

Die Effektivität der Wissensvermittlung durch immersive Medien im schulischen Umfeld

Studiengang Medieninformatik

Masterarbeit

vorgelegt von

Thamar Vainstain

geb. in Dillenburg

Olga Zimmermann

geb. in Karaganda - Kasachstan

durchgeführt in der
Technischen Hochschule Mittelhessen, Friedberg

Referent der Arbeit: Prof. Dr. Cornelius Malerczyk
Korreferent der Arbeit: Hans Christian Arlt, M.Sc.

Friedberg, 2020

Danksagung

Viele Menschen haben zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen und wir möchten die Gelegenheit hiermit nutzen, um uns dafür herzlich zu bedanken. Zunächst danken wir Prof. Dr. Cornelius Malerczyk und Hans Christian Arlt für die Unterstützung bei der Themenfindung und schließlich der Betreuung dieser Arbeit. In diesem Zuge möchten wir uns auch für die Leihgabe von VR-Systemen beim GDV-Labor und bei Cosalux GmbH bedanken.

Ein großer Dank geht an die Personen, die für unsere Anwendung ihre Stimme geliehen und uns damit tatkräftig unterstützt haben: Harald Behrendt, Jörg Behrendt, Florian Platzer und Rebecca Vainstain. Zudem bedanken wir uns bei Saraj Vainstain, die uns als pädagogische Fachkraft mit Feedback zur Anwendung und der Weiterleitung der Fragebögen für Lehrkräfte unterstützt sowie bei der Organisation der Studie geholfen hat. In diesem Zuge bedanken wir uns ganz herzlich beim Karl-Rehbein-Gymnasium in Hanau für die Möglichkeit zur Durchführung der Studie sowie bei allen Schülerinnen und Schülern, die an der Studie teilgenommen haben.

Weiterhin danken wir Claus und Saraj Vainstain sowie Harald, Traudel und Jörg Behrendt, dass sie sich Zeit genommen haben, um unsere Arbeit korrekturzulesen.

Zum Schluss möchten wir unseren Eltern und unseren Partnern für ihre Unterstützung und emotionalen Rückhalt danken.

Selbstständigkeitserklärung

Hiermit versichern wir, Thamar Vainstain und Olga Zimmermann, dass wir die eingereichte Masterarbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst, andere als die von uns angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt und die den benutzten Werken wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht haben.

Friedberg, Oktober 2020

Thamar Vainstain

Olga Zimmermann

Konventionen

Um kenntlich zu machen, welche Studentin für welchen Teil der Arbeit als Redakteurin fungiert hat, werden die folgenden Kürzel verwendet:

Thamar Vainstain TV
Olga Zimmermann OZ

Die Abkürzungen sind am Ende eines jeden Abschnitts zu finden. Sie beziehen sich jedoch lediglich auf die geschriebenen Texte. Bei Abbildungen, sofern diese nicht von anderen Urhebern oder Urheberinnen erstellt worden sind, wird die jeweilige Studentin als Urheberin genannt.

Inhaltsverzeichnis

Danksagung	i
Selbstständigkeitserklärung	iii
Konventionen	v
Inhaltsverzeichnis	vii
Abbildungsverzeichnis	xi
Listings	xiii
Tabellenverzeichnis	xv
1 Einleitung	1
1.1 Motivation	1
1.2 Problemstellung	3
1.3 Ziel der Arbeit	4
1.4 Aufbau der Arbeit	4
1.5 Zusammenfassung der Ergebnisse	5
2 Stand der Technik	7
2.1 Augmented Reality	7
2.1.1 Definition	7
2.1.2 Einsatzgebiete von AR	9
Medizin	9
Psychologie	10
Industrie und Produktion	11
Spielebranche	12
2.2 Virtual Reality	14
2.2.1 Definition	14
2.2.2 Einsatzgebiete von VR	16
Spieleindustrie	16
Architektur und Tourismus	18

Einzelhandel	19
2.3 Wissenschaftlicher Vergleich von AR und VR	20
2.4 Medien in der Wissensvermittlung	23
2.4.1 Verwendung von Medien im Unterricht	23
2.4.2 Verwandte Arbeiten und Anwendungen mit AR	24
2.4.3 Verwandte Arbeiten und Anwendungen mit VR	27
2.5 Zusammenfassung	31
3 Geschichtsdidaktik	33
3.1 Lehren im Geschichtsunterricht	33
3.1.1 Erarbeitender Geschichtsunterricht	36
3.1.2 Aufgabenbasierter Geschichtsunterricht	36
3.1.3 Projektförmiger Geschichtsunterricht	37
3.2 Lernprobleme und Motivation im Geschichtsunterricht	38
3.3 Zusammenfassung	40
4 Allgemeine Konzepterarbeitung	43
4.1 Kurzkonzept	43
4.2 Zielgruppe	44
4.3 Thema der Anwendung	46
4.4 Anforderung an die Anwendungen	47
4.5 Anwendungsszenario	48
4.5.1 Einleitung	48
4.5.2 Phase 1	49
4.5.3 Phase 2	54
4.5.4 Phase 3	57
4.5.5 Notizen	57
4.6 Zusammenfassung	58
5 Konzepterarbeitung für AR und VR	59
5.1 Konzeptadaption für Augmented Reality	59
5.1.1 Interaktionskonzept	59
5.1.2 Anwendungsverlauf	63
5.2 Konzeptadaption für Virtual Reality	72
5.2.1 Interaktionskonzept	72
5.2.2 Anwendungsverlauf	74
5.3 Beide Konzepte im Vergleich	78
5.4 Zusammenfassung	79
6 Entwicklung der Anwendungen	81
6.1 Technische Grundlagen für die Entwicklung	81
6.1.1 Entwicklungsumgebung	81
6.1.2 Verwendete 3D-Modelle	83
Hans Scholl und Alexander Schmorell in Phase 1	83

Hektografiegerät aus Phase 2	85
Flugblatt-Animation in Phase 3	86
6.1.3 Dialogsystem	87
6.2 Augmented Reality Anwendung	89
6.2.1 Hardware und zusätzliche Software zur Bereitstellung	89
6.2.2 AR Foundation	90
6.2.3 Softwaredesign	92
Aufbau der IntroScene	92
Typischer Aufbau einer AR-Szene	94
Persistente Datensicherung	95
6.3 Virtual Reality Anwendung	97
6.3.1 Hardware	97
6.3.2 Softwaredesign	97
SteamVR-Plugin	97
Klassenübersicht	100
6.4 Zusammenfassung	104
7 Studie	107
7.1 Personengruppe	107
7.2 Hardware	107
7.3 Vorgehen	108
7.4 Ergebnisse	113
7.4.1 Ergebnisse vorab gestellter Fragen	113
7.4.2 Ergebnisse nachfolgend gestellter Fragen	117
Qualitative Ergebnisse	117
Quantitative Ergebnisse	121
7.5 Zusammenfassung	123
8 Zusammenfassung und Ausblick	127
8.1 Zusammenfassung	127
8.2 Änderungen	128
8.2.1 AR	128
8.2.2 VR	129
8.3 Ausblick	129
A Interviews mit Lehrerinnen und Lehrern zum Geschichtsunterricht	131
B Externe 3D Assets	133
C Liste mit vollständigen URLs	137
D CD mit Projekt- und Studiendateien	139
Literaturverzeichnis	141

Abbildungsverzeichnis

1.1	AR vs. VR	2
2.1	Reality-Virtuality-Continuum	8
2.2	Einsatz von 3D ARILE in einer Operation	9
2.3	Augmented Reality Anwendung von Brainpower	10
2.4	Augmented Reality Anwendung bei BMW	11
2.5	Beispiel für ein AR-Spiel für die Microsoft HoloLens	12
2.6	Beispiel für ein AR-Spiel für Smartphones	13
2.7	VR-System mit Head-Mounted-Display	15
2.8	Screenshot aus dem VR-Spiel Edge of Nowhere	17
2.9	Screenshot aus dem VR-Spiel Half Life - Alyx	18
2.10	Virtual-Saturn - VR-Anwendung im Einzelhandel	19
2.11	Macys VR-Angebot - Raumgestaltung in VR	20
2.12	Darstellung einer Mirage Make Mini-App für das Fach Physik	26
2.13	Kork und Beyrouthy Chemistry Lab Scene	30
3.1	Verlaufskonzept des erarbeitenden Geschichtsunterrichts	35
4.1	Persona als Stellvertretung der Zielgruppe	45
4.2	Erster Dialogbaum des interaktiven Gesprächs	50
4.3	Zweiter Dialogbaum des interaktiven Gesprächs	52
4.4	Dritter Dialogbaum des interaktiven Gesprächs	53
4.5	Die vier verschiedenen Suchgegenstände aus Phase 2	54
5.1	Das Arbeitsblatt als Marker für alle Phasen der AR-Anwendung	60
5.2	Die vier Marker für die Gegenstandsuche in Phase 2	61
5.3	Start- und Aufgabenscreen der AR-Anwendung	63
5.4	Einleitungsscreen am Beispiel von Phase 1	64
5.5	Eingabeoptionen im interaktiven Gespräch der AR-Anwendung	65
5.6	Einleitungsscreen für Phase 2 und Benutzungsoberfläche für das Einsammeln der Gegenstände	66
5.7	Darstellung der Anweisung, wenn die Flugblätter in Phase 2 gedruckt wurden.	67
5.8	Darstellung der fallenden Flugblätter in Phase 3 der AR-Anwendung	68
5.9	Der Startscreen der AR-Anwendung unter verschiedenen Bedingungen	69
5.10	Die einzelnen Inhalte der Notizen in der AR-Anwendung	71

5.11	Das Hektografiegerät in der VR-Anwendung	72
5.12	Die Teleportation-Funktion in der VR-Anwendung	73
5.13	Das Clipboard zum Anzeigen der Notizen in der VR-Anwendung	75
5.14	Gestaltung des Raumes in Phase 1 in der VR-Anwendung	76
5.15	Phase 3: Der Lichthof der Universität München in der VR-Anwendung	77
6.1	Die Benutzungsoberfläche von Unity	83
6.2	Die Grundmodelle von Hans Scholl und Alexander Schmorell in der T-Pose . . .	84
6.3	Die Animationen im interaktiven Gespräch am Beispiel des Charakters Hans Scholl	84
6.4	Die drei verschiedenen Stadien des Hektografiegeräts	85
6.5	Ausschnitt aus der Flugblattanimation in Phase 3	86
6.6	Inspektorsicht des Dialogsystems	87
6.7	Animatorsicht, Animationansicht und Sceneansicht des Unityeditors	89
6.8	Darstellung der Funktionen und unterstützten Geräte von AR Foundation	90
6.9	Exemplarische Darstellung einer ImageLibrary	91
6.10	Vereinfachte Darstellung der Abfolge aller Szenen in der AR-Anwendung	92
6.11	Aufbau der IntroScene in Unity in der AR-Anwendung	93
6.12	Exemplarische Darstellung des Aufbaus einer AR-Szene anhand der Phase1Scene	95
6.13	Darstellung des Player-Prefabs in Unity	98
6.14	Die Interaction-Scripts des SteamVR-Plugins in der Inspektorsicht	99
6.15	Klassendiagramm der VR-Anwendung ohne Attribute und Funktionen	99
6.16	Klassendiagramm Abschnitt 1: Eventhandler	101
6.17	Klassendiagramm Abschnitt 2: kleinere Klassenkonstellationen	103
6.18	Klassendiagramm Abschnitt 3: Klassen ohne Beziehungen	104
7.1	Ablauf der Evaluation	108
7.2	Vorabfragebogen: Bewertungen des aktuellen Geschichtsunterrichts	113
7.3	Vorabfragebogen: Antworten auf die Frage, ob das Thema Weiße Rose bereits im Unterricht behandelt wurde	114
7.4	Vorabfragebogen: Antworten auf die Frage, ob die Lernenden eine AR- oder VR-Anwendung benutzt haben	115
7.5	Vorabfragebogen: Antworten auf die Frage, was die Lernenden von Anwendungen halten, die im Unterricht eingesetzt werden	115
7.6	Vorabfragebogen: Antworten auf die Frage, wie motiviert die Lernenden sind, an der Unterrichtsstunde teilzunehmen	116
7.7	Abschlussfragebogen für AR: Bewertung der Motivation zur weiteren Beschäfti- gung mit dem Anwendungsthema	118
7.8	Abschlussfragebogen für VR: Bewertung der Motivation zur weiteren Beschäfti- gung mit dem Anwendungsthema	120
7.9	Ergebnisse der Wissensfragebögen	122
7.10	Vergleich der Motivation, sich mit dem Thema weiter zu beschäftigen	123

Listings

6.1	Aufbau der npc-Klasse	87
6.2	Aufbau einer Speech-Klasse	96
6.3	Aufbau der Game-Klasse zum Speichern des Spielstandes	96
6.4	Die Funktion zum Starten der Spracherkennung	100
6.5	Die Funktion TookStep()	101
6.6	Der Konstruktor der Step-Klasse	102

Tabellenverzeichnis

5.1	Unterschiede zwischen dem AR- und VR-Konzept in tabellarischer Darstellung .	78
7.1	Der Erwartungshorizont zur Bewertung der gestellten Wissensfragen	112

Kapitel 1

Einleitung

1.1 Motivation

Lernen ist ein wichtiger Bestandteil im Leben eines jeden Menschen. Es beginnt mit grundlegenden Fähigkeiten wie Laufen und Sprechen. Im Kindesalter ist man besonders lernfähig, jedoch bleibt die Notwendigkeit des Lernens weit darüber hinaus Teil des Lebens. Für Jugendliche hat die schulische Bildung großen Einfluss auf den Alltag und das persönliche Lernverhalten. Wie erfolgreich ein Mensch lernt, hängt von vielen Faktoren ab, weshalb auch der Lernfortschritt von Schülerinnen und Schülern stark unterschiedlich sein kann. Eine große Rolle spielt hierbei das persönliche Interesse und die Motivation der Lernenden [RD00]. Ist die Schülerschaft motiviert, sich mit einem Thema auseinanderzusetzen, sind meist auch die Ergebnisse besser. Um das Interesse bei Schülerinnen und Schülern zu wecken und die Motivation zu steigern, beschäftigt sich die Didaktik, also die Lehre vom Lehren, unter anderem damit, Lernstoff anschaulich, praxisnah und altersgerecht aufzubereiten.

Digitale Medien und neue Technologien eröffnen Lernenden neue Möglichkeiten, mit dem Lernstoff zu interagieren und ihn zu erleben. Digitale Schultafeln, sogenannte Smartboards, werden bereits seit einigen Jahren an vielen Schulen eingesetzt, um digitale Inhalte in den Unterricht einbinden zu können und Lehrerinnen und Lehrern das Arbeiten zu erleichtern. Doch dienen digitale Medien nicht nur der Arbeitserleichterung. Schon Edgar Dale, ein US-amerikanischer Lehrer und Pionier der Bildungstechnologie, vertrat die Ansicht, dass audiovisuelle Materialien die Motivation von Lernenden steigern können [TCR07]. Die zunehmende Entstehung von „Serious Games“, also Spielen, deren Kernaufgabe es ist, Wissen zu vermitteln, deutet auf die wichtige Rolle hin, die neue Medien beim Lernen einnehmen können. Sie bieten durch ihre Interaktionsmöglichkeiten der Schülerschaft die Gelegenheit, aktiv mit dem Lernstoff zu arbeiten und wecken durch spielerische Anteile Ehrgeiz, Motivation und Kreativität. Neben Internet, Smartphones und immer schnelleren Computern und Programmen bieten auch immersive Medien neues Potenzial.

Immersive Medien ermöglichen das Eintauchen in eine Situation (Immersion), sodass man von einer anderen Realität umgeben ist [Mur17]. Zu diesen Medien zählen Augmented Reality (AR) und Virtual Reality (VR).

1. EINLEITUNG

Während es bei Augmented Reality vorrangig darum geht, die derzeitige Umgebung des Nutzers durch digitale Inhalte zu ergänzen, wird bei Virtual Reality eine völlig neue, virtuelle Umgebung geschaffen, die nicht mit dem realen Umfeld des Nutzers interagiert. Abbildung 1.1 verdeutlicht diesen Unterschied. Im oberen Bild ist gut zu erkennen, dass bei einer AR-Anwendung die Umgebung des Nutzers für diesen sichtbar bleibt, während im unteren Bild deutlich wird, dass sowohl für das linke als auch das rechte Auge ein eigenes Bild generiert wird, die leicht versetzt zueinander sind, und so eine neue, dreidimensionale Umgebung geschaffen wird.

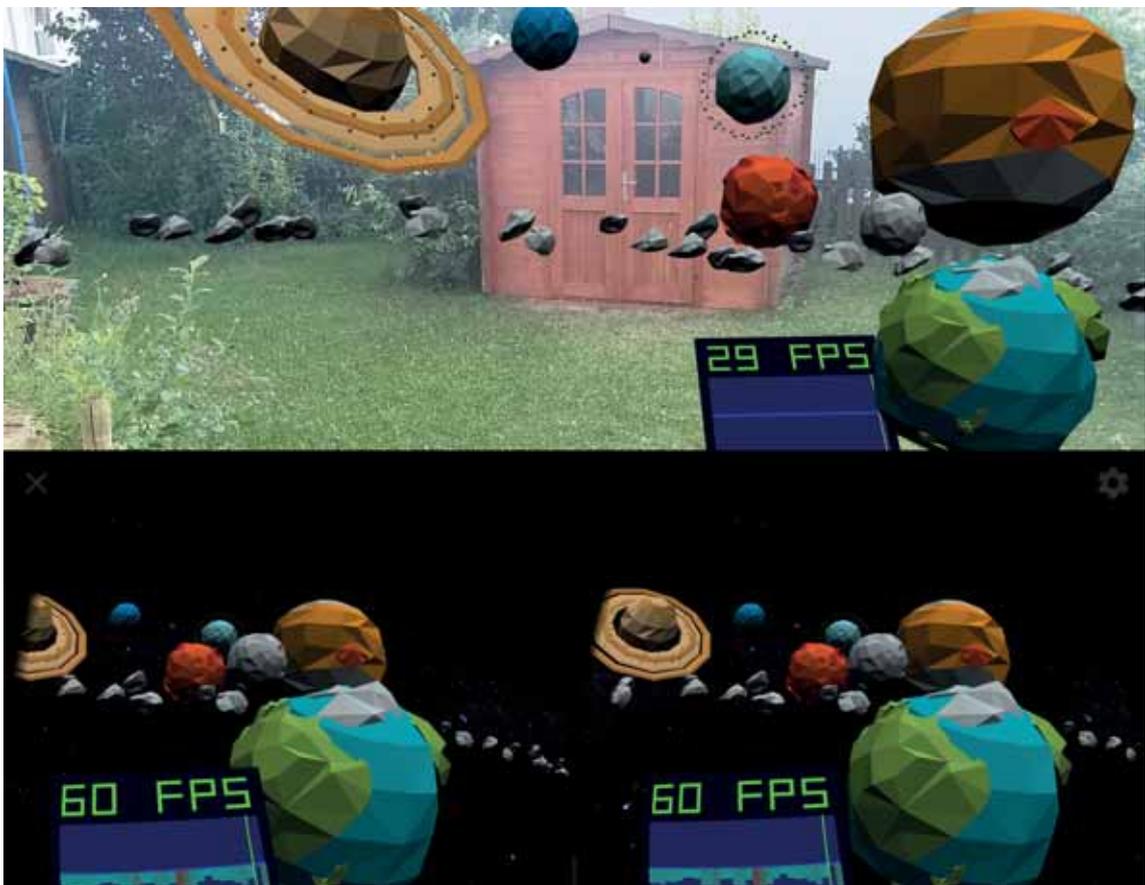


Abbildung 1.1: Eine Demonstration des Unterschiedes zwischen Augmented Reality und Virtual Reality anhand der Beispielszenen des von Mozilla entwickelten WebXR-Viewers (Screenshots der Anwendungen <https://immersive-web.github.io/webxr-samples/> Stand: 24.06.2020 - TV)

Immersive Medien waren anfangs vor allem für Videospiele oder industrielle Zwecke interessant. Im Bereich der Bildung wurden sie, wegen einer geringen Verbreitung und eines hohen

Preises, lange nur gering beachtet. Aufgrund wachsender Verbreitung und sinkender Kosten werden sie nun aber auch für diesen Bereich zunehmend interessant. Die einzigartigen Interaktionsmöglichkeiten immersiver Medien eröffnen eine neue Form der Auseinandersetzung mit dem Lernstoff. So ermöglicht AR beispielsweise die dreidimensionale Interaktion mit statischen oder zweidimensionalen Objekten und Bildern, während VR das vollständige Eintauchen in eine andere, ebenfalls interaktive Welt ermöglicht. Diese Eigenschaften legen die Hypothese nahe, dass immersive Medien einen positiven Effekt auf den Lernerfolg von Schülerinnen und Schülern haben können [HČ18].

TV

1.2 Problemstellung

Seit Ivan Sutherland im Jahr 1965 in „The Ultimate Display“ seine Idee für eine Computerbrille veröffentlicht hat, wird sowohl an den technischen Voraussetzungen als auch an den Einsatzmöglichkeiten von Augmented Reality und Virtual Reality geforscht [Sut65]. Es existieren Studien zur Effektivität der Wissensvermittlung der einzelnen Technologien. Jedoch konnte keine Studie gefunden werden, in der erforscht wurde, ob eine immersive Technologie eine bessere Wissensvermittlung erzielt als eine andere. Da es aber bereits verschiedene Studien zu unterschiedlichen immersiven Technologien gibt, stellt sich die Frage, ob nicht ein Vergleich zwischen Studien möglich ist, um eine Aussage zur Effektivität der Wissensvermittlung einer Technologie im Vergleich zu einer anderen zu treffen.

Dem Problem, dem hierbei begegnet wird, ist, dass die Studien unterschiedliche Thesen und Methodiken haben. Dies wird in einem exemplarischen Vergleich zwischen der Studie „REENACT: A step forward in immersive learning about Human History by augmented reality, role playing and social networking“ von Yolanda Blanco-Fernández et al. und der Studie „Using Virtual Environments to Tell the Story: “The Battle of Thermopylae”“ von Dimitrios Christopoulos et al. deutlich [BFLNPA⁺14] [CMAK11]. Beide beschäftigen sich mit den Auswirkungen des immersiven Lernens und behandeln das gleiche geschichtliche Thema. Jedoch unterscheiden sich die angewandten Methodiken in der Zielgruppe, der Anzahl der Testpersonen, beim Ort der Durchführung und im Studienschwerpunkt. Die Personengruppen sind bei jeder Studie anders festgelegt und es kann nicht festgestellt werden, ob Vorkenntnisse zum Anwendungsthema oder der Technik vorhanden sind und ob das Alter der Testpersonen eine Rolle spielt. Es ist zudem nicht eindeutig, ob der Ort der Durchführung einen Einfluss auf den Lernerfolg hat. Auch zielte eine der beiden Studien nicht darauf ab, die Effektivität der Wissensvermittlung zu ermitteln. Insgesamt weisen beide Studien unterschiedliche Parameter auf und es kann somit durch einen Vergleich dieser beiden Studien nicht festgestellt werden, welche Technologie eine effektivere Wissensvermittlung erreicht.

Dies ist nur ein Beispiel dafür, warum anhand von zwei Studien keine verlässliche Aussage zum Vergleich beider Technologien getroffen werden kann. Um eine wissenschaftlich korrekte Aussage machen zu können, muss eine Studie also die gleichen Bedingungen für beide Technologien vorweisen.

OZ

1.3 Ziel der Arbeit

Das Ziel dieser Arbeit ist es, eine Methodik zu entwickeln, welche einen Vergleich von Augmented Reality und Virtual Reality in Bezug auf die Effektivität der Wissensvermittlung ermöglicht. Dies ist Voraussetzung für eine objektive Vergleichsstudie.

Um dieses Ziel zu erreichen, wird jeweils eine Applikation zu den beiden Technologien mit dem gleichen Thema und Anwendungsverlauf konzipiert und entwickelt. Es werden die Vorteile der jeweiligen Technologie ausgereizt, um eine hohe Qualität der Immersion zu erzeugen. Bei der Konzeption beider Anwendungen liegt der Schwerpunkt zum einen auf der Wissensvermittlung, zum anderen auf der einfachen Bedienbarkeit, damit die Nutzerinnen und Nutzer nicht von der Wissensvermittlung abgelenkt werden.

Das Thema wird aus dem schulischen Bereich gewählt, da durch das Schulklassensystem ein aussagekräftiger Vergleich mit einer Kontrollgruppe möglich ist. Der Einsatz im Geschichtsunterricht in deutschen Schulen bietet sich an, da in diesem Medien eine wichtige Rolle spielen. Der Geschichtsunterricht behandelt Themen aus der Vergangenheit, die heute nur noch anhand von Quellen, Erzählungen oder anderen Medien greifbar sind. Die Schülerinnen und Schüler müssen sich in Situationen hineinversetzen, um komplexe historische Ereignisse nachzuvollziehen. Der Vorteil eines Themas aus dem Bereich Geschichte ist somit die Möglichkeit zur Reise in die Vergangenheit. Es kann eine Erfahrung geschaffen werden, die nicht nur auf der Interaktion mit dreidimensional angezeigten Lernstoffen basiert, sondern das Eintauchen in eine realitätsnahe Situation ermöglicht. Das Thema der Anwendungen behandelt die Widerstandsbewegung „Weiße Rose“ und ist im hessischen Lehrplan des Geschichtsunterrichts eingegliedert. Bei der Konzeption der Lernanwendungen ist zu beachten, dass diese in den Unterricht eingebunden werden können.

Nach Konzeption und Entwicklung ist eine entsprechende Vergleichsstudie geplant. In dieser Studie liegt der Schwerpunkt auf dem Testen der Nutzbarkeit beider Anwendungen. Die Ergebnisse der Studie sollen eine erste Einsicht ermöglichen, ob und wie gut die jeweiligen immersiven Technologien und die Anwendungen für das gewählte Thema geeignet sind und wo die Nutzbarkeit verbessert werden kann.

OZ

1.4 Aufbau der Arbeit

In Kapitel 2 werden zuerst die Begriffe „Augmented Reality“ und „Virtual Reality“ definiert. Danach werden Arbeiten vorgestellt, die sich mit der jeweiligen Technologie beschäftigen und Anwendungen untersucht, die Einsatzgebiete und Besonderheiten der Technologien in geeigneter Weise darstellen. Weiter wird dann die Bedeutung von Augmented und Virtual Reality in dem Bereich der Wissensvermittlung dargestellt und Arbeiten betrachtet, in denen bereits ein Vergleich beider Technologien durchgeführt wurde. Da die exemplarische Anwendung ein Thema aus dem Geschichtsunterricht behandeln wird, werden in Kapitel 3 Grundlagen der Geschichtsdidaktik erläutert und die daraus resultierenden Anforderungen an eine für diesen Zweck entwickelte, immersive Anwendung festgelegt. Probleme beim Lehren und Lernen im Geschichtsunterricht werden aus Literatur und Praxiserfahrung von

Lehrenden herausgearbeitet.

Bei Kapitel 4 bis 7 handelt es sich um die Kernkapitel der Arbeit. In Kapitel 4 wird ein Konzept für eine immersive Anwendung entwickelt, die im Unterricht eingesetzt werden kann. Des Weiteren werden für das Konzept relevante Faktoren wie die Zielgruppe, und ein exemplarischer Stundenaufbau beschrieben. Darauf folgt in Kapitel 5 eine getrennte Betrachtung von Augmented Reality und Virtual Reality, in der technikspezifische Anpassungen vorgenommen und Besonderheiten beleuchtet werden. In Kapitel 6 werden die Entwicklung und technischen Gegebenheiten beider Anwendungen beschrieben. Kapitel 7 enthält den Aufbau und Ergebnisse einer begleitenden Studie, welche zum einen Fehler in der Bedienbarkeit aufdecken soll. Zum anderen sollen Unterschiede bezüglich der Effektivität der Wissensvermittlung zwischen den Anwendungen untersucht werden.

Kapitel 8 dient der Zusammenfassung der Arbeit und einem Ausblick, wie aufgrund dieser Arbeit weiter geforscht werden kann.

TV

1.5 Zusammenfassung der Ergebnisse

Digitale Medien und neue Technologien sind im Bildungssektor nicht mehr wegzudenken. Dazu gehören nicht nur Filme, Bilder und Inhalte aus sozialen Medien, sondern auch immersive Medien. Mit Virtual Reality und Augmented Reality wurde eine neue Möglichkeit des Erlebens geschaffen. Während Virtual Reality eine neue computergenerierte Welt erzeugt, in die Nutzende eintauchen können, verwendet Augmented Reality die reale Umgebung von Nutzenden und erweitert diese mit digitalen Informationen.

Im Bildungssektor bieten beide Technologien durch ihre Interaktionsmöglichkeiten den Schülerinnen und Schülern die Gelegenheit, aktiv mit dem Lernstoff zu arbeiten. Zusätzlich wecken sie durch spielerische Anteile Ehrgeiz, Motivation und Kreativität. In Studien wurde bereits nachgewiesen, dass sowohl Augmented als auch Virtual Reality einen positiven Einfluss im Vergleich zum Lehren und Lernen mit traditionellen Unterrichtsmethoden haben kann. Die Studien behandeln jedoch nur eine der immersiven Technologien und durch einen Vergleich zweier Studien ist aufgrund von unterschiedlichen Studienbedingungen keine Aussage darüber möglich, welche Technologie eine bessere Wissensvermittlung erreicht. Um eine wissenschaftlich korrekte Aussage zu diesen Sachverhalten treffen zu können, muss eine Studie die gleichen Bedingungen für beide Technologien vorweisen.

Für einen solchen objektiven Vergleich wurde in dieser Arbeit ein Konzept erarbeitet, mit denen Augmented und Virtual Reality unter gleichen Bedingungen in Konkurrenz zueinander verglichen werden können. Dazu wurde ein allgemeines Konzept für eine Lernanwendung entwickelt, welches für jeweils beide Technologien adaptiert und prototypisch umgesetzt wurde. Dadurch entstehen zwei Anwendungen, die den gleichen Anwendungsverlauf aufweisen. Eine Anwendung basiert auf der Augmented und die andere auf der Virtual Reality Technologie.

Als Thema wurde die Widerstandsbewegung „Weiße Rose“ ausgewählt, welches sich in den hessischen Unterrichtsplan im Geschichtsunterricht der Oberstufe eingliedert. Das schu-

lische Umfeld erleichtert das Finden von bedingungsgleichen Testgruppen für die objektive Vergleichsstudie. Der Einsatz der Anwendungen erfolgt im üblichen Verlauf einer Unterrichtsstunde im Fach Geschichte. Die Lernenden werden zunächst durch die Lehrkraft in das Thema eingeführt und gemeinsam wird eine Aufgabenstellung erarbeitet. Zur Bearbeitung dieser Aufgabenstellung nutzen die Lernenden die AR- und VR-Anwendung. Im Anschluss an die Bearbeitung erfolgt das gemeinsame Zusammenfassen der Ergebnisse durch alle Lernenden und die Lehrkraft. Die Anwendungen bestehen aus einer Einleitung, einer Geschichte aus drei Phasen und Notizen, die eine Zusammenfassung des Erlebten enthalten. In der Geschichte sprechen die Lernenden mit zwei Mitgliedern der Widerstandsbewegung, lernen den Prozess des Druckes von Flugblättern zur damaligen Zeit kennen und erfahren, was einigen Mitgliedern der Weißen Rose widerfahren ist.

Die AR-Anwendung wird auf Smartphones ausgeführt und nutzt AR-Marker, um die eigene Umgebung mit digitalen Informationen anzureichern. Bei der VR-Anwendung wird hingegen mithilfe von Head-Mounted-Displays eine computergenerierte Welt erzeugt, die nicht mit der realen Umgebung interagiert.

In einer im Rahmen dieser Arbeit durchgeführten qualitativen Studie mit der Zielgruppe konnten Fehler im Konzept und der Nutzungserfahrung aufgedeckt werden und erste Thesen zum Vergleich beider Technologien aufgestellt werden. Die Ergebnisse dieser Studie zeigen, dass beide Anwendungen positiv von der Zielgruppe aufgenommen wurden und kein signifikanter Unterschied in der Wissensvermittlung zwischen beiden Technologien festgestellt werden kann. Aufgrund einer geringen Stichprobenmenge müssen diese Ergebnisse jedoch in einer quantitativen Studie verifiziert werden.

OZ

Kapitel 2

Stand der Technik

Dieses Kapitel dient der Vorstellung von verwandten Arbeiten oder Softwarelösungen zu den Themen Augmented Reality, Virtual Reality, einem Vergleich beider Technologien und dem Einsatz von Medien im Schulunterricht. Zunächst wird auf die technische Grundlage der Augmented und Virtual Reality Technologien eingegangen. Jede der Technologien wird definiert und es werden aktuelle Einsatzgebiete vorgestellt. Ebenso wird beleuchtet, ob und in welcher Art AR und VR in Konkurrenz zueinander untersucht wurden. Weiterhin wird der Einsatz von Medien im Unterricht und verwandte Arbeiten und Anwendungen vorgestellt. Schwerpunkt der Arbeiten und Anwendungen ist die Wissensvermittlung durch AR und VR im schulischen Umfeld. Da diese Arbeit und die daraus resultierenden Anwendungen sich im historischen Kontext bewegen, werden auch Arbeiten und Apps in Bezug auf das historische Lernen berücksichtigt.

OZ

2.1 Augmented Reality

2.1.1 Definition

Augmented Reality bedeutet wortwörtlich übersetzt erweiterte Realität. Darunter versteht man das Einblenden oder Einspielen digitaler Informationen in die reale Welt in Echtzeit. Diese Informationen sind nicht immer nur visuell erfassbar, sondern es können auch andere Sinnesorgane angesprochen werden [KR12]. Dabei befinden sich Nutzerinnen und Nutzer nicht in einer komplett virtuell generierten Welt und sind nicht abgeschnitten von der Realität. Nach dem Informatiker Azuma wird Augmented Reality durch drei Eigenschaften definiert: Kombination aus Realität und Virtualität, Interaktiv in Echtzeit und Registrierung in 3D [Azu97]. Bei der Kombination aus realer und virtueller Welt wird häufig der Begriff „Mixed Reality“ verwendet. Mixed Reality bedeutet übersetzt vermischte Realität und wird in der Wissenschaft als Oberbegriff für Technologien definiert, bei denen die echte und die virtuelle Realität ineinanderfließen. In einem Reality-Virtuality-Kontinuum erläutern Milgram et al., wie verschiedene Realitäten eingeordnet werden können [MTUK95]. Abbildung 2.1 zeigt, dass die echte Umgebung und die Virtuelle Realität zwei Extreme abbilden. Zwischen diesen beiden Extremen werden Augmented Reality und Augmented Virtuality, die Erwei-

2. STAND DER TECHNIK

terung der Virtualität durch Informationen aus der Realität, eingeordnet. Alles, was sich zwischen der echten Umgebung und der virtuellen Realität bewegt, wird somit als Mixed Reality bezeichnet.

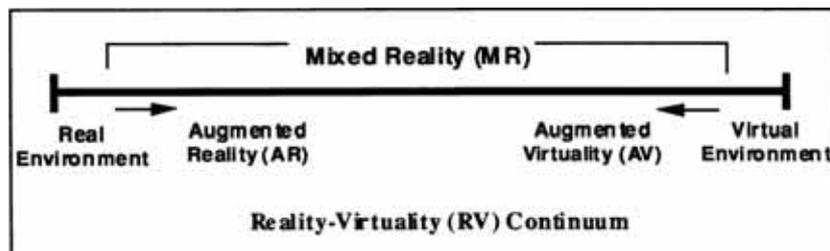


Abbildung 2.1: Darstellung des Reality-Virtuality-Continuum und die Einordnung der verschiedenen Realitäten [MTUK95]

Augmented Reality kann durch verschiedene technische Möglichkeiten erzeugt werden. Gängige Methoden sind sogenannte Head-Mounted-Displays, kurz HMD, oder Smartphones. Diese Geräte werden entweder am Kopf einer Person befestigt oder in den Händen gehalten. Aber auch mit Geräten, die nicht mobil sind, kann Augmented Reality erzeugt werden. Über beispielsweise Hologramme oder Video-Projektionen können virtuelle Elemente in die Umgebung eingeblendet werden. Diese Art von Augmented Reality wird auch „Spatial Augmented Reality“ genannt [BR05].

Alle Methoden für Augmented Reality haben eins gemeinsam. Geräte scannen mithilfe von Sensoren zu jeder Zeit die eigene Umgebung und eine Software verarbeitet zeitgleich die erhobenen Daten. Dadurch entsteht eine Echtzeit-Applikation, die auf Änderungen in der Umgebung reagiert und digitale Informationen einblendet oder anpasst. Die Informationen werden dabei in einem dreidimensionalen Raum platziert und integrieren sich in die reale Welt. Das bedeutet, dass die virtuellen Objekte einen fest definierten Platz in der Umgebung einnehmen und unabhängig von der Bewegung der Kamera sind [Cra13]. Ein fest definierter Platz kann durch sogenannte Marker ermöglicht werden. Ein Marker kann ein Code oder ein Bild sein und muss in der Umgebung platziert werden, damit eine Kamera diesen scannen und ein virtuelles Objekt darauf platzieren kann. Auch ohne Marker können Objekte mithilfe von sensorisch messbaren Werten oder Mustern platziert werden. Über ein Bild- oder dreidimensionales Tracking wird in der Umgebung nach vordefinierten Eigenschaften gesucht, z.B. Ecken oder Kanten, sodass über Software eine digitale Oberfläche generiert werden kann. Auf diesen Oberflächen können Nutzerinnen und Nutzer virtuelle Objekte platzieren. Weiterhin können sich die virtuellen Elemente an messbare Werte, wie beispielsweise Beschleunigung, Lautstärke oder Ortsposition, anpassen.

