

Philipp Bergmann
Brandreferendar
Berliner Feuerwehr

Augmented Reality in der Ausbildung der Feuerwehr

Facharbeit gemäß § 21 VAP2.2-Feu NRW

Berlin, 18. Dezember 2019

Aufgabenstellung

Untersuchen Sie, in welchen Bereichen der Ausbildung der Feuerwehr Augmented Reality (computergestützte Erweiterung der Realitätswahrnehmung) sinnvoll eingesetzt werden könnte.

Anmerkungen

In dieser Arbeit wird aus Gründen der besseren Lesbarkeit das generische Maskulinum verwendet. Weibliche und anderweitige Geschlechteridentitäten werden dabei ausdrücklich mit gemeint, soweit es für die Aussage erforderlich ist.

Kurzfassung

Diese Arbeit beschreibt sinnvolle Bereiche der deutschen Feuerwehrausbildung, die mit Augmented Reality (AR) ergänzt werden können. Notwendig ist eine solche Ergänzung nicht zuletzt wegen des demografischen Wandels, der alle Feuerwehren bundesweit vor riesige Herausforderungen stellt. Steigende Einsatzzahlen stehen nur schwach steigenden Mitarbeiterzahlen gegenüber, geplante Ausbildungsoffensiven erfordern deutlich mehr Ausbildungspersonal. Um dieser Kontrarietät zu begegnen, sollten auch unkonventionelle Lösungen wie AR bedacht werden.

Das Ziel der Arbeit ist es, Ausbildungsinhalte gemäß der FwDV 2 und der Laufbahnverordnungen zu finden, die einen sinnvollen Einsatz von AR erlauben. Die Orientierung an der praktizierten Ausbildung macht eine spätere Implementierung leichter.

Um die Frage der Sinnhaftigkeit beantworten zu können werden zunächst die mit AR vermittelbaren Kompetenzen dargestellt. Die Schnittmenge zwischen diesen und den von einem Feuerwehrmann geforderten Kompetenzen erweist sich als ausreichend groß.

Vor allem die von der Arbeitsgruppe *FwDV 2* geforderte handlungsorientierte Ausbildung lässt sich an vielen Stellen, an denen sie heute nicht möglich ist, durch AR realisieren. Die in der Arbeit beschriebenen Bereiche der Ausbildung können von AR als Werkzeug und Ergänzung profitieren. Hinsichtlich des Ehrenamtes ergeben sich neue Möglichkeiten in Form von Kompetenzzentren und praktischer Ausbildung. Letztlich kann der richtige Einsatz von AR einerseits die Motivation und andererseits Effektivität und Effizienz in der Lehre erhöhen.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Motivation	1
1.2	Ziele	2
2	Grundlagen	3
2.1	Realitäts-Virtualitäts-Kontinuum	3
2.1.1	Mixed Reality	3
2.1.2	Virtual Reality	3
2.1.3	Augmented Reality	4
2.1.4	Augmented Virtuality	4
2.2	Gamification	4
2.3	Serious Games	5
3	Konzept	5
3.1	Kognitive Anforderungen und Möglichkeiten	5
3.2	Ausbildungsbereiche der Feuerwehr	6
3.3	AR im Ehrenamt	7
4	Anwendungsbereiche	8
4.1	Grundausbildung	8
4.1.1	Truppausbildung	8
4.1.2	Technische Ausbildung	11
4.2	Führungsausbildung	14
4.3	Fortbildung	16
4.4	Sonstige und Spezialausbildung	17
4.5	Ehrenamt	18
5	Fazit und Ausblick	19
5.1	Fazit	19
5.2	Ausblick	20

Literaturverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis

Tabellenverzeichnis

A	Lehrgangsbetrachtung	i
B	Bilder	iii
C	Projekte	iv
	Gesprächspartner	v

Eidesstattliche Erklärung

vi

1 Einleitung

Die Aufgabenstellung wird so interpretiert, dass unabhängig der technischen Grenzen von Augmented Reality sinnvolle Anwendungsfelder in der Feuerwehrausbildung beschrieben werden sollen. Der Fokus liegt hierbei auf den originären Aufgaben der Feuerwehr gemäß § 1 Abs. 1 des Gesetzes über den Brandschutz, die Hilfeleistung und den Katastrophenschutz (BHKG).

1.1 Motivation

Neuartige Lehrmethoden stellen nicht nur die klassischen pädagogischen Einrichtungen wie Schulen und Hochschulen vor immer neue Herausforderungen, sondern verlangen auch von Industrie, Wissenschaft, Behörden und Organisationen ein Umdenken. So hat auch der Arbeitskreis Forschung der Arbeitsgemeinschaft der Leiter der Berufsfeuerwehren Nordrhein-Westfalen (AGBF NRW) in einer Bestandsaufnahme zum Forschungsbedarf[1] im Februar 2019 festgestellt, dass durch die stetig wachsenden Anforderungen an die Fähigkeiten und das Wissen der Einsatzkräfte die aktuellen Qualifikationskonzepte zumindest hinterfragt und neue Lehrmethoden betrachtet werden müssen. In länderübergreifenden Befragungen der Feuerweherschulen konnte außerdem festgestellt werden, dass viele Feuerwehrangehörige sich e-Learning, digitale Medien und Veränderungen hinsichtlich der Methodik der Ausbildung durchaus offen wünschen[2].

Dabei geht es nicht nur darum, mit dem digitalen Wandel Schritt zu halten, sondern um das gezielte Lenken von Feuerwehrangehörigen hin zu einer Befähigung, mit der jeder Einzelne auf Grundlage seiner Kenntnisse und Verantwortung eine ihm übertragene Aufgabe zielgerichtet bewältigen kann. Die Digitalisierung ist in dieser Arbeit vor allem als Rahmen für innovative und kompetenzorientierte Lehrmethoden zu betrachten. Situationen, in denen an das Vorstellungsvermögen der Lehrgangsteilnehmer appelliert wird („*Stellen Sie sich vor, ...*“), könnten zukünftig mittels AR physiologisch wahrnehmbar und real werden.

Welchen maßgeblichen Anteil das Lernen durch Handeln am Vermitteln von Strategien zur Problemlösung und Kompetenzerwerb hat, haben Wissenschaftler aus verschiedenen Disziplinen herausgefunden[3]. Die Nutzung neuer Lehrtechnologien kann dazu beitragen, die Motivation der Auszubildenden durch adressatengerechten Unterricht und handlungsorientierte Lehrgänge zu erhöhen. Das führt einerseits zu einer größeren Akzeptanz und einer positiven Einstellung gegenüber der Ausbildung, hat andererseits auch den Effekt, dass Lernziele schneller erreicht werden können.

Der Arbeitskreis Ausbildung (AK A) der AGBF fand durch eine stichprobenartige Umfrage 2019 heraus, dass allein die planmäßigen Stellennachbesetzungen bis 2025 zu einem steigenden Ausbildungsbedarf von rund 70% führen[4]. Darin noch nicht kalkuliert sind die Änderungen bedingt durch den demografischen Wandel. So wird allein die Berliner Feuerwehr bis zu 700 Nachwuchskräfte gleichzeitig

an der Berliner Feuerwehr- und Rettungsdienstakademie (BFRA) ausbilden[5]. Es wäre vermessen davon auszugehen, dass es bis dahin ausreichend Ausbilder gibt. Die Personalstatistik des Deutschen Feuerwehrverbands (DFV) zeigt, dass die Mitgliedszahlen der Freiwilligen Feuerwehr (FF) abnehmen, wohingegen die Berufsfeuerwehren auf ein leichtes Wachstum blicken. Dies steht jedoch in keinem Verhältnis zum vehementen Anstieg der Einsatzzahlen[6] und dem erhöhten Bedarf an Ausbildern. Innovative Methoden, die Selbstlernen erlauben und den Lernerfolg effektivieren, müssen daher unbedingt betrachtet werden.

Oftmals stößt die Ausbildung auch vor dem Hintergrund der Darstellungsmöglichkeiten auf Grenzen. Lassen sich Szenarien auf Gruppen- oder Zugführerebene meist noch durch den Lehrgang und das vorhandene Übungsgelände realisieren, ist dies bei Flächenlagen auf Verbandsführerniveau nicht problemlos möglich. Neue Lehrmethoden können also nicht nur didaktisch, sondern auch sinnesphysiologisch genutzt werden und aktuelle Grenzen erweitern. Ganz plastisch stellte Konfuzius bereits vor über 1000 Jahren fest:

„Sage es mir, und ich werde es vergessen.
Zeige es mir, und ich werde es vielleicht behalten.
Lass es mich tun, und ich werde es können.“

1.2 Ziele

Ziel ist das Finden konkreter Bereiche und Felder aus der Feuerwehrausbildung, in denen AR sinnvoll eingesetzt werden kann. Dazu wird zunächst eine einheitliche Definition von AR geschaffen. In einem folgenden Schritt wird dargelegt, unter welchen Umständen AR in der Ausbildung *sinnvoll* ist und welche Ausbildungsbereiche es bei der Feuerwehr gibt, um dadurch tatsächliche Anwendungsbereiche ausarbeiten zu können. Dabei ist es nicht immer möglich, Ausbildung und Einsatz eindeutig voneinander zu trennen. Eine sinnvolle AR-Methode, die die Ausbildung verbessert, kann in vielen Fällen auch das Einsatzgeschehen positiv beeinflussen. Bei der Untersuchung soll es keinesfalls darum gehen, AR nur als Mittel der Digitalisierung zu betrachten und dem aktuellen Digitalisierungshype zu folgen. Es soll primär darum gehen, die Vorteile klar zu charakterisieren und aufgrund dieser eine kontrollierte Einführung von AR an den sinnvollen Stellen einleiten zu können.

Nicht explizit betrachtet werden die technischen Herausforderungen. Diese werden kurz in Kapitel 5.2 skizziert und mögliche zukünftige Arbeiten dargestellt. Standortspezifische Detailfragen können und sollen nicht Bestandteil dieser Arbeit sein. Speziell für eine dezentrale Ausbildung hat dies den Vorteil, dass Insellösungen nicht zwischen den Standorten konvertiert werden müssen und man in der initialen Phase eine Grundlage für alle Akteure schafft.

Es ist weder Ziel der Arbeit, einen Algorithmus für die Transformation der Ausbildungsmethoden in AR, noch Empfehlungen für bestimmte AR-Geräte zu geben.

Es ist im Einzelfall zu entscheiden, ob eine Brille, ein Handheld oder eine andere Variante Sinn macht.

2 Grundlagen

In diesem Kapitel werden disziplinübergreifende Themen eingeführt, um es dem Leser ohne Hintergrundwissen zu ermöglichen, die Sachverhalte nachvollziehen zu können. Dazu werden die verschiedenen Arten des Realitäts-Virtualitäts-Kontinuums[7] definiert und somit voneinander abgegrenzt. In einem weiteren Schritt werden Konzepte der Medienpädagogik eingeführt.

