

Andrii Zhabrovets
Salmsacherstrasse 11A
8590 Romanshorn
076 525 13 74
anzhabro@ksr.ch

Kantonsschule Romanshorn
Class 4Mez
Matura

Artificial Intelligence as a Substitute for Software Engineers: A Benchmark-Based Analysis



Subject: Informatik
Supervisor: Tom Hofmann
Deadline: 13 January 2024

Abstract

Diese Arbeit untersucht die technologischen Aspekte von Augmented Reality (“Erweiterte Realität”, AR) und verfolgt die Entwicklung seit ihren Anfängen. Die Möglichkeiten und Herausforderungen zukünftiger AR-Anwendungen in Bereichen wie Archäologie, Bildung, Medizin, Militär, Videospiele, Navigation und Übersetzung werden eingehend untersucht. Die Arbeit betont das Potenzial der Augmented Reality Technologie und ihre transformativen Auswirkungen auf diese Bereiche.

Contents

1	Introduction	1
2	Augmented Reality	2
2.1	Definition	2
2.2	Schlüsseltechnologien	3
3	Research Methodology	5
3.1	Description of the Benchmark Framework	5
3.1.1	Selection and Categorization of Programming Problems	5
3.1.2	Characteristics of the Problem Set	5
3.2	Overview of AI Models Evaluated	5
3.3	Evaluation Metrics and Criteria	6
4	Results and Analysis	7
4.1	Quantitative Results	7
4.2	Qualitative Assessment	7
4.3	Comparison to Human Performance	8
4.4	Statistical Analysis	9
5	Implications and Future Directions	10
5.1	Implications of Findings for Software Engineering	10
5.1.1	Selection and Categorization of Programming Problems	10
5.1.2	Characteristics of the Problem Set	10
5.2	Challenges and Limitations	10
5.3	Future Potential	11
6	Conclusion	12
	List of Figures	15

1 Introduction

Diese Arbeit befasst sich mit der Frage, was Augmented-Reality-Technologie (“Erweiterte Realität”, AR) ist und wie sie in der realen Welt eingesetzt wird. Zunächst werden mehrere Definitionen des Konzepts der Augmented Reality betrachtet, darunter die Definitionen der Wissenschaftler Milgram, Takemura, Utsumi und Kishino aus dem Jahr 1994 und eine spätere Definition von T. Azuma aus dem Jahr 1997. Anschliessend werden die beiden Hauptkomponenten des Augmented-Reality-Systems, Hardware und Software, erörtert. Um die Entwicklung der AR-Technologie besser zu verstehen und einen Einblick in die Nutzung von AR im Laufe ihrer Existenz zu erhalten, werden wichtige Ereignisse, die die Technologie beeinflusst haben, auch chronologisch betrachtet, und zwar von ihrer Erfindung im Jahr 1968 bis zur Einführung von “Apple Vision Pro” im Jahr 2023, einem hochmodernen AR-Gerät, das von dem bekannten amerikanischen Technologieunternehmen Apple entwickelt wurde. (?, ?)

Im Anschluss werden unterschiedliche Anwendungen der AR wie in der Archäologie, Bildung, Medizin, Militär, in Videospielen, Navigation und Übersetzung besprochen. In der Arbeit wird untersucht, wie die AR-Technologie dazu beigetragen hat, die Erfahrungen zu verbessern, die Effizienz zu steigern und die Möglichkeiten in diesen Bereichen zu erweitern. Durch einen umfassenden Überblick über aktuelle AR-Implementierungen werden die konkreten Vorteile erläutert, die bereits verwirklicht wurden. Die Rolle der Augmented Reality (AR) in der Archäologie besteht zum Beispiel darin, digitale Rekonstruktionen antiker Zivilisationen zu ermöglichen. Dies zeigt das immense Potenzial von AR, um die historische Forschung und Bewahrung zu revolutionieren. In der Bildung wird AR genutzt, um Studenten in immersive Lernerfahrungen einzubeziehen und so ein tieferes Verständnis von komplexen Themen zu fördern sowie das Behalten des Gelernten zu erleichtern. Auch Mediziner profitieren von AR, indem es ihnen beim Einsatz in der chirurgischen Navigation hilft, präzise Eingriffe zu erleichtern und Risiken zu minimieren.