OZ



Abbildung 2.2: 3D ARILE wird in einer Operation zur Entfernung von Lymphknoten, die mit einem Tumor verknüpft sind, eingesetzt. Eine Box mit einer Infrarotkamera identifiziert mit einem Farbstoff markierte Lymphknoten und übermittelt die Daten an eine AR-Brille (links, <https://t1p.de/w45j> Stand: 22.07.2020). Die AR-Brille zeigt die eingefärbten Lymphknoten und blendet op-relevante Informationen ein (rechts, <https://t1p.de/bi6c> Stand: 22.07.2020).

2.1.2 Einsatzgebiete von AR

Augmented Reality wird in verschiedenen Bereichen eingesetzt. Im Unterhaltungsbereich wird die eigene Umgebung durch virtuelle Informationen oder Lebewesen erweitert, um eine Immersion in Spielen oder audiovisuellen Medien zu erzeugen. Dieser Effekt wird beispielsweise auch in Museen genutzt, um Exponate interessanter zu gestalten und zusätzliche Informationen einzublenden. In der Medizin oder in der Industrie ermöglicht Augmented Reality das praxisnahe Einlernen von neuen Fachkräften, um die Einlernphase zu erleichtern. Auch das Suchen von bestimmten Mustern in Echtzeit oder der Einsatz in bestimmten Psychotherapien ist möglich. Um einen kleinen Überblick über die Einsatzbereiche von Augmented Reality zu bieten, werden im Folgenden AR-Anwendungen aus verschiedenen Bereichen vorgestellt.

Medizin

Das Fraunhofer-Institut für Graphische Datenverarbeitung IGD¹ hat im Projekt 3D ARILE ein System entwickelt, bei dem Ärztinnen und Ärzte bei der Entfernung von mit einem Tumor verknüpften Lymphknoten bei Menschen unterstützt werden. Zunächst wird ein fluoreszierender Farbstoff in die Nähe des Tumors injiziert. Über dem Operationstisch ist eine Box mit einer Infrarotkamera (siehe Abbildung 2.2, links) installiert, die den Farbstoff im Körper filtern kann. Eine operierende medizinische Fachkraft trägt eine AR-Brille, bei der Informationen direkt in die Brillengläser eingeblendet werden. Die Box mit der Infrarotkamera verfügt über Marker und kann von der Brille erfasst werden. Dies hilft der Software, die Position der Lymphknoten zu berechnen, damit die Informationen in der AR-Brille an der richtigen Stelle eingeblendet werden (siehe Abbildung 2.2, rechts). Auch wird durch die Infrarotkamera die Tiefe der Lymphknoten aufgezeigt. Es werden somit dreidimensionale Daten erfasst und eingeblendet. Neben den Daten zu den betroffenen Lymphknoten werden

¹<https://www.igd.fraunhofer.de/> Stand: 22.07.2020

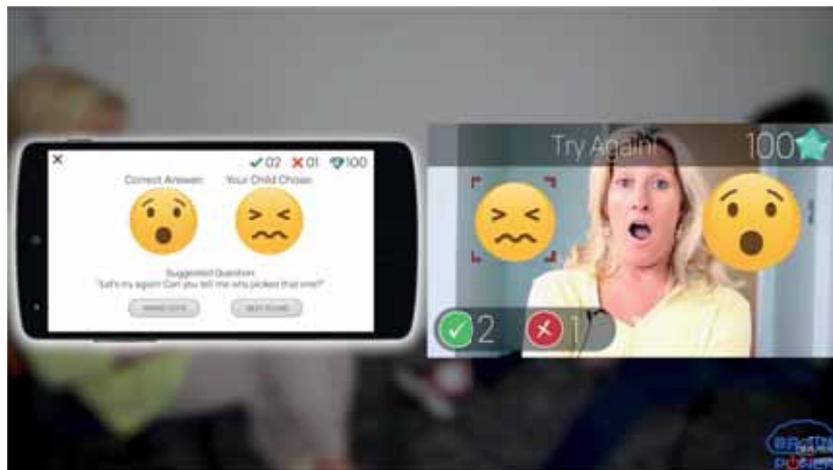


Abbildung 2.3: Mit einer AR-Brille können Menschen mit Autismus ihre kognitiven Fähigkeiten trainieren. Links wird die Smartphoneansicht für die Begleitperson angezeigt und rechts die Ansicht der Person mit Autismus (Screenshot aus Video, <https://www.youtube.com/watch?v=8TcDMY1anpw> Stand: 22.07.2020).

weiterhin wichtige und für die Operation relevante Informationen angezeigt. Diese werden normalerweise auf einem Bildschirm dargestellt, der neben dem Operationstisch steht. Mit der AR-Brille muss die operierende medizinische Fachkraft den Kopf nicht ständig zum Bildschirm drehen, sodass die Konzentration und der Fokus nicht verloren geht. Dieses System ermöglicht somit ein schnelleres Durchführen einer Operation. Dadurch kann das Risiko bei Komplikationen verringert werden und der Eingriff ist weniger fehleranfällig.

Psychologie

Augmented Reality kann eine Ergänzung einer bestehenden Psychotherapie für Autismus bieten. Das Startup Brainpower² beschäftigt sich mit dem Einsatz von Augmented Reality in der Psychotherapie und hat eine AR-Brille entwickelt, mit der Menschen mit Autismus kognitive und kommunikative Fähigkeiten trainieren können. Für die AR-Brille wurden drei Anwendungen entwickelt. Bei zwei Anwendungen lernen Menschen mit Autismus in bestimmten Situationen ihre Konzentration zu halten und sich auf andere Menschen zu fokussieren. Die dritte Anwendung beschäftigt sich mit dem Deuten von Mimik.

Ein Merkmal von Autismus ist das fehlende Einfühlungsvermögen. Menschen mit Autismus fällt es schwer, Emotionen durch Mimik und Gestik bei anderen Menschen zu erkennen. Die von Brainpower entwickelte AR-Brille hilft Menschen dabei, Mimiken und Emotionen richtig einzuordnen. In der Brille befindet sich eine Kamera, die das Gesicht einer Person scannt. Eine Software definiert die Emotion anhand von bestimmten Mustern im Gesicht. Dem Nutzer oder der Nutzerin werden durch die Brillengläser zwei Emotionen vorgeschlagen und nur eine davon kann korrekt zugeordnet werden (siehe Abbildung 2.3). Durch Neigen des

²<https://brain-power.com/> Stand: 22.07.2020



Abbildung 2.4: Eine Fachkraft wird mithilfe von Augmented Reality in den Montageprozess von Motoren eingelernt (<https://t1p.de/ci74> Stand: 23.07.2020).

Kopfes in die Richtung einer vorgeschlagenen Emotion wird diese ausgewählt. Die Software zeigt nach der Auswahl an, ob die gewählte Emotion korrekt ist oder nicht.

Die Person, welche die Mimik mit ihrem Gesicht imitiert, erhält ein Smartphone, das zu imitierende Emotionen anzeigt. Wurde mit der AR-Brille eine Emotion ausgewählt, wird auf dem Smartphone das Ergebnis angezeigt und eine Frage, die dazu gestellt werden kann. Das System arbeitet mit Belohnungen. Wenn eine Emotion richtig erkannt wurde, dann erhält die Person mit Autismus einen virtuellen Edelstein. In einer Studie mit acht Testpersonen im Alter zwischen zehn und 20 Jahren haben Forschende des Startups herausgefunden, dass die Therapie mit einer solchen AR-Brille Erfolg haben kann [VKSS18]. Die Forschenden machten jedoch deutlich, dass erst durch eine größere Studie eine statistisch signifikante Aussage zur Effektivität der AR-Brille getroffen werden kann.

Industrie und Produktion

In der Industrie wird Augmented Reality genutzt, um Fachkräfte in neue Arbeitsprozesse einzuarbeiten oder um die Vollständigkeit von Fahrzeugen, Werkzeugen und Bauteilen zu überprüfen. Die BMW Group nutzt AR-Brillen, um neue Fachkräfte in die Montage von Motoren einzuarbeiten. Vor dem Einsatz von Augmented Reality konnte nur eine Person von einer Trainerin oder einem Trainer betreut werden, jetzt können bis zu drei Personen gleichzeitig das System nutzen und betreut werden. Die neuen Fachkräfte erhalten durch die AR-Brillen visuelle Hilfestellungen und können sich ihr Trainingstempo selbst auswählen (siehe Abbildung 2.4). BMW gibt an, dass im Rahmen einer Teilnehmerbefragung keine Qualitätsunterschiede im Vergleich zu traditionellen Trainingsmethoden festgestellt wurden³.

³<https://t1p.de/ci74> Stand: 23.07.2020



Abbildung 2.5: Beispielanwendung für die Microsoft HoloLens. Das Spiel RoboRaid integriert sich in die Umgebung der spielenden Person und es müssen fliegende Roboter bekämpft werden (<https://www.slant.co/topics/6097/~hololens-games> Stand: 23.07.20)

Eine weitere Anwendungsmöglichkeit für Augmented Reality gibt es in der Überprüfung von Waren in den verschiedenen Bereichen der Produktion. Mithilfe eines Tablets wird ein Bauteil über die Kamera gescannt und eine Software überlagert das Kamerabild mit CAD-Daten des Bauteils. Gleichzeitig werden Unterschiede angezeigt, sodass schnell festgestellt werden kann, ob das Bauteil fehlerfrei ist und alle Verarbeitungsvorgaben ordnungsgemäß durchgeführt wurden. So können frühzeitig Mängel entdeckt werden, bevor Bauteile weiterverarbeitet werden. Die Überprüfung mit dem Tablet verläuft genauer und weniger zeitintensiv als die Überprüfung an einem Bildschirm, der neben den Bauteilen steht und die CAD-Daten anzeigt.

Spielerbranche

AR-Spiele gibt es auf verschiedenen Geräten. Seit 2016 verkauft Microsoft eine AR-Brille namens HoloLens⁴, mit der virtuelle Elemente auf ein Display, das sich direkt vor den Augen befindet, projiziert werden. Die Brille verfügt über Sensoren, welche die Umgebung scannen und Gestiken erkennen. Die Interaktion mit virtuellen Elementen erfolgt über von der Software definierte Handzeichen. Ein Spiel, das mit der HoloLens veröffentlicht wurde, ist RoboRaid (siehe Abbildung 2.5). Bei dem Spiel wird zunächst die Umgebung gescannt und an Wänden werden virtuelle Löcher eingblendet, aus denen fliegende Roboter erscheinen. Ziel ist es, diese Roboter zu zerstören. Durch Berührung von Zeigefinger und Daumen kann ein Schuss auf die Roboter abgefeuert werden. Bei dem Spiel wird der gesamte Raum benutzt. Das bedeutet, dass auch hinter dem Spieler oder der Spielerin Roboter auftauchen können. Eine besondere Rolle spielt hierbei das räumliche Klangbild. Eine Software berechnet die

⁴<https://www.microsoft.com/en-us/hololens> Stand: 23.07.2020



Abbildung 2.6: Das Spiel Pokémon Go kann mit mobilen Geräten wie Smartphones oder Tablets gespielt werden. Die Umgebung wird als Spielkarte in das Spiel integriert und mit spielerischen digitalen Inhalten erweitert (links (OZ)). Es können auch sogenannte Pokémon in die eigene Umgebung über die Kamerafunktion integriert und auf Oberflächen platziert werden (rechts, Screenshot aus dem Spiel (OZ)).

Position der Roboter und erzeugt eine möglichst realistische 360 Grad Geräuschkulisse. Dadurch erhalten die virtuellen Elemente eine realistische Darstellung.

Zu weiteren Geräten, welche die Darstellung von Augmented Reality ermöglichen, zählen Smartphones. Im Vergleich zur HoloLens bieten Smartphones eine günstige Alternative, um AR-Spiele zu betreiben. Ein bekanntes Beispiel ist das Spiel Pokémon Go, welches im Jahr 2016 erschienen ist und nach Angaben des Entwicklerunternehmens Niantic im Jahr 2018 über 600 Millionen Downloads gezählt hat⁵. Bei Pokémon Go wird Augmented Reality über zwei Wege dargestellt. Zum einen orientiert sich das Spiel an der GPS-Position der spielenden Person. Die Umgebung wird als Karte auf dem Display dargestellt und die virtuellen Elemente erscheinen auf der Karte (siehe Abbildung 2.6, links). Wenn der Ort gewechselt wird, dann ändert sich auch der Spielinhalt. Eine weitere Möglichkeit ist das Einblenden von virtuellen Elementen über das Kamerabild. Mithilfe der Kamera des Smartphones kann die Umgebung gescannt werden und es werden durch spezifische Merkmale Oberflächen erkannt. Auf diesen Oberflächen können dann über das Display sogenannte virtuelle Monster platziert werden

⁵<https://nianticlabs.com/en/about/> Stand 23.07.2020

(siehe Abbildung 2.6, rechts). Das Besondere daran ist die dreidimensionale Platzierung der virtuellen Elemente. Die Spieler und Spielerinnen können um das Monster herumgehen oder sich dem Monster physisch nähern.

OZ

2.2 Virtual Reality

2.2.1 Definition

Virtual Reality, oder auch virtuelle Realität, beschreibt im Wortsinn eine Wirklichkeit, die wahrnehmbar ist, aber physisch nicht existiert. Heutzutage wird damit meist eine besondere Form der Interaktion mit Computersystemen und durch diese generierten Informationen beschrieben. Bei Virtual Reality handelt es sich um einen Begriff, der noch nicht klar definiert wurde. Mit ihm werden sowohl am Monitor betrachtbare, dreidimensionale Bilder, als auch Systeme, die eine VR-Brille benötigen, beschrieben. Um Virtual Reality für die folgende Arbeit einzugrenzen, können zwei Ansätze betrachtet werden.

Am naheliegendsten ist heute die Betrachtung aus technischer Perspektive. VR-Technologien verfolgen stets das Ziel, die Wahrnehmung und die Interaktion des Dargestellten so natürlich wie möglich zu gestalten. Das führt zu einer Reihe eigens für Virtual Reality entwickelter Ein- und Ausgabegeräte, die sich mit dem technologischen Fortschritt schnell verändern können. Eine allgemein gehaltene Beschreibung der notwendigen Technologie lieferte bereits 1993 Carolina Cruz-Neira: „Virtual Reality refers to immersive, interactive, multi-sensory, viewer-centered, three-dimensional computer-generated environments and the combination of technologies required to build these environments.“ [CN93] Bei derzeitigem Stand der Technologie werden diese Ziele, wie auch bereits im Abschnitt 2.1.1 „Definition AR“ beschrieben, meist durch Head-Mounted-Displays, also binokulare Displaysysteme, die am oder auf dem Kopf getragen werden, erreicht. Sie verfolgen die Kopfbewegungen des Nutzers und übernehmen diese in die computergenerierte Welt, sodass diese sich in Echtzeit perspektivisch anpasst. Ergänzt werden diese Displays derzeit häufig durch in der Hand gehaltene Geräte, deren Position ebenfalls verfolgt und in die generierte Welt integriert wird, und die so eine Vielzahl an Interaktionsmöglichkeiten bereitstellen (siehe Abbildung 2.7).

Virtual Reality kann auch aus einer mentalen Perspektive betrachtet werden. Es wurde zunehmend festgestellt, dass eine Definition allein durch die genutzten Geräte schnell überholt ist und nicht ausreicht, um den besonderen Effekt von VR zu beschreiben. Deshalb entstanden zunehmend Definitionen, die versuchen, genau diesen Effekt zu beschreiben, wie zum Beispiel „Virtual Reality is the use of computer technology to create the effect of an interactive three-dimensional world in which the objects have a sense of spatial presence.“ [Bry98] Die Wahrnehmung und Erfahrung durch den Nutzer spielen bei diesem Ansatz eine weit größere Rolle als die technische Umsetzung. Besonders wichtig ist bei dieser Betrachtung die Einbeziehung des Menschen. Von William R. Sherman und Alan B. Craig werden eine virtuelle Welt, Immersion, sensorisches Feedback und Interaktivität als die Kernelemente zum Erleben einer virtuellen Realität hervorgehoben [SC03].



Abbildung 2.7: Das VR-System Vive von HTC besteht aus einem Head-Mounted-Display, zwei Handcontrollern und zwei Tracking-Stationen, um die Position des Spielers verfolgen zu können (<https://www.theverge.com/2016/4/5/11358618/htc-vive-vr-review> Stand 28.09.2020).

Virtual Reality wird also charakterisiert durch die Fähigkeit, den Nutzer in den Mittelpunkt der Anwendung zu stellen und ihm das Gefühl zu geben, ein Teil davon zu sein. Von besonderer Wichtigkeit für das Gefühl der Immersion ist zum einen, dass die Darstellung sich perspektivisch an die Position und Bewegung des Nutzers anpasst, und zum anderen, dass die Nutzenden in der Lage dazu sind, mit der dargestellten virtuellen Welt zu interagieren. Dazu gehört auch, dass die Darstellung auf die Interaktion des Menschen, wie von diesem erwartet und in Echtzeit, reagiert und sich verändert.

Unabhängig von der Herangehensweise der Betrachtung spielen die Interaktion und Immersion eine zentrale Rolle in der Virtuellen Realität. Die reale Welt spielt für VR-Anwendungen keine Rolle. Sie ist weder sichtbar, noch werden Teile der Umgebung eingebunden. Sie wird deshalb meist nicht berücksichtigt. Manche VR-Systeme ermöglichen die Angabe eines Bewegungsradiuses, also wie viel Raum frei geräumt wurde, um Kollisionen zu vermeiden. Wie bei Augmented Reality ist auch die Erzeugung von Virtual Reality mit dem Smartphone technisch möglich. Da diesem jedoch meist geeignetes Hand-tracking fehlt, sind die Interaktionsmöglichkeiten stark eingeschränkt. Auch die zur Verfügung stehende Rechenleistung schränkt die Möglichkeiten weiter ein. Der Anspruch der Immersion und Interaktivität kann hiermit nicht im gleichen Maße erfüllt werden, wie durch computergebundene Systeme. Aus diesem Grund wurde zur Umsetzung der in dieser Arbeit beschriebenen Anwendung kein

Smartphone zur Generierung einer VR-Welt verwendet. Stattdessen wurde das computer-verbundene VR-System von HTC benutzt⁶.

TV

2.2.2 Einsatzgebiete von VR

Zwar wurde an dem Einsatz von Virtual Reality schon im 20. Jahrhundert geforscht, doch scheiterten die meisten Versuche, Virtual Reality marktfähig zu machen - meist aufgrund technischer Unzulänglichkeiten. Großen Erfolg hat Virtual Reality erst mit der Entwicklung des Head-Mounted-Display-Systems Oculus Rift im Jahr 2012 und mit der Verbreitung leistungsstarker Smartphones gefeiert. Seitdem erobert VR immer mehr Branchen und findet neue Einsatzgebiete.

Spieleindustrie

Diese Branche, bei der sich vieles um das Eintauchen, Erleben und Erzählen neuer Welten und Geschichten dreht, ist für die Entwicklung von Virtual Reality essenziell. Sie ist für den Konsumentenmarkt besonders relevant und generiert einen großen Teil des Umsatzes, der notwendig ist, um die Forschung und Entwicklung voran zu treiben. Die Fallbeispiele für diese Branche sind zahlreich und vielfältig.

„Edge of Nowhere“⁷ war eins der ersten VR-Games, dass für die Oculus Rift im Jahr 2016 von Insomniac Games entwickelt wurde (siehe Abbildung 2.8). Dabei handelt es sich um ein action-adventure, in dem man einen Mann spielt, der in der Antarktis auf der Suche nach seiner Verlobten ist. Zwar lief es auf der VR-Brille und ermöglichte den Spielenden so eine dreidimensionale Ansicht der Spielumgebung, doch nicht, wie heute üblich, in der Sicht des Spielcharakters, sondern in der so genannten Third-Person-Perspektive, in welcher der Spielcharakter aus der Entfernung betrachtet und gesteuert wird. Das Spiel wird nicht von Controllern gesteuert, deren Position erfasst werden kann, sondern mit einem klassischen Gamecontroller.

Werden die Positionen der Gamecontroller erfasst und in die Spielwelt integriert, schafft dies für Spielende und Entwickelnde andere Möglichkeiten, mit dem System zu Interagieren. Ein gutes Beispiel hierfür ist der ebenfalls im Jahr 2016 erschienene Space Pirate Trainer des unabhängigen Gamestudios I-Illusions. Die Spielenden sehen die virtuelle Welt hier aus der First-Person-Perspektive, also aus der Sicht des Spielcharakters, und stehen in der Mitte einer Plattform. Auf dieser wird er in Wellen von fliegenden Robotern angegriffen, die er abschießen muss. Das Spiel implementiert die neuen Möglichkeiten, indem es den Spielenden zwei Waffen in die virtuellen Hände legt. Sie können gegen ein Schild ausgetauscht werden. Die Waffen sind auf die Form des Controllers ausgelegt, weshalb ihre Verwendung besonders immersiv ist. Die Angriffe erfolgen nicht ausschließlich frontal, sondern können aus allen Richtungen und von oben erfolgen, womit es auch die perspektivischen Möglichkeiten der VR-Welt nutzt.

⁶Zu den Inhalten bzgl. der Betrachtungsmöglichkeiten von VR in diesem Abschnitt vgl.: [DBGJ19] s.12-20

⁷<https://insomniac.games/game/edge-of-nowhere/> Stand:30.10.2020



Abbildung 2.8: Das Spiel Edge of Nowhere wurde auf einem HMD gespielt. Man konnte sich in der 3D-Welt umsehen, doch man spielte aus der Third-Person-Perspektive und mit Hilfe eines Controllers. (<https://insomniac.games/game/edge-of-nowhere/> Stand: 27.09.20)

Eine Geschichte, welche die Spielenden erkunden können, hat dieses Spiel nicht.⁸

Mit dem 2020 von Valve entwickelten Spiel „Half-Life: Alyx“ wird der erste Nachfolger einer sehr bekannten und beliebten Spielereihe veröffentlicht, der ausschließlich in der virtuellen Umgebung gespielt werden kann (siehe Abbildung 2.9). Hier steuert der Spieler oder die Spielerin Alyx, ein Mädchen, das gemeinsam mit ihrem Vater Widerstand gegen eine Alien-Invasion leistet. Durch die Entscheidung, das Spiel ausschließlich für Virtual Reality zu entwickeln, kann es einen beeindruckenden Grad an Immersion erzeugen. Das Wechseln der Munition beispielsweise geschieht nun nicht mehr über einen einfachen Tastendruck und eine Animation, sondern das Magazin muss von den Spielenden selbst entfernt und wieder eingesetzt werden. Die Anzeige wichtiger Informationen, wie das Leben von Alyx, geschieht nicht mehr über ein Overlay, sondern ist an ihrem Handschuh angebracht. Man kann mit nahezu jedem Gegenstand der virtuellen Welt auf sehr natürliche Weise interagieren und kann so seine Umgebung tatsächlich erkunden⁹.

Virtual Reality strebt nach einer möglichst realistischen Darstellung einer nicht realen Welt. Dieses Ziel verfolgt auch die Spieleindustrie. Aufgrund dieser Gemeinsamkeit wird Virtual Reality, unabhängig von der spezifischen Umsetzungstechnologie, auch in Zukunft ein Kernthema der Spieleindustrie bleiben.

⁸<https://www.spacepiratetrainer.com/#spthomepage> Stand 09.10.2020

⁹<https://www.half-life.com/de/alyx/> Stand 27.09.20



Abbildung 2.9: Das Spiel Half Life - Alyx wird auf einem HMD gespielt. Die Spielenden spielen aus der First-Person-Perspektive und die Position ihrer Hände wird eingebunden. (<https://www.half-life.com/de/alyx/> Stand: 27.09.20)

Architektur und Tourismus

Sowohl in der Architektur als auch im Tourismus geht es um das Gestalten und Vorführen realer Orte, die nicht direkt oder zu jeder Zeit begehbar sind, entweder, weil sie zu weit entfernt sind, oder noch nicht existieren. Viele Entscheidungen müssen bereits getroffen werden, lange bevor ein solcher Ort in seiner tatsächlichen Größe betrachtet werden kann. Mit der zunehmenden Zugänglichkeit von VR-Technologien eröffnen sich Architektinnen und Architekten und Reiseveranstaltenden neue Möglichkeiten, ihre Vorstellungen zu visualisieren. Verschiedene Unternehmen bieten bereits Software an, mit Hilfe derer Orte oder Entwürfe und Planungen im virtuellen Raum begehbar gemacht werden, um so den Beteiligten ein besseres Gefühl für den Ort und dessen Wirkung zu vermitteln.

In der Architektur muss die Planung eines Gebäudes bereits abgeschlossen sein, lange bevor das spätere Objekt tatsächlich in seiner wahren Größe und Erscheinung betrachtet werden kann. Im Bereich der Architektur ist ein Beispiel hierfür die Software von Allvr. Sie ermöglicht den Nutzerinnen und Nutzern das Betreten einer Immobilie mit Hilfe einer VR-Brille. Sie können sich darin umsehen, Änderungen am Gebäude oder dem Licht vornehmen und sogar Meetings mit anderen Beteiligten darin abhalten, um über das Objekt zu sprechen.¹⁰ Das Berliner Reisebüro Fides Reisen Lufthansa City Center bietet nun eine Virtual Travel Lounge an, in der Kundinnen und Kunden ihre Reiseziele vorab in 360° bewundern können.¹¹ Auch bei anderen Anbietern und Reisebüros findet man Angebote wie diese häufiger. Aufgrund der Vorteile, die Virtual Reality für diese Branchen bietet, wächst die Anzahl

¹⁰<https://www.allvr.net/de/> Stand 29.10.2020

¹¹<https://www.fides-reisen.de/leisure/de/virtual-reality> Stand 02.10.2020

an Angeboten stetig.

Einzelhandel



Abbildung 2.10: Saturn bietet seinen Kundinnen und Kunden die Möglichkeit, Produkte auch von zuhause in VR zu betrachten. (<https://www.saturn.de/de/shop/virtual-saturn.html> Stand: 28.09.20)

Auch im Einzelhandel wird Virtual Reality immer häufiger zum Einsatz gebracht. Der Grund hierfür sind die verschiedenen Vorteile für Anbietende und Kundschaft. Die Anbietenden bekommen durch Virtual Reality die Möglichkeit, mehr Waren auszustellen, als in den physischen Raum ihrer Ladenfläche passen würden. Im virtuellen Raum steht ihnen aller Platz zu Verfügung, den sie brauchen, um ihre Waren optimal zu platzieren und ohne Einschränkungen zu präsentieren. So bietet Saturn zum Beispiel eine VR-Erfahrung an, die sich die Kundschaft auf ihren Computer zuhause herunterladen kann (siehe Abbildung 2.10). Mit Hilfe einer VR-Brille kann man sich die Waren des Elektronikhändlers wahlweise in einem modernen Loft oder auf dem Planeten Saturn in 3D ansehen und erhält alle verfügbaren Informationen direkt in der VR-Welt dazu. Saturn verwandelt so das Zuhause von Kunden und Kundinnen in ein eigenes Geschäft¹².

Die Kundschaft bekommt durch Virtual Reality die Möglichkeit, die Objekte im Raum so anzuordnen und zu platzieren, wie sie es sich vorstellt. Sie bekommt so einen besseren Eindruck der Ware und kann besser einschätzen, ob eine Kaufentscheidung richtig wäre. Die amerikanische Kaufhauskette Macys bietet seinen Kundinnen und Kunden nun die Möglichkeit, sowohl im Laden als auch von Zuhause das eigene Heim virtuell nachzubauen, und dann

¹²<https://www.saturn.de/de/shop/virtual-saturn.html> Stand 09.10.2020

2. STAND DER TECHNIK

mit Artikeln des Kaufhauses einzurichten (siehe Abbildung 2.11. Dies hat für Kundinnen und Kunden viele Vorteile. Sie brauchen sich nicht länger zu überlegen, wie die Waren im eigenen Reich wirken und ob diese wohl Platz finden, sondern können sich live und in Echtzeit von der Wirkung überzeugen¹³.

TV



Abbildung 2.11: Die Kaufhauskette Macys bietet die Möglichkeit, den eigenen Wohnraum nachzubauen und einzurichten (<https://www.macys.com/ce/virtual-room-designer/index> Stand: 28.09.20)

2.3 Wissenschaftlicher Vergleich von AR und VR

Im Folgenden werden Studien beleuchtet, die Augmented und Virtual Reality in direkter Konkurrenz zueinander vergleichen. Um einen Eindruck zu erhalten, wie der Vergleich durchgeführt wurde, wird nicht nur das Ergebnis, sondern auch die Methodik der Studien betrachtet.

Tang et al. haben in ihrer Studie erforscht, ob sich das Gefühl von Präsenz zweier Gesprächsbeteiligten zwischen Augmented und Virtual Reality unterscheidet [TBL04]. Im Versuch führten die Testpersonen ein Verkaufsgespräch mithilfe virtueller Gegenstände durch. Bei Augmented Reality trugen die Testpersonen ein Head-Mounted-Display und ihnen saß eine Person gegenüber, die das gleiche Display trug. Einen ähnlichen Aufbau gab es bei Virtual Reality. Hier wurden die Gesprächsbeteiligten jedoch als virtuelle Avatare angezeigt. Die Ergebnisse zeigen, dass bei Augmented Reality das Gefühl von Präsenz in absoluten Werten stärker ist, jedoch gibt es zwischen beiden Technologien keinen signifikanten Unterschied.

¹³<https://www.macys.com/ce/virtual-room-designer/index> Stand: 28.09.20

Im psychologischen Umfeld verglichen Juan und Pérez die Auswirkung von Augmented und Virtual Reality in der Konfrontationstherapie bei Akrophobie (Höhenangst) [JP10]. In ihrer Studie wurden die Testpersonen durch eine virtuelle erzeugte oder erweiterte Umgebung ihrer Höhenangst ausgesetzt und anschließend nach ihrem Angstlevel befragt. In der Auswertung zeigt sich, dass bei beiden Technologien das Angstlevel zu Beginn hoch war und zum Ende stetig abgenommen hat. In Bezug auf Präsenz- und Angstgefühl gab es jedoch keinen signifikanten Unterschied zwischen Augmented und Virtual Reality.

Khademi et al. untersuchten im medizinischen Bereich, wie gut unterschiedliche Technologien das Trainieren von Hand-Augen-Koordination unterstützen [KHD⁺13]. In der Studie wurden zwei Anwendungen getestet, bei denen Patientinnen und Patienten einen Zylinder auf eine vorgegebene Zielfläche platzieren mussten. Bei Virtual Reality wurde die Zielfläche und die Bewegung des Zylinders auf einen Monitor übertragen und bei Augmented Reality nur die Zielfläche digital in die Umgebung projiziert. Die Testpersonen konnten in der AR-Anwendung bessere Ergebnisse, in Bezug auf Schnelligkeit und Genauigkeit, erzielen. Als möglichen Grund für dieses Ergebnis nennt die Autorenschaft bei Virtual Reality die gedankliche Übersetzung der echten auf die virtuelle Umgebung. Dadurch muss eine Person bei der VR-Anwendung länger nachdenken und das Lösen der Aufgabe verzögert sich. Diese zusätzliche Verarbeitung entfällt bei der AR-Anwendung.

In einer ähnlichen Studie für Tiefenwahrnehmung bei räumlichen Aufgaben kamen Cidota et al. zu einem anderen Ergebnis [CCLB16]. Bei einem Versuch wurde getestet, inwiefern verschiedene visuelle Effekte die Erledigung einer Sortieraufgabe bei Augmented und Virtual Reality beeinflussen. Es wurde die Bearbeitungszeit gemessen und zusätzlich sollten die Testpersonen einschätzen mit welcher Technologie sie die Aufgaben schneller durchführen konnten. Die Ergebnisse zeigen, dass kein signifikanter Unterschied in der Nutzbarkeit beider Technologien existiert. Die Testpersonen vermuteten, dass sie mit Virtual Reality die Aufgaben schneller bearbeiten konnten und die Immersion stärker war. Die gemessene Bearbeitungszeit war bei Virtual Reality durchschnittlich am kürzesten und die Tiefenwahrnehmung wurde bei beiden Technologien mit visuellen Effekten negativ beeinflusst.

Botden et al. untersuchten, inwiefern sich Augmented und Virtual Reality auf eine Simulation für eine Laparoskopie (Bauchspiegelung) in Bezug auf Realismus, haptisches Feedback und didaktischen Nutzen auswirkt [BBSJ07]. Als Geräte wurden zwei speziell entwickelte Systeme zum Trainieren von laparoskopischer Eingriffe für beide Technologien verwendet. In den Ergebnissen wird deutlich, dass das AR-System von den Testpersonen als realistischer und besser zum Trainieren empfunden wurde, während das VR-System ein besseres haptisches Feedback hat.

Ein ähnliches Ergebnis ergab die Studie von Rhiemora et al. in Bezug auf das Training von Dentalchirurgie mit Augmented und Virtual Reality [RGH⁺10]. Die Autorenschaft kam zu dem Ergebnis, dass Augmented Reality sich für das Trainieren von Dentalchirurgie besser eignet als Virtual Reality.

In einer Studie von Boud et al. wurde erforscht, wie sich unterschiedliche Informations-

quellen auf die Bearbeitungszeit einer motorischen Aufgabe auswirken [BHBS99]. Neben Augmented und Virtual Reality wurden weitere digitale und eine analoge Informationsquelle getestet. Testpersonen, die Informationen über Augmented Reality aufgenommen haben, konnten die Aufgabe am schnellsten durchführen. Zusätzlich wurde das Feedback zu den unterschiedlichen Methoden über Gespräche erfasst. Laut der Autorenschaft war das Feedback bei Augmented Reality überwiegend positiv, während es bei den anderen Technologien Performanceprobleme gab oder die Bedienung nicht intuitiv oder haptisch genug war. Ein ähnliches Ergebnis erzielten auch Krichenbauer et al. in einem direkten Vergleich beim Lösen von motorische Aufgaben zwischen Augmented und Virtual Reality [KYT⁺18].

Gaffary et al. führten eine psychologische Studie durch, um zu überprüfen, inwiefern Augmented und Virtual Reality das Gefühl von Haptik beeinflussen [GLM⁺17]. Zur Erzeugung beider Vergleichsszenarien wurde die HoloLens und ein spezieller Haptik-simulierender Controller verwendet. In den Ergebnissen wird deutlich, dass sich in 60% der Fälle die Haptik bei Augmented Reality weicher anfühlt als bei Virtual Reality. Der genaue Grund für diese Wahrnehmung konnte von der Autorenschaft nicht genannt werden.

In Bezug auf die Innenraum-Navigation testeten Möller et al., ob sich Augmented oder Virtual Reality besser für einen solchen Fall eignet [MKD⁺14]. Auf einem Smartphone wurde für die Navigation mit Augmented Reality die Kamera und visuelle Marker in der Umgebung genutzt. Bei Virtual Reality wurden stattdessen vorgerenderte 360° Panorama Bilder angezeigt. Während die Testpersonen bei Augmented Reality das Ziel in 3:04 Minuten erreichten, benötigten sie bei Virtual Reality nur 2:39 Minuten. Bei einer Befragung gaben 50% der Testpersonen an, dass sie Virtual Reality für die Navigation im Innenraum präferieren. Die Autorenschaft fand heraus, dass die Haltung des Smartphones die Präferenz beeinflusst. Während bei Virtual Reality das Gerät locker in der Hand gehalten werden konnte, mussten die Testpersonen bei Augmented Reality das Gerät senkrecht im Sichtbereich halten. Dies wurde von den meisten Testpersonen als unangenehm empfunden.

Nachdem nun viele Vergleichsstudien betrachtet wurden, ist auffällig, dass alle Studien für beide Technologien einen nahezu identischen Versuchsaufbau verwendet haben. Meistens wurden zwei unterschiedliche Systeme zur Erzeugung von Augmented und Virtual Reality verwendet, aber es gab auch Geräte, die beide Technologien erzeugen konnten. Wichtig dabei ist, dass die Aufgaben bzw. der Inhalt der Anwendungen gleich war.

Der Vergleich der Technologien erfolgte durch Auswertung von technischen Messungen, wie zum Beispiel der Bearbeitungszeit. Außerdem wurden Fragebögen ausgewertet, welche von den Testpersonen ausgefüllt wurden. In den Fragebögen wurde entweder für jede Technologie das empfundene Nutzungserlebnis auf einer numerischen Skala abgebildet oder eine direkte Entscheidung für Augmented oder Virtual Reality gefordert.

OZ

2.4 Medien in der Wissensvermittlung

In diesem Unterkapitel werden zur heutigen Zeit angewandte mediale Lehrmethoden vorgestellt. Zunächst wird auf gängige Medien eingegangen, die aktuell im Schulunterricht eingesetzt werden. Zusätzlich wird erörtert, welchen Vorteil diese Medien mit sich bringen. Um einen Eindruck zu erhalten, welche Erkenntnisse die Wissenschaft zu Augmented und Virtual Reality im Bildungsbereich erforscht hat, werden Arbeiten sowohl aus dem schulischen Umfeld als auch im historischen Kontext vorgestellt.

OZ

2.4.1 Verwendung von Medien im Unterricht

Medien sind im schulischen Umfeld fest verankert, um Lehrerinnen und Lehrer beim Unterrichten zu unterstützen und Schülerinnen und Schülern den Lehrstoff näher zu bringen. Dabei handelte es sich zuerst um analoge Medien. Das am meisten Verwendete ist das Buch. Dazu gehören sowohl extra für den Unterricht konzipierte Schulbücher als auch Sachbücher. Da Texte, die mit Bildern und Illustrationen kombiniert werden, einen höheren Lernerfolg erzielen, wurden Schulbücher durch diese ergänzt [May97]. Diese Medien wurden als erstes im Unterricht eingesetzt und dominieren auch heute noch die Mediennutzung im Unterricht. Mit ihrer Hilfe kann eine große Menge Informationen kostengünstig einer Vielzahl von Schülerinnen und Schülern zur Verfügung gestellt werden.