2.1 Realitäts-Virtualitäts-Kontinuum

2.1.1 Mixed Reality

Das Verschmelzen realer und virtueller Welten mit dem Ziel neue Umgebungen zu erzeugen, wird als Mixed Reality (nachfolgend MR) bezeichnet[8]. Die Schnittmenge zur Augmented Reality ist fließend und an vielen Stellen überlappend, doch gibt es einen ganz entscheidenden Unterschied, der explizit an AR, nicht aber an MR gestellt wird – die Realität bzw. die reale Wahrnehmung muss in MR nicht überwiegen. MR bezeichnet innerhalb des Realitäts-Virtualitäts-Kontinuums nach Milgram all jene Realitäten bzw. Virtualitäten, die die natürliche Wahrnehmung mit einer künstlichen vermischen. Folglich bildet MR eine Obermenge von AR. Die im weiteren Verlauf eingeführten Kombinationen von virtueller und realer Welt haben eine Gemeinsamkeit: Für sie alle existiert keine anerkannte Definition (das gilt im Übrigen auch für MR). Insofern ist es umso wichtiger, eine Differenzierung durchzuführen und eine zumindest in dieser Arbeit konsistente Definition der Begrifflichkeiten zu verwenden.

2.1.2 Virtual Reality

Die Virtual Reality (nachfolgend VR) ist üblicherweise eine computergenerierte, virtuelle, interaktive Umgebung, in deren Mittelpunkt sich der Anwender aus der Egoperspektive in einer digitalen Welt wiederfindet. Während Anwender in diese künstliche Umgebung eintauchen, sollen sie gleichzeitig physikalische Eigenschaften wahrnehmen. Dabei sind Anwender stets an die Benutzung von Peripheriegeräten gebunden, welche die Bewegungen durch haptische, motorische oder andere adäquate Sensoren entgegennehmen und in Steuerbefehle innerhalb der VR umwandeln.

Große Bedeutung kommt auch der *Immersion* zu. Diese beschreibt, wie bewusst Nutzer sich in einer künstlichen Umgebung wahrnehmen und sich in diese eingebettet fühlen. Je größer die Immersion ist, desto größer ist auch die Akzeptanz gegenüber eines VR-Systems.

2.1.3 Augmented Reality

Unter AR versteht man die computergestützte Erweiterung oder Anreicherung der Realität. In der Literatur erfreut sich die Definition von Azuma[9] größter Beliebtheit und weist der AR neben der Überlagerung von realer und virtueller Umgebung im Realitäts-Virtualitäts-Kontinuum vor allem den interaktiven Charakter zu. Essentiell bei der interaktiven AR-Umgebung ist das Fortbestehen der realen Welt. Dies bedeutet, dass die reale Welt weiterhin erhalten und vordergründig bleibt, diese wird computergestützt durch weitere Informationen ergänzt. Innerhalb einer AR-Umgebung sind also sowohl virtuelle als auch reale Anteile vorhanden und es geht nicht um das komplette Konvertieren in eine rein synthetische Umgebung. Deutlich wird dies auch durch die wörtliche Übersetzung des Wortes *augment*, welches *verstärken* bedeutet. Man befindet sich in einer um ergänzende Informationen verstärkten realen Welt. Mittels Sensoren werden einerseits die Umgebung und andererseits die Bewegungen des Anwenders erfasst, um immersive Interaktionen und Reaktionen zu ermöglichen. Typische Interaktionen sind der Zoom oder das Verschieben der ergänzten Informationen. Etabliert haben sich beispielsweise Head-Mounted-Displays wie Brillen oder Helme mit im Visier integrierten Displays, aber auch Smartphones und Tablets, welche die durch die Kamera projizierte reale Welt mit virtuellen Bestandteilen anreichern. Die Definition lässt bzgl. der Sinneswahrnehmung Spielraum. Neben der optischen Wahrnehmung sind andere Sinne denkbar, zum Beispiel haptische[9] oder olfaktorische[10] Wahrnehmungen. Die in dieser Arbeit verwendete Definition weist der durch AR ergänzten Information explizit alle Sinnesmodalitäten zu.

2.1.4 Augmented Virtuality

In der Augmented Virtuality (AV) werden reale Attribute in eine virtuelle Umgebung eingebettet. In dieser Realität überwiegt also deutlich der virtuelle Anteil.

2.2 Gamification

Gamification bezeichnet die Umwandlung spielfremder Inhalte in einen spieltypischen Kontext[11]. Im Kern geht es dabei um eine Steigerung der intrinsischen Motivation bei der Erledigung der Aufgabe. Diese erhöhte Motivation konnte durch Studien bereits belegt werden[12]. Eine Erhöhung der intrinsischen Motivation ist demnach nicht wirklich durch externe Faktoren möglich, sondern wird beeinflusst durch Faktoren wie Selbstverwirklichung oder den praktischen Nutzen. Die intrinsische Motivation stammt also aus dem Erleben des Verhaltens selbst[13].

2.3 Serious Games

Spiele, die nicht allein vor dem Hintergrund der Unterhaltung entwickelt werden, werden Serious Games genannt[14]. Sinn und Zweck dieser Spiele ist das Vermitteln von Informationen und Bildung durch einen Kanal, der zumeist als Unterhaltung wahrgenommen wird.

3 Konzept

Um die greifbare Betrachtung der sinnvollen Anwendungsfelder von AR in der Feuerwehrausbildung zu thematisieren, werden zunächst Inhalte und Anforderungen der Feuerwehrausbildung abstrahiert und eingeführt. Demnach mussten bei der Konzeption dieser Arbeit im Vorfeld diverse Fragen beantwortet werden, um inhaltlich sinnvolle Anwendungsfelder darstellen zu können. Nach der Beantwortung der Fragen kann der strukturelle Rahmen der Arbeit geschaffen werden, um in Kapitel 4 Inhalte und spezielle Anwendungsmöglichkeiten in den Rahmen einzubringen. Folgende Fragen gilt es zu klären:

1. Welche Anforderungen werden an Feuerwehrangehörige gestellt?
2. Was sind pädagogische Perspektiven von AR?
3. Was sind Ausbildungsbereiche der Feuerwehr?
4. Bedarf es einer Trennung zwischen Haupt- und Ehrenamt?

Ausschlaggebend ist, dass es eine möglichst große Schnittmenge zwischen den pädagogischen Möglichkeiten von AR und den typischen Anforderungen an einen Feuerwehrmann gibt. Dies wird in 3.1 beleuchtet. Nicht weniger interessant ist die Frage nach den Ausbildungsbereichen. Bei den Überlegungen wurden diverse und verschiedenartige Ansätze diskutiert, die in 3.2 skizziert werden.

3.1 Kognitive Anforderungen und Möglichkeiten

Die Arbeitsgruppe (AG) FwDV 2 innerhalb der PG FwDV setzt zukünftig vor allem auf eine kompetenzorientierte Ausbildung, die einen Feuerwehrmann dazu befähigt, unerwartete und neue Aufgaben auch in Stresssituationen adäquat zu erfassen, zu bewerten und letztlich zu lösen[2]. Ein Feuerwehrmann verfügt über diese Handlungskompetenz, wenn er beweist, dass er in Lern- oder Einsatzsituationen selbständig Herausforderungen löst. Die Schlüsselkompetenzen *Selbstkompetenz* (auch personale Kompetenz), *Fachkompetenz*, *Methodenkompetenz*, *Sozialkompetenz*, *Lernkompetenz* und *kommunikative Kompetenz* stellen dabei die Grundlage für eine ausgeprägte Handlungskompetenz dar. Sie müssen unter allen Umständen von Feuerwehrangehörigen erworben und entwickelt werden. Wissenschaftliche Studien zeigen, dass der Gebrauch von AR in der Lehre genau

diese Schlüsselkompetenzen nicht nur vermitteln, sondern markant hervorheben kann und einen äußerst positiven Einfluss auf die Motivation der Auszubildenden hat[15, 16, 17, 18]. Durch ihre Arbeit zeigen Dunleavy et al.[19] indirekt den positiven Effekt von AR auf Fähigkeiten und Kompetenzen wie Methoden-, Kommunikations- und Lernkompetenz. Positive Auswirkungen von AR auf die Wahrnehmung des Lehrinhaltes und auf Elaboration werden in [20] nachgewiesen.

Konsequenterweise darf es also bei der Beschreibung von Ausbildungsbereichen nicht ausschließlich um eine Machbarkeitsanalyse hinsichtlich der digitalen AR-Methoden gehen. Hierbei muss sichergestellt werden, die oben geforderten Kompetenzen durch eine AR-Ausbildung schneller, ausgeprägter oder einfacher - also mit weniger Aufwand - zu erreichen. Die in der FwDV 2 eingeführten vier Lernzielstufen im Handlungsbereich *Nachmachen*, *selbstständiges Handeln*, *Präzision* und *automatisiertes Handeln* sind eng angelehnt an die Taxonomie von Bloom[21]. Auch ohne die Stufen in ihrer Detailliertheit zu beleuchten ist markant, dass sie auf kognitiver Ebene im Grad der Komplexität ansteigen. Ein Werkzeug wie AR, das komplexe Zusammenhänge für die Auszubildenden möglichst greifbar macht, gehört somit ohne Zweifel in den zukünftigen Fokus der Lehrinstrumente. Da auch die Projektgruppe (PG) FwDV 2 eine handlungsorientierte Ausbildung fordert, kommt AR als Werkzeug innerhalb der Ausbildung definitiv eine unterstützende Rolle zu.

Dass man mit AR-Lehrmethoden grundsätzlich ein positives Ergebnis, bezogen auf den Lernerfolg, die Zufriedenstellung der Auszubildenden sowie deren Selbstvertrauen, erreichen kann, zeigen Studien aus den Erziehungswissenschaften[15, 16]. Ebenfalls geht aus den Studien hervor, dass die Auszubildenden das Lernen mittels AR als offen und mit vielen Freiheitsgraden empfunden haben. Der Grad an Freiheiten wird als elementarer Faktor zur Steigerung der intrinsischen Motivation betrachtet und stellt somit ein Grundelement in der Steigerung der Effektivität einer Lehrmethode dar[22, 23, 24].

3.2 Ausbildungsbereiche der Feuerwehr

Um sinnvolle Bereiche der Ausbildung der Feuerwehr zu nennen, in denen AR eingesetzt werden kann, stellt sich zunächst die Frage, welche Bereiche in der Feuerwehrausbildung überhaupt existieren. Dabei wurden im Vorfeld verschiedene Herangehensweisen durchdacht.

Die erste Variante ist das sukzessive Abarbeiten aller Lehrgänge, die in der FwDV 2 aufgelistet werden. Durch diese Herangehensweise würde man im Ergebnis eine lehrgangsscharfe Betrachtung von AR in der Feuerwehrausbildung erhalten.