Unter Berücksichtigung der oben genannten Beispiele, wie die AR-Technologie viele Lebensbereiche verbessern kann, bietet diese Arbeit einen Ausgangspunkt für jeden, der sich für die Erforschung oder Nutzung von Augmented Reality interessiert.

2 Augmented Reality

2.1 Definition

Was ist AR? Das Konzept der erweiterten Realität (Augmented Reality, AR) wurde von vielen Forschern der Informatik unter Berücksichtigung verschiedener Faktoren unterschiedlich definiert.

Die ersten Definitionen wurden von Milgram, Takemura, Utsumi und Kishino vorgeschlagen (1994). In ihrer Arbeit “Augmented Reality: A class of displays on the reality-virtuality continuum” (Eine Klasse von Displays auf dem Realitäts-Virtualitäts-Kontinuum) konzeptualisierten sie das Virtual-Reality-Kontinuum, das vier Systeme berücksichtigt: reale Umgebung (Real Environment), erweiterte Realität (Augmented Reality), erweiterte Virtualität (Augmented Virtuality) und virtuelle Umgebung (Virtual Environment). Darüber hinaus wurden zwei Ansätze zur Definition von “Augmented Reality” genannt: eine breite Definition und eine präzisere Definition. In der breiten Definition wird Augmented Reality definiert als “Erweiterung des natürlichen Feedbacks an den Operator mit simulierten Hinweisen”. Im Gegensatz dazu wird sie im genaueren Verständnis definiert als “eine Form der virtuellen Realität, bei der das am Kopf montierte Display des Teilnehmers transparent ist und eine klare Sicht auf die reale Welt ermöglicht”. (? , ?) (? , ?)

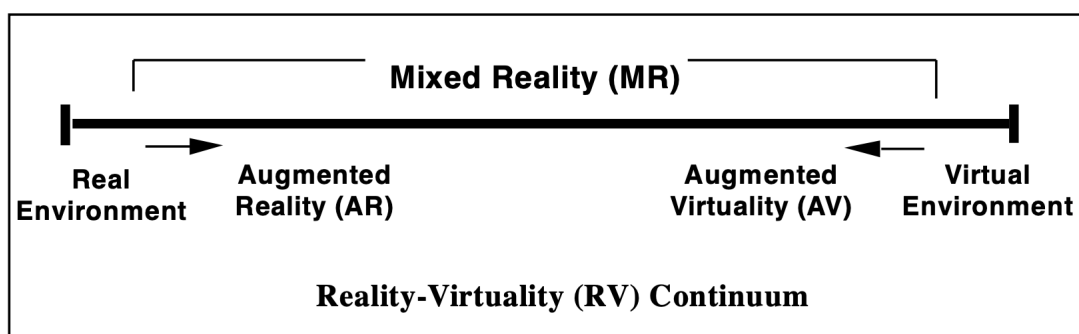


Figure 1: Vereinfachte Darstellung eines “Reality-Virtuality (RV) Continuum”.
(? , ?)

Andere Forscher, wie z. B. T. Azuma, definieren AR anhand seiner Merkmale oder Eigenschaften. Nach seinem Ansatz wird AR als Systeme definiert, die die folgenden drei Merkmale aufweisen:

1. kombiniert reale und virtuelle Objekte in einer realen Umgebung;
2. läuft interaktiv und in Echtzeit;
3. registriert (richtet aus) in 3-D reale und virtuelle Objekte miteinander. (?, ?)

2.2 Schlüsseltechnologien

Ein Augmented-Reality-System kann in zwei Komponenten unterteilt werden: die Hardware und die Software (?, ?), (?, ?).