Auch die Verwendung von auditiven und audiovisuellen Medien hat einen positiven Einfluss auf den Lernerfolg, weshalb auch Tonträger und Filme in der Schule eingesetzt werden, allerdings nicht auf einer regelmäßigen Basis [MM98]. Dafür kann es verschiedene Gründe geben. Zum einen waren diese Medien nicht in so großer Menge verfügbar, wie Bücher es waren, zum anderen sind zusätzlich zu dem Medium selbst auch geeignete Inhalte notwendig, die nicht zu jedem Thema verfügbar waren und sind.

Mit der zunehmend schnelleren Entwicklung neuer, technischer Möglichkeiten wandelt sich auch im schulischen Umfeld der Wunsch nach neuen Medien schnell. Die reine Anschaffung der technischen Geräte reicht allerdings nicht aus, zur Verwendung sind weitere Maßnahmen notwendig. Um die neuen Medien effektiv einzusetzen, bedarf es der Aus- und Weiterbildung der Lehrkräfte und die Bereitschaft, traditionelle, didaktische Gestaltungsformen zu überarbeiten und anzupassen. Ist diese Bereitschaft nicht vorhanden, werden die neuen, interaktiven Medien schnell zur digitalen Kopie ihrer analogen Vorgänger. Der Computer dient als Multimedia-Plattform, auf der sowohl Texte und Bilder als auch Filme und Tonaufnahmen abgespielt werden können, aber auch Aufgaben geschrieben und Hefte geführt werden. Oft werden die Geräte auch selbst als Gegenstand der Lehre genutzt. Der Umgang und die Handhabung wird geübt, um Medienkompetenzen zu erlernen. Die spezifischen Eigenschaften und Möglichkeiten der neuen Medien bleiben häufig ungenutzt.

Über die letzten Jahre werden zunehmend Anwendungen entwickelt, die auf die speziellen Interaktionsmöglichkeiten der Medien, aber auch die Anforderungen des schulischen

Unterrichts Rücksicht nehmen. Ein Beispiel für eine solche Anwendung ist „Padlet“. Dabei handelt es sich um eine Webplattform, auf der Lehrer und Schüler zusammenarbeiten können. Es dient der Erstellung gemeinsamer Arbeitsmaterialien. Das Layout dieser kann von Fach zu Fach unterschiedlich sein. Es gibt beispielsweise Karten, einen Zeitstrahl oder einen Chataufbau als Vorlage zum Auswählen. Auf diese Weise können alle Schüler aktiv an der Erarbeitung des Unterrichtsstoffes teilhaben, und das gemeinsam Erarbeitete steht hinterher auch allen zur Verfügung¹⁴.

Können die Medien aufgrund ihrer Eigenschaften und der Bereitschaft der Lehrkraft in den Unterricht integriert werden, können sie einen positiven Effekt auf den Lernerfolg, aber auch auf überfachliche Kompetenzen, wie Koordination und Selbststeuerung, haben [Her14]. Immersive Medien wie Augmented oder Virtual Reality sind eine Untergruppe digitaler Medien und führen im schulischen Unterricht ein Schattendasein. Obwohl verschiedene didaktische und technische Konzepte zum Lehren mit diesen Medien entwickelt und erprobt werden (siehe Kapitel 2.4.2 und 2.4.3), finden sie so gut wie keinen Einsatz im aktiven Unterricht. Dies ist unter anderem auf vergleichsweise hohe Anschaffungskosten zurückzuführen. Ein weiterer wichtiger Grund ist allerdings auch die anspruchsvolle Handhabung, für die ein hohes Maß an technischer Kompetenz sowohl der Lehrkräfte als auch der Schülerschaft notwendig ist.

TV

2.4.2 Verwandte Arbeiten und Anwendungen mit AR

Es gibt viele Studien, die sich mit unterschiedlichen Fragestellungen zu Augmented Reality im Bildungsbereich beschäftigen. Dünser et al. untersuchten in einer Studie die Auswirkungen der Wissensvermittlung durch Augmented Reality zu einem physikalischen Thema [DWHB12]. Zehn Schülerinnen im Alter zwischen 13 und 15 nahmen an der Studie teil und wurden zufällig in eine AR- und eine Nicht-AR-Gruppe eingeteilt. Beide Gruppen lernten mit dem gleichen Buch mit identischem Text- und Bildinhalt. Bei der AR-Gruppe wurden die Bilder als Marker verwendet, um dreidimensionale Animationen zu zeigen. Beide Gruppen hatten dieselbe Bearbeitungszeit und erhielten denselben Fragebogen zur Wissensabfrage. In dem Fragebogen erzielte die AR-Gruppe durchschnittlich 12,1% mehr Punkte als die Nicht-AR-Gruppe. Vier Wochen später wurde mithilfe desselben Fragebogens wieder das Wissen abgefragt und beide Gruppen beantworteten weniger Fragen korrekt. Die AR-Gruppe konnte jedoch bei diesem Test durchschnittlich 10% mehr Punkte erzielen.

Auch andere Studien konnten einen besseren Lernerfolg im Vergleich zu traditionellen Lehrmethoden feststellen [LDL⁺13] [SZ10].

In einer weiteren Studie von Andreas Dünser wurde untersucht, welche Auswirkungen die Verwendung eines AR-Buches auf die Wissensvermittlung bei Kindern mit unterschiedlich starker Lesekompetenz hat [Dün08]. 21 Kinder zwischen sechs und sieben Jahren nahmen an einem Workshop teil. Von ihren Lehrkräften wurden die Kinder aufgrund ihrer Lesekompe-

¹⁴<https://de.padlet.com/> Stand 01.10.2020

tenz in zwei Gruppen eingeteilt. Das AR-Buch hatte sowohl Text- als auch visuell interaktive Anteile. Es wurde überprüft, wie viele Informationen die Kinder wiedergeben konnten und an wie viel sie sich erinnern konnten. Alle Kinder konnten mehr Informationen aus Textpassagen selber wiedergeben, sich aber besser an interaktive Inhalte erinnern. Interessant ist, dass sich Kinder mit einer schwächeren Lesekompetenz an die gleiche Anzahl von Informationen durch interaktive Inhalte erinnern konnten wie die anderen Kinder durch Text. Somit besteht die Theorie, dass eine AR-Anwendung bei Kindern die Leseschwäche ausgleichen kann, sodass diese Kinder einen ähnlichen Lernfortschritt erreichen wie Kinder ohne Leseschwäche.

Während sich viele Studien mit den Vorteilen von AR-Anwendungen in der Wissensvermittlung beschäftigen, gibt es auch Studien, die Nachteile beim Lernen mit Augmented Reality identifiziert haben. Der Wissenschaftler Iulian Radu hat in seiner Arbeit 26 Studien, die AR-Anwendungen und Nicht-AR-Anwendungen im Bildungsbereich vergleichen, analysiert und sowohl positive als auch negative Lerneffekte zusammengefasst [Rad14]. Als Nicht-AR-Anwendungen werden hierbei Bücher, Computeranwendungen und Videos bezeichnet. Zu den ermittelten positiven Lerneffekten zählen besseres Verständnis des Inhalts, eine starke Verankerung von Informationen im Langzeitgedächtnis, erhöhte Lernmotivation und verbesserte Zusammenarbeit in einem Team. Zu den negativen Lerneffekten zählten die Ablenkung durch das AR-System, sodass sich Schülerinnen und Schüler nicht mehr auf den Inhalt der Anwendung konzentriert haben, Bedienschwierigkeiten in der AR-Anwendung oder durch das System und Lernschwierigkeiten, bedingt durch unterschiedliche Lerntypen der Schülerinnen und Schüler. Als weiterer negativer Effekt wurde die ineffektive Integration in den Schulunterricht genannt, welchen Kerawalla et al herausgefunden haben [KLSW06]. In ihrer Studie wurde eine AR-Anwendung getestet, mit der Lernende die Erde, Sonne und den Tag-Nachtzyklus erlernen können. Die AR-Anwendung sollte im Vergleich zu traditionellen Lehrmethoden oder anderen digitalen Lernanwendungen getestet werden. Die Testpersonen testeten sowohl die traditionelle als auch die AR-Methode in zufälliger Reihenfolge. Die Ergebnisse der Studie zeigten, dass Augmented Reality allgemein einen positiven Einfluss auf die Lernmotivation der Lernenden hatte. Eine Ausnahme gab es allerdings. Wenn eine Lehrkraft die AR-Anwendung als bildliche Darstellung im reinen Frontalunterricht nutzte, dann waren die Lernenden weniger motiviert zu lernen als bei Lehrkräften, welche die Lernenden aktiv in die AR-Anwendung eingebunden hatten. Somit kann aus dieser Studie geschlossen werden, dass nicht nur der Inhalt einer solchen Anwendung Einfluss auf die Lernmotivation nehmen kann, sondern auch die Art und Weise, wie diese eingesetzt wird.

Bis heute wurden viele AR-Applikationen entwickelt, die bereits in der Lehre angewendet werden. Ein bekannteres Beispiel ist die App HP-Reveal (ehemals Aurasma), welche von Hewlett-Packard¹⁵ im Jahr 2011 als Smartphone- und Tablet-App veröffentlicht und im Januar 2020 eingestellt wurde¹⁶. Mit dieser App konnten durch Fotos von bestimmten Motiven AR-Marker erstellt werden, die mit einem digitalen dreidimensionalen Element verknüpft werden konnten. Somit wurde es Lehrenden einfach gemacht, eigene AR-Inhalte zu erstellen, z.B für interaktive Arbeitsblätter oder digitale Bildergalerien. Eine ähnliche Funktionsweise

¹⁵<https://www8.hp.com/us/en/printers/reveal.html> Stand: 21.09.2020

¹⁶<https://cxocard.com/hp-reveal-formerly-aurasma-alternative/> Stand: 22.09.2020

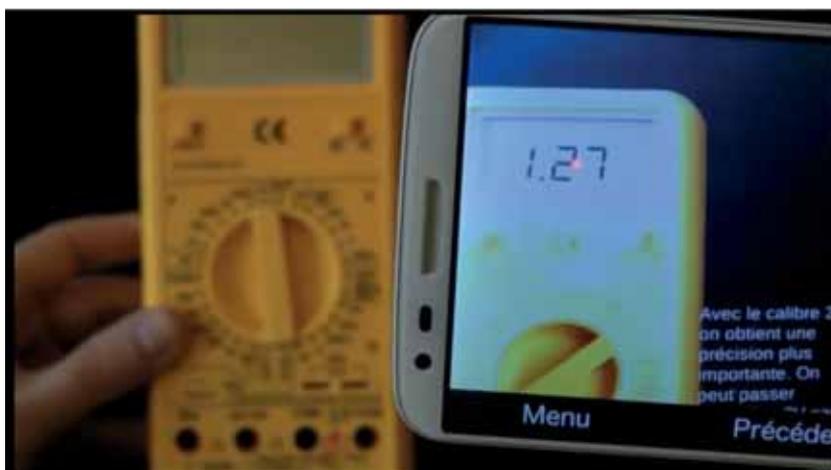


Abbildung 2.12: Mirage Make App zum Kennenlernen des Multimeters. Die App simuliert die Bedienung des Multimeters und erklärt gleichzeitig, welche Werte gemessen werden können. (Screenshot aus Video: <https://www.youtube.com/watch?v=-5dhJ3uqrig> Stand: 22.09.2020)

bieten die Apps von Wikitude¹⁷, Layar¹⁸ und der Reality Composer von Apple¹⁹. Während die zuvor genannten Applikationen das Erstellen von individuellen AR-Inhalten ermöglichen, gibt es mit dem Projekt „Mirage Make“ Augmented Reality Apps für naturwissenschaftliche Unterrichtsfächer, welche von Marc Aurélien Chardine²⁰, Lehrkraft für Physik am Pierre Corneille Gymnasium in Frankreich, entwickelt und veröffentlicht wurden. Bei diesen Apps werden Inhalte aus den Themenbereichen Chemie, Physik, Mathematik und Geografie spielerisch vermittelt. Dafür müssen teilweise auch visuelle Marker erstellt werden. Beispielsweise können Nutzerinnen und Nutzer in Physik lernen, wie man einen Multimeter bedient und wie gemessene Werte interpretiert werden können (siehe Abbildung 2.12). Eine andere App ermöglicht das Anschauen von dreidimensionalen Molekülen und Verbindung im Unterrichtsfach Chemie. Diese und weitere Apps aus dem Projekt wurden von Erasmus²¹ in ein Kompendium im Rahmen des Projekts „AR4STE(A)M“ aufgenommen [YKS⁺20]. Im Kompendium wurde eine Liste mit AR-Anwendungen erstellt, die für den MINT-Unterricht geeignet sind und den Spaß und das Interesse bei Schülerinnen und Schülern erhöhen sollen. Weiterhin gibt es von Google eine Expeditions App²², die AR- und auch VR-Erlebnisse zu naturwissenschaftlichen oder kulturellen Themen auf Smartphones möglich macht. Die App benötigt keine weiteren Hilfsmittel, wie z.B AR-Marker.

¹⁷<https://www.wikitude.com/> Stand: 21.09.2020

¹⁸<https://www.layar.com/> Stand: 21.09.2020

¹⁹<https://developer.apple.com/augmented-reality/reality-composer/> Stand: 21.09.2020

²⁰<http://ticedu.fr/> Stand: 21.09.2020

²¹<https://www.erasmusplus.de/> Stand: 21.09.2020

²²<https://t1p.de/fbx5> Stand: 22.09.2020

Nicht nur der Bildungssektor, sondern auch der historisch-kulturelle Bereich hat Augmented Reality als Möglichkeit für interaktive Wissensvermittlung für sich entdeckt. In Kollaboration mit dem United States Holocaust Museum wurde eine AR-Applikation getestet, in der Museumsgäste mit einer Projektion eines Holocaustüberlebenden sprechen und diesem Fragen stellen konnten [MO17]. Beim Test ging es darum, das System auf technische Funktionalität zu überprüfen und nicht darum, wie die Museumsgäste auf die Anwendung reagierten.

Ein anderes Beispiel bietet die Gedenkstätte des ehemaligen Konzentrationslagers Bergen-Belsen. Dort wird eine AR-App für Besucherinnen und Besucher zur Verfügung gestellt, die es ermöglicht zu sehen, wie das Konzentrationslager vor der Zerstörung im zweiten Weltkrieg ausgesehen hat. Personen können sich auf dem Gelände bewegen und anhand eines GPS-Trackings werden spezifische digitale Objekte auf einem Tablet eingeblendet, z.B. Gebäude. In einer Studie von Pacheco et al. wurde überprüft, wie gut mithilfe der AR-Anwendung der Gedenkstätte Informationen im räumlichen Gedächtnis gespeichert werden [PWO⁺15]. Dazu wurden zwei Gruppen mit Testpersonen begleitet. Eine Gruppe durfte sich frei auf dem Gelände bewegen und die andere wurde durch einen Guide geführt. Danach folgte eine Befragung, in der das räumliche Gedächtnis getestet wurde. Die Ergebnisse zeigen, dass bei der Gruppe, die sich frei bewegen konnte, die Testergebnisse besser waren als bei der anderen Gruppe, die eine Führung erhalten hat.

OZ

2.4.3 Verwandte Arbeiten und Anwendungen mit VR

Die 2018 veröffentlichte Arbeit von Jan Hellriegel und Dino Čubela über das Potential von Virtual Reality für den schulischen Unterricht bietet eine gute Grundlage, um sich in das Thema einzufinden und fasst viele wichtige Aspekte dieses Themas auf. Um das Thema VR mit Hinblick auf den schulischen Unterricht anzugehen, betrachten sie zuerst theoretische Grundlagen zum Lernen und leiten dann „vier Prinzipien für gelingendes Lernen“ ([HČ18] s.64) ab. Sie definieren Lernen als

- selbstgesteuerten, aktivierenden und konstruierenden Prozess
- Raum bietend für Neugier und Motivation
- situativ und praxisbezogen
- sozialen Prozess

Anhand dieser Prinzipien bewerten sie VR als durchaus kompetenzfördernd, sowohl fachlich als auch darüber hinaus. Zu diesem Ergebnis kommen sie, da Virtual Reality hohe Interaktions- und Konstruktionsleistungen ermöglichen kann. Auch gefährliche oder unzugängliche Erfahrungen können mit VR erlebbar gemacht werden. Das führt zu einer praxisnahen Erfahrung, mit der auch komplexe oder abstrakte Gesetzmäßigkeiten veranschaulicht werden können. Die Selbststeuerung, die Wahl der eigenen Handlungsposition und das Empfinden einer physikalischen Präsenz unterstützen den Lernerfolg zusätzlich. Ebenfalls unterstützend wäre des Weiteren, die Zusammenarbeit zwischen den Schülerinnen und Schülern zu fördern, dieser Aspekt ist bei vielen Anwendungen jedoch nur gering oder

gar nicht berücksichtigt.

Sie betonen, dass fördernde Effekte nicht allein durch die Nutzung von VR-Anwendungen zu erwarten sind, sondern diese durch Lehrkräfte didaktisch in den Unterricht eingepasst werden müssen. Um die Entwicklung mit Rücksicht auf didaktische Anforderungen zu begünstigen, stellen sie anhand der Betrachtung verschiedener existierender Anwendungen einige Anforderungen an pädagogisch-didaktische, technische und organisatorische Konzepte.

Besonders wichtig ist es, die Schülerinnen und Schüler bei der Arbeit mit Virtual Reality Anwendungen zu begleiten. Dieser Prozess beginnt schon bei der Auswahl der Inhalte und erstreckt sich auch über die Erarbeitung des Themas, die Begleitung während der Anwendung und eine moderierte Reflexion nach der Verwendung. Es ist wichtig, Lernziele zu setzen, sodass Lernenden und Lehrenden klar ist, was mithilfe der Virtual Reality erreicht werden soll und sich bei der Wahl der Handlungsmöglichkeiten darauf konzentriert werden kann, diese Ziele zu erreichen. Außerdem ist wichtig, dass die Schule bei der Wahl der digitalen Medien bewusst entscheidet, was zu den Gegebenheiten an der eigenen Schule passt und bewusst aus der Vielfalt der Medien auswählt. Bedacht werden sollte auch, dass solche Geräte nicht nur angeschafft werden müssen, sondern auch gewartet, aktualisiert, nachgerüstet oder modernisiert werden müssen. Dafür müssen sowohl finanzielle Mittel da sein als auch geschulte Lehrkräfte. Weiterbildungen für das Lehrpersonal sind deshalb von Bedeutung. Es ist auch wichtig, Lehrkräfte in die Entscheidungen mit einzubeziehen, und gegenseitige Unterstützungen und Weiterbildungen unter den Lehrkräften zu begünstigen.

Abschließend stellen sie fest, dass die Verbreitung von Virtual Reality im schulischen Umfeld derzeit, aufgrund mangelnder Konzepte und mangelnder Angebote, noch sehr gering ist, doch ein großes Interesse daran besteht. Sie gehen davon aus, dass durch die technische und preisliche Entwicklung Virtual Reality in den kommenden Jahren an Relevanz gewinnt [HČ18].

Auch Hellriegel und Čubela fällt auf, dass aufgrund der geringen Verbreitung von Virtual Reality im Unterricht auch die Auswahl an verwendbaren Anwendungen für diese Technologie begrenzt ist. Einige Angebote findet man im Bereich der Cardboard-Systeme, bei denen das eigene Handy in eine Halterung mit Linsen eingesetzt wird. Diese Systeme sind kostengünstig zu erhalten, doch sind die Interaktionsmöglichkeiten häufig eingeschränkt, da sie meist keine Motion-tracking-controller haben. Die Nutzenden bleiben in diesen Anwendungen eher Zuschauer und Konsumenten, die das Tempo und die Richtung der Lehre steuern können, ohne aktiv daran beteiligt zu sein. Ein Beispiel für eine solche Anwendung ist „Anatomyou“²³ von Healthware Canarias S.L. In ihr können die Nutzenden eine Reise durch den menschlichen Körper unternehmen, ihn in 3D betrachten und weitere Informationen über einzelne Teile des Körpers erhalten.

In einer Studie an der Northampton Universität im Vereinigten Königreich wurde eine Vorlesung, die auf PowerPoint basiert, mit einer VR-Vorlesung verglichen. In jeder Testgruppe waren 25 Lernende, die nach dem Lernen an einem Test und einem Interview zur Erhebung

²³<https://anatomyou.com/en/> Stand 01.10.2020

eines Meinungsbildes teilgenommen haben. Behandelt wurde die Geschichte von Stonehenge. In den Ergebnissen stellte sich heraus, dass Virtual Reality das Verstehen oder Erkennen von Konzepten verbessern kann. Den Lernenden des VR-Kurses fiel es jedoch schwerer sich an detailliertes Wissen, wie beispielsweise Jahreszahlen, zu erinnern. Insgesamt erzielten die Lernenden des VR-Kurses ein besseres Ergebnis. In ihrem Kurs beantworteten 20 von 25 Teilnehmenden 70-80% der Fragen korrekt. In der konventionellen Vorlesung waren es 17 Teilnehmende. Viele Lernende bewerteten die immersive Umgebung als befriedigendere Lernmethode. Als störend wurde eine fehlende Echtzeitkommunikation zu anderen Lernenden und Lehrkräften empfunden [SM18]. Eine weitere Studie wurde an der Warwick Universität im Vereinigten Königreich durchgeführt. Dort wurde 99 Teilnehmer und Teilnehmerinnen entweder mit einem Buch, einem Video oder mit Hilfe von Virtual Reality Wissen über das Thema Pflanzenzellen vermittelt. Für alle drei Testgruppen wurden die gleichen Inhalte verwendet. Das bedeutet, dass das Video einen Durchlauf der VR-Anwendung zeigt. Das Buch enthält wiederum Bilder aus der VR-Anwendung. Die Effektivität des Unterrichts wurde anhand eines vorangehenden und eines Folgetests überprüft, welche dieselben Wissensfragen beinhalteten. Die Fragen wurden in Verständnis- und Erinnerungsfragen unterteilt. Generell erzielten alle Testgruppen nach der Lernphase ein höheres Ergebnis als davor. Die VR-Gruppe erzielte das beste Ergebnis. Während im Bereich der Erinnerungsfragen das Ergebnis der VR-Gruppe signifikant besser war, als das beider Gruppen, konnte im Bereich der Verständnisfragen kein signifikanter Unterschied zur Buch-Gruppe festgestellt werden. Zum Abschluss stellen sie fest, dass eine Aufnahme des VR-Inhaltes, ohne die Möglichkeit der Interaktion, wie es in der Video-Gruppe verwendet wurde, verwirrend wirken kann. Die Autorenschaft empfiehlt, dass Teilnehmenden in zukünftigen Studien Zeit zur Verfügung gestellt wird, um die Steuerung der neuen VR-Technologie zu erlernen [AVM18].

Samer Al Kork und Taha Beyrouthy beschreiben in einem Artikel in 2018 eine VR-Anwendung, die sie für den Bildungsbereich entwickelt haben. Die Anwendung ist für ein computergebundenes VR-Headset entwickelt worden und erhält durch den Motioncontroller Leapmotion die gewünschten Interaktionsmöglichkeiten. Sie besteht aus mehreren Komponenten mit unterschiedlichen Partizipationsmöglichkeiten. Bei einer Campustour kann man das Gelände der Universität erkunden. Zur Teilnahme stehen sowohl live als auch aufgezeichnete Vorlesungen zur Verfügung, an denen Nutzerinnen und Nutzer dann mit 360° Sicht teilnehmen können. Für diese Arbeit am Interessantesten sind die Interaktiven Laborräume, die man betreten, und in denen man einige Experimente durchführen kann, die entweder zu gefährlich für eine reale Durchführung sind, oder für die besondere oder teure Materialien und Gerätschaften benötigt werden (siehe Abbildung 2.13). Auch echte Laborräume können in 3D betrachtet werden. Die Anwendung wurde von Studenten und Lehrkräften getestet und hat größtenteils, aber nicht ausschließlich, positives Feedback erhalten. Eine Studie bezüglich der Effektivität der Anwendung wurde nicht durchgeführt [AKB18].

Als Beispiel für eine Anwendung im historischen Kontext können die Anwendungen der TimeRide GmbH²⁴ genannt werden. Sie bietet derzeit in fünf großen, deutschen Städten VR-Reisen in die Vergangenheit der jeweiligen Stadt an. Zwar wurden diese Reisen nicht für

²⁴<https://t1p.de/6i5o> Stand 30.10.2020



Abbildung 2.13: Chemielabor Scene 1 und 2 der Anwendung von Kork und Beyrouthy ([AKB18] S.77)

den Schulunterricht entwickelt, doch vermitteln sie Wissen über die historischen Begebenheiten in der jeweiligen Stadt an Interessierte. Beispielsweise kann man in Berlin die Stadt in den 80er Jahren entdecken. In einem Bus fahren die Teilnehmenden über den Checkpoint Charlie und werden von den Wachposten angehalten. Neben speziellen Anwendungen gibt es auch verschiedene Plattformen, die das eigene Erstellen von VR-Inhalten erleichtern. Das kann durch die Lehrkräfte geschehen, welche Inhalte für ihre Schülerinnen und Schüler entwickeln. Ebenso können die Lernenden selbst in Einzel- oder in Gruppenarbeit ein Thema erarbeiten und daraus VR-Inhalte erschaffen. Exemplarisch hierfür ist die App „Expeditionen“ von Google, die bereits in 2.4.2 erwähnt wurde. Sie ermöglicht Schülerinnen und Schülern, eine Vielzahl von Orten, Objekten und Themen auf dem eigenen Handy zu erkunden. Sie bietet Erfahrungen, die mithilfe von Augmented Reality arbeiten, aber auch solche, die Virtual Reality verwenden. Dies geschieht mit Hilfe eines Cardboardsystems. Besonders interessant für den Unterricht ist, dass die Lehrkraft eine Gruppentour leiten kann, der die Teilnehmenden im selben WLAN beitreten können. Das ermöglicht eine gezielte Integration von AR- und VR-Inhalten in den Schulunterricht. Die Interaktion mit den Touren selbst ist, wie auch bei einzelnen Tour-Anwendungen, eher passiv, die Beteiligten werden zu Zuschauenden. Allerdings können mit Hilfe des Tour Creators von Google auch eigene Touren erstellt werden. Wird diese Aufgabe an die Schüler übertragen, interagieren sie in

konstruierender Weise, was lernfördernd ist [HČ18]. Ein weiteres Beispiel ist „Cospaces“. Hier können nicht nur 3D-Touren erstellt werden, sondern auch die Implementierung von Charakteren inklusive Storytelling, Spiellogik, oder 3D-Simulationen ist möglich. Dies kann ebenfalls entweder durch die Lehrkraft oder durch die Lernenden selbst geschehen. Beim Selbsterstellen lernen die Schülerinnen und Schüler viel über die Inhalte, die sie bearbeiten, und können ihre Ergebnisse dann anschaulich Mitschülern und Lehrkräften präsentieren, und auch für eine spätere Wiederholung des Stoffes verwenden²⁵.

Abschließend ist festzustellen, dass das Interesse an Virtual Reality in der Lehre sowohl in der Wissenschaft als auch im Unterricht vor Ort vorhanden ist. Der praktische Einsatz der Technologie ist noch eher gering, da die technischen Bedingungen an vielen Lehrinrichtungen noch nicht gegeben sind, die Lehrkräfte nicht ausreichend geschult wurden, oder die verfügbaren Inhalte nicht das Unterrichtsthema abdecken.

TV

2.5 Zusammenfassung

Augmented Reality (dt. erweiterte Realität) beschreibt das Einblenden und Einspielen von digitalen Informationen in die reale Umgebung in Echtzeit. Diese Informationen sind nicht nur visuell wahrnehmbar, sondern können auch andere Sinnesorgane ansprechen. Eine Software verarbeitet Daten von Gerätesensoren und passt die Informationen somit an Änderungen in der Umgebung an. Augmented Reality fällt unter den Begriff Mixed Reality, da eine Vermischung von realer Umgebung und virtueller Realität (engl. Virtual Reality) stattfindet.

Virtual Reality beschreibt eine rein virtuelle Welt, welche nicht mit der echten Realität interagiert und diese komplett ausblendet. Dadurch kann eine hohe Qualität der Immersion erreicht werden. Obwohl an Virtual Reality schon lange geforscht wird, hat der technische Fortschritt erst seit kurzem einen großen Sprung gemacht. Mit Head-Mounted-Displays kann eine virtuelle Welt erzeugt werden und zugehörige haptische Controller ermöglichen die Interaktion mit dieser Welt.

In mehreren qualitativen Studien erreichten beide Technologien in direkten wissenschaftlichen Vergleichen unterschiedliche Ergebnisse. Beim Gefühl von Präsenz bei sozialen Interaktionen und Erzeugen von Angst in einer Konfrontationstherapie konnte zwischen beiden Technologien kein signifikanter Unterschied ermittelt werden. In vier Studien zur Untersuchung von Bearbeitungszeiten bei motorischen Aufgaben konnten dreimal Augmented Reality und einmal Virtual Reality als bessere Option definiert werden. Ähnlich sieht es bei medizinischen Simulationen aus, die zum Üben von chirurgischen Situationen gedacht sind. Da konnte sich wieder Augmented Reality als bessere Technologie etablieren, mit der Begründung, dass es sich realistischer anfühlt als bei Virtual Reality. In einer psychologischen Untersuchung konnte festgestellt werden, dass Augmented Reality das haptische Gefühl weicher erscheinen lässt als Virtual Reality. Bei Innenraum-Navigation konnte sich in einer Studie Virtual Reality als bessere Wahl im Vergleich zu Augmented Reality etablieren.

In Studien zur Effektivität der Wissensvermittlung werden bei beiden Technologien positive

²⁵<https://cospaces.io/edu/> Stand 01.10.2020

Lerneffekte vermutet. Bei verschiedenen Studien konnte festgestellt werden, dass Lernende mit einem AR-System bessere Testergebnisse erzielt haben als bei traditionellen Lehrmethoden. Auch bei Kindern mit Leseschwäche wurde beobachtet, dass Augmented Reality diese Schwäche ausgleichen konnte, sodass diese Kinder ähnliche Testergebnisse erzielen konnten wie Kinder ohne Leseschwäche. Allerdings bietet Augmented Reality nicht immer Vorteile, es konnten auch Schwächen identifiziert werden. Dazu zählen Ablenkungen durch das System, Bedienungsschwierigkeiten und fehlender Lernerfolg aufgrund unterschiedlicher Lerntypen. Auch durch einen falschen Einsatz des Systems in der Didaktik konnte ein positiver Lerneffekt nicht erzielt werden. Ein Beispiel dafür ist der Einsatz im Frontalunterricht, wenn die Lernenden sich nicht mit der Anwendung beschäftigen können und nur Zuschauende sind. Dies ist mitunter ein Grund, warum viele AR-Anwendungen auch interaktiv sind. Einige ermöglichen die Erstellung von eigenen AR-Inhalten, mit denen Nutzende interagieren können, andere wurden für einen spezifischen Zweck, zum Beispiel ein naturwissenschaftliches Fach, entwickelt. Vereinzelt gibt es Applikationen, die eine geführte AR-Tour mit einem Guide ermöglichen. All diese Applikationen bieten Potenzial für den gezielten Einsatz im Unterricht. Aber nicht nur im Unterricht werden AR-Anwendungen eingesetzt, auch in kulturellen und historischen Bereichen wird Augmented Reality für die effektive Wissensvermittlung genutzt.

Verschiedene wissenschaftliche Arbeiten beschäftigen sich mit der Frage, ob Virtual Reality einen positiven Lerneffekt auf den Unterricht haben kann. Es wird ein großes Potential darin gesehen, doch ist hierfür eine korrekte und didaktisch sinnvolle Einbindung in den Unterricht notwendig. Aufgrund der noch geringen Verbreitung der Technologie und der Tatsache, dass sie in den letzten Jahren große technologische Sprünge gemacht hat, liegen nur wenige Praxiserfahrungen zu Virtual Reality im schulischen Unterricht vor, welche jedoch meist positive Effekte feststellen. Die am meisten verbreitete Art der VR-Erzeugung findet derzeit über Apps auf dem Smartphone statt.

Zu den traditionellen Konkurrenten von Augmented und Virtual Reality in der Didaktik zählen analoge Medien, wie Schulbücher, und digitale Medien, wie Tonträger und Filme. Sofern die finanziellen Mittel es zulassen, werden auch technische Geräte, zum Beispiel Computer und Tablets, im Unterricht verwendet. Zum einen werden diese Geräte als Darstellungsmethode von digitalen Medien genutzt, zum anderen wird die Handhabung mit diesen Geräten zum Erlernen von Medienkompetenzen geübt.

Nach der Analyse von verwandten Arbeiten in der Wissensvermittlung wird im nächsten Kapitel auf die Geschichtsdidaktik und Lernmotivation im Unterricht eingegangen.

OZ

Kapitel 3

Geschichtsdidaktik

In diesem Kapitel werden die Grundlagen des Unterrichtens im Fach Geschichte betrachtet. Es wird beschrieben, welche Ziele im Geschichtsunterricht verfolgt werden und welche Kompetenzen Schülerinnen und Schüler lernen sollen. Des Weiteren wird geschildert, wie eine Unterrichtsstunde in diesem Fach aufgebaut sein kann und welche Lehrmethoden den Lehrkräften zur Verfügung stehen. Danach werden Lernprobleme in der Schülerschaft aufgeführt. Um diese herauszufinden, wurden auch Lehrkräfte zu diesem Thema befragt, die Ergebnisse werden in diesem Kapitel geschildert.

TV

3.1 Lehren im Geschichtsunterricht

Im Geschichtsunterricht werden verschiedene Ziele verfolgt. Das offensichtlichste Ziel ist die Vermittlung von Fachwissen, also Wissen über die Begebenheiten und Geschehnisse der Vergangenheit. Allerdings können nicht alle Geschehnisse und Ereignisse thematisiert werden. Dies liegt zum einen daran, dass die Unterrichtszeit eingeschränkt ist. Zum anderen ist eine chronologische Bearbeitung aller Geschehnisse nicht erstrebenswert, vielmehr soll der behandelte Stoff den Lernenden die Fähigkeit geben, Ereignisse zeitlich und örtlich einzuordnen und Bezüge herzustellen. Neben der Vermittlung von Fachwissen ist es ein großes Anliegen, Schülerinnen und Schüler zu historischem Denken zu befähigen. Unter diesem Begriff sind verschiedene Kompetenzen zusammengefasst. Diese Kompetenzen können sich je nach Modell in ihrer Strukturierung und Terminologie unterscheiden, die Fähigkeiten, die vermittelt werden sollen, ähneln sich jedoch häufig.

- Geschichte wird anhand von Zeugnissen übermittelt, die selbst von Menschen der Vergangenheit verfasst oder erstellt wurden und damit nicht nur die dargestellte Zeit widerspiegeln, sondern auch die Lebenszeit des Autors oder der Autorin selbst. Die Quellen sind damit von den Umständen und Werten der Autorenschaft geprägt, und ihre Aussagekraft begrenzt. Schülerinnen und Schüler sollen dazu befähigt werden, diesen Aspekt von Geschichte zu erkennen, kritisch zu analysieren und zu bewerten.

- Abgesehen von den verschiedenen Umständen berichten Zeugnisse der Geschichte auch aus unterschiedlichen Perspektiven. Zu diesen Perspektiven gehört unter anderem die Religion, der politische Standpunkt, die nationale Zugehörigkeit, die soziale Position oder das Geschlecht der Autorenschaft. Schülerinnen und Schüler sollen lernen, Perspektiven zu erkennen und sich in diese hineinzuversetzen. Dieser Prozess kann den Jugendlichen auch helfen, sich selbst zu orientieren und so die eigene Identitätsfindung unterstützen. Des Weiteren macht das Wahrnehmen und Verstehen fremder Perspektiven bewusst, dass unterschiedliche Ansichten und Identitäten nebeneinander bestehen können.
- Schülerinnen und Schüler sollen befähigt werden, das Handeln von Menschen vor dem Hintergrund ihrer Wertevorstellungen, der Rahmenbedingungen und Handlungsspielräume wahrzunehmen und sachlich zu beurteilen. Zudem sollen die damaligen und gegenwärtigen Urteilsnormen kritisch aufeinander bezogen, und das eigene Handeln bewusst gemacht werden.
- Über die Geschichte hinweg findet stets eine Veränderung statt. Die Schülerschaft soll in der Lage sein, diese Veränderung langfristig und prozesshaft wahrzunehmen. Des Weiteren sollen Schülerinnen und Schüler Bezüge zur Gegenwart herstellen können. Dazu gehört, Spuren der Vergangenheit in der Gegenwart zu erkennen, Vergleiche zur heutigen Zeit aufstellen zu können, um Beurteilungsmaßstäbe und Handlungsanleitungen abzuleiten und die Bedeutung von Geschichte für die Gegenwart und die Zukunft zu erkennen.
- Schülerinnen und Schüler sollen wichtige Begriffe und Terminologien der Geschichtswissenschaft kennen und damit umgehen können. Dazu gehört auch die Differenzierung zwischen Dimensionen (wie beispielsweise Wirtschaft, Technik oder Arbeit) und Kategorien (wie beispielsweise Epoche, Generation oder Herrschaft) und Geschichte aus diesen Perspektiven zu betrachten.
- Abschließend soll die Schülerschaft befähigt werden, eigene Deutungen und Wertungen historischer Sachverhalte vorzunehmen und argumentativ zu begründen. Dazu müssen sie die vorhergehenden Kompetenzen anwenden und über die Deutung und Interpretation von einzelnen Quellen hinaus verschiedene Darstellungen in ihre Argumentation einbeziehen.