Eine Strukturierung der verschiedenen Bereiche unter Zuhilfenahme der Fachbereiche einer Feuerweherschule stellt eine weitere Methode dar. Den Aufbau der möglichen Anwendungsbereiche den Abteilungen einer Feuerweherschule

nachzuempfinden stellt einen praktischen Ansatz dar, der sich an den gängigen Lehrgängen der Feuerwehrschohlen orientiert.

Die Einteilung der verschiedenen Ausbildungsbereiche anhand der Laufbahnverordnungen ist eine weitere Variante, die sich einerseits nicht in Details verliert und andererseits einen direkten praktischen Bezug zur gelebten Feuerwehrausbildung herstellt. Damit können die vorgestellten Konzepte direkt auf bestehende Ausbildungsszenarien angewendet werden.

Entschieden hat man sich für eine übergeordnete Betrachtung anhand der Ausbildungsteile der FwDV 2 gemäß der ersten vorgestellten Variante, um die Anwendung von AR in den aktuellen Lehrgängen beurteilen zu können. Die Unterteilung erfolgt in:

- *Grundausbildung*, bestehend aus *Truppausbildung* und *technischer Ausbildung*,
- *Führungsausbildung*,
- *Fortbildung* sowie
- *Sonstige und Spezialausbildung*.

Die einzelnen Ausbildungseinheiten in der Truppausbildung gemäß Teil II (Musterbildungspläne) der FwDV 2 werden nicht individuell betrachtet. Stattdessen findet eine weitere Unterteilung anhand des Rahmenbildungsplanes der Verordnung über die Ausbildung und Prüfung für die Laufbahn des zweiten Einstiegsamtes der Laufbahngruppe 1 des feuerwehrtechnischen Dienstes im Land Nordrhein-Westfalen (VAP1.2-Feu NRW) statt. Dies ist schlicht dem Umstand geschuldet, dass eine Gliederung der Ausbildungseinheiten in Truppmannausbildung Teil I und II und anhand ihrer Groblernziele im Rahmen dieser Arbeit aufgrund der Detailtiefe nicht zielführend ist. Analog dazu orientiert man sich bei der Führungsausbildung an den Rahmenbildungsplänen der Anlagen der VAP2.1-Feu NRW und VAP2.2-Feu NRW.

Andere Lehrgänge oder Kompetenzen, die implizit durch die Ausbildung erworben werden, jedoch nicht als Lehrgang in der FwDV 2 oder den Rahmenlehrplänen der Laufbahnverordnungen aufgeführt sind, finden in 4.4 Berücksichtigung.

3.3 AR im Ehrenamt

Aufgrund der identischen Herausforderungen im Feuerwehreinsatz gelten für ehren- und hauptamtliche Kräfte zunächst die gleichen kognitiven Anforderungen. Im Gegensatz zu Berufsfeuerwehrmännern investieren freiwillige Feuerwehrangehörige jedoch aus eigenen Stücken einen Teil ihrer Freizeit, um im Ernstfall für den Bürger da zu sein. Ein weiterer wesentlicher Anteil der Freizeit entfällt für den Übungsdienst und Ausbildung. AR bietet das Potenzial, ehrenamtliche Kräfte durch mehr Freude an der Ausbildung langfristig zu motivieren und letztlich den individuellen Spaß am Ehrenamt zu steigern. Mit AR wird außerdem

eine relativ flexible Ausbildungsmethode geschaffen, die nicht zwangsläufig an eine bestimmte Örtlichkeit gebunden ist, sodass freiwillige Feuerwehrangehörige selbstbestimmt entscheiden können, wann sie Ausbildung wo absolvieren - theoretisch sogar in den eigenen vier Wänden. Durch technisches Recording kann der persönliche Ausbildungsfortschritt digital festgehalten und via Künstlicher Intelligenz (KI) ausgewertet werden. Eine flexiblere Ausbildung kann dazu beitragen, die Vereinbarkeit von Familie und Ehrenamt zu stärken. Die Notwendigkeit dafür zeigt der Abschlussbericht des Projektes FeuerwEhrensache[25]. Die im folgenden Kapitel vorgestellten Anwendungen lassen sich auch auf das Ehrenamt übertragen.

4 Anwendungsbereiche

Dieses Kapitel gibt einen umfassenden Überblick über die Anwendungsmöglichkeiten von AR in den aktuellen Lehrgängen in der Ausbildung deutscher Feuerwehren. Beginnend mit der einheitlichen Grundausbildung für alle Laufbahnen geht es über in die verschiedenen Lehrgänge der Führungsausbildung und Fortbildung. Abschließend sollen in 4.4 Lehrgänge betrachtet werden, die nicht explizit in der FwDV 2 aufgeführt, aber dennoch wesentlicher Bestandteil der deutschen Feuerwehrausbildung sind.

4.1 Grundausbildung

Unabhängig von Laufbahn und Dienstverhältnis durchläuft jeder Feuerwehrangehörige die feuerwehrtechnische Grundausbildung. Inhaltlich kann unterschieden werden in Truppausbildung sowie Technische Ausbildung. Geht es bei der Truppausbildung vorrangig um die Vermittlung von grundlegenden Tätigkeiten im Lösch- und Hilfeleistungseinsatz, so steht bei der technischen Ausbildung vor allem der sichere Umgang mit typischen Werkzeugen und Geräten im Vordergrund.

4.1.1 Truppausbildung

Die weitere Unterteilung erfolgt nun anhand des Stoffverteilungsplanes für die feuerwehrtechnische Truppausbildung (Anlage 2 zu § 7 Abs. 5 Satz 1 VAP1.2-Feu).

Allgemeine Grundlagen Die Stärke von AR liegt vor allem im Ermöglichen von individuellen Lernprozessen gemäß des Konstruktivismus[26]. Eine solche praktische Erfahrung im Rahmen von Ausbildungsinhalten wie den allgemeinen Grundlagen, zu denen etwa Staatsbürgerkunde, Beamtenrecht oder Rechtsgrundlagen des Feuerwehrdienstes gehören, sollte sich an gängigen AR-Konzepten aus

den Geisteswissenschaften orientieren. Exemplarisch werden in [27] die Schüler in einen jeweiligen historischen Abschnitt versetzt und können Geschichte aus unmittelbarer Nähe erleben. Denkbar sind auch kleine Selbstlernszenarien, bei denen der Auszubildende mittels AR ein (Denk-)Spiel durchläuft. Durch diese Gamification[11] hin zu einem Serious Game[14] kann die intrinsische Motivation signifikant gesteigert werden[13]. Anwendung kann das Spiel in Bereitschaftszeiten oder Unterrichten finden. Solche Serious Games lassen sich gleichermaßen auf jegliche theoretischen Inhalte in der Feuerwehrausbildung anwenden und werden in den folgenden Abschnitten nicht mehr explizit erwähnt. Fraglich ist, ob dafür unbedingt AR notwendig oder die Realisierung auf einem Smartphone ausreichend ist.

Fachbezogene Grundlagen Bildungswissenschaftlich wurde AR bereits in der Mechanik untersucht[28]. Hier können Schüler mit mechanischen Komponenten interagieren und diese in 3D explorieren. Ähnliche Ansätze sollte die Feuerwehr auch für physikalische Grundlagen und die Brand- und Löschlehre nutzen, um abstrakte Begriffe wie Energie und Arbeit einzuführen, indem diese auf Objekte wirken, die die Auszubildenden in ihrer AR verändern und erforschen können. Der Unterricht des vorbeugenden Brandschutzes kann ebenfalls mittels AR bereichert werden. Einsatztaktisch relevant ist die korrekte Benennung von Bauteilen. Fordert der Einsatzleiter das Ablöschen des Dachkastens, so muss der Truppführer wissen, was damit gemeint ist. Um das Erlernen dieser Begriffe praktisch erfahrbar zu machen, kann die AR-Brille die Bauteile visuell erfassen und die korrekte Bezeichnung einblenden. Mit fortgeschrittener Ausbildung soll die Prozedur weitestgehend eigenständig durch den Auszubildenden erfolgen. Beispielhaft kann dann nur noch die Markierung eines beliebigen Bauteils durch die Brille erfolgen, während der Auszubildende dieses korrekt benennen muss.

Fahrzeug- und Gerätekunde Ausbildungsinhalte aus dem Bereich der Fahrzeug- und Gerätekunde lassen sich analog zu den fachbezogenen Grundlagen durch AR abbilden. Das Benennen von Geräten und Fahrzeugbestandteilen kann durch AR ergänzt werden. Um mehrere Feuerwehrangehörige gleichzeitig ausbilden zu können ist die Nutzung von Attrappen und Imitaten möglich. Zur angemessenen Immersion müssen diese real auf die Interaktionen der Auszubildenden reagieren. Bei der Einführung und der Bedienung von neuen Geräten kann durch die Nutzung von AR der theoretische Unterrichtsteil deutlich verkürzt werden. Im Theorieteil findet ein Lehrvortrag statt, der grundlegende Informationen wie Begriffsbestimmungen und Erkennungsmerkmale einführt. Diese Informationen können auch im Zuge der praktischen Ausbildung durch AR gegeben werden, sodass die Ausbildung stets dem Modell der vollständigen Handlung[29] - und somit dem praktischen Alltag - folgt und Feuerwehrangehörige den unmittelbaren Umgang mit dem Gerät ohne Verschleiß und Abnutzungserscheinungen lernen.

Allgemeine Einsatzlehre Weiterer wesentlicher Bestandteil der Truppausbildung ist die allgemeine Einsatzlehre. Dazu zählen Realübungen, aber auch die

Vermittlung von taktischem Wissen sowie von Grundzügen des Unfallversicherungswesens. Bei Realübungen sind es vor allem die körperlichen Erfahrungen, von denen Auszubildende profitieren. Bereiche, in denen es primär darum geht, eine körperliche Ausbildungskomponente zu spüren und erleben, sollten nur dann durch AR ersetzt werden, wenn alle Sinnesmodalitäten ohne Unterschied zur Realität durch Sensoren angesprochen werden können.

Um die Realität im Vordergrund zu belassen muss es ein reales Objekt geben, jedoch nicht zwingend Feuer oder Rauch. Exoskelette können ein Biofeedback geben und so Hitzeempfinden oder Anstrengung simulieren. Vorher muss die Frage der Verhältnismäßigkeit in finanzieller Hinsicht jedoch geklärt werden. Zum heutigen Zeitpunkt ist es nicht wirtschaftlich, Exoskelette mit Biofeedback in großem Maßstab zu kaufen. Eine ganze Gruppe mit der zugehörigen Technik auszustatten wird - zumindest kurzfristig - nicht mit weniger Aufwand und Kosten verbunden sein, als eine Realübungsanlage zu nutzen. Ist es mit progressiver Technik günstiger, kann über dezentrale AR-Zentren mit der dazugehörigen Technik nachgedacht werden.