Das Hauptmerkmal der Hardwarekomponenten ist die Erfassung und Anzeige der Daten und Informationen sowie deren Verarbeitung. Die **Input-Komponenten** sind Sensoren, die auf physikalische oder chemische Reize aus der realen Umgebung reagieren und die notwendigen Daten für die Entwicklung des Systems liefern. Die **Output-Komponenten** sind Geräte zur Anzeige der Informationen, die in tragbare und nicht tragbare sowie optische, Video- und Projektionsgeräte unterteilt werden können. Die Ausgabe selbst kann weiter in zwei Varianten von Displays unterteilt werden: **Optisch durchsichtiges Display (Optical See-through Display)**, bei dem die virtuellen Inhalte auf die Schnittstelle projiziert werden, um sich optisch mit der realen Szene zu vermischen, und **Video-Durchsichtiges Display (Video See-through Display)**, bei dem es zwei Arbeitsmodalitäten gibt: eine verwendet HMD-Geräte (Head-Mounted Display), die andere arbeitet mit Kamera und Bildschirm in Handheld-Geräten wie Smartphones und Tablets (?, ?).

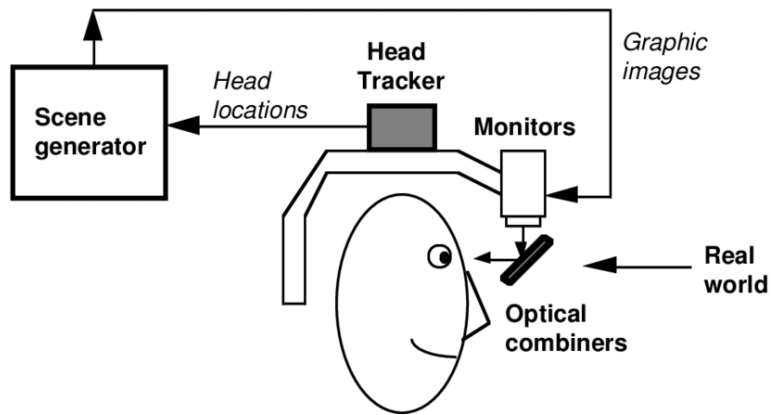


Figure 2: Optisch durchsichtiges Display
(?, ?)

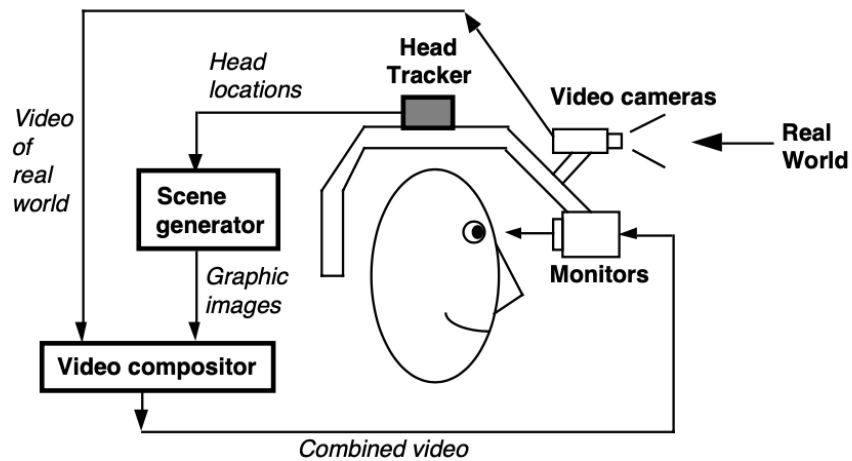


Figure 3: Video-Durchsichtiges Display
(?, ?)

Auf der Software-Seite besteht eine der Hauptaufgaben darin, reale Koordinaten abzuleiten, die von der Kamera und den Kamerabildern unabhängig sind. Dieser Prozess wird als Bildregistrierung bezeichnet und umfasst verschiedene Computer-Vision-Methoden, insbesondere solche, die sich auf die Videoverfolgung beziehen (?, ?).