Durch diese Kompetenzvermittlung trägt Geschichte gemeinsam mit den Fächern Erdkunde und Politik und Wirtschaft zur politischen Bildung bei, mit dem Ziel Schüler zu mündigen Bürgern zu erziehen, die kritisch Hinterfragen können¹ [Sau15].

Der Geschichtsunterricht folgt meist einem Verlaufskonzept. Es gibt verschiedene Ausführungen eines solchen Konzeptes. Das einfachste, und häufig angewendete, besteht aus einem Einstieg, einer Erarbeitung, einer Zusammenfassung und einer Ergebnissicherung (siehe Abbildung 3.1). Während des Einstiegs wird die letzte Stunde kurz wiederholt oder ein neues

¹Hessischer Lehrplan Geschichte: <https://t1p.de/jsun> Stand: 07.10.2020

Thema vorgestellt und den Schülerinnen und Schülern nähergebracht. Es wird eine historische Problem- oder Fragestellung gefunden, die festgehalten wird, um während der weiteren Stunde behandelt zu werden. In der Erarbeitungsphase versuchen die Lernenden anhand von Materialien und Quellen oder durch Wissensvermittlung durch die Lehrkraft die anfangs gestellte Frage zu beantworten. Während der Zusammenfassung wird das Ergebnis formuliert, um dann in der Ergebnissicherung festgehalten und möglicherweise durch weitere Übungen gefestigt zu werden. Die Ergebnisse können auch auf andere Problemstellungen und Themen bezogen werden oder ein eigener Standpunkt daraus formuliert werden.

Verlaufsformen	Typische Unterrichtsschritte und Medien
Einstieg	<p>Problemstellung (möglichst an der Tafel notieren!) erarbeiten durch</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ informierenden Unterrichtseinstieg <p>oder</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Materialimpuls zum Stundenthema <ol style="list-style-type: none"> a. Problemsuche (vermuten, Vorwissen aktivieren) b. Problemformulierung in Form von Fragen oder von Hypothesen <p>oder</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ strukturierte Wiederholung mit Anschluss an das neue Stundenthema
Erarbeitung	<ol style="list-style-type: none"> 1. Darstellung des neuen Stoffes durch: Lehrevortrag, Schulbuchdarstellung, Bild, Karte, Statistik, Dokumentarfilm usw. 2. Arbeit am neuen Stoff <ul style="list-style-type: none"> – durch Arbeitsaufträge in Einzel- oder Partnerarbeit oder im Gruppenunterricht – im Unterrichtsgespräch 3. Überprüfung der Rezeption des neuen Stoffes (Kontrollfragen) oder Darstellung der Arbeitsergebnisse durch die Schüler
Zusammenfassung	<p>Ergebnisformulierung unter Rückbezug auf die Problemformulierung (Tafelbild, Folie)</p>
Ergebnissicherung	<ul style="list-style-type: none"> ■ Übung: schriftliche Fixierung in der Arbeitsmappe, Lückentext, Bilderrätsel usw. <p>oder</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Anwendung: <ul style="list-style-type: none"> – abschließende Interpretation einer Text- oder Bildquelle oder Erklärung einer Karte – Anwendung auf regionales Beispiel – Vergleich mit aktuellen Problemen/Phänomenen – Vergleich mit historischen Problemen/Phänomenen <p>oder</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Reflexion: Formulierung eines eigenen Standpunkts/Werturteils

Abbildung 3.1: Grundmuster des erarbeitenden Geschichtsunterrichts. Viele Unterrichtsstunden folgen diesem Verlaufskonzept ([GAM03] S.178).

Lehrerinnen und Lehrer haben unterschiedliche Möglichkeiten, ihren Unterricht zu gestalten. Die unterschiedlichen Lehrmethoden sollten stets sinnvoll an die Situation und das Thema angepasst werden. Sie lassen sich in drei Kategorien unterteilen, und können auch miteinander kombiniert werden.

3.1.1 Erarbeitender Geschichtsunterricht

Der erarbeitende Geschichtsunterricht ist vor allem von der Lehrperson gesteuert. Die Kommunikation innerhalb der Stunde verläuft vorrangig über diese. Der Frontalunterricht ist das klassische Beispiel für diese Kategorie. Didaktisch sinnvoll umgesetzt, kann diese Lehrform sehr effektiv sein und wird an Schulen immer noch viel verwendet. Es ist wichtig, den Frontalunterricht an das Alter der Schülerinnen und Schüler anzupassen [GAM03].

Eine Vorgehensweise ist der Lehrvortrag oder das Unterrichtsgespräch. Wie für Frontalunterricht üblich spricht vorrangig die Lehrperson zu den Schülerinnen und Schülern. Sie versucht dabei, Informationen zu vermitteln, die sowohl Beschreibung als auch Wertung, Analyse oder Urteil enthalten können. Die Lehrkraft kann das Gesprochene durch Medien wie Tafelbilder oder Projektionen ergänzen. Ein Lehrvortrag sollte gut verständlich strukturiert sein. Es wird empfohlen, nicht den gesamten Unterricht auf diese Weise zu bestreiten. Auch das Unterrichtsgespräch kann von der Lehrkraft gelenkt werden. Meist ist dann wenig Spielraum für Einfälle der Schülerschaft. Diese Form des Gesprächs kann sinnvoll sein zur Wiederholung, Zusammenfassung oder zur Einführung in ein neues Thema. Ein nicht lehrkraftgesteuertes Gespräch wäre zum Beispiel eine Schülerdiskussion. Die Lehrkraft hält sich in dieser Form zurück, die Schülerinnen und Schüler sprechen sich gegenseitig direkt an. Diese Form des Gesprächs lässt sich nicht klar lenken und dient vorrangig der Zusammenfassung und Festigung eines behandelten Themas. Auch die eigene Meinungsbildung wird hierdurch unterstützt.

Eine weitere Vorgehensweise ist das Erzählen von Geschichte. Die Lehrkraft trägt hierbei das Vergangene in Geschichtsform vor. Ein solcher Vortrag soll anschaulich und konkret sein. Diese Form des Unterrichtens ist in den 1970er Jahren in die Kritik geraten und wird heute kaum mehr verwendet. Erzählungen werden häufig stark personalisiert und emotionalisiert, dadurch kommen unterschiedliche Perspektiven und Konflikte nicht zum Ausdruck, Geschichte wird eindeutig dargestellt. Trotz der Kritik hat die Erzählform auch ihre Vorteile. Es ist einfacher, das Interesse der Lernenden zu wecken und die Aufmerksamkeit auf bestimmte Themen zu lenken. Dies fällt besonders auf, wenn man die Beliebtheit historischer Filme und Romane betrachtet. Das Schreiben einer Geschichtserzählung, die den heutigen, hohen Maßstäben des Geschichtsunterrichts entsprechen, bleibt eine schwierige Aufgabe [Sau15].

3.1.2 Aufgabenbasierter Geschichtsunterricht

Der aufgabenbasierte Geschichtsunterricht zeichnet sich durch das Arbeitsmaterial und die Rolle der Lehrperson aus. Die Aufgabenstellung erfolgt viel über Arbeitsblätter und schriftliche Aufträge. Nach einem thematischen Einstieg übernimmt die Lehrkraft vorrangig eine

beratende Rolle, sie kann bei Fragen und Problemen weiterhelfen. Die Schülerschaft muss nicht auf die Tafel ausgerichtet sitzen, sondern kann auch in anderen Gruppenformen im Raum verteilt sein. Durch Pflicht- und Wahlaufgaben können Schülerinnen und Schüler in ihrem eigenen Lerntempo arbeiten [GAM03].

Eine Form des aufgabenbasierten Unterrichts ist das Stationenlernen. Es ist nicht für jedes Thema geeignet, da das Thema in gut trennbare, einzelne Unterthemen gegliedert werden muss. Stationen können einzeln oder in Gruppenarbeit bearbeitet werden. Die Reihenfolge kann festgelegt oder flexibel sein. Das zur Verfügung stellen von verschiedenen, freiwilligen Wahlaufgaben ermöglicht Schülerinnen und Schülern, in ihrem eigenen Tempo und nach eigenen Interessenschwerpunkten zu lernen. Die Lernmaterialien sollten abwechslungsreich sein und verschiedene Medien einbinden. Diese Lehrform kann motivierend sein und die allgemeinen Lernfähigkeiten der Lernenden verbessern [GAM03] [Sau15].

Auch bei der Planarbeit erhält die Schülerschaft schriftliche Arbeitsaufträge, die von der Lehrkraft ausgewählt und zusammengestellt wurden. Diese werden meist der Reihe nach in Einzelarbeit ausgeführt. Die Aufgabe der Lehrkraft ist es auch hier, die Schüler individuell zu unterstützen und bei Fragen zur Verfügung zu stehen. Das Thema sollte vor der Planarbeit eingeführt worden sein, sodass die Lernenden bereits einen allgemeinen Überblick über das Thema haben und die Relevanz des Themas erkannt wurde. Die Quellen sollten vielfältig und multiperspektivisch sein. Abwechslungsreiche Aufgabenstellungen sind wünschenswert [GAM03].

3.1.3 Projektförmiger Geschichtsunterricht

Im Mittelpunkt des projektförmigen Geschichtsunterrichts steht das kooperative Lernen. Im Vordergrund steht das selbstständige Erarbeiten von Unterrichtsinhalten und der Lernprozess. Das Einbinden von Projekten kann mit hohem Zeitaufwand verbunden sein, weshalb es nur gelegentlich umgesetzt werden kann. Den Schülern werden hier viele Freiheiten geboten, die Planung der Vorgehensweise und der Arbeitsschritte bleibt ihnen überlassen. Dadurch wird der Erwerb methodischer Kompetenzen gefördert. Der Lehrer dient als Ratgeber und Supervisor. Es ist wichtig, die Projektarbeit zu reflektieren; ein Projekttagbuch kann diesen Prozess unterstützen. Die Projektarbeit kann einerseits durch ihre Offenheit sehr motivierend sein, doch ebenso können geringe Erkenntnisse die Lernenden entmutigen. Ein Bezug zur Lebenswelt der Schülerinnen und Schüler ist sinnvoll, dieser kann zum Beispiel durch Straßennamen oder Denkmäler in der Nähe der Schule hergestellt werden. Damit können Geschehnisse aus der Geschichte mit der direkten Umgebung der Lernenden in Verbindung gebracht werden [Sau15][GAM03].

Eine weniger zeitintensive Form des projektförmigen Geschichtsunterrichts ist die Gruppenarbeit. Vor und nach einer Gruppenarbeit muss Klassenunterricht stattfinden. Zuvor muss das Thema eingeführt und Fragestellungen festgelegt werden. Die Organisation erfolgt ebenfalls in diesem Zeitfenster. Nach der Gruppenarbeit werden die erarbeiteten Ergebnisse zusammengetragen und vorgestellt. Es ist wichtig, dass jede Gruppe zur Beantwortung der Fragestellungen beiträgt. Für die Gruppenarbeit selbst muss das Thema von der Lehrkraft sinnvoll in Teile aufgeteilt worden sein. Zu jedem Teil, also jeder Gruppe, müssen passende

Materialien zur Verfügung gestellt werden [GAM03].

TV

3.2 Lernprobleme und Motivation im Geschichtsunterricht

Der Lernerfolg bei Schülerinnen und Schülern wird anhand mehrerer Faktoren beeinflusst. Die Basis bildet die sogenannte Leistungsmotivation, welche die Motivation zur Erledigung einer Aufgabe bezeichnet. Dazu zählt beispielsweise das Erreichen einer bestimmten Schulnote. Auch spielt das allgemeine Interesse am Fach, Thema und Lerninhalt eine wichtige Rolle. Zu den weiteren Faktoren zählen Aufgaben- und Lernorientierung, soziale Motivation und die Lernumgebung [GAM03].

Das Sinus-Institut² führt seit 2008 die Studienreihe „Wie ticken Jugendliche?“ durch und erforscht die Denkweise von Jugendlichen zu unterschiedlichen Themen. In der aktuellsten Studie aus dem Jahr 2020 wurden unter anderem Fragen rund um das Thema Schule gestellt [CFE+20]. Interessant sind hierbei Antworten zu der Frage, was Jugendliche zur aktiven Unterrichtsbeteiligung motiviert. Ein Punkt ist zunächst die Themenauswahl im Unterricht. Das Thema sollte einen aktuellen Bezug zum Alltag haben und Wissen vermitteln, das nicht nur sinnvoll für eine Klausur, sondern auch für die Jugendlichen persönlich ist. Ein guter Lernrahmen trägt ebenfalls zur Motivation im Unterricht bei. Dazu zählen Aufgaben, die klar definiert sind und eine Bearbeitung ohne Zeitdruck ermöglichen. Jugendliche freuen sich auch über Aufgaben, bei denen sie kreativ sein oder mit anderen Jugendlichen zusammenarbeiten können. Hier ist es hilfreich, wenn alle Mitschülerinnen und -schüler im Unterricht motiviert sind und das Lernklima Potenzial für ein angenehmes und erfolgreiches Lernen bietet. Dabei spielt auch eine individuelle Förderung und die Möglichkeit, Wissen im eigenen Lerntempo zu erlernen, eine große Rolle. Das trägt dazu bei, dass die Jugendlichen den Anschluss nicht verlieren. Zusätzlich ist ein Ziel auf lange Sicht motivierend. Dazu zählt das Schreiben von guten Noten oder das Erlangen eines Abschlusses, der die gewünschte Berufsausbildung ermöglicht. Was aus Sicht der Jugendlichen oftmals fehlt, ist eine konstruktive Fehlerkultur. Falsche Antworten im Unterricht und Nachfragen bei Unverständnis führen häufig zu Unwohlsein und weniger Beteiligung im Unterricht.

Um einen Eindruck von Lernproblemen und Motivation im Geschichtsunterricht zu bekommen, wurde ein Fragebogen erstellt, der an Lehrkräfte der Karl-Rehbein-Schule³ in Hanau versendet wurde. Dieser Einblick in die Sichtweise von Lehrkräften ist wichtig, um mögliche Probleme zu identifizieren, die in einer Anwendung für das schulische Umfeld berücksichtigt werden müssen. Die im Fragebogen gestellten Fragen konnten nur durch Lehrkräfte beantwortet werden, die Geschichte in der Oberstufe unterrichten. Aus diesem Grund war eine geringe Anzahl von Antworten zu erwarten. Dies stellt jedoch keinen Nachteil dar, da hier der Inhalt und die Qualität der Antworten relevant ist.

Der Fragebogen besteht aus den folgenden zehn Fragen:

²<https://www.sinus-institut.de/sinus-loesungen/sinus-jugendmilieus/> Stand: 14.08.20

³<https://karl-rehbein-gymnasium.de/> Stand: 14.08.20

1. Was ist die Herausforderung im Lehren von Geschichtsthemen?
2. Wie motiviert man die Schüler am besten für Themen aus dem Geschichtsunterricht?
3. Wie bereitet man sich am besten auf eine Geschichtsklausur vor?
4. Wie stehen Sie zum Thema digitale Medien im Unterricht?
5. Welche Art von digitalen Medien haben Sie bereits in Ihrem Unterricht verwendet?
6. Welche Anforderungen sollte eine Applikation erfüllen, damit sie im Unterricht eingesetzt werden kann?
7. Welche Unterthemen im Geschichtsunterricht zum Thema Nationalsozialismus waren für die Schüler am interessantesten und warum?
8. Welche Unterthemen waren am uninteressantesten und warum?
9. Was sind Themen im Zusammenhang mit Widerstand gegen den Nationalsozialismus, die Sie unterrichten?
10. Welche Fehler sollte man bei einer schulischen Auseinandersetzung mit dem Nationalsozialismus vermeiden?

Die Fragen konnten über eine Onlineumfrage beantwortet werden, die im internen Kommunikationstool der Karl-Rehbein-Schule bereitgestellt wurde. Insgesamt haben zwei Lehrkräfte den Fragebogen beantwortet und da alle Fragen als optional gekennzeichnet waren, konnten auch Fragen ohne eine Antwort übersprungen werden.

Die erste Frage zielt darauf ab, zu erfahren, welche Herausforderung die Lehrkräfte bei den Lehrmethoden im Geschichtsunterricht im Vergleich zu anderen Fächern sehen. Hier wurde die Herstellung von Gegenwartsbezügen und lange Quellen mit hoher Informationsdichte genannt. Bei der zweiten Frage wurde nach Motivationsmethoden gefragt, um Schülerinnen und Schüler zu motivieren. Wie in der vorherigen Frage wurde auch hier die Verbindung zur Gegenwart erwähnt. Eine andere Möglichkeit ist die Abwechslung durch interessante Einstiege oder unterschiedliche Mediennutzung. In der dritten Frage wurde nach Empfehlungen für Vorbereitungsmethoden für eine Klausur gefragt. Diese Frage wurde nur von einer Lehrkraft beantwortet und diese gab die Empfehlung, Zusammenfassungen zu üben und Aufgabenstellungen zu lesen.

Die nächsten drei Fragen beschäftigen sich mit dem Einsatz von digitalen Medien im Unterricht. Beide Lehrkräfte finden digitale Medien im Unterricht sinnvoll und haben im Internet verfügbare Medien- oder Lernplattformen genutzt. Als Beispiele für solche Plattformen wurden YouTube und Kahoot!⁴ genannt. Auch wurden Smartboards verwendet und virtuelle Führungen in Museen durchgeführt. Auf die Frage, welche Anforderungen eine Anwendung für den Einsatz im Unterricht erfüllen muss, wurde mit Zweckmäßigkeit, intuitive

⁴<https://kahoot.com/> Stand: 08.10.2020

Bedienbarkeit und leichtes Verständnis geantwortet.

Bei den letzten vier Fragen geht es um die Behandlung des Themas Nationalsozialismus im Geschichtsunterricht. Während eine Lehrkraft dieses Thema noch nicht unterrichtet hat, gab eine Lehrkraft an, dass Schülerinnen und Schüler Themen interessant finden, in denen Panzer vorkommen, da dort „Bewegung drin [ist]“. Als uninteressant wird die Zeit zwischen dem Aufstieg und der Machtergreifung durch den Nationalsozialismus empfunden, da das Thema komplex und umfangreich ist. Im Zusammenhang mit dem Widerstand gegen den Nationalsozialismus wird der passive und aktive Widerstand behandelt, darunter auch das Stauffenberg-Attentat, der Widerstandskämpfer Georg Elser und die Weiße Rose. Zuletzt wurde nach Fehlern gefragt, die bei einer schulischen Auseinandersetzung vermieden werden sollten. Bei dieser Frage antwortete nur eine Lehrkraft und nannte „Fachliche Unschärfe“ sowie die Nicht-Thematisierung von Emotionen.

Aufgrund der Analyse der Sinus-Studie und den Interviews mit Geschichtslehrkräften lassen sich Anforderungen für eine Lernanwendung ableiten. Der wichtigste Punkt ist zunächst eine intuitive sowie leicht verständliche Bedienung. Dadurch wird vermieden, dass Bedienprobleme das Lernen mit der Anwendung erschweren. In der Literatur zur Geschichtsdidaktik wird auch von kognitiver Überlast, einer Überlastung des Gehirns durch die Verarbeitung einer hohen Anzahl an Informationen, gesprochen [GAM03]. Weiterhin soll die Anwendung Hilfestellungen bieten, damit Lernende wissen, was sie in der Anwendung als nächstes machen müssen.

Da das Ziel der Anwendung in erster Linie die Wissensvermittlung ist und der Einsatz im Unterricht erfolgt, sollte der Anwendungsinhalt so gewählt sein, dass die Lehrkraft damit weiterarbeiten kann. Beispielsweise könnte ein Gegenwartsbezug hergestellt werden oder eine kreative Aufgabe an die Anwendung anschließen. Dadurch kann die Motivation und das Interesse der Lernenden zusätzlich gesteigert werden.

OZ

3.3 Zusammenfassung

Das wichtigste Ziel des Geschichtsunterricht ist die Vermittlung von Fachwissen und Fachkompetenzen. Durch die Arbeit mit historischen Quellen lernen Schülerinnen und Schüler das kritische Analysieren und Bewerten sowie das Einordnen dieser Quelle in einen historischen Kontext. Ein weiterer Aspekt ist das Kennenlernen von verschiedenen Perspektiven, die Herstellung von Gegenwartsbezügen und die Bildung einer eigenen Meinung. Die Kompetenzen werden im Geschichtsunterricht auf unterschiedliche Art und Weise gefördert. Der reguläre Verlauf des Unterrichts sieht zunächst einen Einstieg vor, bei dem eine Wiederholung von Lernstoff oder die Vorstellung eines neuen Themas stattfindet. Danach definieren die Lernenden gemeinsam mit der Lehrkraft eine Problem- oder Fragestellung, die in der Unterrichtsstunde bearbeitet wird. Dafür ist eine Erarbeitungsphase vorgesehen. Nach der Erarbeitungsphase erfolgt eine Zusammenfassung und Sicherung der Ergebnisse. Der Geschichtsunterricht kann je nach Thema auf unterschiedlichen Lehrmethoden basieren. Dazu gehört der erarbeitende, der aufgabenbasierte und der projektförmige Geschichtsunterricht. Der Lernerfolg von Schülerinnen und Schülern hängt von vielen Faktoren ab. Dazu zählen

die Leistungsmotivation, das Interesse am Fach, das Thema und der Lerninhalt. Um Lernenden für die aktive Teilnahme am Unterricht zu motivieren, versuchen Lehrkräfte eine Abwechslung durch interessante Einstiege, z.B. mit Gegenwartsbezug, zu bieten. Eine weitere Möglichkeit ist die Nutzung unterschiedlicher analoger und digitaler Medien. Dazu zählen auch digitale Lernangebote und -anwendungen. Das wichtigste bei solchen Anwendungen ist eine intuitive Bedienung, damit Schülerinnen und Schüler sich auf das Lernen konzentrieren können und nicht überfordert werden.

Auf Basis dieser und der bisherigen Erkenntnisse aus Kapitel 2 wird im folgenden Kapitel ein Konzept für eine Lernanwendung erarbeitet.

OZ

Kapitel 4

Allgemeine Konzepterarbeitung

In diesem Kapitel wird das allgemeine Konzept der erstellten Anwendung geschildert. Hierzu gehört eine Zusammenfassung der wichtigsten Aspekte, eine Beschreibung der ausgewählten Zielgruppe und eine Erläuterung der Themenwahl für die Anwendung. Danach wird das Szenario beschrieben, welches im folgenden Kapitel sowohl für den Aufbau der Augmented als auch der Virtual Reality Anwendungen als Leitfaden dient. Erkenntnisse aus den vorangegangenen Grundlagenkapiteln wurden in die Erstellung des Konzeptes und die Entscheidungen, die hierfür getroffen werden mussten, einbezogen.

TV

4.1 Kurzkonzept

Bei der Konzeption einer Anwendung gibt es allgemeine Fragen, die zur Erstellung eines Konzeptes hilfreich sind:

- Was ist das Ziel der Anwendung?
- Wer nutzt die Anwendung?
- Wo und in welcher Situation wird die Anwendung genutzt?
- Wie wird die Anwendung genutzt?

Ziel dieser grundlegenden Fragen ist es, die Zielgruppe und den Anwendungsbereich sowie den Zweck der Anwendung zu definieren.

Was ist das Ziel der Anwendung?

Entwickelt wird eine interaktive Anwendung, mit der Erlebnis, Spaß und Lernen vereint wird. Das Lernthema umfasst den Widerstand zu Zeiten des Nationalsozialismus während des zweiten Weltkrieges in Deutschland. Explizit geht es um die Widerstandsbewegung „Weiße Rose“ sowie ihre Ziele und wie diese Ziele erreicht wurden. Durch die Integration der Anwendung in den Unterricht soll die Motivation und das Interesse am Lernthema gefördert sowie eine Abwechslung zu traditionellen Lehrmethoden ermöglicht werden. Ziel der Anwendung ist es

somit, Wissen zur Widerstandsbewegung Weiße Rose auf interaktive und spielerische Weise zu vermitteln und dieses Wissen zu festigen.

Wer nutzt die Anwendung?

Zur primären Zielgruppe gehören Schülerinnen und Schüler in der gymnasialen Oberstufe. Eine Eigenschaft der Zielgruppe ist die Erfahrung im Umgang mit digitalen Medien und technischen Geräten. Lehrende gehören sekundär zur Zielgruppe, da diese die Anwendung in ihren Unterricht integrieren und als Hilfsmittel zum Bearbeiten einer Aufgabe bereitstellen.

Wo und in welcher Situation wird die Anwendung genutzt?

Die Anwendung dient als Unterstützung und mediale Abwechslung im Rahmen des Geschichtsunterrichts. Zu Beginn der Unterrichtsstunde erfolgt eine Einleitung sowie eine Aufgabenstellung durch die Lehrkraft. Zur Bearbeitung dieser Aufgabe wird die Anwendung von den Schülerinnen und Schülern genutzt.

Wie funktioniert die Anwendung?

Die Anwendung wird auf Geräten genutzt, die entweder Augmented oder Virtual Reality darstellen können. Zu Beginn wird die Aufgabenstellung angezeigt. Danach werden die Schülerinnen und Schüler in drei Phasen durch die Ziele der Weißen Rose geführt. Da im Geschichtsunterricht die Arbeit mit historischen Quellen essenziell ist, wird auch in der Anwendung die Arbeit mit solchen Quellen ermöglicht. Nach Abschluss aller drei Phasen können die in der Anwendung vermittelten Informationen in Form von Notizen noch einmal betrachtet oder die Anwendung erneut durchgeführt werden.

Management Summary (Konzept in zwei Sätzen)

Für Schülerinnen und Schüler in der Oberstufe wird durch die Anwendung eine interaktive Einführung in die Ziele der Widerstandsbewegung „Weiße Rose“ ermöglicht. Im Gegensatz zu traditionellen Methoden bietet die Anwendung eine spannende Abwechslung, wodurch die Motivation zum Lernen gesteigert werden soll.

OZ

4.2 Zielgruppe

Da das Ziel dieser Arbeit der Vergleich zwischen Augmented und Virtual Reality in der Wissensvermittlung ist, wurde die Zielgruppe als Lernende in der Oberstufe definiert. Diese sind in der Regel zwischen 17 und 20 Jahre alt. Aufgrund des Klassensystems in Schulen ist es leichter Testpersonen zu finden, welche die gleichen Bedingungen erfüllen. Dadurch könnte auch zusätzlich leichter ein optionaler Vergleich mit Kontrollgruppen, die nicht Augmented und Virtual Reality als Lehrmethode nutzen, durchgeführt werden. Da die Lernanwendung hauptsächlich von Lernenden benutzt wird, sind diese auch die Primärzielgruppe. Lehrkräfte fallen in eine sekundäre Zielgruppe, da die Anwendung direkt einsatzbereit ist und keine Konfiguration vorgenommen werden muss. Zusätzlich müssen sie für den Einsatz im Unterricht die benötigte Hardware oder zusätzliches Papiermaterial (siehe Kapitel 5) bereitstellen.

<p>Sarah (18 Jahre)</p> 	<p>Medien-/ Onlineaffinität: Soziale Medien, Serien</p> <p>genutzte Geräte: Smartphone, Laptop, Tablet</p> <p>Informationsverhalten: nutzt das Internet, neben Social Media, als Informationsquelle zum Lernen für's Abitur</p>
<p>Beruf: Schülerin</p> <p>Wohnort: wohnt bei ihren Eltern in Frankfurt</p> <p>Hobbies: verbringt viel Zeit mit ihrem Freundeskreis</p> <p>Lieblingfach: Mathe</p> <p>Klasse: 12</p>	<p>Zielsetzung/ Motivation:</p> <ul style="list-style-type: none"> - ist eine durchschnittliche Schülerin und möchte ihr Abitur gut bestehen - Geschichte ist nicht ihr Lieblingsfach und sie lernt nur für das Fach, weil es Pflicht ist - digitale Medien, wie Filme, motivieren sie zum Lernen <p>Anforderung an Anwendungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - mag es nicht, wenn Anwendungen kompliziert oder schlecht bedienbar sind - die Anwendung sollte interaktiv und ansprechend gestaltet sein

Abbildung 4.1: Die fiktive Persona Sarah stellt stellvertretend die Zielgruppe dar und zeigt Anforderungen an die Anwendung auf (Foto: <https://unsplash.com/photos/FcLyt71W5wg> Stand: 04.10.2020).

OZ

Um die Zielgruppe der Lernenden genau definieren zu können, wurde eine Persona erstellt. Personas sind fiktive Personen, welche die Zielgruppe repräsentieren. Sie dienen dazu, eine konkrete Vorstellung von der Zielgruppe zu erhalten und Anforderungen zu ermitteln. Neben demografischen Daten werden auch Hobbys, Beruf, Vorlieben, Ziele, Motivationen und Wünsche festgehalten. Die Daten für eine Persona basieren meist auf Interviews, Umfragen, Beobachtungen oder Studien [JMP19] [Kad11].

Im Rahmen der in dieser Arbeit konzipierten Anwendungen wurde die Persona namens Sarah erstellt (siehe Abbildung 4.1). Sarah ist eine 18-jährige Schülerin und besucht die zwölfte Klasse eines Gymnasiums. Somit zählen ihre Leistungen in der Schule bereits zum Abitur. In ihrer Freizeit trifft sie sich gerne mit ihrem Freundeskreis, der zum großen Teil aus Mitschülerinnen und Mitschülern aus ihrem Jahrgang besteht. Wie 95% aller Jugendlichen besitzt

auch sie ein Smartphone, welches überwiegend für Kommunikation und den Konsum von Unterhaltungsmedien genutzt wird [Süd19]. Zu den am häufigsten verwendeten Apps zählen Youtube, Whatsapp und Instagram. Während der Schulschließung aufgrund der Covid19-Pandemie nutzte Sarah zudem öfter einen Laptop und ein Tablet, um mit Lehrenden und anderen Mitlernenden zu kommunizieren oder in einer Cloud der Schule zu arbeiten [Süd20]. Das Fach Geschichte ist für Sarah nicht so interessant wie ihr Lieblingsfach Mathematik. Am wenigsten gefällt ihr bei Geschichte, dass sie sehr viele Quellen lesen muss, um eine Aufgabe zu lösen. Sie arbeitet gerne mit Notizen, um Informationen schnell wieder in Erinnerung zu rufen. Wenn sie keine oder wenig Motivation für das Fach aufbringen kann, nutzt sie digitale Medien, wie Filme oder Dokumentationen. Dadurch befasst sie sich zumindest ein wenig mit dem zu lernenden Thema.

Wenn Sarah eine Anwendungssoftware nutzt, dann ist es ihr wichtig, dass diese unkompliziert und einfach zu bedienen ist. Wenn sie die Bedienung erst erlernen muss, dann wird ihr schnell langweilig und sie verliert die Motivation. Von einer Lernanwendung erwartet sie, dass diese interaktiv und ansprechend gestaltet ist. Zudem sollte das Lernthema gut und spannend aufgearbeitet sein. Die Anwendung soll ihr helfen, sich in ein Thema einzufinden und die Motivation dafür zu steigern. Für einen späteren Zeitpunkt sollte die Anwendung zudem Notizen zum Lernen bereitstellen.

OZ

4.3 Thema der Anwendung

Die Anwendung wird für das Unterrichtsfach Geschichte entwickelt. Die Wahl ist auf dieses Fach gefallen, da hier nicht nur die besonderen, visuellen Darstellungsformen der immersiven Medien, wie beispielsweise die dreidimensionale Darstellung eines Organs oder Moleküls in der Biologie, als Alleinstellungsmerkmal dienen. Gerade die Möglichkeiten der Interaktion und des Storytellings, die immersive Medien bieten, können im Fach Geschichte gut demonstriert werden, denn der Geschichtsunterricht dreht sich viel um vergangene Geschehnisse. Die Lernenden können durch immersive Medien in diese Geschehnisse eintauchen, sie erleben, und nicht nur darüber lesen. Die Wahl des Themas wurde von verschiedenen Faktoren beeinflusst. Da die Zielgruppe Schülerinnen und Schüler der Gymnasialen Oberstufe sind, sind ihre Leistungen bereits abiturrelevant. Es ist also besonders wichtig, das Thema aus dem vorgegebenen Lehrplan¹ zu wählen. Das übergeordnete Thema „zwischen Demokratie und Diktatur Weimarer Republik und Nationalsozialismus“ ist im Lehrplan für die zweite Hälfte der zwölften Klasse, auch Q2 genannt, vorgesehen. Es ist für eine Aufarbeitung für immersive Medien gut geeignet, da diese Zeit vergleichsweise gut dokumentiert ist und viele Quellen erhalten sind. Zu diesem Thema gehört auch der Bereich des Widerstandes im dritten Reich. Zu den bekannten Widerstandsgruppen zählt die „Weiße Rose“, welcher die Geschwister Hans und Sophie Scholl angehörten. Die weiße Rose eignet sich gut für die Unterrichtseinheit Widerstand, da über die Benennung verschiedener Straßen und Schulen in der Lebenswelt der Lernenden ein Gegenwartsbezug hergestellt werden kann. Die Bekanntheit ihres Namens wirft die Frage nach ihrer Geschichte auf und bietet so einen guten Einstieg.

¹<https://t1p.de/jsun> Stand: 07.10.2020

Des Weiteren kann das Thema sowohl aus der Perspektive der Widerständler als auch der Nationalsozialisten betrachtet werden. Mit der Wahl des Themas werden verschiedene Ziele verfolgt. Fachlich sollen die Schülerinnen und Schüler die Ziele des Widerstands kennen lernen. Währenddessen können verschiedene Kompetenzen trainiert werden. Dazu gehört die Arbeit mit Quellen, die aus einer bestimmten Perspektive geschrieben wurden. Zudem können die Lernenden anhand des Themas das Handeln von Menschen vor dem Hintergrund ihrer Wertevorstellungen und Rahmenbedingungen wahrnehmen und beurteilen.

TV

4.4 Anforderung an die Anwendungen

Aus den vorangegangenen Erkenntnissen und der verwendeten Technologien ergeben sich verschiedene Anforderungen an die Anwendung. Da diese Arbeit sich mit der Wissensvermittlung im schulischen Unterricht beschäftigt, liegt es nahe, dass die Anwendung zum Vermitteln von Informationen geeignet sein sollte. Dafür ist das Lenken der Aufmerksamkeit auf die Lerninhalte wichtig, aber auch, nicht zu viele Informationen für die vorgesehene Zeit einer Schulstunde anzubieten. Davon könnten Lernende überfordert, und nicht in der Lage sein, alle angebotenen Inhalte aufzunehmen. Bereits in Abschnitt 3.1 wurden Ziele und Kompetenzen geschildert, die im Geschichtsunterricht vermittelt werden sollen. Während der Planung der Anwendung sollte überprüft werden, welche der aufgeführten Kompetenzen gefördert werden können. Es ist des Weiteren sinnvoll, die Anwendung nicht allein stehend zu Verfügung zu stellen, sondern sie in den Geschichtsunterricht zu integrieren. Aus diesem Grund muss das Konzept die Möglichkeit der Vor- und Nachbereitung zulassen. Um im Rahmen einer Studie verwendet zu werden, müssen sowohl die Augmented als auch die Virtual Reality Anwendung den selben Lehrstoff behandeln und dem selben Anwendungsverlauf folgen. Damit nicht vom eigentlichen Lerninhalt abgelenkt wird, sollte die Steuerung einfach gehalten und intuitiv sein. Dies ermöglicht auch Lernenden, die bislang wenig oder gar nicht mit AR- und VR-Techniken in Berührung gekommen sind, eine unkomplizierte und motivierende Erfahrung. Trotzdem sollten den Lernenden mehrere Interaktionsmöglichkeiten zur Verfügung gestellt werden, um den Lernerfolg zu steigern und eine Erfahrung zu erzeugen, an der aktiv teilgenommen werden kann. Um ein hohes Gefühl der Immersion zu erzeugen, sollten Inhalte nicht nur visuell sondern auch auditiv dargestellt werden.

Betrachtet man die Grundsätze der Dialoggestaltung nach DIN EN ISO 9241-110², die Teil der Ergonomie von Mensch-System-Interaktion sind, lassen sich daraus weitere Anforderungen ableiten.

- Die Anwendung sollte Bedienfehler seitens der Schülerschaft tolerieren. Dies bedeutet, dass ein Bedienfehler weder zu einem Absturz führen, noch das Fortfahren unmöglich machen darf.
- Den Nutzenden sollte zu jeder Zeit klar sein, welche Interaktionsmöglichkeiten ihnen zur Verfügung stehen und wie sie diese nutzen können.

²<https://t1p.de/x87d> Stand: 09.10.2020

- Die Anwendung sollte nur Informationen anbieten, die für die Bearbeitung der Aufgabenstellung benötigt werden.
- Die Anwendung sollte den Nutzenden die Möglichkeit geben, die Erfahrung im eigenen Lerntempo zu erleben.

Auf Basis dieser Anforderungen wurde ein Anwendungsszenario entwickelt, das im Folgenden beschrieben wird.

TV

4.5 Anwendungsszenario

Die Anwendung wird im Geschichtsunterricht eingesetzt und ist in fünf Teile unterteilt. Zu Beginn erfolgt eine Einleitung, welche als Übergang vom Geschichtsunterricht in die Anwendung dient.

