



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

**Thomas Kanne-Schludde**

**Augmented Reality als Unterstützung bei Montage-Vorgängen**

*Fakultät Technik und Informatik  
Studiendepartment Informatik*

*Faculty of Engineering and Computer Science  
Department of Computer Science*

**Thomas Kanne-Schludde**

**Thema der Arbeit**

Augmented Reality als Unterstützung bei Montage-Vorgängen

**Kurzzusammenfassung**

In dieser Arbeit wird die Frage behandelt, wie Augmented Reality (AR) bei der manuellen Montage von Gegenständen helfen kann. Dabei wird zuerst ein Überblick über die verschiedenen Technologien, die für die Erweiterung der Realität eingesetzt werden können, geliefert und kurz in dessen Historie eingeordnet. Diese Arbeit stellt die theoretische Grundlage eines nachfolgenden praktischen Projektes dar, indem nach Möglichkeiten und Verbesserungen in der Nutzung von AR Lösungen für unterschiedliche Montage Vorgänge gesucht wird. Diese Lösungen sind mit gewissen Herausforderungen verbunden, die mit Bezug auf den aktuellen Forschungsstand anhand verschiedener Paper herausgearbeitet und die wichtigsten Ergebnisse skizziert werden.

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Die verschiedenen Realitäten</b>	<b>2</b>
2.1	Virtuelle Realität . . . . .	2
2.2	Augmented Reality . . . . .	4
2.3	Mixed-Reality-Taxonomie . . . . .	4
2.4	Ziele und Anwendungsgebiete . . . . .	5
2.4.1	Augmented Reality Anwendungen . . . . .	5
2.4.2	Anwendung der HoloLens bei Thyssenkrupp . . . . .	6
<b>3</b>	<b>Erreichen einer AR und dessen Herausforderungen</b>	<b>7</b>
3.1	Videoaufnahme . . . . .	7
3.2	Tracking . . . . .	7
3.3	Registrierung . . . . .	7
3.4	Darstellung . . . . .	8
3.5	Ausgabe . . . . .	8
3.5.1	Video-See-Through-Displays . . . . .	8
3.5.2	Optische See-Through Displays . . . . .	8
<b>4</b>	<b>Forschung</b>	<b>10</b>
4.1	Using Head-Mounted Displays and In-Situ Projection for Assistive Systems - A Comparison . . . . .	10
4.1.1	Idee . . . . .	10
4.1.2	Aufbau . . . . .	10
4.1.3	Ergebnis . . . . .	11
4.1.4	Erklärung . . . . .	12
4.2	Comparing Conventional and Augmented Reality Instructions for Manual Assembly Tasks . . . . .	12
4.2.1	Idee . . . . .	12
4.2.2	Aufbau . . . . .	12
4.2.3	Ergebnis . . . . .	13
4.2.4	Erklärung . . . . .	13
<b>5</b>	<b>Fazit und Ausblick</b>	<b>14</b>

# Abbildungsverzeichnis

2.1	Head-Mounted-Displays früher und heute . . . . .	3
2.2	Schema einer CAVE mit dem Einsatz von 24 Projektoren . . . . .	3
2.3	Mixed Reality Taxonomie nach <b>Milgram und Kishino (1994)</b> . . . . .	4
2.4	Nutzung der HoloLens als Unterstützung bei Fahrstuhl-Wartungsarbeiten . . . . .	6
3.1	Unterschiedliche HMD Typen . . . . .	9
4.1	Versuch mit der Epson Moverio: HMD Tracking und Montage Anweisungen ( <b>Büttner u. a. (2016)</b> ) . . . . .	11
4.2	Projektionsbasierter Versuch: Bauteil Markierung und Montage Anweisungen ( <b>Büttner u. a. (2016)</b> ) . . . . .	11
4.3	Versuchsaufbau und virtuelle ortsgebundene Elemente ( <b>Blattgerste u. a. (2017)</b> )	12

# 1 Einleitung

Seit jeher vereinfachen diverse technische Erfindungen und Innovationen dem Menschen das tagtägliche Leben. Mit dem Computer hat die Digitalisierung den Einzug sowohl in das private als auch berufliche Leben geschafft, wodurch sich eine neue Art der Mensch-Maschine-Interaktion über Tastatur und Maus entwickelt hat. Durch Nutzung von Lenkrad und Gaspedal konnten schließlich Autorennspiele gesteuert werden, wodurch die im PC dargestellte virtuelle Realität an die reale Umgebung angenähert wurde. Moderne mobile Geräte wie das Smartphone erweitern die Benutzerinteraktion u.a. durch den Touchscreen oder die Sprachsteuerung. Die Verwendung von Kameras erlaubt sogar Gestensteuerung, mit denen weitere Anwendungsfälle auf weiteren Geräten (z.B. Datenbrillen) möglich sind. Ziel ist es, die Kommunikation mit Geräten so natürlich und intuitiv zu gestalten, dass der Nutzer geringe bis keine Einarbeitszeit mehr benötigt.

Durch das Internet hat der Nutzer Zugang zu einer unendlichen Fülle an Informationen. Auf mobilen Geräten kann es genutzt werden, ihm zu einem bestimmten Zeitpunkt oder bei einer bestimmten Aktion relevante Informationen anzuzeigen. Hält man z.B. die Smartphone Kamera auf eine U-Bahn Haltestelle, könnten die An- und Abfahrtzeiten angezeigt werden. Bei diesem Vorgang würde somit die Realität angereichert.