3 Research Methodology

3.1 Description of the Benchmark Framework

3.1.1 Selection and Categorization of Programming Problems

Die Entwicklung der Augmented-Reality-Technologie geht auf die 1960er Jahre zurück, als der Informatiker Ivan Sutherland das erste kopfgetragene Display erfand. Dieses bahnbrechende Gerät, das auch als “Sword of Damocles” bezeichnet wurde, ebnete den Weg für tragbare Computerschnittstellen, obwohl es keine echten AR-Funktionen bot (?, ?). Nicht lange danach, 1975, gründete Myron Krueger den Videoplace, ein Labor für künstliche Realität. Dieser Raum reagierte auf die Bewegungen und Aktionen der Benutzer und machte Brillen oder Handschuhe überflüssig (?, ?).

3.1.2 Characteristics of the Problem Set

Tatsächlich wurde der Begriff “Augmented Reality” erst 1990 von Thomas P. Caudell, einem ehemaligen Forscher bei Boeing, eingeführt (?, ?). Im Jahr 1992 stellte Louis Rosenberg vom Armstrong Research Lab der United States Air Force “Virtual Fixtures” vor, eines der ersten voll funktionsfähigen Augmented-Reality-Systeme (?, ?).

3.2 Overview of AI Models Evaluated

Weitere Entwicklungen in den späten 90er Jahren waren die Definition des Realitäts-Virtualitäts-Kontinuums von Paul Milgram und Fumio Kishino im Jahr 1994, das sich von der realen Umgebung zur virtuellen Umgebung erstreckt. Augmented Reality (AR) und Virtual Reality (VR) liegen dazwischen, wobei sich AR zur realen Welt und VR zur virtuellen Welt neigt (?, ?). Ronald Azumas Studie von 1997 über AR ist ein weiterer wichtiger Meilenstein, der eine allgemein akzeptierte Definition der Technologie liefert. Azuma definierte AR als die Integration von realen und virtuellen Umgebungen mit 3D-Registrierung und Echtzeit-Interaktivität (?, ?). Im Jahr 2000 brachte Hirokazu Kato das AR ToolKit auf den Markt, eine Open-Source-

Softwarebibliothek, die die Entwicklung von AR-Softwareanwendungen durch eine Video-Tracking-Technologie revolutionierte, die virtuelle Grafiken über die physische Welt legt (?, ?).

3.3 Evaluation Metrics and Criteria

In den frühen 2010er Jahren begannen grosse Technologieunternehmen in die AR-Branche einzusteigen. So stellte Google 2012 seine Google Glass vor, eine Augmented-Reality-Brille, die den Nutzern immersive Erfahrungen bietet (?, ?). Im Jahr 2015 kündigte Microsoft Windows Holographic und das HoloLens-Headset für Augmented Reality an. Das Headset verschmolz hochauflösende “Hologramme” mit der physischen Welt (?, ?). Im Jahr 2016 wurde die Technologie leichter zugänglich, als Niantic Pokémon Go für iOS und Android veröffentlichte. Die mobile AR-App erfreute sich grosser Beliebtheit und steigerte die Attraktivität von AR-Spielen (?, ?). Darüber hinaus hatte der Aufstieg mobiler AR-Apps einen bemerkenswerten Einfluss auf andere Branchen wie den Einzelhandel. Im Jahr 2017 brachte IKEA seine Augmented-Reality-App IKEA Place auf den Markt, die es den Nutzern ermöglicht, sich vor dem Kauf von Möbeln zu Hause eine Vorschau anzusehen (?, ?). Im Jahr 2023 schliesslich kündigte Apple das Apple Vision Pro an, ein Augmented-Reality-Headset, das die reale und die digitale Welt “nahtlos” miteinander verschmelzen lässt und den neuesten Fortschritt in der AR-Technologie markiert (?, ?).