Darauf folgt die Wissensvermittlung, welche in drei Phasen unterteilt ist. In Phase 1 und 2 werden den Schülerinnen und Schülern in einer interaktiven Geschichte die Mitglieder der Widerstandsbewegung „Weiße Rose“ vorgestellt und deren Ziele vermittelt. In Phase 3 erfahren die Schülerinnen und Schüler, was mit einigen Mitgliedern nach ihrer Verhaftung geschehen ist.

Zusammen bilden diese drei Phasen eine Geschichte. Zuerst werden die Mitglieder der weißen Rose bei einem Gespräch ertappt und die lernende Person kann sich entscheiden, ob sie den Mitgliedern helfen, sie verraten oder nichts tun möchte. Im Anschluss muss die lernende Person ein Flugblatt vervielfältigen, indem dafür benötigte Werkzeuge und Gegenstände gesucht werden. Je nach der anfänglichen Entscheidung kann die Suche entweder als Hilfe oder Beweissuche interpretiert werden. Nachdem alle Gegenstände zusammengetragen wurden, erfahren die Lernenden, wie die letzte Flugblattaktion der Weißen Rose abgelaufen ist und welche Auswirkungen dies auf die Mitglieder hatte. Damit ist die Geschichte in der Anwendung abgeschlossen.

Im Anschluss kann die lernende Person die erlebte Geschichte als Zusammenfassung nachvollziehen. Nachdem die Anwendung beendet wurde, folgt wieder der reguläre Verlauf des Geschichtsunterrichts, welcher von der Lehrkraft organisiert und geleitet wird.

Im Folgenden werden die einzelnen Anwendungsabschnitte im Detail konzeptionell aufgearbeitet.

OZ

4.5.1 Einleitung

Wie in Abschnitt 3.1 bereits festgestellt, findet zu Beginn einer Unterrichtsstunde im Fach Geschichte ein kurzer Einstieg in das Thema statt. Da die Anwendung die Ziele der Weißen Rose behandelt, muss ein passender Einstieg gewählt werden. Dieser wird von der Lehrkraft organisiert. In diesem Zusammenhang wird zum ersten Mal die Aufgabenstellung erwähnt: „Finde heraus, welche Ziele die Widerstandsbewegung „Weiße Rose“ verfolgt hat und mit welchen Mitteln sie versucht hat, diese zu erreichen.“. Die Anwendung ist während des Einstiegs noch nicht aktiv und wird erst in der Erarbeitungsphase eingesetzt.

Vor dem Starten der Anwendung ist es zunächst wichtig, dass die Lernenden die Möglichkeit erhalten, die technischen Geräte und ihre Bedienung kennenzulernen. Es ist davon auszugehen, dass nicht alle Lernenden den gleichen technischen Kenntnisstand besitzen. Durch eine Einweisung in die Bedienung starten alle Lernenden mit der gleichen Voraussetzung und es wird vermieden, dass der Lernerfolg durch Schwierigkeiten mit der Bedienung gemindert wird. Die Einweisung unterscheidet sich aufgrund der eingesetzten Hardware und wird in Kapitel 5 bei jeder Technologie näher beschrieben. Nach der Einweisung erfolgt der Start der Anwendung. Hier wird nochmal die Aufgabenstellung angezeigt und in Erinnerung gerufen. Danach folgt Phase 1.

OZ

4.5.2 Phase 1

Mit Phase 1 beginnt die erzählte Geschichte, über welche das Wissen vermittelt werden soll. Die Geschichte beginnt zunächst mit einem Gespräch zwischen der lernenden Person und den „Weiße Rose“-Mitgliedern Hans Scholl und Alexander Schmorell. Über vordefinierte Antworten kann die Richtung des Gesprächs aktiv beeinflusst werden. Die Dialoge sind komplett vertont und damit sich das Gespräch intuitiv und realistisch anfühlt, werden die Mitglieder zusätzlich auch visuell dargestellt. Dazu werden 3D-Modelle, die dem Abbild von Hans Scholl und Alexander Schmorell nachempfunden sind, im Blickfeld angezeigt. Das Gespräch ist in Einleitung, Hauptteil und Ende unterteilt.

Die Einleitung des Gesprächs beginnt damit, dass die Lernenden beide Mitglieder bei einer Unterhaltung über verschiedene Materialien ertappen.

Hans Scholl: „Sophie wollte gerade neues Papier holen gehen. Hast du noch Briefmarken bekommen, Alex?“

Alexander Schmorell: „Ja, Hans. Ich habe hier noch ein paar Briefmarken.“

Das Gespräch wird an dieser Stelle unterbrochen, da die Mitglieder merken, dass eine weitere Person, in diesem Fall die lernende Person, den bisherigen Dialog mitverfolgt hat. Ab jetzt beginnt ein interaktives Gespräch, bei dem die lernende Person vorgegebene Antworten auswählen und das Gespräch damit beeinflussen kann. Als Antwort auf die Aussagen von Hans und Alexander ist hierbei „Was macht ihr denn hier?“ möglich. Darauf folgt eine Antwort von Hans, in der er versucht, die Situation in Form einer Ausrede zu erklären.

Hans Scholl: „Wir... müssen noch einen Aufsatz fertig machen.“

Die lernende Person hat nun folgende Antwortmöglichkeiten:

- „Und dafür braucht ihr 200 Briefmarken?“
- „Und den schreibt ihr zusammen?“
- „Und dafür braucht ihr so viel Papier?“

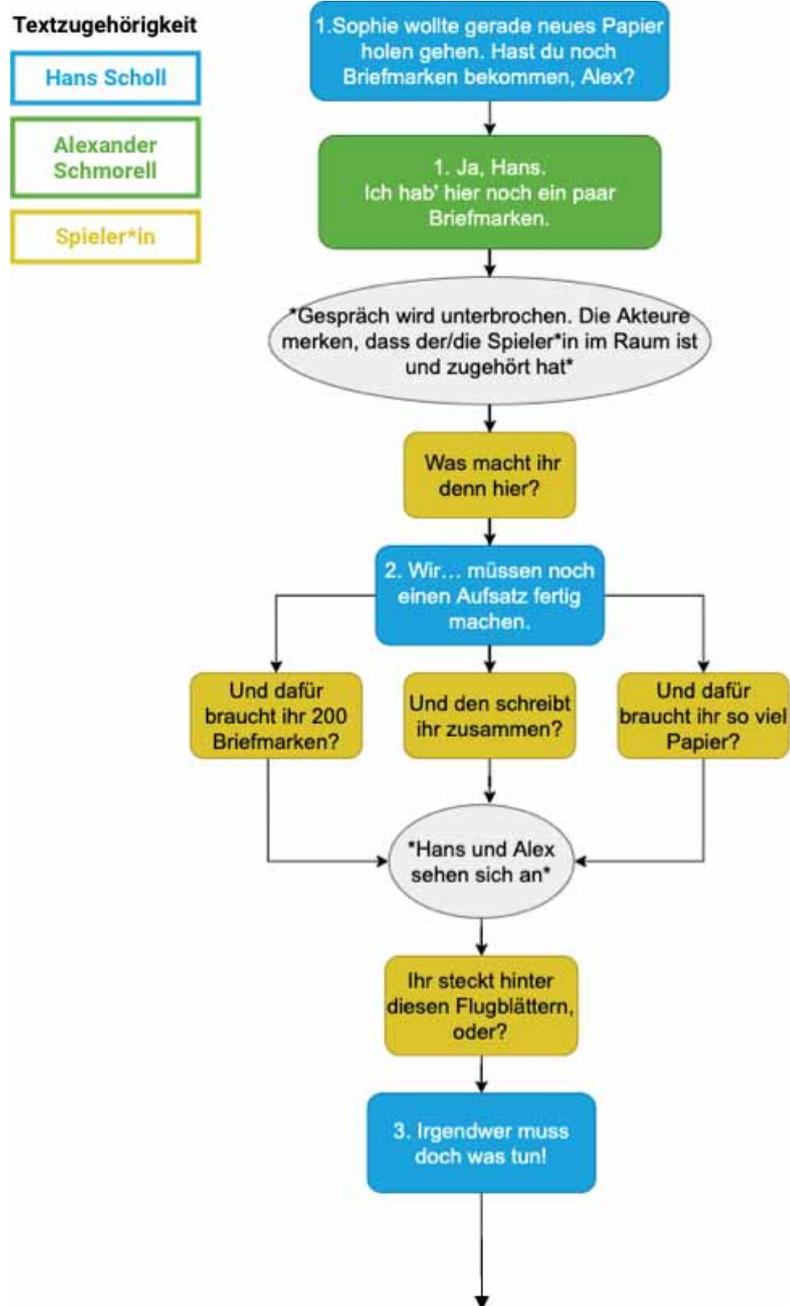


Abbildung 4.2: Darstellung des ersten Dialogbaums für die Einleitung in das interaktive Gespräch.
TV,OZ

Obwohl diese Antworten der lernenden Person ein Gefühl von Entscheidungsfreiheit geben sollen, beeinflusst die Wahl den Verlauf des weiteren Gesprächs noch nicht (siehe Abbildung 4.2).

Im Folgenden fühlen sich Hans und Alexander ertappt. Beide schauen sich nur an und schweigen. Die Schülerin oder der Schüler antwortet darauf: *„Ihr steckt hinter diesen Flugblättern, oder?“*. Ab diesem Moment sprechen die Mitglieder offen über ihr Vorhaben Flugblätter herzustellen und zu verteilen.

Hans Scholl: „Irgendwer muss doch was tun!“

Nun beginnt der Hauptteil des interaktiven Gesprächs, bei dem die lernende Person aktiv mit den Mitgliedern diskutieren kann und die ausgewählten Antworten das Gespräch beeinflussen. Mit der Interaktion wird ein Eintauchen in die Situation ermöglicht und die Immersion gestärkt. In diesem Teil des Gesprächs begründen die Mitglieder ihre Widerstandsbewegung und nennen Ziele, welche sie erreichen wollen. Die Aussagen der Mitglieder wurden auf Grundlage der von der Weißen Rose veröffentlichten Flugblätter³, dem Buch „Die Weiße Rose“ [Geb17] und des Films „Die weiße Rose“⁴ erstellt. Ein Ziel der Widerstandsbewegung ist die Offenbarung der Taten des NS-Regimes. Viele Menschen wussten zur damaligen Zeit nicht, was mit den Juden in den Konzentrationslagern geschehen ist. Durch die Flugblätter sollten die Bürgerinnen und Bürger Mut finden, um offen über diese Taten zu sprechen. Weiterhin wollten die Mitglieder mit ihren Flugblättern verdeutlichen, dass das Recht auf freie Selbstbestimmung und Meinungsäußerung durch das NS-Regime gefährdet war. Aus diesen Gründen sollten die Bürgerinnen und Bürger zum Widerstand bewegt werden. In dem Gespräch erläutern die Widerstandsmitglieder ihre Ziele anhand folgender Aussagen:

Hans Scholl: „Siehst du die Gewaltverbrechen nicht, die sie im Namen des deutschen Volkes begehen? Die Schuld wird für immer an uns kleben.“

Hans Scholl: „Wenn sie wissen, dass sie nicht allein sind, leisten sie vielleicht mit uns Widerstand gegen das tyrannische System, wenigstens passiv.“

Hans Scholl: „Deutschland kann den Krieg nicht mehr gewinnen!“

Alexander Schmorell: „Wenn alle in Angst erstarren, dann wird das deutsche Volk in den Abgrund geführt!“

Alexander Schmorell: „Die Leute reden dann darüber. Über das was in den Konzentrationslagern in Polen passiert. Viele wissen das nicht.“

Alexander Schmorell: „Dann wird die Schuld der Gewaltverbrechen trotzdem für immer an uns haften.“

Alexander Schmorell: „Es gibt viele, die damit nicht einverstanden sind, doch sie denken, sie stehen allein.“

³<https://t1p.de/3u5z> Stand: 08.10.2020

⁴Verhoeven, Michael (1982): Die weiße Rose [Film]

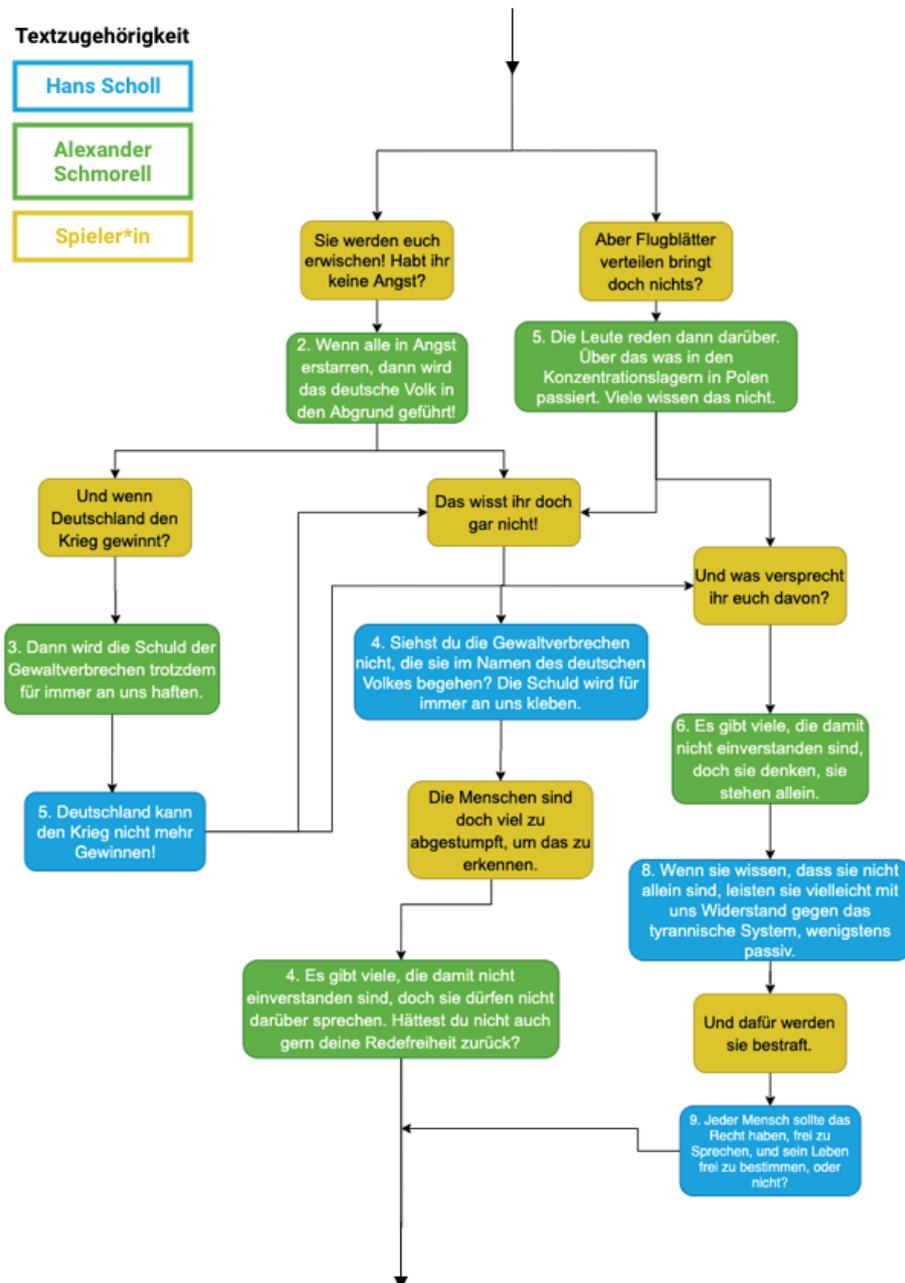


Abbildung 4.3: Darstellung des zweiten Dialogbaums für den Hauptteil des interaktiven Gesprächs
TV,OZ

Auf jede Aussage der Mitglieder kann die lernende Person bis zu drei Antworten auswählen (siehe Abbildung 4.3). Die Antworten der lernenden Person sind kritisch gehalten, damit die Mitglieder ihre Beweggründe und Ziele erläutern können. Dadurch wird das Gespräch, trotz

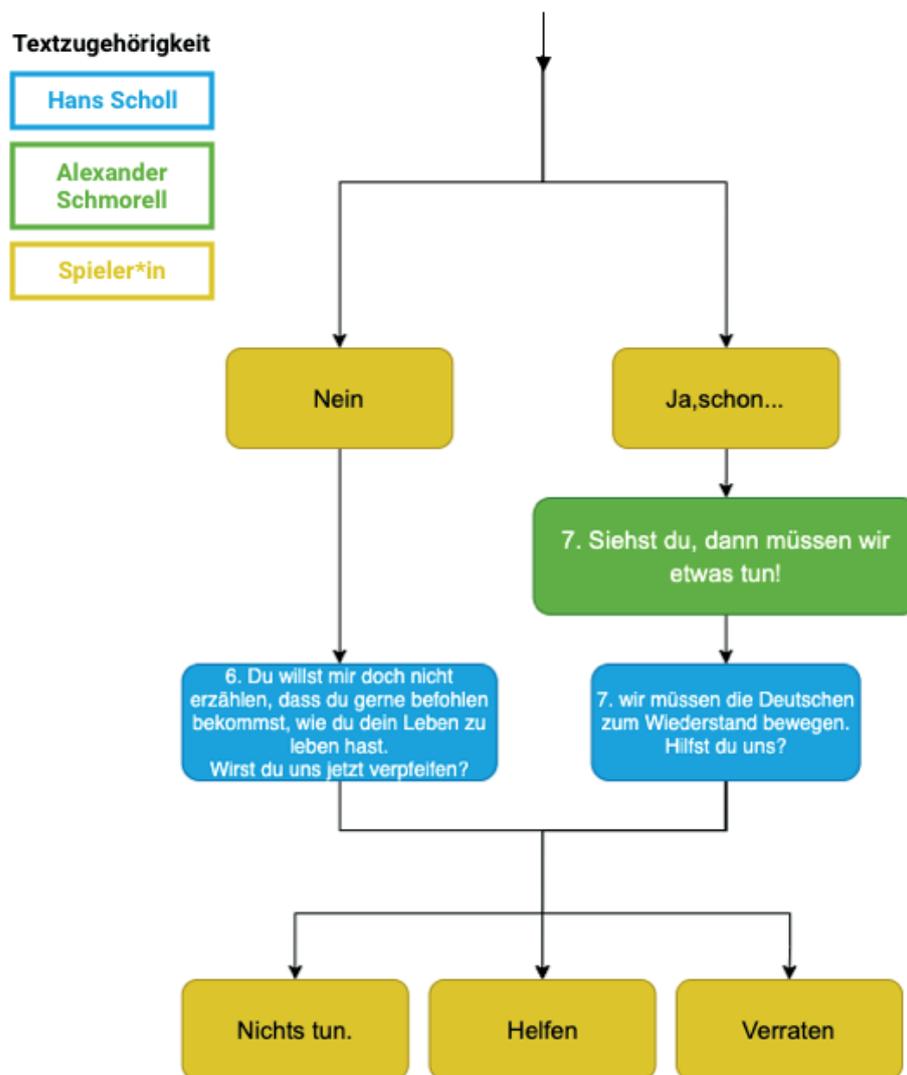


Abbildung 4.4: Darstellung des dritten Dialogbaums für den Abschluss des interaktiven Gesprächs
TV,OZ

der Entscheidungsfreiheit der lernenden Person, gezielt gelenkt. Nachdem Gespräch über Gründe und Ziele folgt der Gesprächsteil, bei dem die lernende Person eine Entscheidung treffen muss. Das Ende des Gesprächs wird mit der Frage eingeleitet, ob die lernende Person ihre Redefreiheit zurückerlangen möchte.

Hans Scholl: „Jeder Mensch sollte das Recht haben frei zu sprechen und sein Leben frei zu bestimmen, oder nicht?“

Alexander Schmorell: „Es gibt viele, die damit nicht einverstanden sind, doch sie dürfen nicht darüber sprechen. Hättest du nicht auch gern deine Redefreiheit zurück?“

Die lernende Person kann hier mit „Nein“ oder „Ja, schon...“ antworten. Danach folgen wenige Aussagen beider Mitglieder und die lernende Person wird gefragt, ob sie die Mitglieder verraten, ihnen helfen oder nichts tun möchte (siehe Abbildung 4.4). Durch das Gespräch und die Entscheidung, ob sie den Mitgliedern helfen oder sie verraten möchten, sollen die Schülerinnen und Schüler motiviert werden, sich eine eigene Meinung zu bilden und das Handeln der Mitglieder wahrzunehmen sowie sachlich zu beurteilen. Nachdem eine Entscheidung getroffen wurde, wird diese Phase beendet und die nächste Phase startet.

OZ

4.5.3 Phase 2

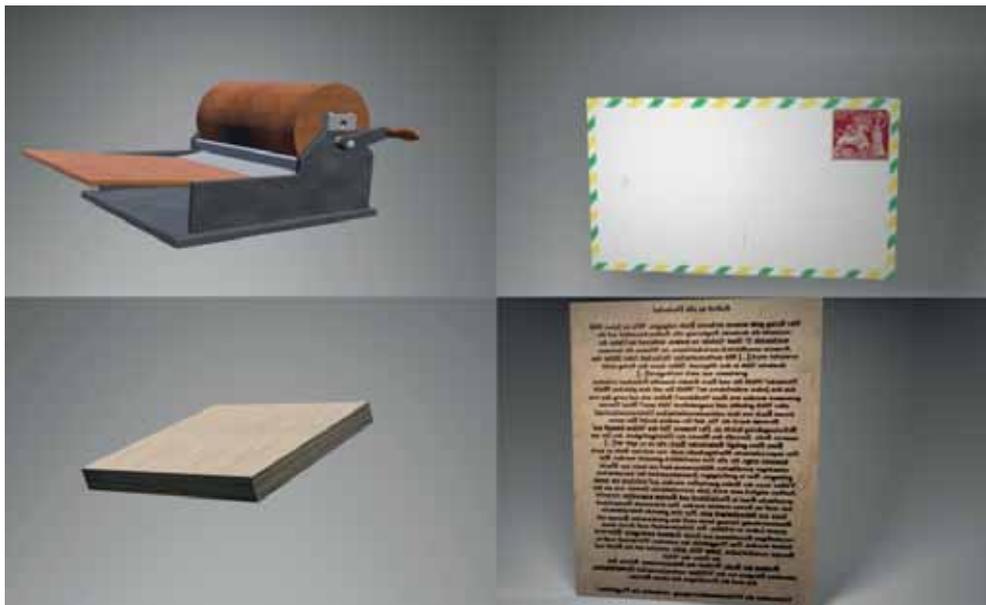


Abbildung 4.5: Die vier Suchgegenstände: Hektografie-Gerät (oben links), Umschlag mit Briefmarke (oben rechts), Papier (unten links) und die Druckvorlage (unten rechts)
TV,OZ

In Phase 2 müssen Gegenstände gesucht werden, welche die Mitglieder zur Vervielfältigung und Versendung von Flugblättern verwendet haben. Die Suche dient in erster Linie als Übergang zum fünften Flugblatt der Widerstandsbewegung, welches die Lernenden am Ende dieser Phase kennenlernen. Zu den zu suchenden Gegenständen zählen ein Hektografie-Gerät, Briefmarken und Umschläge, Papier und eine Druckvorlage. Damit diese für die Lernenden

greifbar und realistisch sind, werden 3D-Modelle eingesetzt (siehe Abbildung 4.5). Zu jedem Gegenstand gibt es einen kurzen informativen Text, der beim Finden des jeweiligen Gegenstandes angezeigt wird. Die Informationen für diese Texte wurden aus dem Hektografie-Artikel von Wikipedia⁵ und Inhalten einer Ausstellung der Weiße Rose Stiftung e.V.⁶ bezogen.

Hektografiegerät	Für das Erstellen von Kopien wurden zu Beginn des 20. Jahrhunderts sogenannte Hektografiegeräte benutzt. Auf die Walze des Hektografiegeräts wird eine spiegelverkehrte Vorlage aufgespannt und wenn Papier in Kontakt mit der Vorlage kommt, bildet sich ein Abdruck davon. So konnten schnell Kopien erstellt werden. Um einen solchen Apparat zu kaufen, musste man einen Bezugsschein besitzen.
Briefmarken	Die Flugblätter wurden nicht nur verteilt, sondern auch per Post verschickt. Dafür wurden viele Umschläge und Briefmarken benötigt. Wenn eine Person viele Briefmarken beim Postamt kaufen wollte, dann machte sie sich verdächtig.
Papier	Um möglichst viele Flugblätter zu erstellen, wurde dementsprechend viel Papier benötigt. Durch den zweiten Weltkrieg waren sowohl Papier als auch Briefmarken sehr knapp und wurden pro Person stark rationiert.
Druckvorlage	Die Druckvorlage ist horizontal spiegelverkehrt und besteht aus einem speziellen Material, das Tinte aufnehmen kann. Je nach Art der Vorlage und des Geräts konnten damals bis zu wenige hundert Kopien erstellt werden, bevor die Vorlage erneuert werden musste.

Wenn alle Gegenstände gefunden wurden, müssen diese kombiniert werden, um Flugblätter zu drucken. Dabei muss die Vorlage in das Hektografiegerät integriert und das Papier eingelegt werden. Um die Immersion zu verstärken, werden Animationen des Druckvorgangs abgespielt. Daraufhin wird das fünfte Flugblatt gedruckt, das die Lernenden lesen und anhören können.

In einer Studie von 2002 haben Forschende herausgefunden, dass textbasierte Informationen, bestehend aus visueller und auditiver Darstellung, besser verarbeitet werden als solche, die nur visuell präsentiert werden [MM02]. Der Pädagogik-Wissenschaftler Timothy Rasinski hat zudem herausgefunden, dass durch gleichzeitiges Lesen und Zuhören Wissen genauso gut gespeichert werden kann wie durch mehrmaliges Lesen [Ras90].

Der Inhalt des fünften Flugblattes wird für die Lernenden in gekürzter Fassung dargestellt. Diese Fassung wurde aus Schulliteratur übernommen [Hof60].

⁵<https://de.wikipedia.org/wiki/Hektografie> Stand: 08.10.2020

⁶<https://t1p.de/6jwk> Stand: 08.10.2020

„Aufruf an alle Deutsche!

Der Krieg geht seinem sicheren Ende entgegen. Wie im Jahre 1918 versucht die deutsche Regierung alle Aufmerksamkeit auf die wachsende U-Boot-Gefahr zu lenken, während im Osten die Armeen unaufhörlich zurückströmen, im Westen die Invasion erwartet wird.[...] Mit mathematischer Sicherheit führt Hitler das deutsche Volk in den Abgrund. Hitler kann den Krieg nicht gewinnen, nur noch verlängern! [...]

Deutsche! Wollt Ihr und Eure Kinder dasselbe Schicksal erleiden, das den Juden widerfahren ist? Wollt Ihr mit dem gleichen Maße gemessen werden wie Eure Verführer? Sollen wir auf ewig das von aller Welt gehaßte und ausgestoßene Volk sein? Nein! Darum trennt Euch von dem nationalsozialistischen Untermenschentum! Beweist durch die Tat, daß Ihr anders denkt! Ein neuer Befreiungskrieg bricht an. Der bessere Teil des Volkes kämpft auf unserer Seite. Zerreißt den Mantel der Gleichgültigkeit, den Ihr um Euer Herz gelegt! Entscheidet Euch, ehe es zu spät ist! [...]

Der imperialistische Machtgedanke muß, von welcher Seite er auch kommen möge, für alle Zeit unschädlich gemacht werden. Ein einseitiger preußischer Militarismus darf nie mehr zur Macht gelangen. Nur in großzügiger Zusammenarbeit der europäischen Völker kann der Boden geschaffen werden, auf welchem ein neuer Aufbau möglich sein wird. Jede zentralistische Gewalt, wie sie der preußische Staat in Deutschland und Europa auszuüben versucht hat, muß im Keime erstickt werden. Das kommende Deutschland kann nur föderalistisch sein. Nur eine gesunde föderalistische Staatenordnung vermag heute noch das geschwächte Europa mit neuem Leben zu erfüllen. Die Arbeiterschaft muß durch einen vernünftigen Sozialismus aus ihrem Zustand niedrigster Sklaverei befreit werden. Das Truggebilde der autarken Wirtschaft muß in Europa verschwinden. Jedes Volk, jeder einzelne hat ein Recht auf die Güter der Welt! [...]" (Zit. n. [Hof60], S. 327f)

Um die Ziele und Motivationen der Widerstandsbewegung zu verdeutlichen, wurde der letzte Absatz des Flugblattes, der in der gekürzten Fassung nicht vorhanden ist, ergänzt.

„Freiheit der Rede, Freiheit des Bekenntnisses, Schutz des einzelnen Bürgers vor der Willkür verbrecherischer Gewaltstaaten, das sind die Grundlagen des neuen Europa.

Unterstützt die Widerstandsbewegung, verbreitet die Flugblätter!" (Zit. n. Bundeszentrale für Politische Bildung⁷)

Nachdem das Flugblatt gelesen wurde, müssen die Lernenden die gefunden Briefmarken mit den gedruckten Flugblättern kombinieren, um diese für das Versenden vorzubereiten. Mit dieser Handlung wird Phase 2 abgeschlossen und die letzte Phase eingeleitet.

⁷<https://t1p.de/oiv3> Stand: 08.10.2020

4.5.4 Phase 3

Mit Phase 3 wird die erzählte Geschichte abgeschlossen. In dieser Phase erfahren die Lernenden, wie die Mitglieder der Weißen Rose entdeckt wurden und was danach geschehen ist. Hans und Sophie Scholl waren 1943 in der Ludwigs-Maximilian-Universität in München und haben dort die Flugblätter ihrer Widerstandsbewegung verteilt. Zu einer bekannten Szene aus dem Film zählt das Herunterfallen der Flugblätter im Lichthof der Ludwig-Maximilians-Universität. Beide wurden von dem damaligen Hausmeister entdeckt und verhaftet. Einige Tage später wurden Hans und Sophie sowie ihr Freund Christoph Probst zum Tode verurteilt und hingerichtet [Geb17]. Die letzte Phase der Lernanwendung findet im Lichthof der Universität München statt und wird durch auditive Eindrücke eingeleitet. Zunächst sind Schritte in einem Gang und das Verteilen von Papier zu hören. Kurze Zeit später erscheinen fallende Flugblätter um die Lernenden herum. In einer nachfolgenden Sequenz ist zu hören, wie jemand entdeckt und verhaftet wird. Um den Lernenden den Ausgang dieser Verhaftung zu vermitteln, wird danach ein Zeitungsartikel aus der ehemaligen Zeitung „Münchner Neueste Nachrichten“ vom 23.02.1943 angezeigt. Wie schon zuvor, wird der Zeitungsartikel sowohl visuell als auch auditiv dargestellt.

„Todesurteile wegen Vorbereitung zum Hochverrat LPM. Der Volksgerichtshof verurteilte am 22. Februar 1943 im Schwurgerichtssaal des Justizpalastes den 24 Jahre alten Hans Scholl, die 21 Jahre alte Sophie Scholl, beide aus München, und den 23 Jahre alten Christoph Probst, aus Aldrans bei Innsbruck, wegen Vorbereitung zum Hochverrat und wegen Feindbegünstigung zum Tode und zum Verlust der bürgerlichen Ehrenrechte. Das Urteil wurde am gleichen Tage vollstreckt. Die Verurteilten hatten sich als charakteristische Einzelgänger durch Beschmieren von Häusern mit staatsfeindlichen Aufforderungen und durch Verbreitung hochverräterischer Flugschriften an der Wehrkraft und den Widerstandsgeist des deutschen Volkes in schamloser Weise vergangen. Angesichts des heroischen Kampfes des deutschen Volkes verdienen derartige verworfene Subjekte nichts anderes als den raschen und ehrlosen Tod.“ ([Ben17] Zit. n. [Münc43])

Neben dem Schicksal der Mitglieder wird durch den Zeitungsartikel vermittelt, dass die Widerstandsbewegung nicht nur Flugblätter verteilt, sondern auch Gebäude mit Parolen beschriftet hat. Zudem ermöglicht der Zeitungsartikel die Sicht auf eine historische Quelle aus der Perspektive von Nationalsozialisten.

OZ

4.5.5 Notizen

Die Notizen enthalten eine Zusammenfassung des in der Anwendung vermittelten Wissens und dienen zur Festigung des Erlernten. Die Notizen enthalten eine textbasierte Aufzeichnung des interaktiven Gesprächs, die Suchgegenstände sowie das fünfte Flugblatt und den Zeitungsartikel. Nach dem erstmaligen Abschluss der Geschichte können die Notizen jederzeit abgerufen werden und stehen damit als Material für den weiteren Verlauf des Geschichtsunterrichts zur Verfügung.

OZ

4.6 Zusammenfassung

Die Anwendung wird für Lernende der gymnasialen Oberstufe konzipiert. Das schulische Umfeld erleichtert das Finden von bedingungsgleichen Testgruppen für eine objektive Vergleichsstudie. Schülerinnen und Schüler in dieser Zielgruppe sind zwischen 17 und 20 Jahre alt und ihre Lebenswelt ist von neuen Medien geprägt. Sie kennen sich mit vielen technischen Möglichkeiten aus und sind gewohnt, dass die Angebote unkompliziert und einfach zu erlernen sind. Die Anwendung behandelt die Widerstandsbewegung Weiße Rose. Dieses Thema gliedert sich im Lehrplan in den Bereich „Zwischen Demokratie und Diktatur, Weimarer Republik und Nationalsozialismus“ ein. Das Thema eignet sich für die Umsetzung mit immersiven Medien, da man in die Lebenswelt der Widerständler eintauchen kann. Des Weiteren kann man daran verschiedene Ziele des Geschichtsunterrichts fördern, darunter das Erkennen und Verstehen verschiedener Perspektiven und das Wahrnehmen des Handelns von Menschen vor dem Hintergrund ihrer Wertevorstellungen. Aus der Zielgruppe, dem Thema und der verwendeten Technologie ergeben sich verschiedene Anforderungen. Die Anwendung soll geeignet sein, um Wissen und Kompetenzen des Geschichtsunterrichts zu vermitteln. Zu diesem Zweck sollte nicht zu viel Information untergebracht werden. Für die spätere Verwendung sollte außerdem das Erlebte zusammengefasst angeboten werden. Die Bedienung der Anwendung sollte leicht zu erlernen sein, um das Lernen nicht zu erschweren. Dazu gehört auch, dass sie eine Fehlbedienung toleriert.

Die Anwendung wird in den üblichen Ablauf einer Unterrichtsstunde eingebaut und besteht selbst aus einer Einleitung, einer Geschichte in drei Phasen und Notizen. Die Einleitung beinhaltet die Aufgabenstellung. In der ersten Phase nehmen die Lernenden an einem Gespräch mit zwei Mitgliedern der Weißen Rose, Hans Scholl und Alexander Schmorell, teil und erfahren dabei deren Beweggründe und Ziele für den Widerstand. In Phase 2 lernen die Schülerinnen und Schüler den Vorgang des Druckens mit Hilfe eines Hektrografiegerätes kennen. Dieser Prozess dient der Überleitung zum fünften Flugblatt der Weißen Rose, welches die Lernenden am Ende dieses Abschnitts erhalten. Das Flugblatt wird sowohl visuell als auch auditiv präsentiert. Die dritte Phase dient dem Abschluss der Geschichte. In ihr erfahren die Lernenden, was mit einigen Mitgliedern der Weißen Rose nach einer Flugblattaktion passierte. Dazu erhalten sie eine Quelle, die aus der Perspektive der Nationalsozialisten verfasst wurde. Dabei handelt es sich um einen Zeitungsartikel, der von der Hinrichtung einiger Mitglieder des Widerstands berichtet. Die Lernenden haben die Möglichkeit, das Erlebte in Form von Notizen noch einmal in Erinnerung zu rufen und diese als Lernmaterial zu verwenden.

Im folgenden Kapitel wird beschrieben, wie dieses allgemeine Konzept für die Verwendung mit AR- und VR-Technologien adaptiert wurde.

TV

Kapitel 5

Konzepterarbeitung für AR und VR

Auf Basis der allgemeinen Anwendungskonzeption und der analysierten Anforderungen werden in diesem Kapitel die beiden Konzeptadaptionen für Augmented und Virtual Reality erläutert. Für beide Technologien werden zunächst Interaktionskonzepte erarbeitet. Eine wichtige Rolle spielen hierbei die Wahl der Hardware und die Art, wie Immersion in der jeweiligen Anwendung erzeugt wird. Für beide Technologien werden zudem Anwendungsverläufe erläutert. Anschließend werden beide Konzepte miteinander verglichen.

OZ

5.1 Konzeptadaption für Augmented Reality

5.1.1 Interaktionskonzept

Eine Eigenschaft von Augmented Reality ist die Einbindung der Umgebung. Im AR-Konzept wird Augmented Reality eingesetzt, um geschichtliche Informationen in den Klassenraum zu integrieren und die Umgebung von Schülerinnen und Schülern in einen Ort zum Entdecken zu verwandeln. Wie in Kapitel 2.1.1 beschrieben, erweitert Augmented Reality die Umgebung von Nutzerinnen und Nutzern, indem, mithilfe von Hardware virtuelle Informationen eingeblendet oder eingespielt werden. Als mögliche Hardware bieten sich Head-Mounted-Displays oder Smartphones an. Auf den Einsatz von räumlichem Augmented Reality (siehe Kapitel 2.1.1 Definition AR) wurde in der AR-Konzeptadaption verzichtet, da ein solches System aufgrund der drei Phasen des Konzeptes viel Raum in einem Klassenzimmer einnehmen müsste und der Aufbau dementsprechend aufwendig für die einmalige Nutzung im Geschichtsunterricht wäre. Mit einem mobilen System könnte der Einsatz spontan und ohne großen Aufwand erfolgen. In der Konzeptadaption für Augmented Reality wird als Hardware ein Smartphone verwendet. Die Interaktion bei Smartphones erfolgt über eine grafische Benutzungsoberfläche, welche auf einem Touch-Display angezeigt wird. Dadurch, dass Schülerinnen und Schüler bereits viel Erfahrung mit Smartphones und Smartphoneanwendungen haben, muss die Bedienung von Interaktionselementen in der grafischen Benutzungsoberfläche nicht erlernt werden. Voraussetzung dafür ist, dass die Interaktionsmöglichkeiten bedienungsfreundlich und einheitlich gestaltet sind. Weiterhin wird die Interaktion mit AR-



Abbildung 5.1: Das Arbeitsblatt dient als Marker für alle Phasen in der AR-Anwendung und enthält die Aufgabenstellung.
OZ

Inhalten über Sensoren ermöglicht. Die verbaute Kamera des Smartphones scannt Marker und blendet dadurch verschiedene Elemente im Display ein.

