vuforia 6.2

Vuforia ist ein Software Development Kit (SDK) für mobile Geräte. Es ermöglicht auf einfache Wege eine Augmented Reality Anwendung zu entwickeln. Große Vorzüge gibt Vuforia vor allem beim Tracking und der Erkennung von Markern aber auch bei der Positionierung und Orientierung von virtuellen Inhalten bzw. Objekten in Bezug auf reale Weltbilder.

Vuforia bietet die Möglichkeit Marker zu erkennen, kann aber auch auf Objekterkennung angelernt werden. (Wikipedia - Vuforia 2017) Für nicht kommerzielle Zwecke ist die Nutzung von Vuforia kostenlos.

### 5.3.3 Umsetzung

Im Entwicklerportal von Vuforia (<https://developer.vuforia.com>) kann Vuforia als Unity Paket heruntergeladen werden und in Unity importiert werden. Nach dem Import stehen in Unity die Funktionen von Vuforia zur Verfügung. In Unity wird dann die AR-Kamera von Vuforia in eine neue Szene positioniert und in den Einstellungen der Vuforia SDK wird dann der Lizenzschlüssel eingetragen, der zuvor in dem Entwicklungsportal generiert wird. Durch die Positionierung der AR-Kamera ist ein Zugriff auf die physische Kamera möglich und es ist vorbereitet, dass mit der Kamera Marker oder Objekte erkannt werden können. (Vuforia - Start)

Für den Prototyp wurde als Funktion zur Erkennung des Objektes Image Targets gewählt. Hierfür wird im Entwicklerportal das gewünschte Bild hochgeladen und dann ausgewertet.

#### Segelboot

Edit Name Remove



Type: Single Image  
Status: Active  
Target ID: 5b758c0b9e6643d78d52bc00b4ce8f83  
Augmentable: ★★★★★  
Added: Feb 3, 2017 22:07  
Modified: Feb 3, 2017 22:07

Abbildung 19: Screenshot des Image Targets Quelle: <https://developer.vuforia.com/targetmanager/singleDeviceTarget/deviceSingleImageTargetDetails>

Abbildung 19 zeigt einen Screenshot des im Entwicklerportal von Vuforia hochgeladenen Image Target. Zusätzlich werden die Eigenschaften eingeblendet an denen Vuforia das Bild eindeutig erkennt. Dieses fertig verarbeitete Bild kann als Unity Paket heruntergeladen werden und dann entsprechend in Unity eingebunden werden.

Nach dem Import des Image Targets, gibt es die Möglichkeit die Vuforia Funktion Image Target in die Szene einzubinden. Nach diesem Schritt sollte die Anwendung schon die Kamera starten und nach diesem hinterlegtem Image Target suchen. (Vuforia - Image Targets)

Nun können Objekte angelegt werden, die auftauchen, wenn das Bild erkannt worden ist.



Abbildung 20: Screenshot des Unity Projekts Quelle: Unity 5.5

Abbildung 20 zeigt das geöffnete Unity Projekt. Links ist aufgeführt, welche Funktionen in dieser Szene genutzt werden. Die Funktion Main Camera nutzt die Hauptkamera des Gerätes. Directionales Light, leuchtet die Szene aus, sonst wäre das Erscheinungsbild der virtuellen Objekte recht dunkel. Die Funktion AR Camera stellt die Vuforia Funktion zur Verfügung, um entsprechend das Image Target im Bild zu erkennen.

Die Funktion Image Target kann in der Szene positioniert werden und bei Ausführung der App sucht die Anwendung nach diesem hinterlegtem Image Target. Unterhalb des Image Targets können nun Objekte angelegt werden, die auftauchen sollen, wenn das Image Target erkannt worden ist. Im Fall der Prototyp App ist das der Textblock mit der Beschreibung, was ein Fender ist in Form einer Grafik und ein eingebundenes Video. Das Video hat noch einen Button, womit der Film gestartet und auch wieder angehalten werden kann. (Srinivas 2015)

Für die Einbindung des Videos wurde ein Beispiel von Vuforia genutzt. Dieses Beispiel nennt sich Video Playback und ist in den Advanced Topics von Vuforia enthalten. Mit der Einbindung dieses Beispiels ist es sehr einfach einen Videoinhalt in Vuforia einzubinden und erfüllt genau den Zweck, der für diesen Prototyp erforderlich ist. Das Video kann in dem Dateiformat mp4 eingebunden werden. Über dem Video wird ein grafischer Button eingepflegt, der visualisiert welcher Status des Abspielvorgangs des Videos momentan besteht. (Vuforia - Video Playback)

## 5.4 Evaluation

In diesem Abschnitt wird aufgezeigt wie die Funktionalität der Prototyp App getestet wurde.