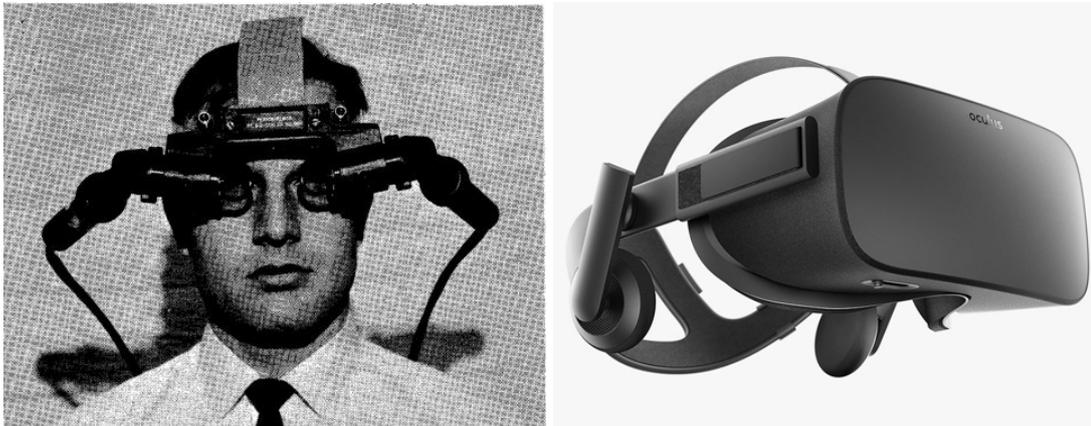
In dieser Arbeit wird unter anderem ein Überblick darüber verschafft, in welchen Fällen und mit welchen Geräten eine Anreicherung der Realität möglich ist und wo Unterschiede zur virtuellen Realität bestehen. Basierend auf die Fragestellung, wie Augmented Reality bei Montage-Vorgängen helfen kann, werden zuerst unterschiedliche Anwendungsgebiete präsentiert und schließlich verschiedene Geräte und Technologien vorgestellt. Anhand einer Analyse des aktuellen Forschungsstands wird auf erste Lösungsansätze verwiesen. Da diese Ausarbeitung den theoretischen Teil eines folgenden Praxisprojektes darstellt, wird zum Schluss ein Ausblick über zukünftige Arbeiten angefügt.

## 2 Die verschiedenen Realitäten

### 2.1 Virtuelle Realität

Um den Begriff der Augmented Reality näher erläutern zu können, kann man in die historischen Anfänge der Forschung im Bereich der virtuellen Realitäten (VR) zurückgehen. Bereits 1965 hatte der Computergrafiker Ivan Sutherland noch vor der Erfindung des PC die Vision eines „Ultimate Display“, einer Technologie mit der sich ein Nutzer in eine computergenerierte virtuelle Welt begeben konnte, in der sich Gegenstände real anfühlen sollten (Sutherland (1965)). Drei Jahre später baute er bereits das erste sogenannte „Head-Mounted-Display“ (HMD) (Abb. 2.1(a)), einen Helm, mit dem der Betrachter in eine virtuelle 3D-Welt eintauchen konnte (Sutherland (1968)). Eine wissenschaftliche Definition der virtuellen Realität, die unabhängig von verwendeten Technologien und Geräten bereits 1993 verfasst und heute noch gültig ist, wurde von Carolina Cruz-Neira in der SIGGRAPH Konferenz vorgestellt (Cruz-Neira (1993)). Dort beschreibt sie, die virtuelle Realität greife auf „immersive, interaktive, multi-sensorische, Betrachter-zentrierte, drei-dimensionale computergenerierte Umgebungen und die Kombination der zur Erstellung dieser Umgebungen benötigten Technologien“ zurück. Mit der Immersion ist gemeint, wie stark der Nutzer in die virtuelle Umgebung eintauchen kann. Dazu sollten die Sinneseindrücke des Nutzers durch den Computer generiert und dabei möglichst viele Sinne angesprochen werden. Je besser der Mensch von der Außenwelt abgeschottet ist, desto höher ist die Immersion (vgl. Slater und Wilbur (1997)).

Heute werden verschiedene Technologien verwendet, um virtuelle Realitäten zu erzeugen. Ein bekannter Hersteller für Head-Mounted-Displays ist *Oculus VR*, dessen *Oculus Rift* (Abb. 2.1(b)) seit 2013 auf dem Markt ist. Ein besonderes Merkmal bei diesen Brillen ist die geschlossene Bauweise, bei denen der Nutzer vollständig von der realen Umgebung abgeschottet wird (siehe Abschnitt 3.5.2). Über Sensorik werden Position und Blickrichtung des Nutzers ermittelt und die virtuelle Anzeige dementsprechend angepasst (vgl. Dörner u. a. (2014)). Der Grad der Immersion kann zusätzlich durch die Verwendung von speziellen Geräten wie Handschuhen, die ein computergesteuertes haptisches Feedback beim Greifen von virtuellen Gegenständen geben können, verstärkt werden (z.B. Jadhav u. a. (2017)).