In der Anwendung gibt es verschiedene Einsätze von Markern. Zum einen fungiert die Vorderseite eines Arbeitsblatts (siehe Abbildung 5.1), welches lediglich die Aufgabenstellung aufweist, als Marker zur Positionsbestimmung für alle drei Phasen in der Anwendung. In Phase 3 verwandelt sich das Arbeitsblatt zudem in den Zeitungsartikel. Es dient somit nicht nur in physischer Form für die Aufgabenstellung, sondern ist ein wandelbares Objekt, welches in der Anwendung mit digitalen Informationen angereichert wird. Zusätzlich ist es auch ein Orientierungspunkt für andere Schülerinnen und Schüler. In Phase 1 wird das Arbeitsblatt genutzt, um die Position der Charaktere Hans Scholl und Alexander Schmorell für das interaktive Gespräch zu bestimmen. Alle Lernenden erhalten das gleiche Arbeitsblatt und können sich einen Ort suchen, an dem das Gespräch stattfinden kann. Andere Lernende können somit sehen, dass an diesem Ort die Anwendung genutzt wird und können einen

anderen Ort für die Nutzung der Anwendung wählen. Dadurch kann verhindert werden, dass Lernende sich während der Nutzung der Anwendung gegenseitig im Weg stehen. Falls wenig Raum für alle Lernenden zur Verfügung steht, kann ein Arbeitsblatt in dieser Phase von mehreren Lernenden gleichzeitig benutzt werden.

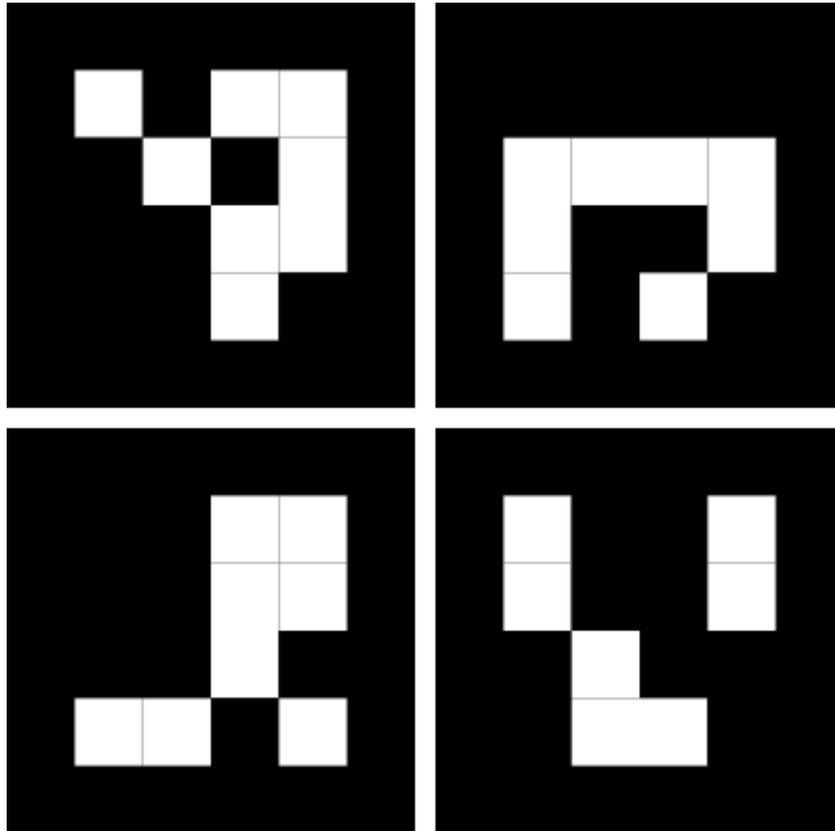


Abbildung 5.2: Diese vier Marker werden für die Darstellung der Gegenstände in Phase 2 genutzt. Es kann ein Stapel Papier (links oben), ein Hektografie-Gerät (rechts oben), ein Umschlag mit Briefmarke (links unten) und eine Druckvorlage des 5. Flugblatts der Weißen Rose (rechts unten) gefunden werden. Die Marker wurden mit Hilfe des Markergenerators für das AR-Framework ArUco erstellt (<https://chev.me/arucogen/> Stand: 02.08.2020). OZ

Zum anderen gibt es in der zweiten Phase vier Marker (siehe Abbildung 5.2), die jeweils einen zu findenden Gegenstand repräsentieren. Die Marker müssen im Klassenraum einfach zu finden sein, damit Lernende nicht zu viel Zeit beim Suchen verbringen und den Spaß an der Anwendung verlieren. Ein langes Suchen der Marker würde sich nachteilig auf die Motivation und den Lernerfolg auswirken. Zudem sollte die Optik der Marker kein Hinweis auf die Gegenstände geben, sodass die Lernenden erst durch das Scannen erkennen, um welchen Gegenstand es sich handelt. Aus diesem Grund wurden keine Bilder der zu findenden Gegenstände oder QR-Codes, die auch von anderen Smartphone-Anwendungen gelesen

werden können, ausgewählt. Die AR-Marker wurden mit einem Online Generator für das AR-Framework ArUco¹ erstellt. Auch wenn das zugehörige Framework in der AR-Anwendung nicht verwendet wird, können die Marker trotzdem über ein Image-Tracking erfasst und verarbeitet werden. Bei dieser Art von Markern gibt es markante Merkmale, durch welche sich die Marker unterscheiden. Dadurch wird eine große Ähnlichkeit vermieden, durch welche das Tracking-System beispielsweise bei zwei Markern denselben Gegenstand anzeigen würde.

Das Scannen der Marker ist einem mentalen Modell nachempfunden. Ein mentales Modell beschreibt Denkstrukturen von Nutzerinnen und Nutzern, die mit Erfahrungen oder Wissen verknüpft sind. Dadurch werden bei Anwendungen Interaktionen ermöglicht, die es Nutzerinnen und Nutzern erlauben, die Anwendung ohne Einarbeitung zu nutzen [JMP19] [You08]. In der AR-Anwendung verwandelt sich das Smartphone in einen Gegenstand, welcher Informationen in der Umgebung entschlüsselt. Die Informationen sind in diesem Fall in den Markern versteckt und ohne die AR-Anwendung können diese nicht entschlüsselt werden. Eine ähnliche Interaktion bieten Apps, mit denen QR-Codes oder Barcodes, beispielsweise auf Produkten im Supermarkt, gescannt werden können, um somit weitere Informationen zum Produkt zu erhalten. Weiterhin gibt es auch Ähnlichkeiten zu einer Lupe. Das Smartphone muss nah an den Marker gehalten werden, damit erkannt werden kann, was sich hinter dem Marker verbirgt. Lernende nehmen die Rolle einer entdeckenden Person ein und finden somit neue Informationen in ihrer Umgebung. Durch das Suchen von Markern soll zudem Abwechslung in Form von Bewegung in den Unterricht eingebracht werden.

Auch die grafische Benutzungsoberfläche bedient sich an mentalen Modellen. Durch Buttons wird die Navigation in der Anwendung ermöglicht. Diese Interaktionsmöglichkeit ist in grafischen Benutzungsoberflächen üblich und lehnt an die Bedienung eines Knopfes oder einer Taste bei elektronischen Geräten an. Alle Buttons in der gesamten AR-Anwendung sind konsequent einheitlich gestaltet und funktionieren immer gleich. Diese Gestaltung erfüllt die „Erwartungskonformität“ aus den Grundsätzen der Dialoggestaltung. Die Erwartungskonformität beschreibt Erwartungen von Nutzenden an die Gestaltung von Interaktionselementen. Diese sollten einheitlich und konsistent in der gesamten Anwendung gestaltet sein. In der AR-Anwendung zeigt jeder Button durch Text oder Bild, welche Funktion er erfüllt. Die Nutzenden wissen somit immer, wie ein Button aussieht und welchen Nutzen dieser hat.

In der AR-Anwendung wird eine aktionale Immersion erzeugt. Bei einer aktionalen Immersion handelt es sich um das Hineinversetzen in eine Situation und das Ausführen von Handlungen, die in der echten Welt nicht möglich sind. Das Konzentrationslevel der Person, welche die Immersion erlebt, ist dadurch hoch und die Aufmerksamkeit ist fokussiert [Ded09] [LDHR17]. Eine solche aktionale Immersion soll durch das interaktive Gespräch mit Hans Scholl und Alexander Schmorell und durch das Drucken der Flugblätter erreicht werden.

Um die Immersion zu verstärken, werden die in die Umgebung eingeblendeten AR-Elemente dreidimensional und realitätsnah dargestellt. Für die Charaktere Hans und Alexander werden 3D-Modelle eingesetzt, die ungefähr so groß sind wie die Lernenden selbst. Das ermöglicht ein Gespräch auf Augenhöhe. Zudem sind beide Charaktere von männlichen

¹<https://chev.me/arucogen/> Stand: 02.08.2020

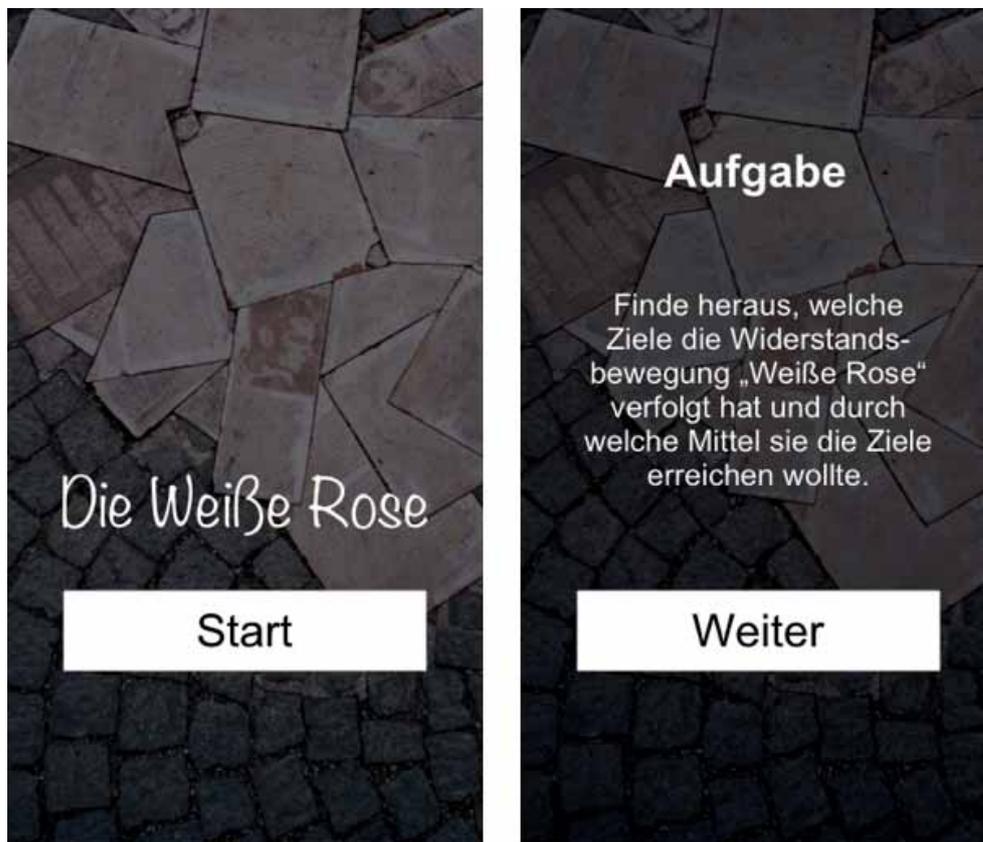


Abbildung 5.3: Der Startscreen, wenn die AR-Anwendung das erste mal geöffnet wurde (links). Nach dem Startscreen folgt ein Screen, der die Aufgabenstellung zeigt (rechts).
OZ

Sprechern synchronisiert worden, wodurch das Gespräch zusätzlich realistischer wirkt. Auch die Suchgegenstände in Phase 2 werden als 3D-Modelle und in Originalgröße dargestellt, damit sie so realistisch wie möglich erscheinen. Die Gegenstände in der Anwendung, wie z.B. das Hektografiergerät, sind durch zeitgetreue Modelle abgebildet, was den Lernenden zusätzlich das Gefühl gibt, sich in einer Situation in der Vergangenheit zu befinden.

OZ

5.1.2 Anwendungsverlauf

Nachdem die Anwendung auf dem Smartphone gestartet wurde, erscheint zuerst ein Startscreen. Dieser dient als Einführung in die Anwendung. Wird diese das erste Mal geöffnet, dann ist auf dem Startscreen nur der Titel der Anwendung und ein Start-Button zu finden (siehe Abbildung 5.3). Die Gestaltung der Benutzungsoberfläche ist minimalistisch gehalten und orientiert sich am Material Design² von Google. Als thematisch passender Hintergrund

²<https://material.io/design> Stand: 18.10.2020

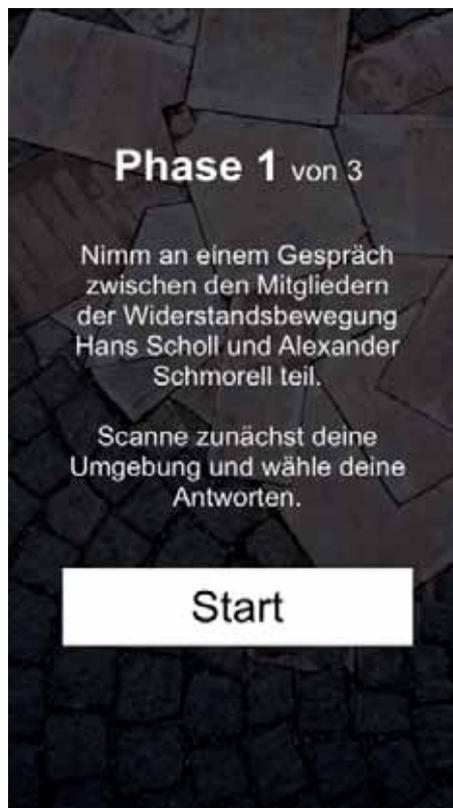


Abbildung 5.4: Einleitungsscreen am Beispiel von Phase 1. In diesem Screen gibt es einen Hinweis auf den Inhalt der Phase und wie allgemein mit dem Inhalt interagiert werden kann. OZ

wurde ein Foto³ eines Denkmals für die Weiße Rose gewählt. Damit die Schrift und die Texte auf der Benutzungsoberfläche lesbar sind, wurde der Hintergrund abgedunkelt und Texte werden in weißer Schriftfarbe dargestellt. Beim Drücken auf Start erscheint ein Screen, auf dem die Aufgabe eingeblendet wird. Dieser dient als zusätzliche Erinnerung an die Aufgabenstellung und als Überleitung in die einzelnen Phasen. Beim Drücken auf „Weiter“ folgt der Screen für Phase 1. Damit startet der Hauptteil der Anwendung.

Bevor die Lernenden mit Augmented Reality in Berührung kommen, wird als Vorbereitung bei jeder Phase ein informativer Text eingeblendet (siehe Abbildung 5.4). Die Texte sind kurz gehalten und geben einen Hinweis, was die Lernenden in der kommenden Phase erwartet. Zudem sehen sie, in welcher Phase sie sich befinden und wie viele Phasen abgeschlossen werden müssen. Dadurch wird die Orientierung in der Anwendung gewährleistet.

In der ersten Phase findet das interaktive Gespräch mit Hans Scholl und Alexander Schmorell statt. Die Lernenden erfahren zunächst, dass sie die Umgebung scannen und Ant-

³Person der Urheberschaft: Gryffindor. <https://t1p.de/f03v> Stand: 18.10.2020

worten auswählen müssen. Nähere Informationen folgen im nächsten Schritt, nachdem auf den Start-Button gedrückt wird. Dadurch wird die Kamera des Smartphones aktiviert.

Während der Interaktion mit den AR-Inhalten werden Anleitungen eingeblendet, damit die Lernenden wissen, was sie als nächstes tun müssen. In Phase 1 muss zuerst das Arbeitsblatt auf den Boden gelegt und dann gescannt werden. Dadurch wird die Position für die Charaktere Hans und Alex bestimmt und die Lernenden wissen, dass in der Nähe des Arbeitsblattes etwas passiert. Danach müssen die Lernenden ein paar Schritte zurück gehen. Ab einer Entfernung von einem Meter erscheinen die Charaktere über dem Arbeitsblatt. Die Entfernung verhindert, dass die Lernenden mit ihrem Smartphone in den Charakteren stehen oder sich beim Erscheinen dieser erschrecken. Aus technischer Sicht ist es zudem ein Vorteil, damit die Position des Smartphones nicht mit dem 3D-Modell kollidiert und das 3D-Modell im Display abgeschnitten angezeigt wird.



Abbildung 5.5: Im interaktiven Gespräch können die Lernenden ihre Antwort über Buttons auswählen.

OZ

Die Anwendung gibt einen Hinweis, wenn die Entfernung zwischen dem Smartphone und den Charakteren weniger als einen Meter beträgt und die Charaktere verschwinden wieder.

5. KONZEPTERARBEITUNG FÜR AR UND VR

Sobald die Entfernung groß genug ist, wird ein Button angezeigt, mit dem das Gespräch gestartet werden kann.

Wenn Hans oder Alex sprechen, wird auf dem Display der gesprochene Text als Untertitel angezeigt. Das soll den Lernenden helfen, dem Gespräch nicht nur auditiv, sondern auch visuell zu folgen. Sobald die Möglichkeit zum Antworten besteht, werden die Antworten in Form von Buttons angezeigt (siehe Abbildung 5.5). Die Buttons sind unten im Display platziert, damit sie zum einen nicht die Gesichter der Charaktere verdecken. Zum anderen können die Antworten einfacher ausgewählt werden, falls das Smartphone mit nur einer Hand bedient wird, da sich die Buttons in „Daumenreichweite“ befinden.

Nachdem entschieden wurde, ob den Mitgliedern geholfen wird oder nicht, wird ein Button mit der Aufschrift „Nächste Phase“ angezeigt, der signalisiert, dass das Gespräch beendet ist. Beim Betätigen des Buttons wird die Einleitung zur nächsten Phase gestartet.

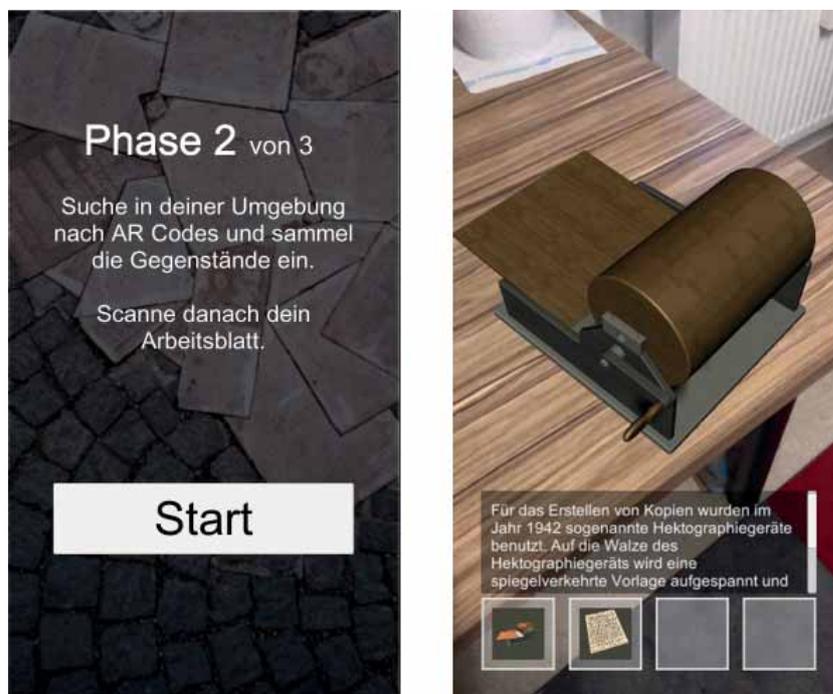


Abbildung 5.6: Einleitung in zweite Phase (links). Danach wird die Benutzungsoberfläche angezeigt, mit der die Lernenden die Gegenstände einsammeln können (rechts). Im unteren Bereich des Displays werden vier Vierecke angezeigt, die das Inventar repräsentieren. Wenn ein AR Code gescannt wird, erscheint das 3D-Modell des gefundenen Gegenstandes und eine Textbox wird sichtbar.

OZ

Bevor Phase 2 startet, erfahren die Lernenden, dass sie in der Umgebung AR Codes suchen, Gegenstände einsammeln und danach das Arbeitsblatt scannen müssen (siehe Abbildung 5.6

links). Im nächsten Schritt folgt die AR-Ansicht und die Benutzungsoberfläche zeigt zuerst vier Vierecke im unteren Bereich des Displays (siehe Abbildung 5.6 rechts). Diese symbolisieren das „Inventar“, in dem die Gegenstände eingesammelt werden können. Die Lernenden sehen direkt, dass sie vier Gegenstände einsammeln müssen, da es nur vier Plätze im Inventar gibt. Wenn ein AR Code gescannt wird, dann erscheint ein dreidimensionaler Gegenstand auf diesem und das 3D-Modell des eingesammelten Gegenstandes wird in einem der Vierecke angezeigt. Zudem erscheint über den Vierecken eine Textbox, in der die informativen Texte der jeweiligen Gegenstände angezeigt werden. Damit die weiße Schrift des Textes gut lesbar ist, hat die Box einen schwarz-transparenten Hintergrund.



Abbildung 5.7: Darstellung der Anweisung, wenn die Flugblätter in Phase 2 gedruckt wurden.

OZ

Wenn alle Gegenstände im Inventar eingesammelt wurden, wird eine Anweisung auf dem Display angezeigt, die besagt, dass das Arbeitsblatt als nächstes gescannt werden muss. Auf dem Arbeitsblatt erscheint das Hektografiegerät und das zugehörige 3D-Modell verschwindet aus dem Inventar. Durch das Antippen der Gegenstände im Inventar werden diese dem Hektografiegerät hinzugefügt. Jedoch können nicht alle Gegenstände sofort platziert werden. Wie in Kapitel 4.5.3 beschrieben, müssen Papier und Druckvorlage zuerst ausgewählt

5. KONZEPTERARBEITUNG FÜR AR UND VR

werden, um Flugblätter zu drucken. Die Reihenfolge der beiden Gegenstände ist hierbei nicht relevant. Erst danach können die Briefmarken hinzugefügt werden. Bei der Wahl eines Gegenstandes erhalten die Lernenden direkt ein akustisches Feedback. Je nachdem, ob der ausgewählte Gegenstand korrekt ist, wird ein entsprechender Ton abgespielt. Bei einem falschen Gegenstand hören die Lernenden einen anderen Ton.

Wenn alle Gegenstände platziert sind, wird die Animation des Hektografiegerätes abgespielt und der Druck der Flugblätter erfolgt (siehe Abbildung 5.7). Danach werden die Lernenden angewiesen, sich das gedruckte Flugblatt genauer anzuschauen. Dazu müssen sie das Smartphone näher an das Flugblatt halten. Wenn das Smartphone einen Abstand von 30cm zum Flugblatt unterschreitet, wird die Vertonung des Flugblatts abgespielt. Wenn die Vertonung endet, ist die Phase abgeschlossen und wie in Phase 1 erscheint ein Button mit der Aufschrift „Nächste Phase“. Dieser Button leitet die Lernenden zu Phase 3.



Abbildung 5.8: Darstellung der fallenden Flugblätter in Phase 3 der AR-Anwendung.
OZ

In der Einleitung zu Phase 3 erfahren die Lernenden, dass diese Phase den weiteren Verlauf der Widerstandsbewegung behandelt. Dazu müssen sie aufmerksam zuhören. Durch einen

Hinweis erfahren die Lernenden, dass sie während des Zuhörens etwas in ihrer Umgebung entdecken können. Am Ende müssen sie wieder das Arbeitsblatt scannen.

Direkt danach beginnen die auditiven Eindrücke in Form eines Hörspiels. Dabei ist zu hören, wie Flugblätter in einem großen hallenden Raum verteilt werden. Die Kamera des Smartphones ist währenddessen aktiv. In dem Moment, in dem im Hörspiel zu hören ist, wie Blätter runterfallen, erscheint eine Flugblatt-Animation um die Lernenden herum auf dem Display (siehe 5.8). Die Flugblätter können in einer 360 Grad Ansicht angeschaut, aber es kann nicht mit ihnen interagiert werden. Die Flugblatt-Animation dient nur dem Zweck der Unterstützung des Hörspiels. Nachdem das Hörspiel beendet ist, wird auf dem Display die Anweisung angezeigt, dass die Lernenden das Arbeitsblatt scannen müssen. Das Arbeitsblatt verwandelt sich durch das Smartphone in den Zeitungsartikel, in dem über die Verurteilung einiger Mitglieder berichtet wird. Zudem wird eine Vertonung des Zeitungsartikels eingespielt. Nachdem die Vertonung beendet wurde, ist die letzte Phase abgeschlossen und die Lernenden gelangen zurück zum Startscreen.



Abbildung 5.9: Der Startscreen zeigt nach dem erstmaligen Durchlauf einen zusätzlichen Button an, mit dem die Notizen geöffnet werden können (links). Falls die Lernenden die Anwendung nach einer abgeschlossenen Phase beenden, wird beim nächsten Start der Anwendung ein Button zum „Weiterspielen“ oder zum „Neustarten“ der Anwendung angezeigt (mittig). Bei Betätigung von „Neustarten“ kann der bisherige Stand überschrieben werden (rechts).

OZ

Der Startscreen zeigt nach dem erstmaligen Durchlauf der Anwendung neben dem Startbutton auch einen Button, mit dem die Notizen geöffnet werden können (siehe Abbildung

5.9 links). Das Konzept der AR-Anwendung sieht vor, dass alle Phasen im Unterricht am Stück durchgespielt werden. Es ist jedoch auch möglich, die Anwendung nach jeder Phase zu beenden und zu einem späteren Zeitpunkt fortzuführen, was zum Beispiel bei einem wiederholten Spielen der Anwendung außerhalb des Geschichtsunterrichts relevant ist. Da die vorherige Phase erst abgeschlossen werden muss, bevor die Anwendung geschlossen und in der nächsten Phase fortgesetzt werden kann, ist der Grundsatz der Steuerbarkeit in der Dialoggestaltung nur teilweise gegeben. Dieser Grundsatz beschreibt die Usability bei einer Unterbrechung und Fortsetzung zu jedem Zeitpunkt einer Anwendung.

Wenn die Anwendung nach einer abgeschlossenen Phase neugestartet wird, dann verändert sich der Startscreen und es wird statt dem Start-Button ein Button mit der Bezeichnung „Weiterspielen“ und ein zusätzlicher Button mit der Bezeichnung „Neustarten“ angezeigt (siehe Abbildung 5.9 mittig). Durch das Betätigen des ersten Buttons kann das Spiel fortgeführt werden. Bei „Neustarten“ wird der vorherige Stand gelöscht und die Lernenden starten wieder bei Phase 1. Davor muss noch einmal bestätigt werden, ob der bisherige Stand wirklich gelöscht werden soll (siehe 5.9 rechts).

Die dominante Gestaltung des Start- und des Weiterspielen-Buttons lenkt die Aufmerksamkeit der Lernenden auf diese beiden Buttons. Im Material-Design von Google werden solche Buttons als „Contained button“ bezeichnet, da diese mit einer wichtigen Funktion in der Anwendung verbunden sind⁴. Mit diesen Buttons gelangen die Lernenden zu den Phasen in der AR-Anwendung. Die Buttons „Notizen“ und „Neustarten“ sind schlichter gestaltet und weisen dadurch eine schwächere Betonung auf.

In den Notizen ist eine Aufzeichnung des Gesprächs, die gefundenen Gegenstände sowie das fünfte Flugblatt aus Phase 2 und der Zeitungsartikel enthalten (siehe Abbildung 5.10). Der Bereich der Notizen ist in drei Teile aufgeteilt. Im oberen Bereich des Displays gibt es ein Navigationsmenü, welches folgende Punkte aufweist: Gespräch, Flugblätter und Zeitung. Je nachdem, welcher Inhalt gerade angezeigt wird, ist der entsprechende Menüpunkt aktiv. Dies wird durch eine Linie unter dem aktiven Menüpunkt und durch das Ausblenden der anderen Menüpunkte deutlich. Vertikal in der Mitte des Bildschirms befindet sich der jeweilige ausgewählte Inhalt. Im unteren Bereich befindet sich ein runder Button, mit dem die Notizen geschlossen werden können. Dieser Button und das Menü sind in den Notizen immer sichtbar.

Die Aufzeichnung des interaktiven Gesprächs wird im Menüpunkt „Gespräch“ angezeigt. Das Gespräch wird in Form eines Gruppenchats dargestellt und die Aussagen befinden sich in Sprechblasen (siehe Abbildung 5.10 links). Die Aussagen von Hans Scholl und Alexander Schmorell befinden sich links und werden in weißen Sprechblasen dargestellt. Die Antworten der Lernenden befinden sich rechts und werden in einer gelben Sprechblase angezeigt. Diese Faktoren helfen dabei zu unterscheiden, welcher Gesprächsteilnehmer welche Aussage getroffen hat. Damit die Aussagen der Gesprächspartner zugeordnet werden können, wird in jeder Sprechblase oben links der Name der jeweiligen Person angezeigt.

Im Menüpunkt „Flugblätter“ sehen die Lernenden, welche Gegenstände sie eingesammelt haben (siehe 5.10 mittig). Die Gegenstände werden hier als 3D-Modelle angezeigt und die

⁴<https://material.io/components/buttons#usage> Stand: 19.10.2020

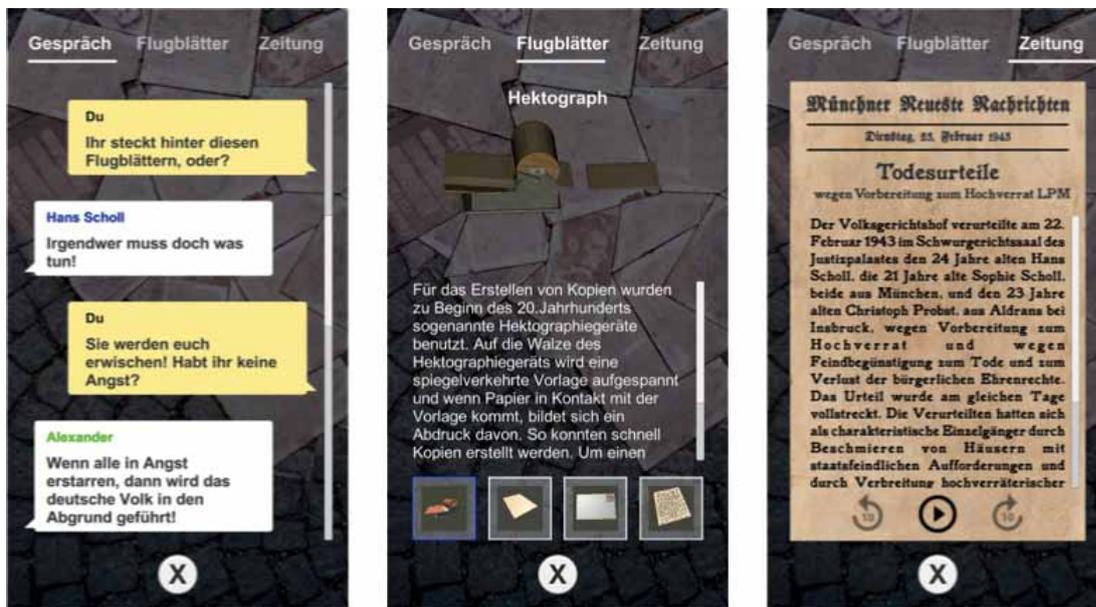


Abbildung 5.10: Die Notizen enthalten eine Aufzeichnung des interaktiven Gesprächs (links), die Gegenstände sowie das fünfte Flugblatt aus Phase 2 (mittig) und den Zeitungsartikel (rechts).

OZ

Benutzungsoberfläche ist ähnlich wie die aus Phase 2. Zu den Gegenständen, die in den Notizen angezeigt werden, gehört das Hektografiegerät, die Briefmarken sowie Umschläge und das Papier. Das Hektografiegerät wird zudem animiert dargestellt, damit die Lernenden das Druckverfahren noch einmal sehen können. Die Druckvorlage wird nicht angezeigt, da diese schlecht lesbar ist und keinen informativen Mehrwert bietet. Stattdessen ist das fünfte Flugblatt zu sehen und es besteht gleichzeitig die Möglichkeit, sich die Vertonung anzuhören. Die Vertonung wird über den Play-Button gestartet und kann über einen Pause-Button, welcher anstelle des Play-Buttons beim Abspielen erscheint, pausiert werden. Beim Abspielen der Vertonung ist es zusätzlich möglich, zehn Sekunden vor oder zurück zu spulen.

Unter dem Menüpunkt „Zeitung“ finden die Lernenden den Zeitungsartikel (siehe 5.10 rechts). Damit der Zeitungsartikel ästhetisch ansprechend wirkt, wurde dieser dem Original nachempfunden. Auch hier kann eine zugehörige Vertonung angehört werden.

OZ

5.2 Konzeptadaption für Virtual Reality

5.2.1 Interaktionskonzept

Virtual Reality verwendet immer ein HMD, da die gesamte Welt virtuell erstellt und die reale Umgebung der Nutzenden in der Anwendung nicht berücksichtigt wird. Dies gehört unter anderem zu den besonderen Stärken von Virtual Reality, da so die gesamte Umgebung in jedem Detail an das Thema angepasst werden kann. Um ein möglichst hohes Angebot an Interaktionen mit dieser Umwelt zu gewährleisten, ist das VR-Konzept auf ein System ausgelegt, das zusätzlich die Verwendung von Controllern mit Positionstracking unterstützt. Aus diesen Systemanforderungen ergibt sich, dass die VR-Anwendung die Immersion nicht nur aktional, also durch das Handeln und Interagieren mit virtuellen Elementen, erreicht, sie wird auch sensorisch unterstützt. Dies bedeutet, dass die Bewegungen der Nutzenden verfolgt und integriert werden [Ded09]. Die Interaktion mit der virtuellen Umgebung ist durch die Integration der Handposition sehr natürlich. Auch präzise Handlungen funktionieren zuverlässig und sind leicht zu erlernen. Da ein zu großer Handlungsspielraum die Lernenden überfordern und vom eigentlichen Lerninhalt ablenken könnte, sollten nicht alle Elemente der virtuellen Welt interaktiv sein. Um erkenntlich zu machen, welche Objekte von den Nutzenden verwendet werden können, erhalten sie einen farblichen Rahmen, sobald die Hand sich nähert (siehe Abbildung 5.11). So wird während des Erkundens der virtuellen Welt ein klares Feedback über Interaktionsmöglichkeiten gegeben. Zu diesen zählt nicht nur das Hochheben und Betrachten von Gegenständen, sondern auch das Öffnen von Türen oder das Drehen einer Kurbel.

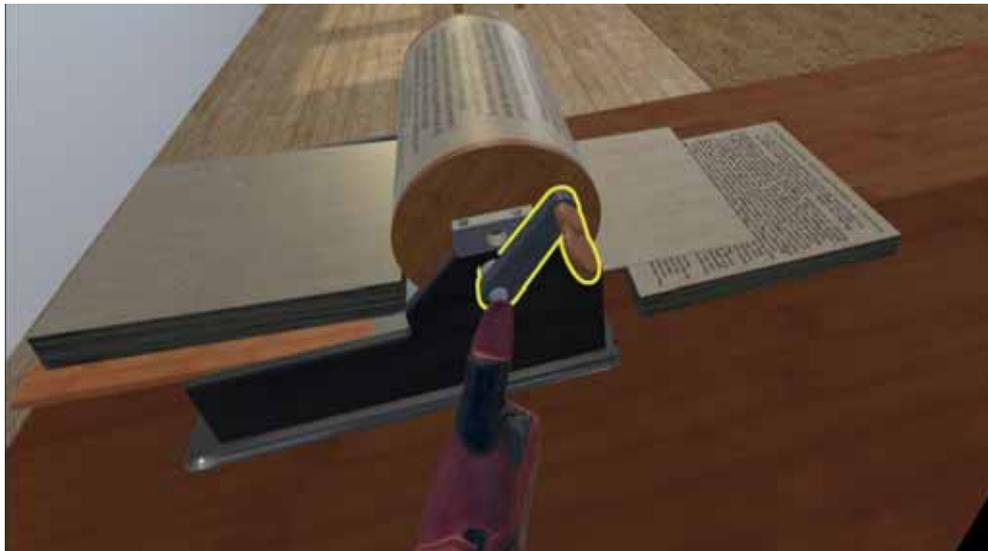


Abbildung 5.11: Die Kurbel des Hektografiergerätes ist gelb umrandet, da mit ihr interagiert werden kann.