Im Rahmen der Einführung der Gefahren an der Einsatzstelle kann AR dabei unterstützen, an einem beliebigen Ort bestimmte Gefahrenquellen zu erkennen. Dazu bedarf es eines Geräts, durch das die Benutzer einen bestimmten Ort betrachten. Hier sind stufenartige Szenarien denkbar. Eine Einführung kann zum Beispiel erfolgen, indem zunächst markante Gefahrenquellen markiert und erläutert werden. Sukzessive werden Auszubildende nun zum selbstständigen Erkennen und Definieren der Gefahren geleitet. Einsatztaktisch lässt sich hier die Gefahrenmatrix als Rahmen nutzen. Dies macht insbesondere eine Einführung und spätere Vertiefung oder Wiederholung der Gefahren leichter, da so eine praxisorientierte Ausbildung geschaffen wird.

Äußerst sinnvoll kann die Einführung der FwDV 3 ergänzt werden. Typischerweise geschieht dies theoretisch. Mit AR können während einer praktischen Übung alle relevanten Informationen, wie Sitz- und Antriebsordnung, Aufgaben der Trupps, Einsatz mit oder ohne Bereitstellung, ergänzt werden. Es werden die gleichen Informationen viel emphatischer vermittelt und der Übergang von Theorie zu Praxis kann schneller erfolgen.

Absturzsicherung Wesentlich für den Lehrgang ist das Beherrschen von Knoten und Stichen. Dem ungeübten Auszubildenden fällt es sehr schwer, das Binden eines Knotens durch Zuschauen zu erlernen. Gleichzeitig kann ein Ausbilder sich nicht um alle Auszubildenden gleichzeitig kümmern. Konstruktiv ist ein Ansatz mittels AR, bei dem animiert eine schrittweise Anleitung zum Binden des Knotens eingeblendet wird und der Auszubildende sofort in das Binden einsteigen kann. Mit fortschreitender Übung soll der Auszubildende auch ohne AR in der Lage sein, Knoten und Stiche binden zu können. Statische Bilder, wie sie in der FwDV 1 zu finden sind, weisen das Risiko auf, dass sie zu viel Vorstellungsvermögen voraussetzen - nämlich im Übergang zwischen den verschiedenen Phasen. Durch animierte Anweisungen ist jederzeit nachvollziehbar, welcher Schritt nötig ist. Ferner kann

mit AR der Gefahrenbereich markiert werden. In unübersichtlichen Bereichen, beispielsweise einer Realübung, kann dieser im Zweifel nicht einwandfrei lokalisiert werden. Bildverarbeitung lässt genau dies zu, da die verschiedenen Signale, die Bilder repräsentieren, einzeln betrachtet und somit voneinander abgegrenzt werden können. So können störende Faktoren wie Rauch ausgeblendet und mittels Abstandsberechnung genau ermittelt werden, wo der absturzgefährdete Bereich ist.

Bildverarbeitungssoftware auf dem AR-Endgerät könnte zukünftig eine Tragkraftberechnung erlauben. Stellt man sich eine Situation auf einem Dach vor, kann mittels der Software festgestellt werden, ob ein Bauteil stabil ist und somit als Haltepunkt benutzt werden kann. Dieser Aspekt ist ob der zeitkritischen Komponente im Einsatzgeschehen noch viel wertvoller. Die Anwendungsmöglichkeiten einer Bildverarbeitungssoftware lassen auch die Überprüfung von Knoten, Stichen oder der Schutzausrüstung (etwa des Feuerwehr-Haltegurtes) zu und verstärken somit indirekt die Ausbildung im Hinblick auf die Sicherheit.

4.1.2 Technische Ausbildung

Maschinistenausbildung Der Lehrgang ist geprägt von einer umfangreichen Theorie, in der verschiedenste Geräte eingeführt werden. Die Einführung der Bedienung einer Pumpe oder eines Aggregates lässt sich mittels AR auf das Modell der vollständigen Handlung[30] abbilden, d.h. in einem durchgängigen Kreislauf ohne Unterbrechung kann informiert, geplant, entschieden und ausgeführt werden. Ein Feedbackmechanismus der AR-Software kann gleichzeitig die Kontrolle und Bewertung übernehmen, sodass eine unmittelbare Rückkopplung möglich ist. Grundsätzlich folgt die Idee den bereits beschriebenen Möglichkeiten aus der Fahrzeug- und Gerätekunde. Weiterhin kann durch AR eine Schnittansicht (z.B. einer Pumpe) erzeugt werden. In Folge kann z.B. das durchlaufende Medium genau verfolgt, Aktionen und Handgriffe sofortig reflektiert und verändert werden. Im Hinblick auf schädigende Vorgänge wie die Kavitation kann so eine schadenfreie Ausbildung durchgeführt werden.

Technische Hilfeleistung AR findet auch in der technischen Rettung Anwendung. Das gezielte Integrieren von Crash Recovery Systemen (CRS) in AR-Geräte kann Auszubildenden das exakte Arbeiten an verunfallten Fahrzeugen erlauben – in Ausbildung und Einsatz. Durch eine Integration ins Visier können Airbags, Sollbruchstellen, die Lage der Batterie oder auch wichtige technische Details bei verunfallten Straßenbahnen oder Zügen angezeigt werden. Bauteilgenau lassen sich beliebige Bestandteile eines Unfallfahrzeuges hervorheben und hinsichtlich der Gefährdung für die Einsatzkraft beschreiben. Dies erhöht die Sicherheit und Effektivität der Ausbildung.

Atemschutz Hier werden zunächst theoretische Grundlagen aus den Disziplinen der Atemgifte, der Atmung oder der Einsatzgrundsätze vermittelt. Die Handhabung

der Geräte bedarf eines Ausbilders, der Anweisungen gibt. Ein unmittelbarer Vorteil bei der Nutzung von AR ergibt sich dabei nur marginal. Wie bereits in anderen Lehrgängen beschrieben kann eine Anleitung zum Anlegen der Atemschutzgeräte angezeigt und der Theorieunterricht verkürzt werden.

Wesentliche Vorteile ergeben sich beim Vermitteln der Einsatzfähigkeiten, der Eigensicherung und des Notfalltrainings. Durch eine in die Atemschutzmaske integrierte AR-Komponente ist es möglich, mittels Umfelderkennung durch multimodale Sensoren vorher nicht vorhandene Informationen zu visualisieren. Diverse Szenarien sind vorstellbar. Bildverarbeitung kann helfen, auch unter Nullsicht sicher und zielstrebig vorzugehen, etwa durch einen Rauchfilter oder die Detektion von Personen (z.B. Wärmebilder). Es kann menschlich nicht erfassbares Umgebungswissen als Orientierungshilfe visualisiert und in die Maske im Sinne eines Head-Up-Displays (HUD - ein Anzeigesystem, bei dem man die Blick- und Kopf-richtung beibehalten kann und die Informationen ins Sichtfeld projiziert werden) übertragen werden. GPS kann dabei helfen, jederzeit sich selbst und andere zu lokalisieren. Das Überwachen von Vitalparametern und des restlichen Flaschenvolumens erhöhen die Sicherheit in der Ausbildung und im Einsatz vehement. Komplexe Situationen mit einer Vielzahl von Informationen reduzieren die kognitiven Fähigkeiten drastisch[31]. Der dabei erlebte Stress trägt sein Übriges dazu bei[32]. Ein System, das in der Ausbildung komplexe Informationen anzeigt und somit zu einer kognitiven Entlastung der Auszubildenden beiträgt, kann zu einem schnelleren Erreichen des Lernziels führen. Nachdem die Grundlagen schneller vermittelt wurden, kann ein gezieltes Vertiefen der vorhandenen Fähigkeiten erfolgen, da AR-Szenarien wegen weniger notwendiger Requisiten und Belastungen häufiger trainiert werden können.

Sprechfunk Der Lehrgang lässt sich ebenfalls in der Einführung der Geräte durch AR ergänzen. AR geknüpft an akustische Reize kann zudem die praktische Ausbildung erleichtern. Durch eine Sprachauswertung können Artikulation, Deutlichkeit, Einhaltung der Funkdisziplin und weitere für den Sprechfunk essentielle Faktoren noch während der Übung ausgewertet werden und erlauben jedem einzelnen Teilnehmer ein Echtzeit-Feedback, wie es bisher nicht möglich ist. Durch eine akustische Erweiterung der Realität können darüber hinaus auch beliebige Szenarien gespielt werden, mit denen Feuerwehrangehörige das Funken üben können.

ABC I Wegen ihrer teilweise umfangreichen Gefahrenpotenziale rufen Stoffe aus dem CBRN-Bereich bei vielen Einsatzkräften erhöhte Bedenken hervor. Eine umfassende Ausbildung ist also nicht zuletzt entscheidend dafür, den Einsatzkräften die nötige Ruhe während eines Einsatzes zu geben. AR begrenzt sich dabei nicht nur auf visuelle Erweiterungen, sondern explizit auch auf andere Sinnesmodalitäten, etwa den Geruchssinn. Durch AR kann also ungefährlich vermittelt werden, wie gefährliche Stoffe riechen. Dadurch kann im Einsatz bei entsprechender olfaktorischer Wahrnehmung schnell reagiert werden. Dies soll nicht dazu führen,

dass Einsatzkräfte versuchen, Stoffe anhand des Geruchs zu erkennen. Bei unklarer Lage kann es jedoch dazu kommen, dass ohne Atemschutz erkundet wird. In diesen Fällen kann nun bei entsprechender Wahrnehmung schneller reagiert werden.

Wichtig ist weiterhin die Ausbildung bezogen auf die Kennzeichnung von gefährlichen Stoffen. Mittels Brille oder Tablet kann in einem sukzessiven Prozess einerseits ganz klassisch mit UN- und Gefahrunummer, andererseits anhand weiterer visueller Parameter geübt werden, wie man einen spezifischen Stoff erkennen kann, z.B. wenn dieser aus einem Kesselwagen ausläuft.

Durch Visualisierungssoftware innerhalb des AR-Gerätes lassen sich Gase und Dämpfe segmentieren. Dies erleichtert schon während der Ausbildung das Eingrenzen des Gefahrenbereichs deutlich und macht Schätzungen obsolet. Das vorgestellte Modell ist ähnlich der Umfelderkennung durch multimodale Sensorik in der Atemschutzausbildung und kann grundsätzlich in jedem Ausbildungsgebiet Anwendung finden, in dem das Umfeld eine Rolle spielt. Der Truppführer kann den Fokus somit auf andere Dinge legen und sicherer vorgehen. Unter der Prämisse einer geeigneten künstlichen Intelligenz ist die Analyse von Gas-Luft-Gemischen bezogen auf die Stoffeigenschaften nicht weniger sinnvoll. Dies führt ebenfalls zu einer kognitiven Entlastung des Truppführers.