(a) Das erste HMD von Sutherland (1968)

(b) Oculus Rift

Abbildung 2.1: Head-Mounted-Displays früher und heute<sup>1</sup>

Eine andere Möglichkeit zur Darstellung virtueller Realitäten ist die sogenannte *Cave Automatic Virtual Environment (CAVE)*. Bei dieser Technik wird der virtuelle Inhalt statt auf einer Brille auf bis zu sechs würfelförmig angeordnete Wände projiziert. Im Gegensatz zum HMD kann sich der Nutzer hier allerdings nur in einem begrenzten Raum bewegen (vgl. Dörner u. a. (2014)).

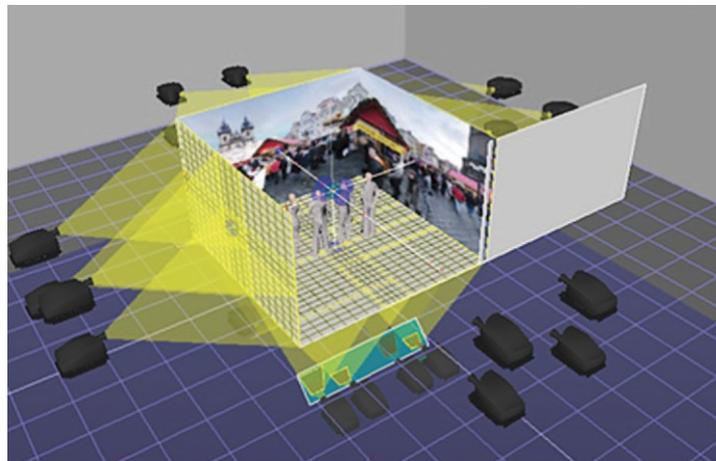


Abbildung 2.2: Schema einer CAVE mit dem Einsatz von 24 Projektoren (Dörner u. a. (2014))

---

<sup>1</sup><https://www.oculus.com/rift/>

## 2.2 Augmented Reality

**Azuma (1997)** beschrieb die Augmented Reality in einem Survey-Paper bereits 1997 als eine Variation der virtuellen Realität, bei der der Nutzer nicht vollständig in eine virtuelle Welt eintaucht, sondern die Realität in Echtzeit durch neue virtuelle Objekte auf dreidimensionaler Ebene erweitert wird. Sie befindet sich sozusagen zwischen der Realität und der VR. Auch diese Definition ist unabhängig von Technologien und Geräten. Bereits zu dieser Zeit wurden die ersten HMDs im Bereich der AR eingesetzt, beispielsweise bei *Boeing* zum Trainieren der Arbeiter beim Verlegen von Kabeln (**Caudell und Mizell (1992)**). Statt die Kabelstrecken auf großen Tafeln vorzubereiten, konnten diese den Arbeitern über das AR System ins Sichtfeld eingeblendet werden. Einer der bekanntesten Vertreter aktueller Head-Mounted-Displays ist die *HoloLens*<sup>2</sup> von *Microsoft*. Im Vergleich zur Oculus Rift aus dem VR Bereich wird der Nutzer hier aufgrund transparenter Gläser nicht von der Realität abgeschirmt. Über ein Hologramm werden in einem begrenzten Sichtfeld virtuelle Objekte in die Realität eingefügt. Augmented Reality kann zusätzlich auch mit Projektoren oder Handheld-Geräten wie herkömmlichen Smartphones erzeugt werden. Im Abschnitt 2.4 werden einige Beispiele diesbezüglich genannt.

## 2.3 Mixed-Reality-Taxonomie

Häufig wird in Berichten und Arbeiten auch der Begriff *Mixed Reality* genannt. Damit ist die Spanne zwischen Realität und Virtueller Realität gemeint und geht auf **Milgram und Kishino (1994)** zurück. Wie in Abbildung 2.3 dargestellt, nimmt der Grad der Immersion mit steigender Virtualität stufenlos zu. Die Augmented Reality ist auf diesem Kontinuum demnach nach Fernsehen und Kino die der Realität am nächsten kommende Mixed Reality, bei der die reale und die virtuelle Umwelt miteinander verschmolzen werden. In der Forschung beschäftigt sich die jährlich stattfindende ISMAR<sup>3</sup> Konferenz bereits seit 1998 mit nahezu allen relevanten Themen aus den Bereichen Mixed und Augmented Reality.

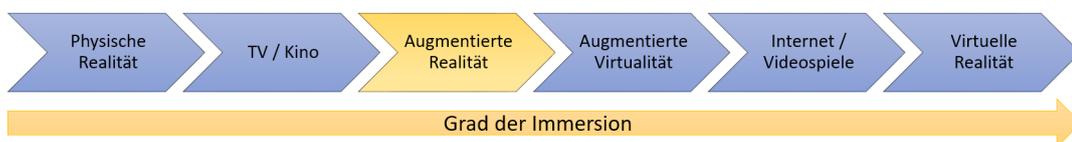


Abbildung 2.3: Mixed Reality Taxonomie nach **Milgram und Kishino (1994)**

---

<sup>2</sup><https://www.microsoft.com/de-de/hololens>. Letzter Zugriff: 31.08.2017

<sup>3</sup>The IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality - <http://ismar.net>

## 2.4 Ziele und Anwendungsgebiete

Die Anwendungsgebiete der virtuellen- und augmentierten Realitäten sind sehr vielfältig. Forschung und Entwicklung beider Bereiche sorgen für innovative Benutzerschnittstellen zwischen Mensch und Maschine. Mit diesem Bereich befassen sich z.B. die CHI<sup>4</sup> und MobileHCI<sup>5</sup> Konferenzen der ACM<sup>6</sup>. Durch VR und AR können in unterschiedlichen Szenarien Kosten eingespart und Sicherheitsrisiken minimiert werden, indem man Trainingseinheiten (Flüge, militärische Einsätze, medizinische Operationen) digital simuliert. VR kann zudem helfen, Phobien wie das öffentliche Sprechen vor Menschen, abzubauen, ist aber auch im Entertainment-Bereich und dort besonders im Gaming sehr präsent (vgl. [Bowman und McMahan \(2007\)](#)).