### 5.4.1 Testgerät

Für Zwischentests wurde die Möglichkeit von Unity genutzt eine Livedemo innerhalb der Entwicklungsumgebung über die Webcam des Geräts zu starten. In Abbildung 21 wird ein Screenshot eines solchen Tests gezeigt. Auf dem Schreibtisch liegt das ausgedruckte Bild, welches als Image Target fungiert. Dieses wird von der Anwendung erkannt und wie gewünscht werden die zwei virtuellen Informationen Video und Textblock eingeblendet.



Abbildung 21: Screenshot der Livedemo innerhalb von Unity Quelle: Unity 5.5

Als mobiles Endgerät stand zum Testen ein Motorola Moto G (4. Generation) zur Verfügung. Dieses Gerät hat einen Snapdragon 617 octa-core Prozessor und 2 GB Arbeitsspeicher zur Verfügung. Als Betriebssystem werkelt Android 6.0.1 Marshmallow. Das Display löst mit Full HD (1920 x 1080p) auf und auch die Kamera ist mit 13 Megapixeln ausreichend. (Moto G)

### 5.4.2 Vorgehen

Zum Testen der Prototyp Anwendung, wurde die App um zwei zusätzliche Szenarien erweitert. Es wurden also neue Image Targets generiert und für diese Objekte in der Szene definiert. Des Weiteren sollte das Testen im Laborfall durch Testen in praxisähnlicher Umgebung ersetzt werden. Für den Praxistest sind auf der Steganlage an entsprechenden Stationen wie der Fenderstange, einer Rettungsweste und einem Übungsplatz für Knoten Marker befestigt worden und es wurde versucht diese mit der App zu erfassen.

Durch diesen Test im Außenbereich sollten realistische Umstände erzeugt werden, um den Prototyp möglichst praxisnah testen zu können. Ziel war es mit der geöffneten App verschiedenste Marker auf der Steganlage zu erfassen, um an entsprechender Stelle eine Einweisung in die jeweilige Station zu erlangen.

### 5.4.3 Szenario

Für den Test der Prototyp App wurde der hinterlegte Marker an einem Fender befestigt. Hierfür wurde der Marker ausgedruckt, ausgeschnitten und auf den Fender geklebt. Der mit dem Marker beklebte Fender wurde an die Fenderstange geknotet und so ausgerichtet, dass der Marker gut sichtbar war.

Die App wurde auf dem Endgerät (Motorola Moto G 4. Generation) gestartet und das Kamerabild wurde auf dem Display angezeigt. Die Kamera des Endgerätes wurde nun so ausgerichtet, dass das Bild den Ausschnitt mit dem Fender an der Fenderstange zeigte. Die Beschreibung über den Fender wurde auf die linke Seite des Fenders eingeblendet und das Video auf der rechten Seite. Die Positionierung dieser Zusatzinformationen war natürlich abhängig von der Position des Markers auf dem Fender. Durch Tippen auf das Playsymbol des Videos wurde das Video in dem der Webeleinstek erklärt wird gestartet und mit Ton abgespielt.



Abbildung 22: Prototyp AR-App im Einsatz Quelle: eigene Aufnahme

Abbildung 22 zeigt das Telefon, welches die Fenderstange samt dem Fender mit aufgebrauchten Marker zeigt. In das Livebild sind die angesprochenen Zusatzinformationen, Beschreibung und Video eingeblendet und verhalten sich passend zu der Ausrichtung des Fenders und der Kamera.

Wie beschrieben wurde die App um die zwei Funktionen „Rettungsweste“ und „Knotenstation“ erweitert. Diese Szenarien wurden auch in einem Praxistest getestet. Die weitere Funktion „Rettungsweste“ ermöglicht das Erfassen eines Rettungswestensymbols und gibt dem Anwender dann die entsprechenden Informationen, die beim Anlegen einer Rettungsweste zu beachten sind und welchen Zweck diese erfüllt. Der zweite Anwendungsfall erfasst einen Marker in Form eines Umrisses des Knotens Palstek und erklärt den Knotenvorgang und die Verwendung des Knotens, anhand einer Beschreibung und eines Videos.