Die Einführung der verschiedenen Geräte ist ein teilweise langer Prozess, der stets unter Anleitung erfolgen muss, um die korrekte Handhabung zu kontrollieren. Hier erweist sich AR erneut als Einführungshilfe durch Bedienungsanleitung. Die Einführung ist im bereits skizzierten AR-Szenario durch eine handlungsorientierte Ausbildung lehrbar. Gleiches gilt für den richtigen Umgang mit persönlicher Schutzausrüstung (PSA) oder die Dekontamination, die vor allem von einer praktischen Unterweisung profitieren.

Fazit Abschließend lässt sich festhalten, dass innerhalb der Grundausbildung vor allem an den Stellen von AR profitiert werden kann, an denen ein theoretischer Unterricht nur die Handhabung von Geräten, Ausrüstung, Material oder Verhaltensweisen erklären soll. Dort wird oft an die Auszubildenden appelliert, dass sie sich etwas vorstellen sollen. Die praktische Erfahrung kommt erst später. Mit AR können Anweisungen im peripheren Blickfeld eingeblendet werden oder auditiv erfolgen und die Erfahrung direkt praktisch gemacht werden. Dadurch wird ein handlungsorientiertes Lernen ermöglicht, das den Erwerb von Handlungskompetenz fördert. Die Auszubildenden werden durch AR zur selbstständigen Problemlösung ermutigt und im Bedarfsfall durch Hilfestellungen geleitet. Das regelmäßige Besuchen von Realbrandübungsanlagen oder das Nutzen von Übungsobjekten kann kostenintensiv sein. Durch den AR-Einsatz können diese Abläufe in limitierter Form trotzdem bzw. häufiger durchlaufen werden. Aus Sicht des Arbeitsschutzes lassen sich durch AR beliebige potenzielle Gefahrenursachen hervorheben und beschreiben. Dadurch kann das Unfall- und Verletzungsrisiko in der Ausbildung verringert werden.

4.2 Führungsausbildung

Im Gegensatz zur Grundausbildung wird dem Empfinden von körperlicher Leistung bei der Führungsausbildung keine so große Bedeutung beigemessen. Das Erlernen von Strategien, Stressresilienz oder der Umgang mit komplexen Systemen sind von Bedeutung. Mit aufsteigender Führungsstufe steigt der Komplexitätsgrad der Lehrinhalte, welche mit den verfügbaren Mitteln realistisch dargestellt werden können. Die Grenzen werden materiell, personell oder auch aufgrund der Gefährdung gesetzt. In diesem Kapitel werden die einzelnen Lehrgänge der Führungsausbildung anhand der Rahmenausbildungspläne der VAP2.1-Feu NRW und VAP2.2-Feu NRW so generisch und laufbahnübergreifend wie möglich betrachtet. Wenngleich es Unterschiede in Lehrgängen und Laufbahnen gibt, so sind die zu transportierenden Inhalte und Kompetenzen bis zu einem gewissen Punkt identisch.

Gruppenführer Ein System, das Führungskräfte bei der Informationsmangelverwaltung unterstützt - sowohl im Einsatz als auch in der Ausbildung - kann durch die Kombination von AR mit automatisierter Erkundung entstehen. Gerade als ersteinstufige Instanz muss man sich für einen bestimmten Bereich entscheiden, den man zuerst erkundet. Gäbe es eine Möglichkeit, zum Beispiel durch eine Drohne, eine weitere Dimension zu erkunden und diese Informationen in Echtzeit in die persönliche Realität zu integrieren, würde der eigentliche Ressourcenmangel zum Teil kompensiert werden. Als Endgerät zur Informationsdarstellung eignet sich vor allem eine Brille, da diese wenig Interaktion erfordert und die benötigten Informationen als HUD anzeigen kann. Trotzdem muss der Gruppenführer auch weiterhin darin ausgebildet werden, selbstständig, vernünftig und ausreichend zu erkunden. Der Einsatz- oder Ausbildungserfolg sollte fortan jedoch nicht an mangelnder Ausrüstung zur Erkundung scheitern müssen. Hier erweist sich die Anwendung von AR im klassischen Einsatz als viel nützlicher, da durch eine schnellere und effektivere Erkundung eine Menschenrettung beschleunigt werden kann.

Zugführer Dort, wo es an der Darstellung der Szenarien scheitert, kann AR eine sinnvolle Ergänzung sein, indem die Realität um die nötigen einsatzrelevanten Reize und Eindrücke erweitert wird. Dabei sind technisch keine Grenzen gesetzt und das Spektrum reicht von brennenden Flüssigkeiten bis hin zu Massenunfällen.

Die Erkundung vereinfachen kann AR, wenn Gebäude in Form von 3D-Bauplänen, -Laufkarten o.Ä. dargestellt werden. Die neuen Informationen können schon in der Ausbildung dabei helfen, das richtige Vorgehen zu trainieren. Wichtig ist, dass die analogen Methoden weiterhin ausgebildet werden. Technik kann ausfallen oder Mittelpunkt böswilliger Angriffe werden. Auch dann muss die Feuerwehr professionell arbeiten und ihren originären Aufgaben in Gänze nachkommen.

Durch AR besteht weiterhin die Möglichkeit, abseits der klassischen Planübungsplatte eine Echtzeit-Planübung in einer Übungshalle durchzuführen. Die Planspielausbildung wird bereits mit VR ergänzt. Durch AR lässt sich ein alternativer Weg einschlagen, in dem die für die Echtzeit-Planübung notwendigen Reize in die Übungshalle integriert werden, z.B. Feuer, Rauch, Menschen oder Geräusche. Dies würde mehr Stress erzeugen und somit besser verwertbare und realistischere Lernerfolgskontrollen ermöglichen, hätte zudem für den Auszubildenden den Vorteil, dass er sich besser in die Situation versetzen kann als an der abstrakteren Planübungsplatte.

Verbandsführer Als Führungskraft muss man oft mit einem Informationsdefizit umgehen und trotzdem Entscheidungen treffen können. Es geht weniger darum, Faktenwissen abrufen zu können, sondern eher darum, die vorhandenen Informationen sinnvoll zu verwalten. Das spiegelt sich sowohl in der Ausbildung als auch im Einsatz wider, wenn von Führungskräften verlangt wird, Entscheidungen zu treffen und das Einsatzziel durch den Einsatz der richtigen Kräfte mit den richtigen Mitteln am richtigen Ort und zur richtigen Zeit zu erreichen und dadurch den Einsatzerfolg zu gewährleisten. Es liegt in der Natur der Sache, dass diese Entscheidungen mit unvollständigen Informationen nicht leichtfertig getroffen werden können. So genannte Decision Support Systems (DSS) geben Handlungsempfehlungen und können den Entscheidungsprozess erleichtern. Mit einem AR-DSS besteht die Möglichkeit, an die Umgebung angepasste Handlungsempfehlungen zu geben und somit Unsicherheiten zu beseitigen. Zweifelsohne liegt das Potenzial dieser Anwendung vor allem im operativen Einsatzgeschehen. Allerdings lässt sich der Lerneffekt bei der Entscheidungsfindung nicht von der Hand weisen. Mit einem solchen System kann auf der Metaebene der eigentliche Entscheidungsprozess trainiert werden, indem die auszubildenden Feuerwehrangehörigen in Krisensituationen auf Hilfestellungen durch das DSS zurückgreifen können. So kann die Bereitschaft, schwere Entscheidungen in komplexen Situationen zu treffen, trainiert werden. Bertram[33] hat eine umfassende Untersuchung möglicher Einsatzbereiche solcher Systeme im Krisenmanagement durchgeführt.

Großeinsatzlagen und Katastrophen lassen sich durch AR realistischer darstellen und können neben der Planübungsplatte eine sinnvolle Ergänzung in Form von zusätzlichen praktischen Übungen darstellen.

Stabsarbeit Diese erfordert in vielerlei Hinsicht intra- wie interorganisationale Kommunikation, Informationsmanagement, Aufgabenmanagement, Controlling und die Lagedokumentation. Da die Stabsarbeit ohnehin im rückwärtigen Bereich stattfindet, ist das Erzeugen erweiterter Eindrücke des Einsatzgeschehens nicht so relevant wie bei der Realbrandausbildung oder einer praktischen TH-Übung. Es findet sich also kein nennenswerter Vorteil bei der Ausbildung mit AR.

Führen im ABC-Einsatz Hier soll insbesondere die korrekte Einsatztaktik in Abhängigkeit der Bedrohung vermittelt werden. Durch eine Integration von Bildverarbeitung können Informationssysteme automatisiert abgefragt werden, indem physikalische Eigenschaften des Stoffes automatisch durch ein AR-Gerät erkannt werden. So kann in der Ausbildung ein wesentlicher Teil der Konzentration in das Abarbeiten anderer Führungsaufgaben fließen.

Sofern es nicht möglich ist, reale Einsatzübungen durchzuführen, kann der Einsatz von AR helfen, indem die Realität beispielsweise um auslaufende Stoffe oder kontaminierte Personen erweitert wird. Durchaus relevant ist erneut der Vorteil, dass durch AR das parallele Ausbilden mehrerer Führungskräfte mit dem gleichen Szenario möglich ist, da nun jeder Auszubildende seine persönliche Lage durch AR erhält.

Die in 4.1.2 (ABC I) genannten Anwendungsmöglichkeiten gelten auch für den ABC II-Lehrgang uneingeschränkt.

Leiter einer Feuerwehr Essentiell sind vor allem organisatorische und verwaltungsmäßige Kenntnisse. Dem entsprechen auch die Ausbildungsinhalte, sodass AR nicht im Sinne der bisher vorgestellten Szenarien genutzt werden kann. *Blended Learning*[34] wird in Zukunft, nicht zuletzt für die freiwilligen Kameraden, eine Rolle zukommen, doch die Erweiterung der Realität zur sinnvollen Ausbildungsunterstützung ist für diesen Lehrgang nicht lohnend.

Ausbilder in der Feuerwehr Der Lehrgang soll befähigen, Ausbildung, die nicht durch die Landesfeuerweherschulen durchgeführt wird, zu betreiben. Anwendungen von AR finden sich in Rollenspielen, doch ist hier aus Sicht des Autors ein realer Konterpart zu bevorzugen.

4.3 Fortbildung

Anpassungsfortbildung Vorbildungen und Qualifikationen werden zum heutigen Stand nicht einheitlich anerkannt. Eine Anerkennung bereits erworbener Qualifikationen, die viele Feuerwehrangehörige mitbringen, würde einerseits Lehrgangsplätze für Unerfahrene, andererseits Zeit zum Erwerb neuer Kompetenzen der bereits Erfahrenen generieren. Die bereits vorhandenen Kompetenzen und das Fachwissen können im Selbststudium von den Feuerwehrangehörigen durch diverse AR-Szenarien aufgefrischt und reaktiviert werden. Eine Kontrollinstanz sollte es hierbei dennoch geben, um etwaige Mängel aufzudecken. Es ist aus Sicht des Autors jedoch nicht nötig, einen kompletten Lehrgang wie die Grundausbildung erneut mit den exakt gleichen Inhalten zu absolvieren. Dies kann zu enormer Frustration führen. Die Zeit sollte lieber dafür verwendet werden, das Personal zu motivieren, noch nicht vorhandene Kompetenzen zu erwerben und gleichzeitig altes Wissen aufzufrischen.