### 2.4.1 Augmented Reality Anwendungen

Im Bereich der Augmented Reality wurde der Schwerpunkt bereits früh auf assistierende Funktionen gelegt, wie das Paper von [Azuma \(1997\)](#) zeigt: in den frühen 90er-Jahren wurden schon kontextbezogene nützliche Informationen auf einem HMD angezeigt (wie die anfangs bereits erwähnten Kabelstrecken im Boeing-Werk). Heute wird Augmented Reality zudem auch auf Smartphones und Tablets eingesetzt. 2016 wurde die Smartphone-App *Pokémon Go*<sup>7</sup> veröffentlicht, bei der mit der Kamera des Smartphones kleine Monster aufgespürt und gefangen werden müssen. Die Kamera nimmt dabei die reale Umgebung auf, während die Monster an vordefinierten Geopositionen digital in das Bild eingefügt werden. Weiterhin existieren auch nützliche Apps wie *Layar*<sup>8</sup>, die Zusatzinformationen zu Plakaten, Zeitungen, interessanten Orten etc. anzeigen kann oder *Word Lens*<sup>9</sup> zum Transformieren von fremdsprachigem Text in die eigene Sprache durch grafische Überlagerungen. Die Positionen in der Realität, auf die die virtuellen Inhalte angezeigt werden sollen, werden in diesen Fällen durch bestimmte Merkmale erkannt.

Ein mögliches Einsatzgebiet für Projektoren sind 3D-Projektionen auf Gebäude wie z.B. das Opernhaus in Sydney (siehe [Cuthbertson \(2016\)](#)). Das Gebäude wird als Projektionsfläche für virtuelle Visualisierungen verwendet, sodass der Eindruck entsteht, das Gebäude könne seine Form und Erscheinung verändern. Ebenso könnte die Realität erweitert werden, indem man

---

<sup>4</sup><http://chi2017.acm.org/>

<sup>5</sup><http://mobilehci.acm.org>

<sup>6</sup><http://www.acm.org/>

<sup>7</sup><http://pokemongo.nianticlabs.com/de>

<sup>8</sup><https://www.layar.com>

<sup>9</sup><https://questvisual.com>

das Innere des Gebäudes auf die Außenwand projiziert und dem Zuschauer dadurch suggeriert wird, man könne in das Gebäude hineinschauen.

#### 2.4.2 Anwendung der HoloLens bei Thyssenkrupp

Eines der vielversprechendsten Projekte ist hingegen aus der Kooperation zwischen Microsoft und *thyssenkrupp* entstanden. Um die Fehlerquote und die benötigte Zeit bei Wartungsarbeiten an Fahrstühlen zu minimieren, haben Entwickler von thyssenkrupp in einer Testumgebung im One World Trade Center in New York sämtliche Fahrstuhldaten in der Cloud verfügbar gemacht und diese für die Microsoft HoloLens visualisiert. Der Techniker kann sich somit vor Ort per Gesten- und Sprachsteuerung über den Zustand der Fahrstühle informieren und eine Schritt-für-Schritt-Anleitung für Wartungsarbeiten aufrufen.

Die HoloLens wird mit Windows 10 betrieben, weshalb auch Skype verfügbar ist, über das sich der Techniker schließlich Informationen und Ratschläge von Experten einholen kann. Microsoft gibt an, dadurch die Dauer eines Servicemitarbeiter-Einsatzes auf ein Viertel reduzieren zu können (Erickson (2016)).



Abbildung 2.4: Nutzung der HoloLens als Unterstützung bei Fahrstuhl-Wartungsarbeiten<sup>10</sup>

---

<sup>10</sup><https://www.youtube.com/watch?v=8OWhGiyR4Ns> - Letzter Zugriff: 24.08.2017

## 3 Erreichen einer AR und dessen Herausforderungen

In diesem Kapitel wird basierend auf [Dörner u. a. \(2014\)](#) kurz erläutert, welche technischen Schritte zur Erweiterung der Realität um virtuelle Objekte nötig sind und welchen Herausforderungen man sich dabei stellen muss.

### 3.1 Videoaufnahme

Bei der Verwendung von mobilen Geräten wie Datenbrillen und Smartphones, ist zuerst eine Videoaufnahme oder ein -Stream der Umgebung notwendig. Wichtig ist, die Kamera dafür zu kalibrieren.

### 3.2 Tracking

*Tracking* bezeichnet die Berechnung oder Schätzung der Position des Nutzers per GPS Koordinaten und WLAN Ortung, wobei auch die Position und Lage der Kamera geschätzt werden müssen, da diese für die Aufnahme des Sichtfelds sorgt. Die Orientierung bzw. Blickrichtung des Betrachters wird über die mittlerweile in fast allen Smartphones gängigen Sensoren wie den Magnetometer und über Inertialsensoren bestimmt. Es ist wichtig, diese Daten zu jedem Zeitpunkt zu bestimmen, da die virtuellen Inhalte möglichst genau auf die aktuelle Umgebung abgebildet werden sollen.