TV

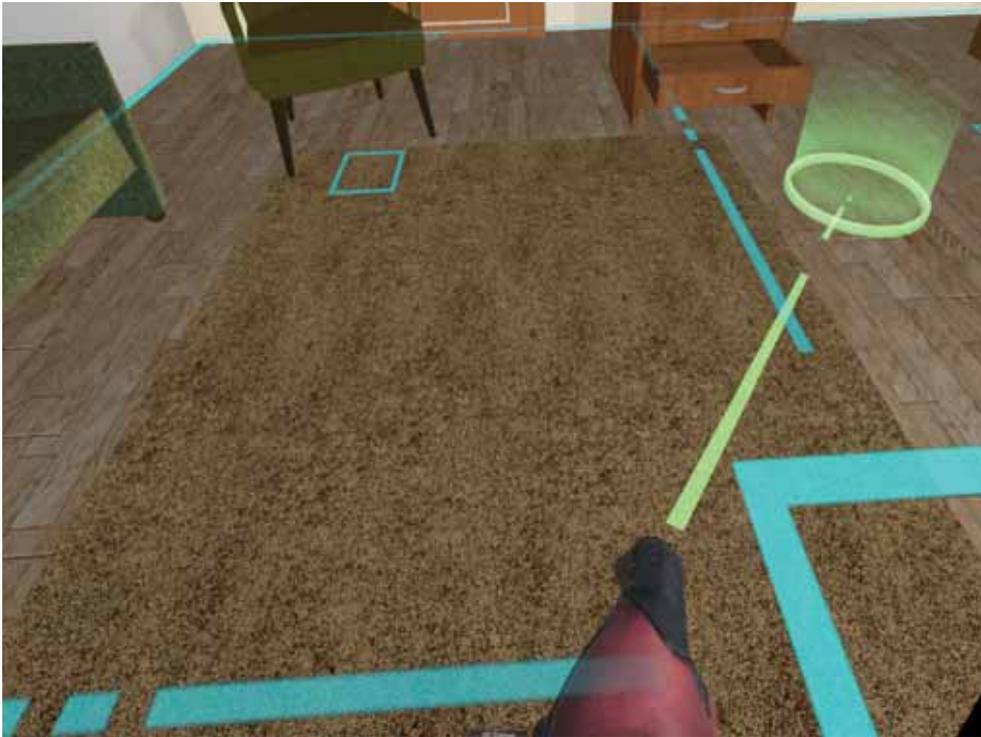


Abbildung 5.12: Die Spielenden können an den Ort zielen, an den sie teleportiert werden möchten.

TV

Eine besondere Form der Interaktion stellen die Dialoge mit virtuellen Personen dar. Um das Gespräch so natürlich wie möglich zu gestalten, wählen die Lernenden ihre Antwort-Option nicht mithilfe der Controller. Sie können auf die Aussagen der anderen Charaktere antworten, indem sie die Antwortoption, die ihnen am ehesten zusagt, laut aussprechen. Über eine Spracherkennung wird die Antwort erkannt und dann der Dialog entsprechend fortgesetzt. So entsteht ein natürlicher Gesprächsfluss. Um das Erfassen des Gesprächsinhaltes zu verbessern und die möglichen Antworten darzustellen, wird der aktuelle Dialog in Textform im Sichtfeld der Nutzenden angezeigt. Auch Hinweise zum weiteren Verlauf werden dort angezeigt, beispielsweise was die nächste Aufgabe der Nutzenden ist. Eine natürliche Bewegung im Raum ist nur begrenzt möglich. Soll die VR-Erfahrung über den physischen Raum der Lernenden hinaus gehen, muss eine weitere Form der Bewegung angeboten werden. Hierfür gibt es verschiedene Möglichkeiten, die Vor- und Nachteile haben.

- Eine durch viele Computerspiele etablierte Form der Bewegung ist die Verwendung von Tasten oder Steuerknüppeln auf einer Tastatur oder einem Controller. Die auf dem Eingabegerät gewählte Richtung entspricht dabei der Richtung, in die sich der

Spielcharakter bewegt. Diese Form wird auch in manchen VR-Spielen verwendet, da sie der natürlichen Bewegung des Menschen sehr nahekommt. Weil sich hier die Sicht der Nutzenden bewegt, ohne dass diese sich bewegen, führt diese Form der Bewegung allerdings bei vielen Anwendern und Anwenderinnen zur sogenannten „motion sickness“, einer Übelkeit, die an Reiseübelkeit erinnert.

- Die Bewegung kann durch das tatsächliche Bewegen der Arme oder Beine ausgelöst werden. Da der Körper nun auch in der realen und nicht nur in der virtuellen Welt eine Bewegung macht, führt diese Form der Bewegung weniger schnell zu motion sickness.
- Eine weitere Form der Bewegung ist die Teleportation. Dabei deuten die Spielenden mithilfe der Controller auf die Position, an die sie sich teleportieren möchten und werden dann dorthin versetzt (siehe Abbildung 5.12). Der Vorteil daran ist, dass dem Auge keine Bewegung vorgespielt wird, die der Körper nicht ausführt, wodurch diese Bewegungsweise seltener zu motion sickness führt. Ein Nachteil ist hingegen, dass diese Form der Fortbewegung zu einem Bruch im immersiven Erlebnis führt.

Trotz der schlechteren Immersion wurde in diesem Konzept die letzte Form der Fortbewegung, die Teleportation, gewählt, um ein Unwohlsein bei den Lernenden und eine dadurch entstehende Abneigung, zu verhindern.

TV

5.2.2 Anwendungsverlauf

Da die Verbreitung von VR-Brillen immer noch sehr gering ist, muss davon ausgegangen werden, dass die meisten Schülerinnen und Schüler noch nicht die Gelegenheit hatten, eine VR-Anwendung zu verwenden [Klöß20]. Sie sind an die Interaktion mit zweidimensionalen Displays gewöhnt, weshalb die Steuerung mit Hilfe der Controller im dreidimensionalen Raum erlernt werden muss. Zu diesem Zweck ist es sinnvoll, der eigentlichen Unterrichts-anwendung eine kleine Lernphase voranzustellen. Diese ist themenunabhängig und erklärt den Nutzenden die neuen Interaktionsmöglichkeiten. Dazu gehören die für Virtual Reality üblichen Interaktionen, wie das Verwenden von Gegenständen und die Fortbewegung durch Teleportation, die bereits im vorangegangenen Abschnitt beschrieben wurden. Zusätzlich wird auch ein neuer Gegenstand vorgestellt, der den Nutzenden zu jedem Zeitpunkt innerhalb der Anwendung zur Verfügung steht. Das Clipboard wurde speziell für diese Anwendung konzipiert, um das Sammeln von Informationen und Wiederholen des Erlebten zu erleichtern (siehe Abbildung 5.13). Es kann durch das Greifen hinter den eigenen Rücken hervorgeholt werden und verschwindet wieder, wenn es losgelassen wird. Mit der freien Hand kann auf dem Clipboard zwischen verschiedenen Inhalten hin und her gewechselt werden. Dies geschieht über zwei Navigationsmenüs. Eines davon befindet sich am oberen Bildschirmrand und ermöglicht das Wechseln zwischen den Informationen der einzelnen Phasen. Das zweite ist nur im Bereich der Phase 2 sichtbar und ermöglicht das Wechseln zwischen den einzelnen Gegenständen dieser Phase. Die Nutzenden erkennen anhand der identischen Farbe von Button und Hintergrund, wo sie sich im Menü befinden. Dies erinnert an Aktentrenner und wird, da es sich um ein mentales Modell handelt, problemlos verstanden. Das Gespräch aus Phase 1 wird,



Abbildung 5.13: Das Clipboard sammelt die Informationen innerhalb der Anwendung.
TV

ähnlich wie in der AR-Anwendung, als Chatverlauf dargestellt, wobei die Texte der beiden Charaktere links und die der Lernenden rechts angezeigt werden. Der Verlauf kann nicht gescrollt werden, da diese Bedienung mit Hilfe der Handcontroller schwierig anzuwenden ist und frustrierend wirken kann. Stattdessen scrollt der Verlauf langsam von selbst und beginnt am Ende wieder von vorn. Als Schriftfarbe wurde weiß auf dunklem Hintergrund gewählt, da es aufgrund des Kontrastes gut leserlich ist. Alle Schriften müssen relativ groß dargestellt werden, um im HMD scharf abgebildet zu werden.

Ein weiterer Vorteil einer Lernphase ist, dass die Lernenden einen Augenblick Zeit bekommen, sich auch an die neue Erfahrung mit Virtual Reality zu gewöhnen. Zu Beginn der Lernanwendung können sie sich dann besser auf den Inhalt konzentrieren.

Phase 1 spielt in der VR-Anwendung in einer kleinen Wohnung, da Hans und Sophie Scholl während ihrer Studienzzeit gemeinsam in einer Wohnung in München lebten. Die Einrichtung des Zimmers ist an die 1940er Jahre angelehnt und soll das Gefühl der Immersion stärken (siehe Abbildung 5.14). Um das Eintreten in die Geschichte natürlich zu gestalten, beginnt der Spieler oder die Spielerin nicht direkt im Gespräch mit Hans Scholl und Alexander Schmorell, sondern steht im Flur der Wohnung. Ihm oder ihr bleibt hier die Möglichkeit, sich zuerst in der virtuellen Welt zurecht zu finden und die ersten Bewegungen zu machen,



Abbildung 5.14: Die Gestaltung der Phase 1 ist an eine Wohnung in 1942 angelehnt.
TV,OZ

ohne bereits von der Geschichte erfasst zu werden. Des Weiteren wird in Form eines kurzen Satzes die Aufgabenstellung eingeblendet. Sobald die Lernenden sich der Tür zum nächsten Raum nähern, beginnen die Charaktere im Raum sich miteinander zu unterhalten. Die Lernenden können die Tür selbst öffnen und den Raum betreten, um dann in das Gespräch einzusteigen. Die Sätze der Gesprächspartner und auch die eigenen Antworten werden in der Optik eines typischen Chatverlaufs auf dem Clipboard angezeigt, wenn die Nutzenden es hervorholen. Ist das Gespräch beendet, kann die Wohnung durch eine Tür im Flur verlassen werden, um zum nächsten Abschnitt der Anwendung zu gelangen. Diese Information erhalten die Nutzenden erneut durch das Einblenden einer Information in ihrem Sichtfeld.

In Phase 2 betreten die Lernenden einen großen Raum, in dem sie sich zunächst umsehen können. Sobald sie dabei einen Gegenstand finden, den sie nutzen können, erhalten sie in ihrem Sichtfeld einen Hinweis darauf, wozu dieser Gegenstand dient. Das Clipboard hat nun einen zweiten Reiter, der dieser Phase zugeordnet ist. Er enthält die zu findenden Gegenstände. Zu Beginn ist jeweils nur ein Bild des Gegenstandes zu sehen, damit sich die Schülerinnen und Schüler daran orientieren können, wonach sie suchen. Wurde ein Gegenstand gefunden, erscheint zusätzlich der informative Text, der bereits im vorangegangenen Kapitel 4.5.3 beschrieben wurde. Sie finden so heraus, welche Materialien sie zum Drucken eines Flugblattes benötigen und müssen die Gegenstände hierfür miteinander kombinieren. Der Stapel Papier und die Vorlage des Flugblattes müssen auf dem Hektografiegerät abgelegt werden, um sie damit zu verbinden. Danach kann die Kurbel des Gerätes gedreht und so Flugblätter gedruckt werden. Sobald der Stapel gedruckter Flugblätter in die Hand genommen wird, beginnt die auditive Darstellung des Textes. Auch auf dem Clipboard kann der Text des fünften Flugblattes ab jetzt nachgelesen werden. Sobald alle Aufgaben abgeschlossen sind, kann der Raum durch die darin befindliche Tür verlassen werden, um in die

nächste Phase zu wechseln. Auch diese Information erhalten die Lernenden als Texthinweis in ihrem Sichtfeld. Es findet kein automatischer Übergang der Phasen statt. Die Lernenden können somit selbst entscheiden, ob sie bereit sind, in der Anwendung fortzufahren oder ob sie lieber zuerst über das Erlebte mithilfe der auf dem Clipboard gebotenen Informationen nachdenken wollen.

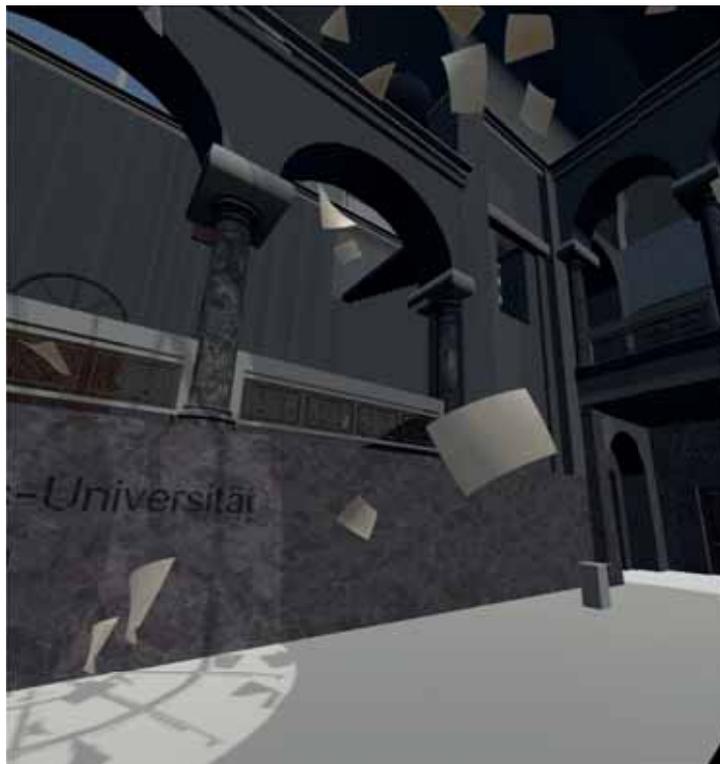


Abbildung 5.15: Die Umgebung der Phase 3 wurde dem Lichthof der Universität München nachempfunden.

TV,OZ

Phase 3 dient in erster Linie dem Abschluss der erzählten Geschichte. Die Lernenden stehen in der Mitte des Lichthofs der Universität München (siehe Abbildung 5.15). Sie erhalten diesmal nicht direkt eine Aufgabe, sondern können zuerst die Szene beobachten, die sich abspielt. Sie hören die Schritte von laufenden Menschen, sehen die Flugblätter, die in den Lichthof flattern und hören dann, dass sie gesehen wurden und festgenommen werden. Erst dann erhalten sie den Auftrag, herauszufinden, was mit einigen Mitgliedern der Weißen Rose nach diesem Tag geschehen ist. In ihrer Umgebung können sie den Zeitungsartikel aus der Münchner Neueste Nachrichten finden, der ebenfalls auditiv unterstützt wird. Er kann ab diesem Moment in einem neuen Reiter auf dem Clipboard nachgelesen werden. Danach ist die Anwendung beendet. Da das Clipboard und damit auch die Notizen nach dem Beenden

der Anwendung nicht mehr verfügbar sind, sollte eine Alternative angeboten werden. Diese könnte beispielsweise ein gedrucktes Arbeitsblatt sein, welches dieselben Informationen enthält, die zuvor auf dem Clipboard zu sehen waren.

TV

5.3 Beide Konzepte im Vergleich

Eigenschaften	AR	VR
Hardware	Smartphone	Head-Mounted-Display
Interaktion	Touch-Display und Sensoren	Controller, Position und Spracherkennung
Tracking	visuell	räumlich
Sensorik	Kamera	Infrarot
Immersion	aktionale Immersion	aktionale und sensorische Immersion
Umgebung	reale Umgebung	computergenerierte Umgebung
Darstellung der Notizen	visuelle Darstellung in der AR-Anwendung	visuelle Darstellung in der VR-Anwendung und physische Notizen

Tabelle 5.1: Unterschiede zwischen AR- und VR-Konzept in tabellarischer Darstellung. TV,OZ

Aufgrund der Anforderungen gibt es keine Unterschiede in den Inhalten beider Konzeptadaptionen. Allerdings sind Unterschiede im technischen Setup, in der Interaktion, Immersion und in der Darstellung der Notizen vorhanden (siehe Tabelle 5.1).

Die Basis beider Konzeptadaptionen bildet die eingesetzte Hardware. Daraus ergibt sich die Art der Immersion und Interaktion. Das AR-Konzept setzt auf einen mobilen Einsatz der Anwendung und nutzt Smartphones. Die Lernenden interagieren mit der grafischen Benutzeroberfläche über das Touch-Display. Die Interaktion mit den AR-Inhalten erfolgt zusätzlich über Sensoren, indem Marker gescannt werden. Die AR-Elemente werden durch ein visuelles Tracking über die Kamera und Eingaben über die grafische Benutzungsoberfläche beeinflusst.

Bei Virtual Reality wird ein stationäres System, bestehend aus Head-Mounted-Display und Infrarot-Tracking-Stationen, eingesetzt. Das Tracking funktioniert somit auf räumlicher Basis. Die Interaktion ist über Controller oder Spracherkennung im interaktiven Gespräch möglich.

Aufgrund der technischen Erfahrung der Zielgruppe ist davon auszugehen, dass ihr die Bedienung der AR-Anwendung leichter fällt, da diese nicht erst erlernt werden muss. Virtual Reality bietet zwar mehr Möglichkeiten, in der Anwendung zu interagieren, jedoch könnte die Nutzung von unbekannter Hardware zunächst eine kognitive Überforderung erzeugen. Aus diesem Grund ist es bei Virtual Reality wichtig, dass Lernende die Möglichkeit erhalten, sich

mit der Bedienung außerhalb der Lernanwendung auseinanderzusetzen, um diese erlernen zu können.

Wird die Erzeugung der Immersion in beiden Konzepten verglichen, dann wird deutlich, dass Virtual Reality mehr Arten von Immersion ermöglicht. In beiden Konzepten wird die aktionale Immersion durch den Inhalt der Anwendungen erzeugt. Da die Lernenden bei Virtual Reality über das Head-Mounted-Display ihre reale Umgebung nicht mehr sehen können und sich in einer reinen computergenerierten Welt befinden, wird bei der VR-Anwendung zusätzlich eine sensorische Immersion aufgrund der Hardware ausgelöst. Somit ist davon auszugehen, dass die Immersion bei Virtual Reality stärker ist als bei Augmented Reality.

Die Notizen werden in beiden Anwendungen visuell dargestellt. Es gibt jedoch einen Unterschied, ab wann die Lernenden auf die Notizen zugreifen können. In der AR-Anwendung können die Lernenden die Notizen erst nach Abschluss der drei Phasen sehen. Bei der VR-Anwendung sind die Notizen über das Clipboard stets präsent und können auch in einer Phase betrachtet werden. Aufgrund der stationären Hardware im VR-Konzept müssen die Notizen zusätzlich über eine andere Art zugänglich sein, damit die Anwendung nicht noch einmal durchgeführt werden muss. Dies kann über vorgefertigte schriftliche Notizen in ausgedruckter Form erfolgen.

OZ

5.4 Zusammenfassung

Die AR-Anwendung wurde aufgrund der leichteren Integration für Smartphones konzipiert. Die Bedienung der Anwendung muss nicht erlernt werden, da Schülerinnen und Schüler mit dieser bereits vertraut sind. Die AR-Inhalte der Anwendung werden mit Hilfe der Kamera und Markern im Raum platziert. Das Arbeitsblatt mit der Aufgabenstellung, welches die Lernenden zu Beginn der Stunde erhalten, dient in allen drei Phasen der Anwendung als Marker. Zusätzlich wird visuell sichtbar, wo bereits Lernende die AR-Anwendung nutzen, und beugt so Überschneidungen vor. In Phase 2 gibt es vier weitere Marker, die je für einen der zu findenden Gegenstände stehen und die im Raum gefunden werden müssen. Das Scannen der Marker ist dem Verwenden von QR-Code-Scannern oder einer Lupe nachempfunden. Das Smartphone wird verwendet, um verschlüsselte Informationen in der Umwelt zu entschlüsseln. Die Gestaltung der Benutzeroberfläche ist an bekannten Handlungen, wie dem Drücken von Knöpfen, angelehnt und folgt den Grundsätzen der Dialoggestaltung. In der AR-Anwendung wird die Immersion aktional erzeugt. Die erzeugten Inhalte werden dreidimensional und realistisch dargestellt, um die Immersion zu unterstützen und ein Hineinversetzen in eine vergangene Situation zu ermöglichen.

Die Benutzungsoberfläche ist an bekannte Modelle und das Material Design von Google angelehnt. Die Lernenden werden durch verschiedene Hinweise vor und während der Phasen durch die Anwendung geleitet. Die Anwendung kann zu Beginn einer neuen Phase unterbrochen und an dieser Stelle zu einem späteren Zeitpunkt fortgesetzt werden. Nach dem erstmaligen Durchlauf der Anwendung haben die Lernenden die Möglichkeit, auf die No-

tizen zuzugreifen. Sie enthalten den Ablauf des Gesprächs in Form eines Chatverlaufs, die Gegenstände der Phase 2 als 3D-Modelle und die dazugehörigen Informationen und den Zeitungsausschnitt aus Phase 3. Auch die Audiodateien können hier erneut abgespielt werden. Die VR-Anwendung wurde zugunsten der besseren Interaktionsmöglichkeiten für ein System konzipiert, das ein HMD verwendet und die Unterstützung von Controllern zulässt. Dies ermöglicht nicht nur eine aktionale, sondern auch eine sensorische Immersion. Objekte, mit denen interagiert werden kann, werden visuell hervorgehoben, sobald man sich ihnen nähert. Dies betrifft nicht nur Gegenstände, die hochgehoben werden, sondern auch solche, die verwendet werden können, wie beispielsweise eine Tür. Zur Interaktion mit virtuellen Charakteren wird eine Spracherkennung verwendet, sodass die Nutzenden durch lautes Aussprechen der gewünschten Antwort den Dialog fortsetzen können. Die Lernenden werden visuell durch das Anzeigen des gesprochenen Textes unterstützt. Zur Fortbewegung in Virtual Reality gibt es verschiedene Möglichkeiten, die als unterschiedlich immersiv und unterschiedlich Übelkeit erregend empfunden werden. Für diese Anwendung wird die Teleportation als Fortbewegungsmethode gewählt.

Da Virtual Reality noch nicht sehr verbreitet ist, ist es notwendig, die Bedienung vorerst zu erlernen. Hierzu wird eine Lernphase vor die Anwendung gestellt, die inhaltlich nicht mit dieser in Verbindung steht. Sie erläutert das Verwenden von Gegenständen und die Bewegung in VR. Zusätzlich stellt sie das Clipboard vor, welches in der VR-Anwendung für das Sammeln der Notizen verwendet wird. Auch die besondere Form der Dialogführung durch Spracherkennung wird erklärt. In den einzelnen Phasen entstehen hierdurch neue Möglichkeiten. Die Gestaltung der Phasen sind an die 1940er Jahre angelehnt.

Während der Inhalt beider Anwendungen identisch ist, unterscheiden sie sich im Hinblick auf Hardware, Interaktion und Immersion. Es wird davon ausgegangen, dass die Interaktion mit der AR-Anwendung aufgrund der Erfahrung der Zielgruppe leichter zu erlernen ist. Die VR-Anwendung erfordert eine größere Einarbeitungszeit. Durch das Verfolgen von Kopf- und Handpositionen und der daraus resultierenden Wahrnehmung ist davon auszugehen, dass die VR-Anwendung eine höhere Immersion erzeugt. Im folgenden Kapitel werden die technischen Umsetzungen der Anwendungen erläutert, die auf der Grundlage dieser Konzepte entwickelt wurden.

TV

Kapitel 6

Entwicklung der Anwendungen

In diesem Kapitel werden die beiden Anwendungen erläutert, die aufgrund des in Kapitel 5 beschriebenen Konzeptes entwickelt wurden. Zuerst werden technische Grundlagen geschildert, auf denen beide Anwendungen basieren. Dazu wird die gemeinsame Entwicklungsumgebung, geteilte Inhalte wie 3D-Modelle und Vertonung und das in beiden Anwendungen verwendete Dialogsystem vorgestellt. Danach werden die spezifischen technischen Details der AR- und VR- Anwendungen getrennt betrachtet. Hierzu gehören die verwendete Hardware, zusätzlich benötigte Software und der Aufbau der Anwendungen.

TV

6.1 Technische Grundlagen für die Entwicklung

6.1.1 Entwicklungsumgebung

Beide Anwendungen teilen sich einige technische Grundlagen. Zur Umsetzung wurde die Entwicklungsumgebung Unity¹ verwendet. Sie ermöglicht das Verwenden gemeinsamer Assets, aber auch das Auswählen der benötigten unterschiedlichen Zielplattformen. Außerdem können unterschiedliche Bibliotheken, die zur Verwendung der besonderen AR- und VR-Features nötig sind, in diese Entwicklungsumgebung integriert werden. Ein Unity-Projekt besteht aus unterschiedlichen Szenen, die es einfach machen, die Anwendung in unterschiedliche Abschnitte zu unterteilen. Um Szenen zu bearbeiten, bietet die Benutzeroberfläche eine Vielzahl von Möglichkeiten, die in verschiedenen Fenstern angezeigt werden. Die wichtigsten dieser Fenster sind in der Standardansicht enthalten (siehe Abbildung 6.1):

¹<https://unity.com/de> Stand: 23.10.2020

Szene	In der Szenenansicht wird die dreidimensionale Welt visuell dargestellt. Hier kann man Objekte auswählen, ihre Position bearbeiten und sie betrachten. Diese Objekte gehören der Unity-Klasse „GameObject“ an. Viele Änderungen in den restlichen Einstellungen beeinflussen die Szenenansicht. Sie bietet eine gute Übersicht über den derzeitigen Stand des Programms und hilft, komplexe Abläufe und Konzepte zu visualisieren.
Game	Die Anwendung kann innerhalb der Anwendung gestartet werden und wird dann in der Gameansicht angezeigt. Sie zeigt das Programm stets durch die Hauptkamera, also aus der Sicht der Nutzenden. Innerhalb dieser Ansicht kann man die Anwendung auch steuern, vorausgesetzt, eine Steuerungslogik wurde bereits implementiert.
Hierarchie	In der Hierarchieansicht werden alle Komponenten angezeigt, die in der Szene verwendet werden. Hierzu gehören sichtbare Objekte, aber auch die Kamera selbst, Tonquellen, Lichtquellen und unsichtbare Objekte, die beispielsweise nur der Steuerung der Logik dienen können. Sie können in Hierarchien angeordnet werden. Dies hat zum einen zur Folge, dass untergeordnete Objekte einige Änderungen der übergeordneten Objekte wie die Position oder die Sichtbarkeit übernehmen. Des Weiteren können Objekte in der Programmierung mit Hilfe ihrer Hierarchie gezielter ausgewählt und bearbeitet werden.
Inspektor	Die Inspektoransicht zeigt alle Informationen über ein Objekt an, das in der Hierarchie, der Szenenansicht oder der Projektansicht ausgewählt wurde. Bei einem in einer Szene platzierten Objekt ist das beispielsweise der Objektname, verschiedene Details über den Zustand des Objekts, die Position im Raum und alle weiteren Klassen, die diesem Objekt hinzugefügt wurden.
Projekt	In der Projektansicht sind alle Dateien sichtbar, die sich im „Assets“-Ordner des Projektverzeichnis befinden. Dazu gehören unter anderem Plugins, importierte 3D-Modelle und während der Entwicklung erstellte Programmcode-Dateien.

Um eine Klasse einem Objekt hinzuzufügen, sodass sie auch im Inspektor angezeigt und Variablen gesetzt werden können, muss diese von der Unity-Klasse „Monobehavior“ erben. Hierdurch werden Funktionen geerbt, die den Ablauf des Programms erleichtern, wie beispielsweise die Start-Funktion, die zu Beginn der Szene und die Update-Funktion, die einmal pro Frame aufgerufen wird. Aus der Wahl der Entwicklungsumgebung heraus ergibt sich, dass beide Programme in der Programmiersprache C# entwickelt wurden.

TV



Abbildung 6.1: Ein Screenshot der Benutzeroberfläche der Entwicklungsumgebung Unity. 1) Die Hierarchieansicht 2) Die Szenenansicht 3) Die Gameansicht 4) Die Inspektoransicht 5) Die Projektansicht.
TV

6.1.2 Verwendete 3D-Modelle

Hans Scholl und Alexander Schmorell in Phase 1

In Phase 1 werden im interaktiven Gespräch 3D-Modelle von Hans Scholl und Alexander Schmorell verwendet. Diese wurden mit der Software Adobe Fuse CC² erstellt. In Fuse können Grundmodelle von Menschen mithilfe eines Baukastens kreiert werden. Damit die Modelle möglichst authentisch wirken, wurde sich bei der Erstellung am Aussehen und Kleidungsstil der echten Mitglieder der Widerstandsbewegung orientiert (siehe Abbildung 6.2).

Um die Bewegungen der Charaktere realistisch zu gestalten, wurden die 3D-Modelle mit der Software Mixamo³ animiert. Bevor das Gespräch startet, stehen beide Charaktere in einer inaktiven Pose. Sie nehmen eine natürliche Haltung im Stehen ein und machen eine Atembewegung. Diese Pose nehmen beide auch ein, wenn sie während des Gesprächs nicht sprechen. Wenn ein Charakter spricht, dann wird nicht nur der Mund, sondern auch der ganze Körper bewegt und mit den Armen gestikuliert. Je nach Aussage und Emotion werden die Arme und der Körper stärker bewegt (siehe Abbildung 6.3).

OZ

²<https://t1p.de/dz65> Stand: 24.10.2020

³<https://www.mixamo.com/> Stand: 20.10.2020



Abbildung 6.2: Die Grundmodelle von Hans Scholl und Alexander Schmorell in der T-Pose.
OZ



Abbildung 6.3: Die Animationen im interaktiven Gespräch am Beispiel des Charakters Hans Scholl.
TV,OZ

Hektografiergerät aus Phase 2

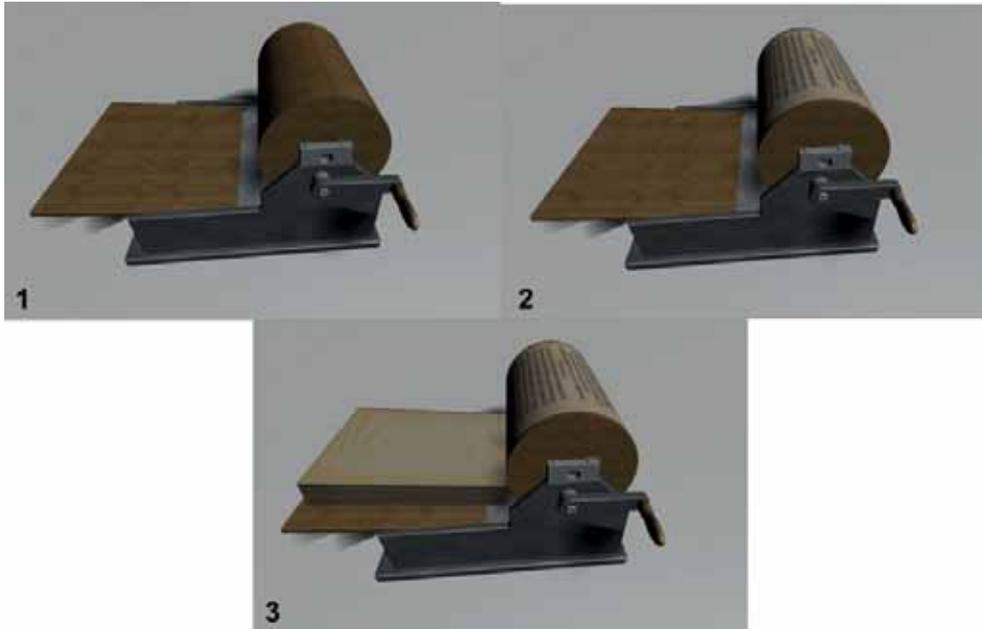


Abbildung 6.4: Darstellung der drei verschiedenen Stadien des Hektografiergeräts. Zuerst ist das Hektografiergerät „leer“ (1). Die Druckvorlage lässt sich auf die Walze aufspannen (2). Das Papier wird auf die Holzplatte aufgelegt, damit dieses von der Walze eingezogen werden kann (3).

TV,OZ

Das Papier, die Briefmarken und Umschläge sowie die Druckvorlage sind simple 3D-Modelle, welche aus Planes oder Quadern und Texturen bestehen. Das Hektografiergerät hingegen ist ein komplexeres 3D-Modell, welches auch animiert werden muss und sich zusätzlich durch das Hinzufügen der anderen Gegenstände verändert. Zu Beginn von Phase 2 besteht das Hektografiergerät nur aus einer Papiereinlage, der Walze, einer Kurbel, welche die Walze dreht und einem Gestell, welches alle Komponenten miteinander verbindet (siehe Abbildung 6.4 (1)). Die Druckvorlage wird auf die Walze aufgespannt und bedeckt diese vollständig (siehe Abbildung 6.4 (2)). Der Papierstapel wird auf das Holzbrett gelegt, damit einzelne Papierblätter von der Walze eingezogen werden können (siehe Abbildung 6.4 (3)). In der Druckanimation wird ein Blatt durch die Walze geführt.

OZ



Abbildung 6.5: Ausschnitt aus der Flugblattanimation in Phase 3. Die Flugblätter fallen von oben nach unten langsam runter.
OZ

Flugblatt-Animation in Phase 3

Sowohl in der AR- als auch VR-Anwendung werden in Phase 3 Flugblätter im Raum angezeigt (siehe Abbildung 6.5). Diese wurden in Cinema4D⁴ erstellt und mithilfe der in der Software vorhandenen Physikengine animiert. Ein Blatt besteht aus zweiseitigen Planes und wurden mit Texturen versehen, welche die Vorderseite und die Rückseite eines Flugblattes zeigen. Es wurden drei verschiedene Blätter gestaltet und diese dann vervielfältigt. Für die physikalische Simulation wurden den Blättern die folgenden Eigenschaften zugewiesen:

Luftwiderstand	50%
Auftriebskraft	100%
Reibung	30%

Diese Werte sorgen dafür, dass die Blätter nicht nur herunterfallen, sondern sich gleitend und drehend bewegen. Dadurch wird die Simulation von echten fallenden Blättern erzeugt.

Die Flugblattanimation wird in beiden Anwendungen direkt über den Lernenden abgespielt. In der VR-Animation bleiben die Flugblätter auf dem Boden liegen. In der AR-Anwendung hingegen wird der Boden nicht getrackt und die Flugblätter fallen soweit runter, bis die Animation beendet ist.

OZ

⁴<https://www.maxon.net/de/produkte/cinema-4d/cinema-4d/> Stand: 23.10.2020

6.1.3 Dialogsystem

Um eine Unterhaltung mit Spielcharakteren zu ermöglichen, wurde ein Dialogsystem entwickelt, welches in beiden Anwendungen verwendet wurde. Es besteht aus einzelnen Dialogabschnitten, die in ihren Merkmalen und ihrer Reihenfolge flexibel angepasst werden können. Dies erlaubt die Gestaltung eines Dialogs beliebiger Länge und beliebigen Inhaltes, der auch nachträglich verändert werden kann. Das System ist nicht spezifisch für den in Kapitel 4.5.2 beschriebenen Dialog, sondern könnte auch in anderen Szenen oder anderen Anwendungen eingesetzt werden.

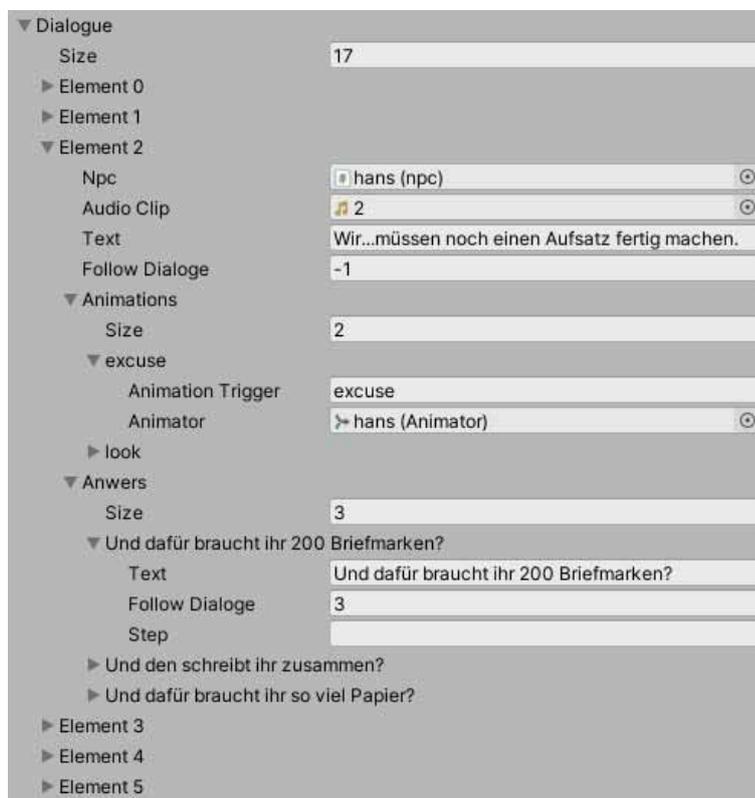


Abbildung 6.6: Inspektoransicht des Dialogsystems
TV

Ein Dialogabschnitt besteht aus verschiedenen Komponenten, die verwendet werden können, aber nicht müssen (siehe Abbildung 6.6). Zuerst kann angegeben werden, welcher Spielcharakter den Abschnitt spricht und welche Audio-Datei dafür abgespielt werden soll. Ein Charakter kann durch das npc-Script markiert werden und benötigt des Weiteren eine AudioSource (siehe Listing 6.1). Dabei handelt es sich um eine Quelle, von der aus der Ton abgespielt werden soll. Dadurch nehmen die Spielenden das Gesprochene perspektivisch aus der Richtung des Charakters wahr, wodurch die Immersion unterstützt wird.