#### 5.4.4 Ergebnis

Abschließend lässt sich sagen, dass die App im Prototypstatus die Anforderungen im Sinne der Minimalanforderung erfüllt. Die Praxistests haben gezeigt, dass nicht nur unter Laborbedingungen bei konstanter Ausleuchtung die als Marker fungierenden Bilder sauber und fehlerfrei erkannt wurden, sondern auch bei Realbedingungen im Tageslicht auf der Steganlage. In beiden Fällen waren die Einblendungen der Zusatzinformationen an korrekter Stelle und die entsprechenden Videos wurden fehlerfrei abgespielt.

Die Grundidee dieser Prototyp App war es, dem Anwender auf einfache Weise virtuelle Zusatzinformationen zu physisch vorhanden Gegenständen verfügbar zu machen. Die Praxistests haben die Machbarkeit dieser Idee demonstriert und damit gezeigt wie die App den Segelunterricht unterstützen kann.

Um die App aus ihrem Prototypstatus in einen Produktiveinsatz zu bringen, müsste diese deutlich überarbeitet werden. Beim Starten der App, wäre es sinnvoll ein Menü zu implementieren, indem es die Möglichkeit gibt eine Hilfe zu starten um dem Anwender die Funktionen übersichtlich darzustellen. Des Weiteren sollten die medialen Informationen mit auf den entsprechenden Anwendungsfall sauber ausgerichteten Inhalten ersetzt werden. Hierfür wäre sicherlich die Hilfe von Fachleuten im Bereich Media sinnvoll.

Auch zu klären bzw. umzusetzen wäre die Lizenzierung von Unity und Vuforia für den gewerblichen Bereich. Um eine solche App einsetzen zu können, wäre eine Integration der im Ausblick angestrebten Ziele sinnvoll, um ein harmonisches und informatives Endprodukt zu erlangen.

## 6 Ausblick

Die Anwendungsgebiete für Erweiterte Realität werden in den nächsten Jahren immer größer werden. Vor allem sehe ich ein sehr großes Potenzial in der Werbe- und Marketingbranche. Aber auch klassische Bereiche wie Segelunterricht oder z.B. Tanzkurse werden von der Entwicklung dieser Technologie profitieren.

Die im Rahmen dieser Abschlussarbeit entwickelte App befindet sich noch im Prototypstatus und bietet noch viel Potenzial zu Weiterentwicklung. Die Interaktion zwischen Anwender und Anwendung ist momentan noch nicht wirklich gegeben. Die einzige Interaktion findet statt, indem der Anwender die Kamera des Gerätes entsprechend auf definierte Marker ausrichtet und ggf. das hinterlegte Video per Tippen auf das Display startet. Eine sinnvolle Weiterentwicklung wäre, dass der Anwender z.B. beim Üben der Knoten mit physisch vorhandenem Tauwerk einen Knoten übt und die Anwendung in der Lage ist, die einzelnen Steckvorgänge des Anwenders wahrzunehmen und visuell zu unterstützen indem die Lösung zum Knoten visuell eingeblendet wird. Allerdings wäre für ein solches System eher die Nutzung eines Head-Mounted-Displays sinnvoll.

Weitergehend wäre es vorstellbar die App auch für Abläufe an Bord eines Segelbootes zu nutzen. Evtl. sogar um bei kompletten und komplexen Manövern zu unterstützen. Es wäre zum Beispiel denkbar die Windrichtung und Windstärke visuell und passend in das Livebild der Kamera zu integrieren und dadurch das Verständnis der einzelnen Manöver zu stärken.

Um das Erfassen der zu erklärenden Gegenstände zu vereinfachen, wäre es sinnvoll und wünschenswert das Tracking durch objektbasiertes Tracking zu ergänzen, so dass ein anbringen des Markers entfällt. Hierfür wäre es notwendig die Gegenstände als dreidimensionale Objekte zu erfassen. (siehe 3.1.2)

## 7 Fazit

Ziel dieser Bachelorarbeit war es sinnvolle Einsatzzwecke von Augmented Reality in Industrie und Wirtschaft aufzuzeigen und zu untersuchen inwieweit diese Technologie Segelschülerinnen und Segelschüler sinnvoll bei der eigenständigen Bearbeitung von Ausbildungsinhalten unterstützen kann. Um dieses Schlüsse ziehen zu können, war es notwendig die Technologie an sich und den technischen Hintergrund aufzuzeigen und zu bearbeiten.