### 3.3 Registrierung

Die virtuellen Elemente sollen an einem scheinbar festen Ort eingeblendet werden. Möchte man z.B. eine virtuelle Vase auf einem realen Tisch darstellen, soll sich diese auch noch auf dem Tisch befinden, wenn sich das Blickfeld des Betrachters bzw. der Kamera verändert. Dafür werden die durch das Tracking berechneten Werte der Positions- und Lageschätzung verwendet. Die Anzahl der Tracking-Ergebnisse pro Sekunde (Tracking-Rate) sollte dabei der der

aufgenommenen Bilder pro Sekunde (in der Regel 60) entsprechen, da es sonst zu einem verzögerten Verrücken der virtuellen Objekte kommt. Beim Eintreten einer sog. *Tracking-Latenz* entsteht eine zeitliche Differenz zwischen Schätzung der Positionsdaten und Anwendung der Objekttransformation auf die berechnete Position, sodass sich das Objekt fälschlicherweise mit der Kamerabewegung mitbewegt. Erst wenn diese stoppt, wird das Objekt durch einen Ruck auf die richtige Position gesetzt. Grund für diese Latenz kann unter anderem ein zu aufwändiges Tracking-Verfahren sein.

## 3.4 Darstellung

Mit der Darstellung ist die perspektivisch korrekte Überlagerung der virtuellen Inhalte auf das aufgenommene Videobild gemeint. Dabei müssen unter Umständen Auflösung und Schärfe der virtuellen Elemente an das Videobild angepasst werden.

## 3.5 Ausgabe

Als Ausgabe dienen die Displays der verwendeten Geräte oder auch separate Monitore und Projektionen. Da im dieser Arbeit anschließenden Praxisprojekt unter anderem eine Datenbrille verwendet werden soll, werden in diesem Abschnitt unterschiedliche Bauweisen gezeigt, die jeweils Vor- und Nachteile mit sich bringen.

### 3.5.1 Video-See-Through-Displays

Bei Video-See-Through-Displays (Abb. 3.1(a)) wird das Sichtfeld der Kamera aufgenommen und dem Betrachter als Videostream angezeigt. Dadurch kann die Helligkeit des virtuellen Inhalts genau an den Videostream angepasst werden. Allerdings steht dem Nutzer nur ein begrenztes Sichtfeld zur Verfügung und je nach Position der Kamera muss der perspektivische Blickwinkel entzerrt werden. Durch zu geringe Auflösung entsteht für den Nutzer oft ein relativ unrealistisches Bild.

### 3.5.2 Optische See-Through Displays

Bei dieser Display-Variante sieht der Nutzer die Umgebung durch einen semitransparenten Spiegel (Abb. 3.1(b)), auf dem das virtuelle Bild angezeigt wird. Dadurch ist zwar die Realität immer in der vollen Auflösung sichtbar, jedoch sind die virtuellen Elemente stark von der Belichtung abhängig, da sie nicht mit vollständiger Deckungskraft überlagert und dadurch

einige Elemente der Realität somit nie vollständig ausgeblendet werden können. Der Bereich, in dem der virtuelle Inhalt eingeblendet werden kann, ist zudem begrenzt.

Bei optischen See-Through Datenbrillen unterscheidet man zwischen offener und geschlossener Bauweise.

**Offene Bauweise** Bei der offenen Bauweise (Abb. 3.1(c)) kann der Betrachter sowohl den für virtuelle Inhalte möglichen Bereich als auch die Umgebung sehen. Da der virtuelle Bereich nur ein Sichtfeld von ca. 90° bei einem Gesamtsichtfeld von 180° einnimmt, werden virtuelle Objekte abgeschnitten, sobald sie sich nicht mehr vollständig innerhalb des virtuellen Bereichs befinden. Ebenso wird die Immersion teilweise gestört, da die Sicht im virtuellen Bereich deutlich abgedunkelter erscheint.

**Geschlossene Bauweise** Bei der geschlossenen Bauweise (Abb. 3.1(d)) kann der Betrachter nur den für virtuelle Inhalte möglichen Bereich sehen - der Rest wird durch das Gehäuse verdeckt. Damit wird den Nachteilen der offenen Bauweise zwar entgegengewirkt, es entsteht aber ein Tunnelblick, der die Orientierung im Raum erschwert.