4 Results and Analysis

4.1 Quantitative Results

Die Technologie der Augmented Reality (“Erweiterte Realität”, AR) findet in der Archäologie Anwendung, insbesondere im Bereich des erweiterten Tourismus. Sie zielt darauf ab, die Erfahrung des Besuchs historischer Stätten zu verbessern, indem virtuelle Rekonstruktionen über die reale Umgebung gelegt werden. Dies wird durch den Einsatz von Geräten wie Head Mounted Displays (HMDs) oder mobilen Geräten erreicht, die virtuelle Objekte über Live-Videoübertragungen legen. Bemerkenswerte Beispiele für diese Technologie sind “ARCHEOGUIDE” und das Projekt “Cultural Heritage Experiences through Socio personal Interactions and Storytelling”.

Über den virtuellen Tourismus hinaus kann AR auch helfen, archäologische Stätten aus einer phänomenologischen Perspektive zu erkunden. Durch die Überlagerung von geografischen Daten aus einem Geografischen Informationssystem (GIS) mit der realen Welt wird eine verkörperte Erfahrung der Landschaft ermöglicht. Dieses Konzept wird anhand eines Projekts in einer bronzezeitlichen Siedlung in Cornwall, Grossbritannien, demonstriert, bei dem eine massstabgetreue Rekonstruktion der Rundhäuser der Siedlung mit Hilfe einer Spiele-Engine, GIS-Software, einem AR-Plugin und benutzerdefinierten Skripten über die reale Landschaft gelegt wurde. (?, ?)

4.2 Qualitative Assessment

Die Technologie der Augmented Reality (“Erweiterte Realität”, AR) wird in vielen Anwendungen eingesetzt, wobei die Übersetzung eine ihrer Anwendungen ist. Ein Beispiel, mit dem viele Menschen vielleicht vertraut sind, aber nicht wissen, dass dort eine AR-Technologie verwendet wird, ist die Word Lens Mobile App, die von Google übernommen und in Google Translate integriert wurde. Mit dieser App können die Nutzer einfach ihre Smartphone-Kamera auf Texte wie Schilder oder Speisekarten richten und bekommen sofort eine Übersetzung neben dem Originaltext auf dem Bildschirm angezeigt. Damit entfällt die Notwendigkeit, ein Foto zu machen oder

den Text manuell in die App einzugeben, was für Reisende und Sprachschüler auf der ganzen Welt, die Sprachen verstehen und mit ihnen interagieren wollen, äusserst praktisch ist. (?, ?)

4.3 Comparison to Human Performance

Augmented Reality (AR) hat das Potenzial, die Bildung durch die Schaffung immersiver Lernumgebungen erheblich zu verändern. Diese Umgebungen ermöglichen es den Lernenden, mit Objekten und Informationen in der realen Welt zu interagieren, was eine praktische und fesselnde Lernerfahrung ermöglicht. AR kann nahtlos in Aktivitäten wie Simulationen, Spiele und Prüfungen integriert werden, um die Entwicklung von kognitiven, emotionalen und physischen Fähigkeiten zu unterstützen. Darüber hinaus bietet AR personalisierte und adaptive Lernerfahrungen, die auf die spezifischen Bedürfnisse der Lernenden zugeschnitten sind und das Interesse, die Motivation und die Zusammenarbeit unter den Schülern fördern. Die pädagogischen Vorteile von AR sind zahlreich, da sie das Behalten von Wissen, die Problemlösungsfähigkeit und die Entscheidungsfindung verbessern und gleichzeitig Kreativität und Innovation fördern. (?, ?)

Allerdings muss man sich darüber im Klaren sein, dass die Integration von AR in den Unterricht auch mit Herausforderungen verbunden ist. Zu diesen Herausforderungen gehören die Notwendigkeit einer geeigneten Hardware- und Software-Infrastruktur sowie die fehlende Standardisierung verschiedener Plattformen oder Kompatibilitätsprobleme zwischen Systemen oder Geräten. Darüber hinaus besteht die Gefahr, dass die Lernergebnisse beeinträchtigt werden, wenn die Implementierung von AR nicht durchdacht konzipiert oder effektiv durchgeführt wird. Daher müssen Pädagogen und Designer verschiedene Ansätze sorgfältig abwägen und dabei die ethischen Bedenken im Zusammenhang mit dem Einsatz von AR im Bildungsbereich im Auge behalten. Auf diese Weise können sie Strategien und Leitlinien entwickeln, die den Nutzen der erweiterten Realität im Bildungsbereich maximieren.(?, ?)