Anwendungsfelder in Industrie und Wirtschaft für Augmented Reality wurden anhand von konkreten Beispielen aus beiden Bereichen aufgezeigt um zu verdeutlichen welche Möglichkeiten bereits bestehen. In der Industrie bietet diese Technologie eine sinnvolle Unterstützung bei Fertigungsprozessen und kann die Fehlerquote deutlich senken. Aber auch bei Mitarbeiterschulungen kann mit Hilfe von Erweiterter Realität, die Produktivität und die Zeiteinsparung erhöht werden. In der Automobilbranche ist die Entwicklung dahingehend, dass Fahrzeugführerinnen und Fahrzeugführer durch Erweiterte Realität gestützte Systeme beim Führen eines Fahrzeugs immer weiter unterstützt werden sollen. Im Bereich des Marketings sollen der Kundschaft schon vor dem Kauf von Artikeln, zusätzliche Produktinformationen zur Verfügung gestellt werden und dadurch der Absatz erhöht werden.

Um einen Schluss über die sinnvolle Nutzung von Augmented Reality bei der Unterstützung von Segelunterricht zu ziehen, wurde eine App im Prototypstatus entwickelt. Diese kann auf relativ einfachen Wege dem Anwender eine Hilfestellung bei der Erlernung von zum Beispiel Seemannsknoten sein. Die Prototyp App konnte schon in ihrem jetzigen Zustand zeigen, dass die Anwendung von AR auch in dieser Branche Potenzial hat. Um dieses Potenzial ausschöpfen zu können, wäre allerdings eine deutliche Weiterentwicklung der Prototyp App notwendig.

# Glossar

- Augmented Reality:** Augmented Reality reichert das Bild der realen Umgebung mit Zusatzinformationen an. Im Gegensatz zu der virtuellen Realität werden keine neuen Welten geschaffen, sondern die vorhandene ergänzt.
- Face Tracking:** Die automatische Erkennung von Gesichtern wird Face Tracking genannt.
- Marker:** Als Marker wird bei der erweiterten Realität, ein eindeutiger Indikator bezeichnet mit dem Anhand der Kanten und der bekannten Größe die Orientierung im dreidimensionalen Raum erkannt werden kann.
- Rendering:** Die Erzeugung und Überführung von virtuellen Objekten aus Rohdaten auf ein Ausgabegerät. Im Rahmen der Erweiterten Realität, dass Kombinieren von der realen Umwelt und virtuellen Inhalten.
- Tracking:** Mit Tracking wird der Vorgang bezeichnet, bei dem Objekte automatisch erkannt und verfolgt werden.
- Tracking Engine:** Die Tracking Engine ist eine Bildverarbeitungssoftware die das Tracking ermöglicht.
- Virtual Reality:** Die virtuelle Realität beschreibt die Echtzeitgenerierung einer virtuellen Umwelt und der sich darin befindlichen Objekte.

# Literaturverzeichnis

ARToolkit: Creating and Training Traditional Template Square Markers [ARToolkit]. Online verfügbar unter [https://artoolkit.org/documentation/doku.php?id=3\\_Marker\\_Training:marker\\_training](https://artoolkit.org/documentation/doku.php?id=3_Marker_Training:marker_training), zuletzt geprüft am 22.01.2017.

Azuma, Ronald T. (1997): A Survey of Augmented Reality. In: *Presence: Teleoperators and Virtual Environments* 6 (4), S. 355–385. Online verfügbar unter <http://www.cs.unc.edu/~azuma/ARpresence.pdf>, zuletzt geprüft am 13.01.2017.

Becker, Arno; Pant, Marcus (2011): *Android 2. Grundlagen und Programmierung*. Heidelberg: dpunkt.verlag.

BMW Group (2015): MINI Augmented Vision: Ein revolutionäres Anzeige- Konzept für mehr Komfort und Sicherheit. Exklusiver Prototyp einer Augmented Reality-Brille unterstreicht die Innovationskraft und Kreativität der Marke MINI. BMW Group. Online verfügbar unter <https://www.press.bmwgroup.com/deutschland/article/detail/T0212042DE/mini-augmented-vision:-ein-revolutionaeres-anzeige-konzept-fuer-mehr-komfort-und-sicherheit-exklusiver-prototyp-einer-augmented-reality-brille-unterstreicht-die-innovationskraft-und-kreativitaet-der-marke-mini?language=de>, zuletzt geprüft am 24.01.2017.