4.4 Sonstige und Spezialausbildung

Maschinist für Hubrettungsfahrzeuge Für eine nachhaltige Ausbildung ist wichtig, dass Auszubildende ein Feedback auf ihre Aktionen erhalten, weil so das eigene Verhalten besser reflektiert werden kann[35]. Da jedoch mit beginnender Ausbildung die korrekte Bedienung, beispielsweise einer Drehleiter, nicht bekannt ist, ist mit Fehlern zu rechnen. Diese wirken sich im Zweifel schädigend auf das Ausbildungsmaterial aus. Um dem vorzubeugen kann auf AR-Ausbildung mit einem Drehleitermodell (respektive Modell eines beliebigen Hubrettungsfahrzeuges) ausgewichen werden. So kann mit Beginn der Ausbildung direkt praxisorientiert gearbeitet werden. Nötige Schritte sollen durch AR vermittelt werden.

Neben der Grundlagenausbildung kann AR auch genutzt werden, um Szenarien einzuspielen, zum Beispiel die Rettung von durch Feuer und Rauch bedrohte Menschen aus einem Obergeschoss. Durch den materialschonenden Einsatz steht die Ausbildung einem umfangreicheren Personenkreis zur Verfügung. Wenngleich es nicht notwendig sein wird, alle Feuerwehrangehörigen zu Drehleitermaschinisten auszubilden, so ist es dem taktischen Verständnis definitiv dienlich, gewisse Inhalte erfahren zu haben. Betrachtet man etwa die Führungskräfteausbildung, so kommt der Einsatztaktik von Hubrettungsfahrzeugen planmäßig nur ein sehr geringer Teil zu. Ein Exkurs mit Hilfe von AR kann das taktische Verständnis erhöhen. Dies lässt sich grundsätzlich auf jegliche Inhalte übertragen, die in der Ausbildung nicht vorgesehen, für das taktische Verständnis dennoch wichtig sind.

Ohne Frage kann hier von VR als Lehrmittel noch intensiver profitiert werden, da in diesem Fall nur noch ein Modellkorb notwendig wäre und alles weitere softwareseitig ergänzt wird.

MANV-Lagen Diese beinhalten schwerpunktmäßig zwar den Rettungsdienst, sollen wegen ihrer immensen einsatztaktischen Relevanz und Herausforderungen dennoch beleuchtet werden. Charakteristisch ist der Ressourcenmangel im Anfangsstadium. Dennoch wird erwartet, eine adäquate Priorisierung der Betroffenen durchzuführen. Hier kann AR kombiniert mit KI als Assistenzsystem helfen, indem die zur Priorisierung notwendigen Algorithmen automatisiert durchgeführt und die daraus gewonnen Informationen den Kräften in der erweiterten Realität dargestellt werden. So kann der Fokus auf lebensrettende Sofortmaßnahmen oder das Ausmachen des Einsatzschwerpunktes gelegt werden. Denkbar ist auch die Integration eines Telenotarztes, der bei der Priorisierung unterstützt. Auch hier zeigt sich die Relevanz für das operative Einsatzgeschehen.

Außergewöhnliche Lagen Viele Einsätze ereignen sich in der Dienstzeit eines Feuerwehrangehörigen nur selten oder gar nicht. Beispielsweise ein ausgedehnter Tiefgaragenbrand oder die Explosion einer Acetylenflasche in einem Betrieb sind rar, nicht zuletzt aufgrund der sich stetig verbessernden Brandschutzerziehung

und -prävention. Änderungen im Arbeitszeitgesetz (Reduzierung der Wochenarbeitszeit) senken die statistische individuelle Einsatzwahrscheinlichkeit noch weiter. Begegnet Feuerwehrangehörigen an der Einsatzstelle dennoch ein solches Ereignis, erwartet man von ihnen sicheres und zielstrebiges Handeln. Mit realen Mitteln sind solche Einsätze jedoch nur aufwendig zu simulieren. Ein AR-Szenario, das sich über verschiedene Module gestalten lässt, kann eine wirtschaftliche Lösung für das Training von punktuellen Szenarien sein. Dadurch bleiben auch Feuerwehren mit geringem Einsatzaufkommen oder eingeschränkten finanziellen Kapazitäten stets für den Ernstfall gerüstet. Die beschriebenen AR-Szenarien lassen sich auch durch das gezielte Mieten von beispielsweise Sonderbauten realisieren. In der Umsetzung befinden die Feuerwehrangehörigen sich dann im realen Gebäude und lediglich die Schadensmerkmale und andere einsatzrelevante Parameter werden durch AR erweitert. In Folge kann man eine sehr infrastruktur-schonende - weil nicht belastet durch Feuer, Rauch oder Ähnliches - und dennoch reale und praktische Ausbildung betreiben, die Feuerwehrangehörigen auch bei seltenen Ereignissen mehr Sicherheit und Routine gibt.

Ausbildung in Überseecontainern Etwas plastisch beschreibt dies die praktizierte Methode vieler Feuerwehren, realistische Ausbildung zu betreiben. Der AR-Ansatz in der Heiausbildung wurde bereits errtet. Allerdings werden berseecontainer auch genutzt, um Schiffsbrandbekmpfung oder Zugunglcke darzustellen. Da die Container bereits existieren und wie ihre realen Pendanten eingerichtet sind, kann AR sehr sinnvoll als Ergänzung genutzt werden. Insbesondere dann, wenn es möglich ist, andere Sinne anzusprechen als nur die Optik, kann z.B. der für Schiffe typische Gleichgewichtssinn gereizt werden, um die Ausbildung noch realistischer zu machen.

4.5 Ehrenamt

Die Ausbildung freiwilliger Feuerwehren in NRW könnte durch eine größere Auswahl an bungsobjekten verbessert werden. Mit AR bietet sich die Möglichkeit der schadenfreien Ausbildung an dezentralen Objekten der Landkreise, da weitestgehend auf gesundheitsgefährdende Einflüsse wie Feuer und Rauch verzichtet werden kann. Dies kann man durch AR-Zentren realisieren, die eingerichtet sind wie reale Schadensobjekte (entsprechendes Mobiliar, Brandlast, Raumaufteilung, etc.). Im Gegensatz zur jetzigen Ausbildung soll jedoch weder ein Realbrand im bungsobjekt noch Nebelfluid verwendet werden, sondern AR als anreicherndes Mittel diese für die Ausbildung wesentlichen Bestandteile in die Realität einbringen. Dadurch ergeben sich die Vorteile einer weitestgehend ungefährlichen und einsehbaren - und damit besser bewertbaren - Ausbildung für freiwillige Feuerwehren. Da mit AR jegliche Brandszenarien darstellbar sind, kann man gezielt Schwerpunkte (z.B. Flash-Over-Training oder Suchtechniken) in der Ausbildung setzen, ohne dass ein Objektwechsel nötig ist. Durch diesen Ansatz kann deutlich mehr Praxis in die Ausbildung der Freiwilligen gebracht werden, sodass am Ende der Truppausbildung allen Kameraden bewusster ist, welche Anforderungen der

Gruppenführer an sie hat, wie man aussagekräftige Rückmeldungen gibt, wie die Kommunikation läuft oder auf welche Erscheinungen man bei einem Innenbrand oder der Suche nach Verletzten besonders achten muss. Der Aspekt gilt gleichermaßen auch für Berufsfeuerwehren. Als synergetischen Effekt hat dieses schadstofffreie Ausbildungskonzept eine unmittelbar erhöhte Hygiene für haupt- und ehrenamtliche Kameraden, da nach dem Training in Realbrandanlagen oft keine Wechselkleidung und separate Transportmöglichkeit für die kontaminierte Schutzkleidung zur Verfügung steht.

5 Fazit und Ausblick

Abschließend werden die wesentlichen Erkenntnisse dieser Arbeit zusammengefasst und einem Ausblick unterzogen. Der Ausblick zeigt Möglichkeiten der Evaluation der Lernmethoden auf. Weitere Inhalte, die in Kapitel 4 keine explizite Erwähnung finden, können in der Ausbildung aus Sicht des Autors nicht adäquat durch AR verbessert werden. Eine tabellarische Übersicht über die Anwendung von AR-Ausbildungsmethoden in den als Anlagen in den Laufbahnverordnungen vorhandenen Ausbildungsrahmen- und Stoffverteilungsplänen findet sich in Anhang A.

5.1 Fazit

Zukünftig kommt der Technologie AR in der Feuerwehrausbildung gewiss eine wichtige Rolle zu. Die Demografie stellt das deutsche Feuerwehrwesen vor eine personalpolitische Herausforderung. Nachwuchs generiert sich nicht selbstständig und muss in den nächsten Jahren verstärkt ausgebildet werden. Es wird also auch unter den Ausbildern einen Engpass geben. Es wurde in Kapitel 4 einerseits gezeigt, dass AR schneller zum Lernziel führen und andererseits, dass AR langfristig das Potenzial hat - insbesondere in Kombination mit KI - in Lehrgängen die Zahl der Ausbilder zu reduzieren. Die gesteigerte intrinsische Motivation stellt zudem einen wichtigen Anreiz im Bezug auf das Lernen und Nachbereiten dar. AR muss als ein zusätzliches Werkzeug verstanden werden und nicht als lückenloser Ersatz zu bewährten Ausbildungsmethoden.

Die in Kapitel 4 skizzierten Szenarien tragen dazu bei, dass Feuerwehrangehörige praxisorientiertere Ausbildung erleben oder Lernziele schneller erreichen. Auch seltene und teure Übungen lassen sich mit AR repetitiv trainieren. Ein praxiserfahrener Feuerwehrangehöriger ist sowohl im Einsatz als auch in der Ausbildung als Praxisanleiter ein elementarer und wertvoller Bestandteil einer jeden Dienststelle. Auch wurde klar dargestellt, dass AR nicht als bloßes Mittel der digitalen Transformation zu betrachten ist und die Technologie keinesfalls nur um ihrer Selbst willen eingesetzt werden soll.

Feuerwehren, die große Probleme beim Finden geeigneter Übungsobjekte haben, können mit AR zukünftig die Möglichkeit bekommen, ihre Ausbildung praktischer,

realer und lehrreicher zu gestalten. Dafür eignen sich dezentrale Übungsgelände. Eine Auswahl realisierter Anwendungen aus Einsatz und Ausbildung findet sich in Anhang C.