4.4 Statistical Analysis

Einer der Hauptvorteile der Augmented-Reality-Technologie (AR) in der Videospielindustrie besteht darin, dass sie es den Nutzern ermöglicht, mit synthetischen Objekten, Personen und Umgebungen zu interagieren, die über reale Umgebungen gelegt werden, und ihre Erfahrungen in diesen Umgebungen mit computergenerierten Bildern und Tönen zu erweitern. Dies verbessert das Spielerlebnis und schafft neue Möglichkeiten der sozialen Interaktion. AR-Spiele wie Pokémon GO, Ingress und Zombies, Run! sind bekannte Beispiele für diese Technologie in Aktion. Die körperliche Bewegung, die diese Spiele erfordern, kann jedoch ein Risiko für die Nutzer darstellen, insbesondere wenn sie nicht sicher und verantwortungsvoll genutzt werden. Insgesamt hat AR das Potenzial, die Spieleindustrie zu verbessern und neue und aufregende Erlebnisse für die Spieler zu schaffen. (?, ?)

5 Implications and Future Directions

5.1 Implications of Findings for Software Engineering

5.1.1 Selection and Categorization of Programming Problems

Die Entwicklung der Augmented-Reality-Technologie geht auf die 1960er Jahre zurück, als der Informatiker Ivan Sutherland das erste kopfgetragene Display erfand. Dieses bahnbrechende Gerät, das auch als “Sword of Damocles” bezeichnet wurde, ebnete den Weg für tragbare Computerschnittstellen, obwohl es keine echten AR-Funktionen bot (?, ?). Nicht lange danach, 1975, gründete Myron Krueger den Videoplace, ein Labor für künstliche Realität. Dieser Raum reagierte auf die Bewegungen und Aktionen der Benutzer und machte Brillen oder Handschuhe überflüssig (?, ?).

5.1.2 Characteristics of the Problem Set

Tatsächlich wurde der Begriff “Augmented Reality” erst 1990 von Thomas P. Caudell, einem ehemaligen Forscher bei Boeing, eingeführt (?, ?). Im Jahr 1992 stellte Louis Rosenberg vom Armstrong Research Lab der United States Air Force “Virtual Fixtures” vor, eines der ersten voll funktionsfähigen Augmented-Reality-Systeme (?, ?).

5.2 Challenges and Limitations

Weitere Entwicklungen in den späten 90er Jahren waren die Definition des Realitäts-Virtualitäts-Kontinuums von Paul Milgram und Fumio Kishino im Jahr 1994, das sich von der realen Umgebung zur virtuellen Umgebung erstreckt. Augmented Reality (AR) und Virtual Reality (VR) liegen dazwischen, wobei sich AR zur realen Welt und VR zur virtuellen Welt neigt (?, ?). Ronald Azumas Studie von 1997 über AR ist ein weiterer wichtiger Meilenstein, der eine allgemein akzeptierte Definition der Technologie liefert. Azuma definierte AR als die Integration von realen und virtuellen Umgebungen mit 3D-Registrierung und Echtzeit-Interaktivität (?, ?). Im Jahr 2000 brachte Hirokazu Kato das AR ToolKit auf den Markt, eine Open-Source-

Softwarebibliothek, die die Entwicklung von AR-Softwareanwendungen durch eine Video-Tracking-Technologie revolutionierte, die virtuelle Grafiken über die physische Welt legt (?, ?).