Brien, Jörn (2012): IKEA-Katalog 2013 mit Augmented Reality: Videos, Fotogalerien und Röntgenblick. Online verfügbar unter <http://t3n.de/news/ikea-katalog-2013-augmented-403162/>, zuletzt aktualisiert am 22.07.2012, zuletzt geprüft am 24.01.2017.

Campillo-Lundbeck, Santiago (2014): Augmented Reality: Wie Pepsi die Londoner mit Meteoriten, Tentakel und Tiger veräppelt. *Horizont*. Online verfügbar unter <http://www.horizont.net/marketing/nachrichten/Augmented-Reality-Wie-Pepsi-die-Londoner-mit-Meteoriten-Tentakel-und-Tiger-veraepelt-119782>, zuletzt geprüft am 06.02.2017.

Continental: Continental Head-up Display Augmented Reality HUD. Online verfügbar unter <http://continental-head-up-display.com/de/>, zuletzt geprüft am 22.01.2017.

Drochert, Daniel; Geiger, Christian (2015): Von der Fiktion zur Wirklichkeit. In: *IX 5/15 2015* (5), S. 40–48.

Graeff, Sascha (2015): Spaß machen kann jeder. Einsteiger-Kurs: Spiele-Entwicklung mit Unity 5, Teil 1. In: *c't* (22), S. 158–164.

Institut für Neuere Deutsche Literatur und Medien: Sensorama - Lexikon der Filmbegriffe. Online verfügbar unter <http://filmlexikon.uni-kiel.de/index.php?action=lexikon&tag=det&id=1481>, zuletzt geprüft am 17.01.2017.

Jüde, Peter (1998): 85 nützliche & dekorative Knoten. Unter Mitarbeit von Roland Kohlhaas. Augsburg: Weltbild.

Kuhlmann, Ulrike (2015): Mini mit Augmented Reality: Vintage-Designerbrille lässt durch Autotüren schauen. Heise Medien. Online verfügbar unter <https://www.heise.de/newsticker/meldung/Mini-mit-Augmented-Reality-Vintage-Designerbrille-laesst-durch-Autotueren-schauen-2598442.html?hg=1&hgi=7&hgf=false>, zuletzt aktualisiert am 10.04.2015, zuletzt geprüft am 24.01.2017.

Milgram, Paul; Takemura, Haruo; Utsumi, Akira; Kishino, Fumio (1994): Augmented Reality: A class of displays on the reality-virtuality continuum. In: Richard Pettinger (Hg.): Introduction to management. London: Macmillan, S. 1–6. Online verfügbar unter [http://etclub.mie.utoronto.ca/publication/1994/Milgram\\_Takemura\\_SPIE1994.pdf](http://etclub.mie.utoronto.ca/publication/1994/Milgram_Takemura_SPIE1994.pdf), zuletzt geprüft am 17.01.2017.

Moto G: Moto G - Unlocked Android Smartphone. Hg. v. Motorola. Online verfügbar unter <https://www.motorola.com/us/products/moto-g>, zuletzt geprüft am 08.02.2017.

Owen, Charles B.; Xiao, Fan; Middlin, Paul (2002): What is the best fiducial? Online verfügbar unter <http://debian.cse.msu.edu/CSE/pub/multimedia/charles-owen-art02.pdf>, zuletzt geprüft am 22.01.2017.

Preim, Bernhard; Dachsel, Raimund (2015): Interaktive Systeme. 2. Aufl. Berlin: Springer Vieweg (eXamen.press).

Sauer, Steffen (2010): Wie Monteure von Augmented Reality profitieren. Baupläne mit Augmented Reality. Fraunhofer Institut. Online verfügbar unter <https://www.fraunhofer.de/de/presse/presseinformationen/2010/05/augmented-reality-maschinenbau-kolbus.html>, zuletzt geprüft am 24.01.2017.

Schart, Dirk: Augmented Reality in der Industrie. Online verfügbar unter <https://www.wearear.de/augmented-reality-in-der-industrie/>, zuletzt geprüft am 23.01.2017.

Schart, Dirk: Fünf Anwendungsfelder für Augmented Reality in Automotive. Online verfügbar unter <https://www.wearear.de/automotive-augmented-reality/>, zuletzt geprüft am 14.12.2016.