5.2 Ausblick

Um zukünftig mit AR auszubilden, bedarf es vor der feuerwehrseitigen Integration vor allem noch weiterer Entwicklungen auf technischer Ebene. Benutzerfreundlichkeit und Ergonomie aktueller AR-Geräte sind ausbaufähig[36]. Darüber hinaus gilt es, Sicherheitsanforderungen zu erfüllen, immer in Echtzeit zu reagieren und eine ausreichende Akkulaufzeit zu gewährleisten. Weiterhin sollten in Zukunft Möglichkeiten einer dezentralen Ausbildungsstätte beleuchtet werden. Bei der Neugestaltung von Ausbildungszentren ist AR zukünftig als eine der Ausbildungsmöglichkeiten mit zu betrachten. So können Kompetenzzentren entstehen, die besonders von finanzschwachen Kommunen und freiwilligen Feuerwehren genutzt werden, um deren Anteil an praktischer Ausbildung zu erhöhen.

Nicht weniger interessant ist die Frage nach dem Reverse Engineering: wie überführt man Geräte und Technik in eine AR-Umgebung, sodass Benutzer damit interagieren können? Dabei müssen zwangsläufig auch eine angemessene Immersion und Ansätze aus der Mensch-Computer-Interaktion[37] berücksichtigt werden.

Keller[38, 39] beschreibt mehrere Ansätze zur Messung von Motivation, Zufriedenstellung, Relevanz und Aufmerksamkeit im Kontext von Lehranwendungen und -methoden. Dieser Ansatz kann nach der technischen Einführung der AR-Ausbildungsmethoden genutzt werden, um die Ergebnisse zu evaluieren und somit ihren Erfolg oder Misserfolg mit Hilfe eindeutiger Zahlen klar zu zeigen. Die Messungen können für eine Kosten-Nutzen-Analyse verwendet werden und dann als Argumentationsgrundlage für etwaige Haushaltsplanungen dienen. Die Operationalisierung hinsichtlich der erworbenen Kompetenzen ist für einen zukünftigen Proof of Concept und ebenfalls als Argumentationsgrundlage zu erwägen.

Neben den Anwendungsmöglichkeiten in der Ausbildung muss in einer modernen, zukunftsfähigen Feuerwehr auch unbedingt über die Optionen im operativen Einsatzgeschehen und im rückwärtigen Bereich diskutiert werden.

Wie in Anhang B zu sehen, bietet die Anwendung von AR auch in der Ausbildung des Rettungsdienstes großes Potenzial, das es künftig näher zu beleuchten gilt.

Literaturverzeichnis

- [1] ARBEITSKREIS FORSCHUNG IN DER AGBF NRW: *Bestandsaufnahme Forschungsbedarf*. AGBF NRW, Eiserne Hand 45, 45139 Essen : Arbeitsgemeinschaft der Berufsfeuerwehren Nordrhein-Westfalen -AGBF NRW-, 2019
- [2] AG FwDV 2: *Zwischenbericht der länderoffenen Arbeitsgruppe im Rahmen der Überarbeitung der Feuerwehr Dienstvorschrift 2 (FwDV 2) "Ausbildung der freiwilligen Feuerwehren"*. Oliver Moravec, NABK Niedersachsen : PG Feuerwehrdienstvorschriften, 2019
- [3] GUDJONS, Herbert: *Handlungsorientiert lehren und lernen: Schüleraktivierung-Selbsttätigkeit-Projektarbeit*. Julius Klinkhardt, 2014
- [4] ARBEITSKREIS AUSBILDUNG IN DER AGBF BUND: *Nachhaltige Sicherstellung der Personalgewinnung für Feuerwehren*. Arbeitsgemeinschaft der Leiter der Berufsfeuerwehren, 2019
- [5] BERLINER FEUERWEHR: *Jahresbericht 2018*. Voltairestraße 2, 10179 Berlin : Berliner Feuerwehr, 2018
- [6] *Deutscher-Feuerwehrverband: Feuerwehr-Statistik*. <http://www.feuerwehrverband.de/statistik.html>, . – Aufgerufen: 10.12.2019
- [7] MILGRAM, Paul ; TAKEMURA, Haruo ; UTSUMI, Akira ; KISHINO, Fumio: Augmented Reality: A Class of Displays on the Reality-Virtuality Continuum. In: *Telem manipulator and telepresence technologies* Bd. 2351 International Society for Optics and Photonics, 1995, S. 282–292
- [8] GOWNDER, P ; VOCE, C ; MAI, M ; LYNCH, D: *Breakout Vendors: Virtual and Augmented Reality*. 2016
- [9] AZUMA, Ronald T.: A Survey of Augmented Reality. In: *Presence: Teleoperators & Virtual Environments* 6 (1997), Nr. 4, S. 355–385
- [10] NARUMI, Takuji ; NISHIZAKA, Shinya ; KAJINAMI, Takashi ; TANIKAWA, Tomohiro ; HIROSE, Michitaka: Augmented Reality Flavors: Gustatory Display based on Edible Marker and Cross-Modal Interaction. In: *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems* ACM, 2011, S. 93–102
- [11] KAPP, Karl M.: *The Gamification of Learning and Instruction*. Wiley San Francisco, 2012
- [12] HANUS, Michael D. ; FOX, Jesse: Assessing the Effects of Gamification in the Classroom: A Longitudinal Study on Intrinsic Motivation, Social Comparison, Satisfaction, Effort, and Academic Performance. In: *Computers & education* 80 (2015), S. 152–161
- [13] RYAN, Richard M. ; DECI, Edward L.: Intrinsic and Extrinsic Motivations: Classic Definitions and new Directions. In: *Contemporary Educational Psychology* 25 (2000), Nr. 1, S. 54–67
- [14] MICHAEL, David R. ; CHEN, Sandra L.: *Serious Games: Games that Educate, Train, and Inform*. Muska & Lipman/Premier-Trade, 2005
- [15] BACCA, Jorge ; BALDIRIS, Silvia ; FABREGAT, Ramon ; GRAF, Sabine et al.: Mobile Augmented Reality in Vocational Education and Training. In: *Procedia Computer Science* 75 (2015), S. 49–58

-
- [16] DI SERIO, Ángela ; IBÁÑEZ, María B. ; KLOOS, Carlos D.: Impact of an Augmented Reality System on Students' Motivation for a Visual Art Course. In: *Computers & Education* 68 (2013), S. 586–596
- [17] BILLINGHURST, Mark ; DUENSER, Andreas: Augmented Reality in the Classroom. In: *Computer* 45 (2012), Nr. 7, S. 56–63
- [18] KAUFMANN, Hannes ; SCHMALSTIEG, Dieter: Mathematics and Geometry Education with Collaborative Augmented Reality. In: *ACM SIGGRAPH 2002 Conference Abstracts and Applications* ACM, 2002, S. 37–41
- [19] DUNLEAVY, Matt ; DEDE, Chris ; MITCHELL, Rebecca: Affordances and Limitations of Immersive Participatory Augmented Reality Simulations for Teaching and Learning. In: *Journal of Science Education and Technology* 18 (2009), Nr. 1, S. 7–22
- [20] SANTOS, Marc Ericson C. ; CHEN, Angie ; TAKETOMI, Takafumi ; YAMAMOTO, Goshiro ; MIYAZAKI, Jun ; KATO, Hirokazu: Augmented Reality Learning Experiences: Survey of Prototype Design and Evaluation. In: *IEEE Transactions on Learning Technologies* 7 (2013), Nr. 1, S. 38–56
- [21] BLOOM, Benjamin S. et al.: Taxonomy of Educational Objectives. Vol. 1: Cognitive Domain. In: *New York: McKay* (1956), S. 20–24
- [22] DECI, Edward L. ; RYAN, Richard M.: Intrinsic Motivation and Self-Determination in Human Behavior. (1985)
- [23] HARTNETT, Maggie ; GEORGE, Alison S. ; DRON, Jon: Examining Motivation in Online Distance Learning Environments: Complex, Multifaceted and Situation-Dependent. In: *The International Review of Research in Open and Distributed Learning* 12 (2011), Nr. 6, S. 20–38
- [24] PETERS, Christian ; HORST, Andreas ; BECKER, Alexander ; DIMITROV, Plamen ; DITTMANN, Dennis ; ERPENBACH, Simon ; MILINA, Katerina ; NIEHUES, Philipp ; WESSEL, Malte ; ZOHOURIAN, Farnoush et al.: CollideLabs. Eine modulare Plattform zur Bereitstellung von Virtual Labs. In: *DeLFI 2014-Die 12. e-Learning Fachtagung Informatik* (2014)
- [25] MINISTERIUM DES INNEREN NRW: *Feuerwehrensache Abschlussbericht*. Ministerium des Innern NRW, Friedrichstraße 62-80, 40217 Düsseldorf : Ministerium des Innern NRW - Abteilung Nichtpolizeiliche Gefahrenabwehr, Vermessung - Referat 35, 2017
- [26] THISSEN, Frank: *Das Lernen neu erfinden-konstruktivistische Grundlagen einer Multimedia-Didaktik*. Universität Stuttgart, Fakultätsübergreifend/Sonstige Einrichtung, 1997
- [27] SCHRIER, Karen: Using Augmented Reality Games to Teach 21st Century Skills. In: *ACM SIGGRAPH 2006 Educators Program* ACM, 2006, S. 15
- [28] LIAROKAPIS, Fotis ; MOURKOUSSIS, Nikolaos ; WHITE, Martin ; DARCY, Joe ; SIFNIOTIS, Maria ; PETRIDIS, Panos ; BASU, Anirban ; LISTER, Paul F.: Web3D and Augmented Reality to Support Engineering Education. In: *World Transactions on Engineering and Technology Education* 3 (2004), Nr. 1, S. 11–14
- [29] VOLPERT, Walter: *Handlungsstrukturanalyse als Beitrag zur Qualifikationsforschung*. Pahl-Rugenstein, 1983

- [30] HACKER, Winfried: *Allgemeine Arbeits-und Ingenieurpsychologie: Psychische Struktur und Regulation von Arbeitstätigkeiten*. H. Huber, 1978 (20)
- [31] MILLER, George A.: The Magical Number Seven, Plus or Minus Two: Some Limits on Our Capacity for Processing Information. In: *Psychological review* 63 (1956), Nr. 2, S. 81
- [32] MCEWEN, Bruce S. ; SAPOLSKY, Robert M.: Stress and Cognitive Function. In: *Current Opinion in Neurobiology* 5 (1995), Nr. 2, S. 205–216
- [33] BERTRAM, Sandra: *Einsatzbereiche von Augmented Reality im Bereich Krisenmanagement - Potenzial und Herausforderungen bei der Unterstützung im Entscheidungsprozess*. Universität Duisburg-Essen, Fachgebiet Professionelle Kommunikation in elektronischen Medien/Social Media, 2018
- [34] BONK, Curtis J. ; GRAHAM, Charles R.: *The Handbook of Blended Learning: Global Perspectives, Local Designs*. John Wiley & Sons, 2012
- [35] PACHNER, Anita: Selbstreflexionskompetenz. Voraussetzung für Lernen und Veränderung in der Erwachsenenbildung? In: *Magazin erwachsenenbildung. at* (2013), Nr. 20
- [36] IORDACHE, Dragos D. ; PRIBEANU, Costin: A Comparison of Quantitative and Qualitative Data from a Formative Usability Evaluation of an Augmented Reality Learning Scenario. In: *Informatica Economica* 13 (2009), Nr. 3, S. 67
- [37] CARD, Stuart K.: *The Psychology of Human-Computer Interaction*. Crc Press, 2018
- [38] KELLER, John M.: Development and Use of the ARCS Model of Instructional Design. In: *Journal of Instructional Development* 10 (1987), Nr. 3, S. 2
- [39] KELLER, John M.: Motivation and Instructional Design: A Theoretical Perspective. In: *Journal of Instructional Development* 2 (1979), Nr. 4, S. 26–34