5.3 Future Potential

In den frühen 2010er Jahren begannen grosse Technologieunternehmen in die AR-Branche einzusteigen. So stellte Google 2012 seine Google Glass vor, eine Augmented-Reality-Brille, die den Nutzern immersive Erfahrungen bietet (?, ?). Im Jahr 2015 kündigte Microsoft Windows Holographic und das HoloLens-Headset für Augmented Reality an. Das Headset verschmolz hochauflösende “Hologramme” mit der physischen Welt (?, ?). Im Jahr 2016 wurde die Technologie leichter zugänglich, als Niantic Pokémon Go für iOS und Android veröffentlichte. Die mobile AR-App erfreute sich grosser Beliebtheit und steigerte die Attraktivität von AR-Spielen (?, ?). Darüber hinaus hatte der Aufstieg mobiler AR-Apps einen bemerkenswerten Einfluss auf andere Branchen wie den Einzelhandel. Im Jahr 2017 brachte IKEA seine Augmented-Reality-App IKEA Place auf den Markt, die es den Nutzern ermöglicht, sich vor dem Kauf von Möbeln zu Hause eine Vorschau anzusehen (?, ?). Im Jahr 2023 schliesslich kündigte Apple das Apple Vision Pro an, ein Augmented-Reality-Headset, das die reale und die digitale Welt “nahtlos” miteinander verschmelzen lässt und den neuesten Fortschritt in der AR-Technologie markiert (?, ?).

6 Conclusion

Augmented Reality (“Erweiterte Realität”, AR) hat in den letzten Jahren die Aufmerksamkeit von Forschern, Experten und grossen Technologieunternehmen auf sich gezogen. Diese innovative Technologie überlagert Informationen mit der physischen Welt, was zu interaktiven und immersiven Erlebnissen führt. Die in dieser Arbeit durchgeführten Untersuchungen haben das Potenzial der AR-Technologie und ihre transformativen Auswirkungen in verschiedenen Bereichen wie Bildung, Gesundheitswesen, Unterhaltung und Militär usw. untersucht.

Die AR-Technologie hat Perspektiven für die Verbesserung der menschlichen Erfahrungen und die Steigerung der Effizienz eröffnet. Im Bildungswesen zum Beispiel hat sich AR bei der Erstellung interaktiver Lernmaterialien bewährt, die es den Schülern ermöglichen, komplexe Konzepte besser zu verstehen. Im Gesundheitswesen wird AR eingesetzt, um die Ergebnisse zu verbessern, indem Chirurgen während eines Eingriffs in Echtzeit Informationen und Anleitungen erhalten. Das Militär nutzt AR zur Ausbildung von Soldaten durch Simulation von Einsatzszenarien, um die Bereitschaft für reale Situationen zu verbessern. Darüber hinaus nutzt die Unterhaltungsindustrie AR, um lebensechte Erfahrungen für die Nutzer zu schaffen.

Während die Vorteile der AR-Technologie beträchtlich sind, gibt es auch Herausforderungen und Einschränkungen, die berücksichtigt werden müssen. Ein grosses Hindernis sind die mit der Entwicklung von AR-Anwendungen verbundenen Kosten - ein Hindernis, das viele Unternehmen davon abhalten könnte, diese Technologie vollständig zu übernehmen. Ein weiteres Problem sind die Hardware- und Softwareanforderungen, die die AR-Technologie für bestimmte Bevölkerungsgruppen weniger zugänglich machen.

Trotz dieser Schwierigkeiten ist es wichtig, das Potenzial von Augmented Reality zu erkennen, das unsere Art der Interaktion mit der Welt verändern wird. Mit den Fortschritten in der AR-Technologie und ihrer breiten Anwendung können wir für die Zukunft noch mehr bahnbrechende Anwendungen und Erfindungen erwarten. Es ist klar, dass AR nicht nur ein Trend ist, sondern ein hervorragendes Werkzeug, das zahlreiche Bereiche revolutionieren und das Wohlbefinden der Menschen weltweit verbessern kann.

„Hereby, I declare that I have independently prepared the preceding work. All passages that have been quoted or paraphrased have been marked as such.“

Andrii Zhabrovets

List of Figures

1	Vereinfachte Darstellung eines “Reality-Virtuality (RV) Continuum”	2
2	Optisch durchsichtiges Display	4
3	Video-Durchsichtiges Display	4