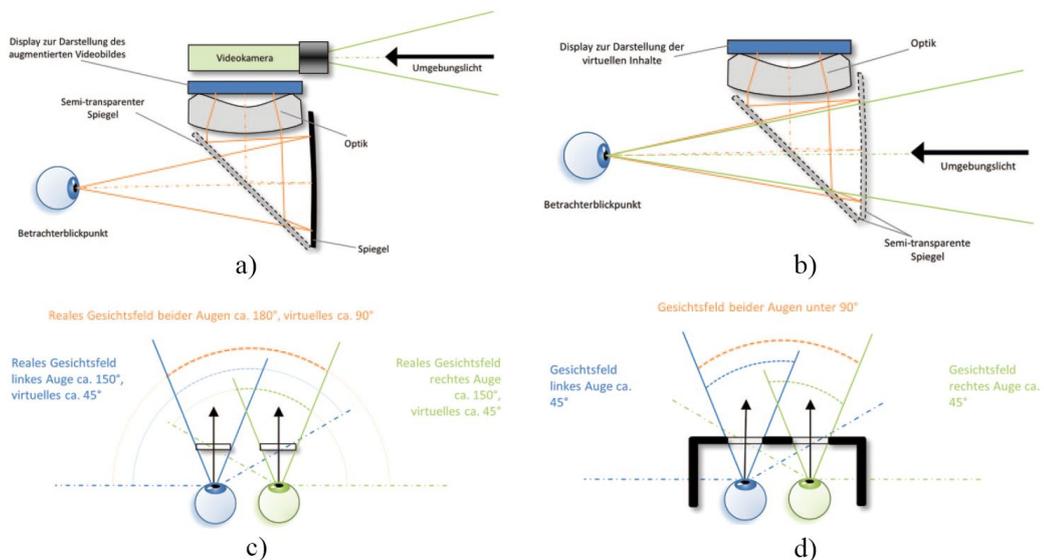


Abbildung 3.1: Unterschiedliche HMD Typen. **a)** Video-See-Through-Display, **b)** Optischer See-Through, **c)** Binokulares Display (offene Bauweise), **d)** Binokulares Display (geschlossene Bauweise) (Dörner u. a. (2014))

## 4 Forschung

In diesem Kapitel soll die Fragestellung aus der Einleitung, wie Augmented Reality bei Montage-Vorgängen helfen kann, aufgegriffen und anhand von Papern der aktuelle Forschungsstand analysiert werden.

### 4.1 Using Head-Mounted Displays and In-Situ Projection for Assistive Systems - A Comparison

#### 4.1.1 Idee

**Büttner u. a. (2016)** listen einige Forschungsprojekte auf, die sich bereits mit Augmentierter Realität als Unterstützung für Montage-Vorgänge mit der Nutzung von HMDs *oder* projektionsbasierter Unterstützung beschäftigt haben und präsentieren selbst ein System, bei dem beide Varianten und eine klassische Papieranleitung im selben Versuchskontext miteinander verglichen werden.

#### 4.1.2 Aufbau

In dieser Studie sollten 13 Probanden LEGO Steine zu einer vorgegebenen Figur zusammensetzen. Eine statische Montage-Station enthielt Fächer mit verschiedenen LEGO Steinen. Die Montage-Schritte bestanden aus der Entnahme des richtigen Bauteils und dem korrekten Zusammensetzen des vorgegebenen Objektes. Auf dem verwendeten HMD (*Vuzix STAR 1200*) wurde mit merkmalsbasiertem Tracking (siehe Abschnitt 2.4.1) die Box mit dem richtigen LEGO Stein erfasst und markiert (Abb. 4.1), danach ein 3D-Abbild der Figur, wie sie nach Aufsetzen dieses Bauteils aussehen soll, eingeblendet. Dieses Objekt ist jedoch nicht ortsgebunden, sondern wird statisch am oberen linken Rand des Sichtbereichs eingeblendet.

Im projektionsbasierten Aufbau wurde ein Beamer an die Montage-Station angebracht, mit dem die richtigen Bauteile markiert wurden. Hier wurde kein Tracking benötigt, sondern die Positionsdaten statisch konfiguriert. Für den Montage-Vorgang wurden die 3D-Objekte auf einer speziellen Projektionsfläche angezeigt (Abb. 4.2).

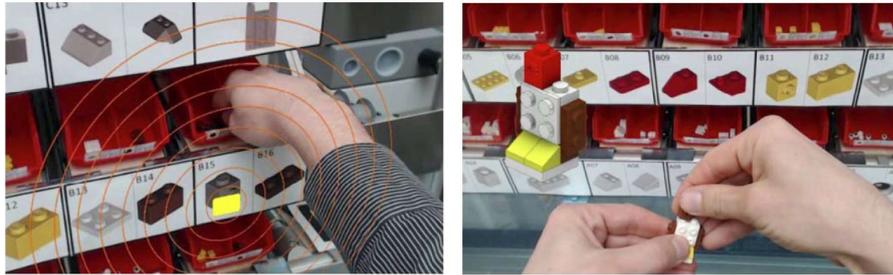


Abbildung 4.1: Versuch mit der Epson Moverio: HMD Tracking und Montage Anweisungen  
(Büttner u. a. (2016))



Abbildung 4.2: Projektionsbasierter Versuch: Bauteil Markierung und Montage Anweisungen  
(Büttner u. a. (2016))

### 4.1.3 Ergebnis

Als quantitatives Ergebnis führen Büttner u. a. (2016) an, dass die Probanden im Schnitt bei beiden Schritten etwa dieselbe Zeit mit der Projektionslösung als auch der Papieranleitung benötigt haben. Mit der HMD haben beide Schritte mehr als die zweifache Zeit benötigt. Bei der durchschnittlichen Anzahl der Fehler pro Anweisung schnitt das HMD ebenfalls deutlich schlecht ab, während bei Nutzung der Papieranleitung kaum Fehler gemacht wurden. Durch Probandenbefragungen kamen sie schließlich zu dem qualitativen Ergebnis, dass der Spaßfaktor bei der projektionsbasierten Lösung am größten ist. Nützlichkeit und Bedienbarkeit entsprechen annähernd der Papier-Lösung. Das HMD wurde von den Probanden in allen Kategorien nur gering akzeptiert. Besonders die Bedienbarkeit wurde als schwierig empfunden.