Abkürzungsverzeichnis

AG	Arbeitsgruppe
AGBF	Arbeitsgemeinschaft der Leiter der Berufsfeuerwehren
AK A	Arbeitskreis Ausbildung
AR	Augmented Reality
AV	Augmented Virtuality
BFRA	Berliner Feuerwehr- und Rettungsdienstakademie
BHKG	Gesetz über den Brandschutz, die Hilfeleistung und den Katastrophenschutz
CRS	Crash Recovery System
DFV	Deutscher Feuerwehrverband
DSS	Decision Support System
FwDV	Feuerwehr-Dienstvorschrift
HUD	Head-Up-Display
KI	Künstliche Intelligenz
MR	Mixed Reality
PG	Projektgruppe
PSA	Persönliche Schutzausrüstung
TH	Technische Hilfeleistung
UKE	Universitätsklinikum Essen
VAP	Verordnung über die Ausbildung und Prüfung
VR	Virtual Reality
XR	Extended Reality

Abbildungsverzeichnis

B.1 AR in der Notfallsanitäterausbildung am UKE	iii
---	-----

Tabellenverzeichnis

A.1	Lehrgangsbetrachtung in der Laufbahngruppe 1, erstes Einstiegsamt . . .	i
A.2	Lehrgangsbetrachtung in der Laufbahngruppe 2, erstes Einstiegsamt . . .	i
A.3	Lehrgangsbetrachtung in der Laufbahngruppe 2, zweites Einstiegsamt . . .	ii

A Lehrgangsbetrachtung

Laufbahngruppe 1, zweites Einstiegsamt

Lehrgang	AR
Allgemeine Grundlagen	nein
Fachbezogene Grundlagen/VB	eingeschränkt
Fahrzeug- und Gerätekunde	ja
Allgemeine Einsatzlehre	ja
Fachbezogene Einsatzlehre	ja
Absturzsicherung	ja
Atemschutz	ja
Sprechfunk	eingeschränkt
ABC I	ja
Dienstsport	eingeschränkt

Tabelle A.1: Lehrgangsbetrachtung in der Laufbahngruppe 1, erstes Einstiegsamt

Laufbahngruppe 2, erstes Einstiegsamt

Lehrgang	AR
Gruppenführer	ja
Wissenschaftliche Grundlagen	eingeschränkt
Zugführer	ja
Verbandsführer	ja
Menschenführung	nein
Organisation / Einsatzrecht / BWL	nein

Tabelle A.2: Lehrgangsbetrachtung in der Laufbahngruppe 2, erstes Einstiegsamt

Laufbahngruppe 2, zweites Einstiegsamt

Lehrgang	AR
Führungslehrgang I	ja
Verwaltungslehrgang	nein
Führungslehrgang II	ja
Führungslehrgang III	nein

Tabelle A.3: Lehrgangsbetrachtung in der Laufbahngruppe 2, zweites Einstiegsamt

B Bilder

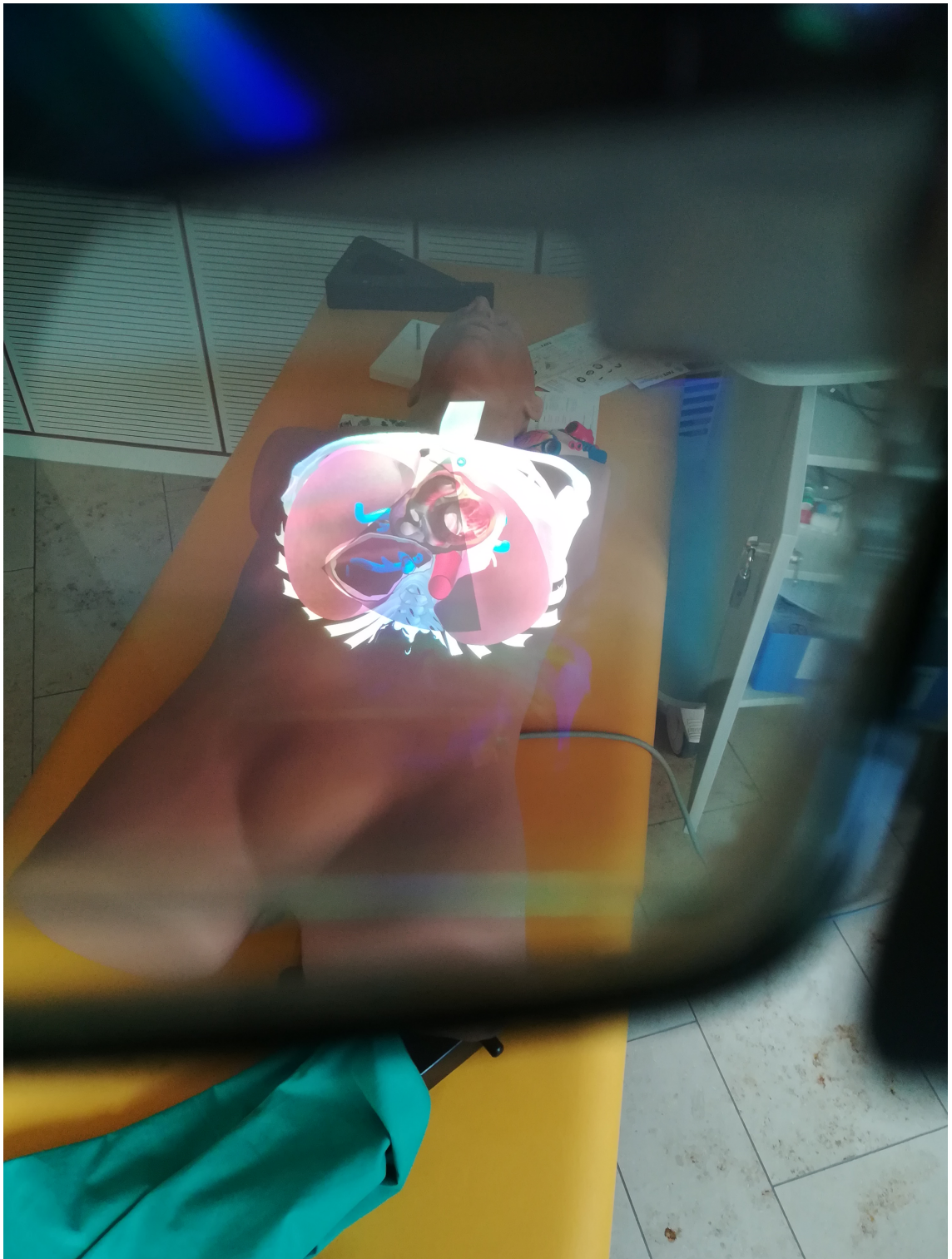


Abb. B.1: AR kann in den unterschiedlichsten Weisen bei der Ausbildung als Werkzeug und Ergänzung dienen. Hier wird die Ausbildung von Notfallsanitätern und Ärzten durch eine Erweiterung der Puppe um Organe bereichert. Die Ausbildung wird dadurch viel anschaulicher und greifbarer. Die Einführung von Grundlagen und theoretischen Inhalten wird damit jedoch keinesfalls ersetzt. Das Foto entstand im Rahmen der Recherche im SkillsLab des Universitätsklinikums Essen.

C Projekte

AR in der Atemschutzmaske:

<https://www.qwake.tech/>

Atemschutzmaske mit integrierter Datenbrille:

<https://www.b-und-i.de/index.php/feuerwehrmaske-mit-datenbrille/>

AR in der Atemschutzausbildung:

<http://celidon-projekt.de/>

Diverse MR-Anwendungen:

<https://www.holotranslating.com/services-products/mr-einsatzkr%C3%A4fte/>

Drehleiter-Ausbildung:

<https://www.inmach.de/inmach-feuerwehrtechnik.html>

Feuerwehrtaugliche Wärmebildkamera mit AR durch Radarsensorik:

https://www.sifo.de/files/Projektumriss_FeuerWeRR_C3.pdf

Intelligente Visualisierung zum Lagebewusstsein:

<https://edgybees.com/public-safety/>

AR-Brille mit Erkundungsdrohne:

<https://arpost.co/2019/01/03/ar-glasses-drones-firefighters/>

Gesprächspartner

Im Rahmen der Recherchearbeit wurde versucht, möglichst diverse Akteure zu beteiligen und verschiedenartige Meinungen einzuholen. Im folgenden ein (ohne Anspruch auf Vollständigkeit) Überblick der Gesprächspartner.

Martin Geisler, Kultur und Medien an der EAH Jena

Jens Krüger, Hochleistungsrechnen an der Universität Duisburg-Essen

H. Ulrich Hoppe, Kooperative und lernunterstützende Systeme an der Universität Duisburg-Essen

Bernd Herrenkind, Feuerwehr Hamburg

Raimund Bücher, WF Henkel

Patrick Reschke, Northdocks GmbH

Stefan Truthän, hhpberlin Ingenieure für Brandschutz GmbH

Thomas Löchteken, IdF NRW

Christian Plum, IdF NRW

Thomas Egelhaaf, LFS BW

Martin Zimmermann, vdc St. Georgen

Dr. Roland Demke, Staatliche Feuerweherschule Würzburg

David Ahn, IFR Dortmund

Fabian Broszio, Berliner Feuerwehr- und Rettungsdienstakademie

Thomas Lembeck, Feuerwehr Essen

Hans Jochen Blätte, GFPA GmbH

Ben Bockemühl, Feuerwehr Ludwigsburg

Thomas Peterseil, Realsim GmbH

Andre Haupts, Feuerwehr Kerpen

Eidesstattliche Erklärung

Hiermit versichere ich, *Philipp Bergmann*, die vorliegende Arbeit selbständig, ohne fremde Hilfe und ohne Benutzung anderer als der von mir angegebenen Quellen angefertigt zu haben. Alle aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Gedanken sind als solche gekennzeichnet.

Die Arbeit wurde noch keiner Prüfungsbehörde in gleicher oder ähnlicher Form vorgelegt.

Berlin, den 18. Dezember 2019

Unterschrift mit Vor- und Nachname