Schart, Dirk; Tschanz, Nathaly (2015): Praxishandbuch Augmented Reality. Für Marketing, Medien und Public Relations. Konstanz, München: UVK-Verlagsgesellschaft.

Schrödter, Hannes; Mister Spex (2014): Die virtuelle Welt in der praktischen Anwendung. Frankfurter Allgemeine Zeitung GmbH. Online verfügbar unter <http://www.faz.net/asv/50-plus-sicherheit-innovation-technik/brillenprobe-im-internet-die-virtuelle-welt-in-der-praktischen-anwendung-12988605.html>, zuletzt aktualisiert am 06.02.2017, zuletzt geprüft am 06.02.2017.

- Srinivas, Rao (2015): How to Build an AR Android App with Vuforia and Unity. sitepoint.com. Online verfügbar unter <https://www.sitepoint.com/how-to-build-an-ar-and-roid-app-with-vuforia-and-unity/>, zuletzt geprüft am 08.02.2017.
- Steiger, Lothar; Mehler-Bicher, Anett (2014): Augmented reality. Theorie und Praxis. 2. Auflage. 2., überarbeitete Auflage. München: de Gruyter Oldenbourg.
- Tönnis, Marcus (2010): Augmented Reality. Einblicke in die Erweiterte Realität. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg (Informatik im Fokus).
- Vuforia - Image Targets: Image Targets | Vuforia Library. Vuforia Library. Online verfügbar unter <https://library.vuforia.com/articles/Training/Image-Target-Guide>, zuletzt geprüft am 08.02.2017.
- Vuforia - Start: Vuforia AR Starter Kit Guide | Vuforia Library. Vuforia Library. Online verfügbar unter <https://library.vuforia.com/articles/Training/Vuforia-AR-Starter-Kit>, zuletzt geprüft am 08.02.2017.
- Vuforia - Video Playback: Unity - How do I create a simple VideoPlayback app | Vuforia Developer Portal. Online verfügbar unter <https://developer.vuforia.com/forum/faq/unity-how-do-i-create-simple-videoPlayback-app>, zuletzt geprüft am 08.02.2017.
- Wikipedia (Hg.) (2017): Android (Betriebssystem). Online verfügbar unter <https://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=162307830>, zuletzt aktualisiert am 06.02.2017, zuletzt geprüft am 08.02.2017.
- Wikipedia - Vuforia (2017): Vuforia Augmented Reality SDK - Wikipedia. Hg. v. Wikipedia. Online verfügbar unter <https://en.wikipedia.org/w/index.php?oldid=755140723>, zuletzt aktualisiert am 21.01.2017, zuletzt geprüft am 08.02.2017.
- Wolski, David (2012): Zukunftsvision: Augmented Reality. IDG Tech Media GmbH. Online verfügbar unter <http://www.pcwelt.de/ratgeber/Zukunftsvision-Augmented-Reality-6576275.html>, zuletzt aktualisiert am 20.09.2012, zuletzt geprüft am 06.02.2017.
- YouTube - fraunhoferiff (2012): Augmented Reality in der Industrie. Online verfügbar unter [https://www.youtube.com/watch?v=5\\_I2PbLb\\_N8](https://www.youtube.com/watch?v=5_I2PbLb_N8), zuletzt geprüft am 24.01.2017.
- YouTube - Pepsi Max (2014): Unbelievable Bus Shelter | Pepsi Max. Unbelievable #Live-ForNow. Online verfügbar unter <https://www.youtube.com/watch?v=Go9rf9GmYpM>, zuletzt geprüft am 07.02.2017.
- YouTube - V431 (2007): BMW augmented reality. Online verfügbar unter <https://www.youtube.com/watch?list=PLA9xe4uoyGFPqAHKDSdAxNf9KPQkHUZHx&v=P9KPJIA5yds>, zuletzt geprüft am 24.01.2017.
- YouTube - Vuforia: Vuforia SDK 4.0 with Object Recognition - YouTube. Online verfügbar unter <https://www.youtube.com/watch?v=YaSWX6hqnDk>, zuletzt geprüft am 22.01.2017.

# Versicherung über Selbstständigkeit

*Hiermit versichere ich, dass ich die vorliegende Arbeit ohne fremde Hilfe selbstständig verfasst und nur die angegebenen Hilfsmittel benutzt habe.*

Hamburg, den \_\_\_\_\_