#### 4.1.4 Erklärung

Bei zu hoher Hintergrundbeleuchtung der Versuchsumgebung waren die Instruktionen auf dem HMD schlecht bis kaum zu erkennen (siehe Abschnitt 3.5.2). Einige Nutzer hatten Probleme mit dem begrenzten Sichtfeld und der Fokussierung der digitalen Inhalte, da diese eine fixe virtuelle Entfernung von einem Meter hatten. Da die virtuellen Inhalte nicht ortsgebunden waren, empfanden einige Probanden diese als unnatürlich.

## 4.2 Comparing Conventional and Augmented Reality Instructions for Manual Assembly Tasks

### 4.2.1 Idee

In der PETRA-Konferenz<sup>1</sup> präsentierten Blattgerste u. a. (2017) im Juni einen ähnlichen LEGO Montage-Versuch, in dem sie die Nutzung der Microsoft HoloLens, Epson Moverio BT-200, eines Smartphones und ebenfalls einer Papieranleitung miteinander verglichen.

### 4.2.2 Aufbau

24 Probanden sollten in Boxen einsortierte LEGO Steine entnehmen und diese danach auf einem Brett anbringen. Die HoloLens und das Smartphone verwendeten dabei Tracking-Verfahren, um sowohl die korrekten Boxen zu markieren als auch die Steine beim Montage-Schritt als 3D-Objekte an der richtigen Position des Brettes anzuzeigen. Bei der Moverio wurde auf Tracking verzichtet und somit keine Informationen über den Lagerort der Steine geliefert und bei der Montage die Steine fixiert im Display angezeigt, was der Papieranleitung entsprach.



Abbildung 4.3: Versuchsaufbau und virtuelle ortsgebundene Elemente (Blattgerste u. a. (2017))

---

<sup>1</sup><http://petrae.org>

### 4.2.3 Ergebnis

Die Probanden benötigten mit der Papieranleitung die geringste Zeit für das Lokalisieren der richtigen Box und der Position auf dem Brett, die längste mit dem Smartphone. Beim ersten Schritt waren die Moverio und die HoloLens gleichzusetzen, beim Positionieren des Steins benötigten die Probanden mit der HoloLens signifikant länger. Parallel dazu wurden auch die aufgetretenen Fehler gemessen. Beim Lokalisieren der Box traten bei Nutzung der HoloLens kaum Fehler auf, mit der Moverio die meisten. Papier und Smartphone bildeten in etwa den Durchschnitt. Allerdings wurden beim Positionieren der Steine die häufigsten Fehler mit HoloLens und Smartphone gemacht, bei denen die Steine als 3D-Objekt an der richtigen Stelle angezeigt wurden. Die Nutzung von Papieranleitung und Moverio führten kaum zu Fehlern.

Als qualitatives Ergebnis führen [Blattgerste u. a. \(2017\)](#) folgendes an:

#### **Epson Moverio**

- keine Informationen über korrekten Lagerort der Bauteile (-)
- Einblendung der Montageanweisung mittig im Sichtfeld ist störend (-)

#### **Microsoft HoloLens**

- Fadenkreuz zeigt immer korrekten Lagerort der Bauteile (+)
- Montageanleitung als 3D-Modell an korrekter Position (+)
- zu kleines Sichtfeld (-)
- Verdeckung anderer Bauteile sorgt für Fehler bei Montage (-)

Die Handhabung des Smartphones hingegen wurde größtenteils als umständlich und unnatürlich, während die Papierbeschreibung gut angenommen und als intuitiv bewertet wurde.

### 4.2.4 Erklärung

Es hat sich auch in diesem Versuch gezeigt, dass fixierte Einblendungen störend wirken (geringe Immersion) und Datenbrillen insgesamt eine höhere kognitive Belastung bei Montagevorgängen verursachen als die Papieranleitung. Da sie im Falle der HoloLens zumindest teilweise hilfreich sind, ist hier noch Optimierungsspielraum.

## 5 Fazit und Ausblick

Abschnitt 2.4 hat gezeigt, dass es durchaus viele Anwendungsfälle für die Augmented Reality gibt, gleichzeitig aber auch noch einige Herausforderungen (vgl. Kapitel 3 und 4). Büttner u. a. (2016) und Blattgerste u. a. (2017) zeigen mit ihren Versuchen, dass es stark von der verwendeten Technik, dessen Benutzerfreundlichkeit und demnach auch dem Grad der Immersion abhängt, ob AR bei Montage-Vorgängen hilfreich sein kann oder nicht. Gerade bei der Nutzung von Datenbrillen ist Verbesserungspotential vorhanden. Die HoloLens scheint sich in dem Bereich jedoch gerade mit Blick auf das thyssenkrupp-Projekt (siehe 2.4.2) positiv hervorzuheben. Es stellen sich somit Fragen, wie die Nützlichkeit von AR Techniken verbessert und auch auf verschiedene Montage-Vorgänge wie beispielsweise dem Zusammenbau von IKEA Möbeln angewendet werden kann. Zu bedenken ist dabei, wie eine hilfreiche Assistenz erreicht werden kann, ohne an einen statische Montage-Station gebunden zu sein. Im anschließenden Praxisprojekt sollen daher unter anderem die Möglichkeiten der HoloLens weiter untersucht und analysiert werden. Fragestellungen, welche Art Einblendungen für den Nutzer wirklich hilfreich sind und welche nicht, Erprobung verschiedener Tracking-Verfahren und das Behandeln möglicher Probleme mit Verdeckungen (vgl. Blattgerste u. a. (2017)) spielen dabei eine wichtige Rolle. Kollaborationen mit verschiedenen Projekten innerhalb des *Creative Space For Technical Innovations*<sup>1</sup> an der HAW Hamburg sind dabei durchaus denkbar, um in naher Zukunft gemeinsam Lösungen für die aktuell bekannten Schwachstellen erarbeiten zu können.

---

<sup>1</sup><https://csti.haw-hamburg.de/>

## Literaturverzeichnis

- [Azuma 1997] AZUMA, Ronald T.: A Survey of Augmented Reality. In: *Presence: Teleoperators and Virtual Environments* 6 (1997), Nr. 4, S. 355–385. – URL <http://dx.doi.org/10.1162/pres.1997.6.4.355>
- [Blattgerste u. a. 2017] BLATTGERSTE, Jonas ; STRENGE, Benjamin ; RENNER, Patrick ; PFEIFFER, Thies ; ESSIG, Kai: Comparing Conventional and Augmented Reality Instructions for Manual Assembly Tasks, 2017
- [Bowman und McMahan 2007] BOWMAN, D. A. ; MCMAHAN, R. P.: Virtual Reality: How Much Immersion Is Enough? In: *Computer* 40 (2007), July, Nr. 7, S. 36–43. – ISSN 0018-9162
- [Büttner u. a. 2016] BÜTTNER, Sebastian ; FUNK, Markus ; SAND, Oliver ; RÖCKER, Carsten: Using Head-Mounted Displays and In-Situ Projection for Assistive Systems: A Comparison. In: *Proceedings of the 9th ACM International Conference on Pervasive Technologies Related to Assistive Environments*. New York, NY, USA : ACM, 2016 (PETRA '16), S. 44:1–44:8. – URL <http://doi.acm.org/10.1145/2910674.2910679>. – ISBN 978-1-4503-4337-4
- [Caudell und Mizell 1992] CAUDELL, T. P. ; MIZELL, D. W.: Augmented reality: an application of heads-up display technology to manual manufacturing processes. In: *Proceedings of the Twenty-Fifth Hawaii International Conference on System Sciences* Bd. ii, Jan 1992, S. 659–669 vol.2
- [Cruz-Neira 1993] CRUZ-NEIRA, Carolina: Virtual reality overview. In: *SIGGRAPH* Bd. 93, 1993, S. 1–1
- [Cuthbertson 2016] CUTHBERTSON, Debbie: *Melbourne artist Reko Rennie turns Opera House into a 3D dreamtime wonderland for Vivid Sydney*. 2016. – URL <http://www.smh.com.au/entertainment/art-and-design/melbourne-artist-reko-rennie-turns-opera-house-into-a-3d-dreamtime-wonderland-for-vivid-sydney-20160531-gp7znm.html>. – Zugriffsdatum: 2017-08-24

- [Dörner u. a. 2014] DÖRNER, R. ; BROLL, W. ; GRIMM, P. ; JUNG, B.: *Virtual und Augmented Reality (VR / AR): Grundlagen und Methoden der Virtuellen und Augmentierten Realität*. Springer Berlin Heidelberg, 2014 (eXamen.press). – URL <https://books.google.de/books?id=aXckBAAQBAJ>. – ISBN 9783642289033
- [Erickson 2016] ERICKSON, Scott: *Microsoft HoloLens enables thyssenkrupp to transform the global elevator industry*. 2016. – URL <https://blogs.windows.com/devices/2016/09/15/microsoft-hololens-enables-thyssenkrupp-to-transform-the-global-elevator-industry/#2yXb6uP1UBpd1Z0S.97>. – Zugriffsdatum: 2017-08-24
- [Jadhav u. a. 2017] JADHAV, Saurabh ; KANNANDA, Vikas ; KANG, Bocheng ; TOLLEY, Michael T. ; SCHULZE, Jurgen P.: Soft robotic glove for kinesthetic haptic feedback in virtual reality environments. In: *Electronic Imaging 2017* (2017), Nr. 3
- [Milgram und Kishino 1994] MILGRAM, Paul ; KISHINO, Fumio: A taxonomy of mixed reality visual displays. In: *IEICE TRANSACTIONS on Information and Systems* 77 (1994), Nr. 12, S. 1321–1329
- [Slater und Wilbur 1997] SLATER, Mel ; WILBUR, Sylvia: A framework for immersive virtual environments (FIVE): Speculations on the role of presence in virtual environments. In: *Presence: Teleoperators and virtual environments* 6 (1997), Nr. 6, S. 603–616
- [Sutherland 1965] SUTHERLAND, Ivan E.: The ultimate display. In: *Multimedia: From Wagner to virtual reality* (1965)
- [Sutherland 1968] SUTHERLAND, Ivan E.: A head-mounted three dimensional display. In: *Proceedings of the December 9-11, 1968, fall joint computer conference, part I ACM* (Veranst.), 1968, S. 757–764