Listing 6.1: Aufbau der npc-Klasse

```
public class npc : MonoBehaviour
{
    public int id = 0;
    protected AudioSource sound;
    void Start()
    {
        sound = GetComponent<AudioSource>();
        sound.loop = false;
    }
    public void speak(AudioClip clip) {
        sound.clip = clip;
        sound.Play();
        EventHandler.singleton.setNewTextOnPanel();
        StartCoroutine(waitForEndOfText());
    }
    protected IEnumerator waitForEndOfText()
    {
        while (sound.isPlaying)
        {
            yield return new WaitForEndOfFrame();
        }
        EventHandler.singleton.stopedTalking();
    }
}
```

Dann kann der gesprochene Text in Schriftform angegeben werden, sodass er den Spielenden eingeblendet wird. Das ermöglicht ihnen, das Gesprochene noch einmal nachzulesen und den Inhalt besser zu erfassen. Wird der Index eines anderen Dialogabschnittes angegeben, wird dieser abgespielt, sobald der vorherige endet. Diese Option ermöglicht eine höhere Flexibilität in der Gestaltung der Gespräche. Auch eine beliebige Anzahl an Animationen kann gestartet werden, um den Dialog lebendiger zu gestalten. Unity bietet die Möglichkeit, 3D-Modelle mithilfe einer Animationsansicht zu animieren. Es können aber auch bereits erstellte Animationen importiert werden. Da die Bewegungen der Charaktere sich abhängig vom Verlauf des Gesprächs unterscheiden können, werden die Animationen von einem Animator-Controller gesteuert. Dieser enthält alle einzelnen Animationen eines Charakters (siehe Abbildung 6.7). Um eine Animation gemeinsam mit dem zugehörigen Dialogabschnitt abzuspielen, muss dieser Animator im Dialogsystem angegeben werden. Während ein Charakter nicht spricht, befindet er sich in einem inaktiven Zustand. In diesem wird eine Standard-Animation abgespielt, bei welcher der Charakter stillsteht und atmet. Beginnt ein Charakter zu sprechen, wechselt der Animator von der Standard-Animation zur passenden, vordefinierten Animation. Dieser Wechsel wird durch einen Trigger ausgelöst, welcher in Form eines Strings an den Animator-Controller übergeben werden muss. Zuletzt kann den Spielenden eine Reihe von Antworten angeboten werden, die ebenfalls schriftlich dargestellt werden und auf die, abhängig von der gegebenen Antwort, verschiedene Dialogabschnitte folgen können.

TV

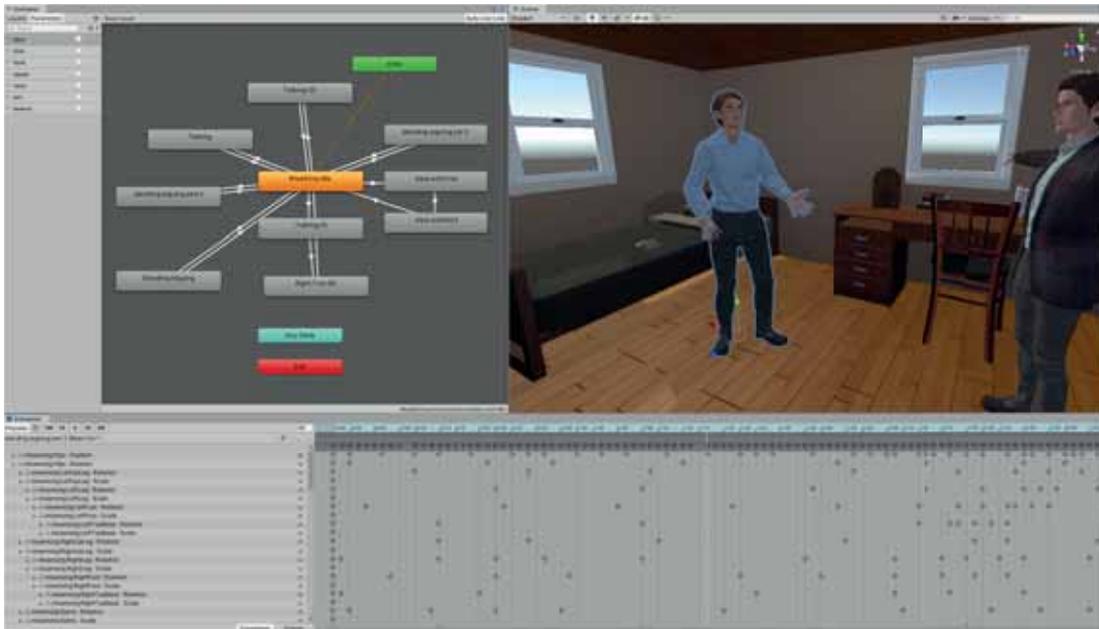


Abbildung 6.7: Animatoransicht, Animationansicht und Sceneansicht des Unityeditors TV

6.2 Augmented Reality Anwendung

Im Folgenden wird die Entwicklung der AR-Anwendung vorgestellt. Zunächst wird die verwendete Hardware betrachtet, da diese sich in diesem Konzept von der eingesetzten Hardware bei Virtual Reality unterscheidet. Danach wird auf die technische Basis von AR Foundation eingegangen, welche die Implementierung der AR-Technologie in der Entwicklungsumgebung Unity ermöglicht. Zudem werden grundlegende Komponenten im Softwaredesign der AR-Anwendung erläutert.

OZ

6.2.1 Hardware und zusätzliche Software zur Bereitstellung

Wie in Kapitel 5.1.1 beschrieben, wird als Hardware für den Betrieb der AR-Anwendung ein Smartphone genutzt. Unity bietet die Möglichkeit, Software für viele unterschiedliche Betriebssysteme oder Plattformen zu entwickeln. Darunter fallen auch die mobilen Betriebssysteme Android und iOS. Beide Betriebssysteme bieten eigene Schnittstellen für Augmented Reality an, welche Unity jeweils in der AR Foundation Bibliothek unterstützt. Bei Android handelt es sich um ARCore⁵ und bei iOS um ARKit⁶. Für die Umsetzung eines AR-Prototypen sind beide Betriebssysteme und AR-Schnittstellen geeignet, da sie die gleichen Funktionen anbieten. Aufgrund von besserer Verfügbarkeit wurde für die Entwicklung Geräte

⁵<https://developers.google.com/ar> Stand: 21.10.2020

⁶<https://developer.apple.com/augmented-reality/> Stand: 21.10.2020

mit dem Betriebssystem iOS ausgewählt. Die in diesem Kapitel vorgestellte technische Entwicklung ist jedoch ohne Probleme mithilfe von Unity auf Android übertragbar.
OZ

6.2.2 AR Foundation

The image shows a table titled "Unity's AR Foundation Supported Features". The table lists various functionalities and indicates which AR platforms support them. The platforms are ARCore, ARKit, Magic Leap, and HoloLens. Blue checkmarks indicate supported features.

Functionality	ARCore	ARKit	Magic Leap	HoloLens
Device tracking	✓	✓	✓	✓
Plane tracking	✓	✓	✓	
Point clouds	✓	✓		
Anchors	✓	✓	✓	✓
Light estimation	✓	✓		
Environment probes	✓	✓		
Face tracking	✓	✓		
Meshing			✓	✓
2D Image tracking	✓	✓		
Raycast	✓	✓	✓	
Pass-through video	✓	✓		
Session management	✓	✓	✓	✓

AR Foundation 2.1 (verified in Unity 2019 LTS)

Abbildung 6.8: Darstellung der Funktionen und unterstützten Geräte von AR Foundation (<https://unity.com/de/unity/features/arfoundation> Stand: 21.10.2020).

Um Augmented Reality in die Anwendung zu integrieren, bietet Unity mit AR Foundation⁷ ein eigenes Framework an. Dieses bietet verschiedene grundlegende AR-Funktionen, wie z.B. Image und Oberflächen-Tracking, und unterstützt neben Android und iOS auch Headmounted-Displays, wie die HoloLens oder MagicLeap (siehe Abbildung 6.8). Das Tracking von AR Foundation basiert auf visuellem Tracking über die Smartphone Kamera. Damit Augmented Reality in Unity erzeugt werden kann, müssen die folgenden drei Packages zum Unity-Projekt hinzugefügt werden:

- AR Foundation
- AR Subsystems
- ARKit XR Plugin (nur für iOS Geräte)

⁷<https://unity.com/de/unity/features/arfoundation> Stand: 21.10.2020

Das Package AR Foundation enthält vorgefertigte Prefabs⁸, die für die Entwicklung mit Augmented Reality notwendig sind. Hierzu zählen die Prefabs AR Session und AR Session Origin. Die Komponente AR Session steuert die Szene in Unity und greift auf die AR-Schnittstelle der Zielplattform zu. Das Prefab AR Session Origin übersetzt die von der AR-Schnittstelle kommunizierten Koordinaten in die Szene in Unity und ermöglicht das Aktivieren von Tracking-Funktionen. Zudem ist in diesem Prefab das Kamera-Objekt enthalten, welches in Augmented Reality für das visuelle Tracking notwendig ist. Die grundlegenden Tracking-Algorithmen sind in dem Package AR Subsystems vorhanden. Um Augmented Reality auf Smartphones zu aktivieren, muss zusätzlich die entsprechende AR-Schnittstelle als Unity-Package importiert werden. Das Package für iOS heißt ARKit XR Plugin.

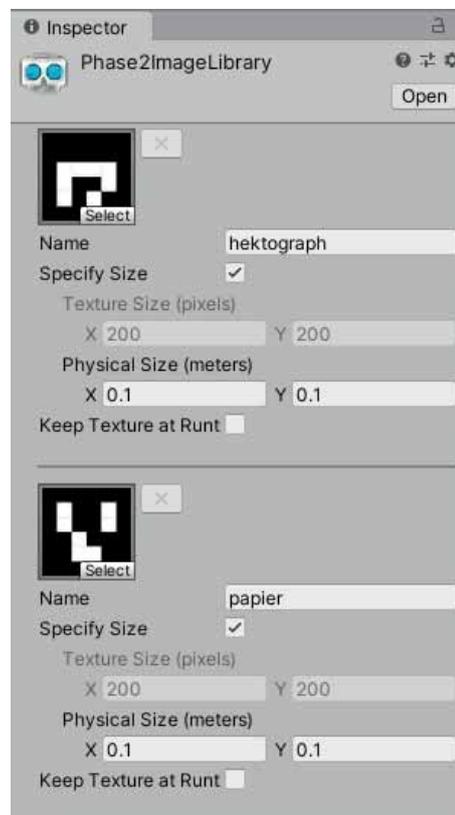


Abbildung 6.9: Exemplarische Darstellung einer ImageLibrary, die in Phase2Scene verwendet wird (Ausschnitt).

OZ

⁸Zusammensetzung von Objekten und Scripts, die gespeichert und wiederverwendet werden können

In der AR-Anwendung wird für Augmented Reality das Image-Tracking von AR Foundation eingesetzt. Dafür wird das Skript `ARTrackedImageManager` verwendet. In diesem Skript wird definiert, welches Objekt in Augmented Reality dargestellt werden soll, wenn ein bestimmtes Bild erkannt wurde. Dazu wird dem Skript ein Objekt vom Typ „Reference Image Library“ und das anzuzeigende Prefab-Objekt übergeben (siehe Abbildung 6.9). In eine Reference Image Library können mehrere Bild-Dateien eingefügt werden. Sobald ein Bild über die Kamera erkannt wurde, wird das Prefab an der Stelle des Bildes auf dem Display angezeigt. Die 3D-Modelle werden dabei dreidimensional in der Umgebung platziert. Das bedeutet, dass das platzierte Prefab trotz Bewegung der Kamera die definierte Position beibehält.

6.2.3 Softwaredesign

Das AR-Projekt ist in vier verschiedene Szenen unterteilt, die alle unabhängig von einander funktionieren:

- IntroScene
- Phase1Scene
- Phase2Scene
- Phase3Scene

Beim Start der AR-Anwendung wird die IntroScene geladen. Diese Szene enthält die Elemente für die Einleitung, Aufgabenstellung und die Notizen. Da diese Komponenten ohne Augmented Reality arbeiten, wurde hierfür nur eine Szene erstellt. Jede Phase in der Anwendung hingegen hat ihre eigene Szene. Dies ist notwendig, da die AR-Komponenten für jede Phase anders konfiguriert werden müssen. Durch diese Unterteilung erhält die Software eine übersichtliche Struktur und es werden in jeder Szene nur die Dateien geladen, die auch in der jeweiligen Phase notwendig sind. Dadurch werden eine schnelle Performance und eine hohe Framerate gewährleistet. Die einzelnen Szenen werden nacheinander chronologisch geladen. Nach Phase 3 gelangen die Lernenden zurück zur IntroScene (siehe Abbildung 6.10).

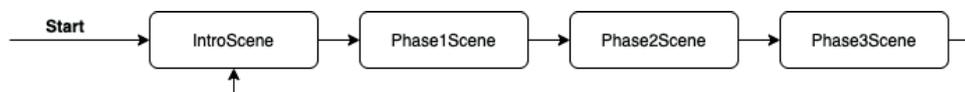


Abbildung 6.10: Vereinfachte Darstellung der Abfolge aller Szenen in der AR-Anwendung

Aufbau der IntroScene

Alle Szenen in der AR-Anwendung weisen einen ähnlichen Aufbau auf. In jeder Szene wird eine Interaktion über die grafische Benutzeroberfläche ermöglicht. Zur Erstellung der

Benutzungsoberfläche werden die von Unity bereitgestellten Elemente und das Plugin „Simple Scroll-Snap“⁹ verwendet. Die Basis dafür bildet ein 2D-Canvas, auf dem die einzelnen Elemente, wie z.B. Text und Buttons, platziert werden. Da es verschiedene Screens und damit auch verschiedene Zusammenstellungen der Elemente gibt, wurde für jeden Screen ein eigener 2D-Canvas zusammengestellt. Dies wird anhand einer Darstellung der IntroScene verdeutlicht (siehe Abbildung 6.11).

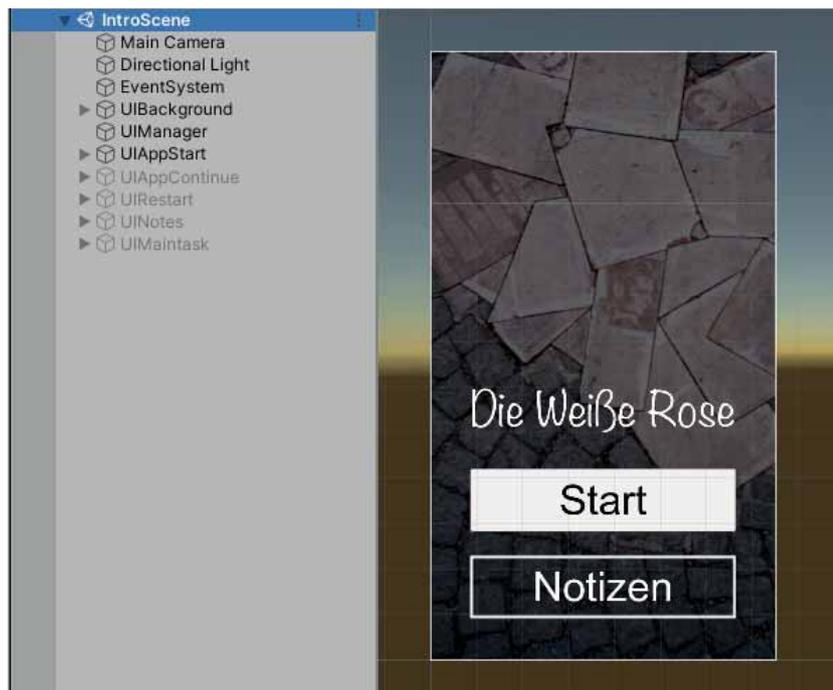


Abbildung 6.11: Darstellung des Aufbaus der Benutzungsoberfläche aus der IntroScene in Unity
OZ

Alle Komponenten, die zur grafischen Benutzungsoberfläche gehören, werden mit dem Wort „UI“ (Abkürzung für User Interface) im Namen kenntlich gemacht. Folgende Screens wurden in der IntroScene erstellt:

UIBackground	Dieser Screen enthält Elemente, die von allen anderen Screens verwendet werden. Dazu zählt das Hintergrundbild, ein Panel, welches das Hintergrundbild abdunkelt und der Titel der Anwendung.
--------------	---

⁹<https://t1p.de/0nwd> Stand: 24.10.2020

UIAppStart	Dieser Screen wird angezeigt, wenn die Anwendung zum ersten Mal gestartet wird. Wichtiges Element ist hierbei der Start-Button, mit dem das Starten der Anwendung ermöglicht wird. Sobald alle Phasen in der Anwendung abgeschlossen wurden, wird zusätzlich der Notizen-Button angezeigt, der den Zugriff auf die Notizen ermöglicht.
UIAppContinue	Dieser Screen wird nur angezeigt, wenn mindestens eine Phase abgeschlossen und die Anwendung beendet wurde. Hier wird ein Weiterspielen-Button, mit dem die nächste Phase begonnen werden kann, und ein Neustart-Button, der das Löschen des aktuellen Spielstandes ermöglicht, angezeigt.
UIRestart	Dieser Screen erklärt den Lernenden, dass der aktuelle Spielstand bei Neustart der Anwendung gelöscht wird. Durch eine aktive Nutzungseingabe der Lernenden wird ein versehentliches Löschen des Spielstandes verhindert.
UINotes	In diesem Screen werden die Inhalte der Notizen dargestellt.
UIMaintask	Dieser Screen zeigt die Aufgabenstellung an und wird angezeigt, wenn der Start-Button betätigt wurde.

Für die Steuerung der einzelnen Screens ist in jeder Szene ein Manager-Objekt enthalten, welches die Logik für die Benutzungsoberfläche beinhaltet. In der IntroScene ist dies das Gameobject mit dem Namen „UIManager“.

OZ

Typischer Aufbau einer AR-Szene

Die Szenen für die einzelnen Phasen enthalten Komponenten, um Augmented Reality zu erzeugen. Der Aufbau dieser Szenen folgt immer dem gleichen Muster. Dieses Muster wird anhand der Phase1Scene vorgestellt (siehe Abbildung 6.12). Da in jeder AR-Szene eine Einleitung und Anweisungen auf dem Display angezeigt werden, sind hier zunächst Elemente für eine grafische Benutzungsoberfläche notwendig. In dem Gameobject „UITask“ wird der Text für die Einleitung angezeigt. Nach dem Betätigen des Start-Buttons wird dieses Gameobject deaktiviert und das Gameobject „UIARTasks“ aktiviert. Dieses enthält die Anweisungen, welche die Lernenden in der Interaktion mit den AR-Inhalten unterstützen. Zum Anzeigen der AR-Inhalte werden die von AR Foundation vorgegebenen Prefabs „AR Session“ und „AR Session Origin“ verwendet. Zusätzlich ist ein Licht-Objekt vorhanden, welches die dreidimensionalen AR-Inhalte beleuchtet. Dieses Licht-Objekt ist statisch und passt sich nicht an das Umgebungslicht der Lernenden an. Für die Steuerung der grafischen Benutzungsoberfläche und der AR-Prefabs ist ein Manager-Objekt implementiert.

OZ

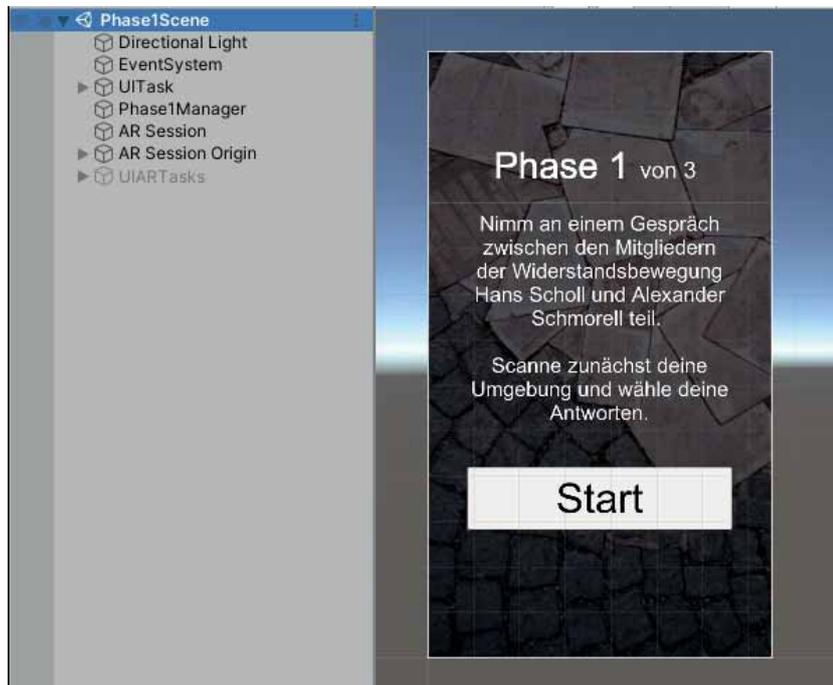


Abbildung 6.12: Exemplarische Darstellung des Aufbaus einer AR-Szene anhand der Phase1Scene
OZ

Persistente Datensicherung

In der AR-Anwendung werden zwei Arten von Daten gespeichert: Die Anzahl der Phasen, die bereits abgeschlossen wurden und eine Aufzeichnung des interaktiven Gesprächs. Um zu ermitteln, welche Phasen in der Anwendung abgeschlossen wurden, werden zunächst verschiedene Zustände erstellt. Über den Enum-Datentyp werden folgende Zustände definiert:

NOTSTARTED	Es wurde noch keine Phase in der Anwendung abgeschlossen
PHASE2	Phase 1 wurde abgeschlossen und die nächste Phase, die gestartet werden muss, ist Phase 2
PHASE3	Phase 2 wurde abgeschlossen und die nächste Phase, die gestartet werden muss, ist Phase 3
FINISHED	Alle Phasen wurden abgeschlossen und es können die Notizen angezeigt werden

Das Speichern eines Zustandes wird durch die von Unity bereitgestellte Komponente „Player-Pref“ ermöglicht. Mithilfe von dieser Komponente können Variablen nach dem Key-Value-Prinzip gespeichert werden. Das PlayerPrefs kann Variablen vom Typ Integer, Float und String speichern. Ein Vorteil an dieser Komponente ist der szenen- und sitzungsunabhängige

Zugriff. Das bedeutet, dass auf die Variable in jeder Szene zugegriffen werden kann und diese bei jedem Neustart der Anwendung ihren Wert nicht verliert. In C# wird jeder Enum-Variable ein Integer zugewiesen. Nachdem eine Phase abgeschlossen wurde, wird der entsprechende Integer im PlayerPrefs gespeichert und mit dem String „gamestate“ als Schlüssel versehen.

Das interaktive Gespräch verläuft durch die Auswahl unterschiedlicher Antworten der Lernenden immer individuell. Damit der Verlauf des Gesprächs in den Notizen wiedergegeben werden kann, ist es notwendig, dass nicht nur die einzelnen Aussagen aller Gesprächsteilnehmer, sondern auch die Reihenfolge und die Person, welche die Aussage geäußert hat, gespeichert wird. Aufgrund dieser Komplexität ist die Nutzung der PlayerPrefs Komponente unzureichend und die Sicherung des Gesprächsablaufs erfolgt in einer Binär-Datei.

Zu jeder Aussage wird zunächst ein Objekt erstellt, welches aus der Aussage und dem Namen der Person besteht (siehe Listing 6.2).

Listing 6.2: Aufbau einer Speech-Klasse

```
[System.Serializable]
public class Speech
{
    public string name;
    public string text;

    public Speech(string n, string t)
    {
        name = n;
        text = t;
    }
}
```

Nachdem eine Aussage im interaktiven Gespräch geäußert wurde, wird diese in einer Liste gespeichert. Um die Liste zu speichern, muss ein Spielstand erstellt werden. Dafür wird zunächst ein Objekt der Klasse „Game“ erzeugt (siehe Listing 6.3).

Listing 6.3: Aufbau der Game-Klasse zum Speichern des Spielstandes

```
[System.Serializable]
public class Game
{
    public string savegameName = "New_Save_Game";
    public List<Speech> itemArray;

    public Game(string name, List<Speech> list)
    {
        savegameName = name;
        itemArray = list;
    }
}
```

Die Klasse enthält die Liste und einen Namen des Spielstandes. Eine Instanz dieser Klasse wird dann in eine Binärdatei geschrieben, welche auf dem persistenten Speicher des Smartphones abgelegt wird. In den Notizen wird dann auf diese Datei zugegriffen und der Inhalt ausgelesen, um den Chatverlauf zu erstellen.

OZ

6.3 Virtual Reality Anwendung

Im folgenden Abschnitt werden die technischen Grundlagen der VR-Anwendung erläutert. Dazu wird zuerst die verwendete Hardware beschrieben. Danach wird auf das Steam-VR Plugin eingegangen, welches zur Implementierung des VR-Systems in der Entwicklungsumgebung verwendet wurde. Darauf folgt eine Erläuterung der entwickelten Klassen und der Relationen, die zwischen ihnen bestehen.

TV

6.3.1 Hardware

Zur Umsetzung des Konzepts, welches in den beiden vorangegangenen Kapiteln 4 und 5 beschrieben wurde, wird ein Computer gebundenes VR-System verwendet. Es erlaubt aufgrund seiner stärkeren Rechenleistung eine hohe Grafikqualität, ohne die Performance negativ zu beeinträchtigen. Dadurch wird motion sickness reduziert, was die Anwendung für einen Einstieg in den Umgang mit Virtual Reality geeignet macht. Da für die Entwicklung der Anwendung Unity in Verbindung mit dem SteamVR-Plugin verwendet wurde, ist die Verwendung verschiedener Hardware-Komponenten möglich. Die Entwicklung erfolgte mithilfe des VR-Systems Vive von HTC. Das System verwendet zum Verfolgen von Kopf- und Handpositionen zusätzliche Geräte, auch Lighthouse-System genannt, die Infrarot-Sensoren zum tracking verwenden. Diese Form des Positionstrackings ist besonders stabil und funktioniert auch bei schwachen Lichtverhältnissen. Das stabile Verfolgen der Positionen ist wichtig, um die immersive Erfahrung nicht zu unterbrechen und die Lernenden nicht durch fehlerhafte Darstellungen vom Lernthema abzulenken.

Zusätzlich zum VR-System selbst, wird sowohl für die Entwicklung als auch für die Verwendung der Anwendung ein Computer benötigt. Aufgrund der hohen Leistungsanforderungen, die Computer-gebundene VR-Systeme haben, ist nicht jeder Computer für die Verwendung solcher Systeme geeignet. Mit Hilfe des SteamVR Performance Tests¹⁰ kann überprüft werden, ob ein Computer die Anforderungen erfüllt.

TV

6.3.2 Softwaredesign

SteamVR-Plugin

Um die Entwicklung zu erleichtern und bereits bekannte Interaktionstechniken einzubinden, wird das Plugin „Steam VR“¹¹ der Valve-Corporation verwendet. Es generalisiert den Input verschiedener Virtual-Reality-Systeme und integriert diesen in Unity. Das Plugin bietet verschiedene vorgefertigte Prefabs und Scripts an, welche die Verwendung des Inputs erleichtern. Zur Steuerung der Perspektive und der korrekten Positionierung der Hände wird das Player-Prefab verwendet (siehe Abbildung 6.13). Bei diesem Prefab handelt es sich um eine sehr komplexe Zusammensetzung von Objekten, die mehrere Kameras, einen Au-

¹⁰<https://t1p.de/5sgr> Stand: 24.10.2020

¹¹<https://t1p.de/m0g4> Stand: 24.20.2020

6. ENTWICKLUNG DER ANWENDUNGEN

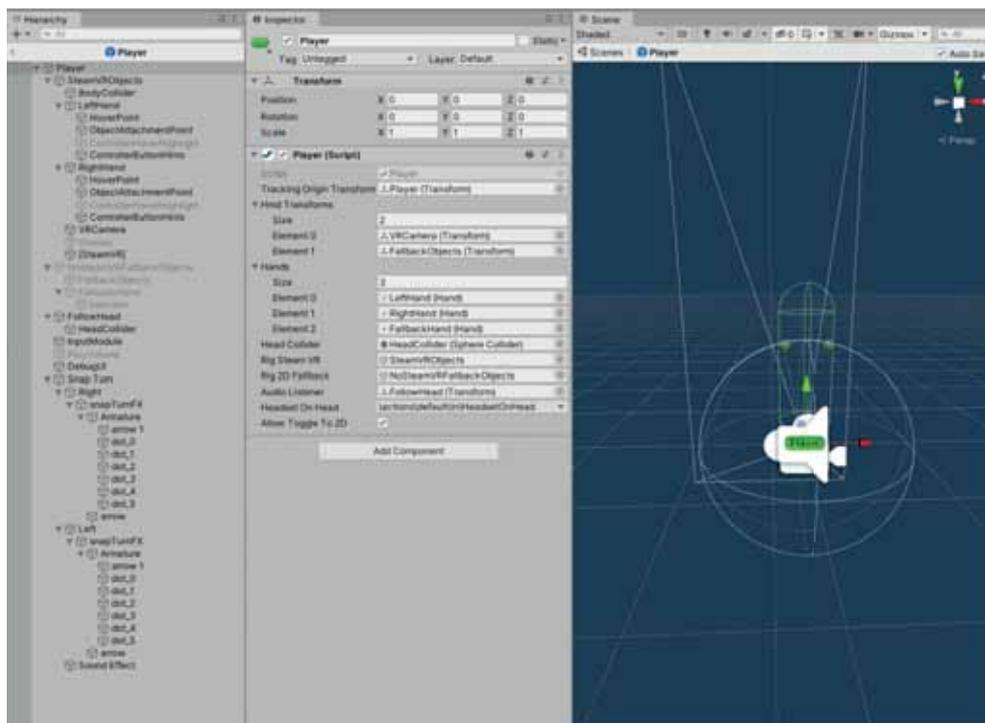


Abbildung 6.13: Darstellung eines Playerprefabs aus der hierarchischen Ansicht (links), aus Inspektoransicht des obersten Objekts (mittig) aus der Szenenansicht (rechts).

TV

dioempfänger für die Töne der Anwendung und zwei Handobjekte enthalten. Dazu kommen weitere Objekte, die unterschiedliche Aufgaben erfüllen, wie beispielsweise eine zweite Steuerungsmethode, falls kein VR-System angeschlossen ist. Zur Fortbewegung wird das Teleportation-Prefab verwendet. Es enthält sowohl Scripts, welche die Funktion der Teleportation implementieren, als auch visuelle Teleportationsplattformen, die in der Szenenansicht platziert werden können. Häufig verwendet wurden auch das Interactable-, das Throwable- und das InteractableHoverEvents-Script (siehe Abbildung 6.14), welche viele Aufgaben rund um die Interaktion mit Objekten übernehmen. Sie sorgen dafür, dass erkannt wird, wenn sich eine Hand einem Objekt nähert. Dieses Objekt erhält dann das bereits in Kapitel 5.2.1 beschriebene Highlight und lässt Interaktion zu. In der Inspektoransicht lassen sich viele Details rund um diese Interaktion festlegen. Über das Interactable-Script lässt sich beispielsweise festlegen, ob das Handobjekt während der Interaktion angezeigt werden soll. Mithilfe des InteractableHoverEvents-Scripts ist es möglich, Funktionen anzugeben, die bei der entsprechenden Interaktion ausgelöst werden sollen. Diese Möglichkeiten machen die Interaktionen wandelbar und vielseitig anwendbar. Insgesamt bietet das Steam-VR Plugin viele Möglichkeiten und erleichtert die Entwicklung für VR-Systeme. Es werden des Weiteren verschiedene unityinterne Klassen verwendet, jedoch keine weiteren Plug-Ins.

TV



Abbildung 6.14: Die Interaction-Scripts des SteamVR-Plugins in der Inspektoransicht.
TV

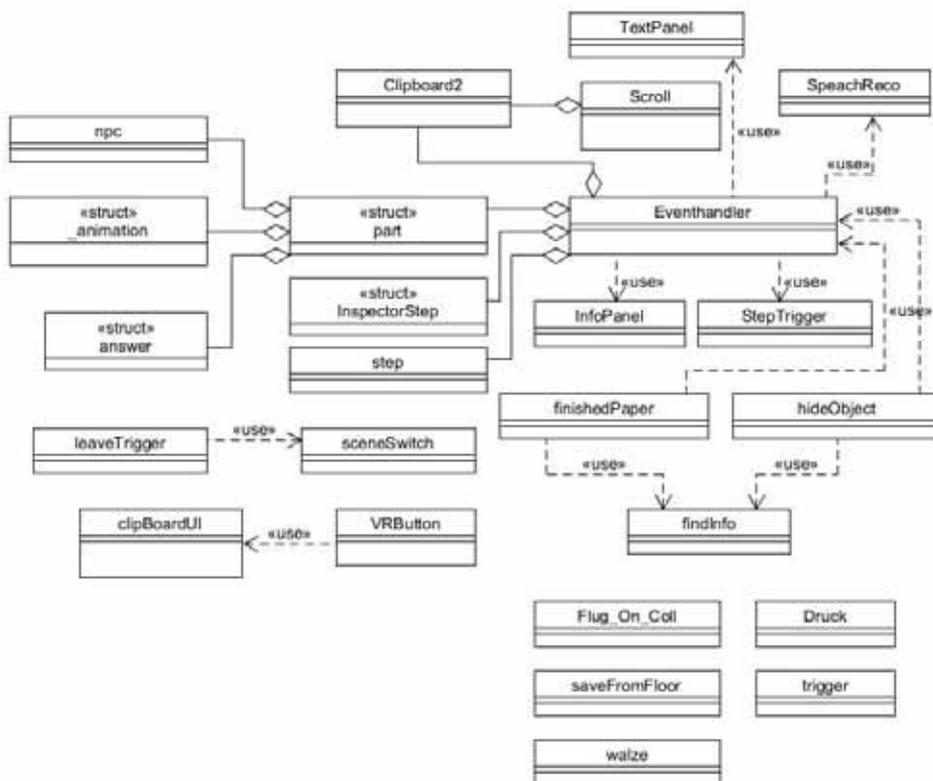


Abbildung 6.15: Klassendiagramm der VR-Anwendung. Übersicht ohne Attribute und Funktionen.

TV

Klassenübersicht

Neben den Klassen des SteamVR-Plugins und denen von Unity wurden anwendungsspezifische Klassen erstellt. Eine Übersicht über alle erstellten Klassen kann in Abbildung 6.15 betrachtet werden. Zum besseren Überblick wird in diesem Abschnitt das Diagramm in drei Teile unterteilt und erläutert. Im Zentrum der VR-Anwendung steht das EventHandler-Script (siehe Abbildung 6.16). Darin wurde ein Singleton-Entwurfsmuster verwendet, um sicherzustellen, dass stets nur eine Instanz des Scripts ausgeführt wird. Des Weiteren kann die Instanz des Eventhandlers hierdurch für alle anderen Klassen innerhalb der Anwendung problemlos verwendet werden, ohne dass diese in jeder dieser Klassen manuell referenziert werden muss. Das ist anhand der zahlreichen Assoziations- und Aggregationsrelationen zu erkennen, die der EventHandler hat. Er steuert das Dialogsystem, welches bereits im Abschnitt 6.1.3 beschrieben wurde. Da in der VR-Anwendung eine Sprachsteuerung vorgesehen ist, wird das System durch die Klasse „SpeechReco“ ergänzt. In ihr kann die von Unity bereits implementierte Spracherkennung gestartet werden (siehe Listing 6.4). Der EventHandler übernimmt die Steuerung dieser Klasse und übergibt ihr auch die Antworten, auf die gehört werden soll.

Listing 6.4: Die Funktion zum Starten der Spracherkennung

```
public void setKeywordsStart(string [] keysentence)
{
    if (inactive) { return; }
    keywords = keysentence;
    if (recognizer != null && recognizer.IsRunning)
    {
        recognizer.Stop();
        recognizer.Dispose();
    }
    if (keywords != null)
    {
        recognizer =
            new KeywordRecognizer(keywords, confidence);
        recognizer.OnPhraseRecognized +=
            Recognizer_OnPhraseRecognized;
        recognizer.Start();
    }
}
```

Um auch die visuelle Darstellung im dreidimensionalen Raum zu ermöglichen, wird eine weitere Klasse hinzugefügt. Die „TextPanel“-Klasse enthält Funktionen zum Aktivieren und Deaktivieren der Gesprächsansicht und zum Setzen der gesprochenen Texte und der dazugehörigen Antworten. Falls ein hoher Lärmpegel oder das Fehlen eines Mikrofons die Spracherkennung verhindern würde, enthält die TextPanel-Klasse des Weiteren eine alternative Auswahlmöglichkeit. Durch das Drücken der seitlichen Tasten an den Controllern erscheint ein Strahl, mit dem auf die gewünschte Antwort gezielt werden kann. Neben dem Dialogsystem übernimmt der EventHandler auch die Steuerung des Ablaufs der Anwendung. Auch diese Funktion ist so aufgebaut, dass sie möglichst flexibel und so in allen Szenen oder auch in anderen Anwendungen einsetzbar ist. Es können Schritte festgelegt werden, welche die Spielenden in dieser Phase gehen können oder sollen. Ein Schritt wird durch Aufruf der Funktion TookStep() ausgelöst (siehe Listing 6.5). Dies kann durch das Benutzen von

Gegenständen, das Betreten einer bestimmten Stelle oder das Erreichen eines bestimmten Dialogabschnittes geschehen.

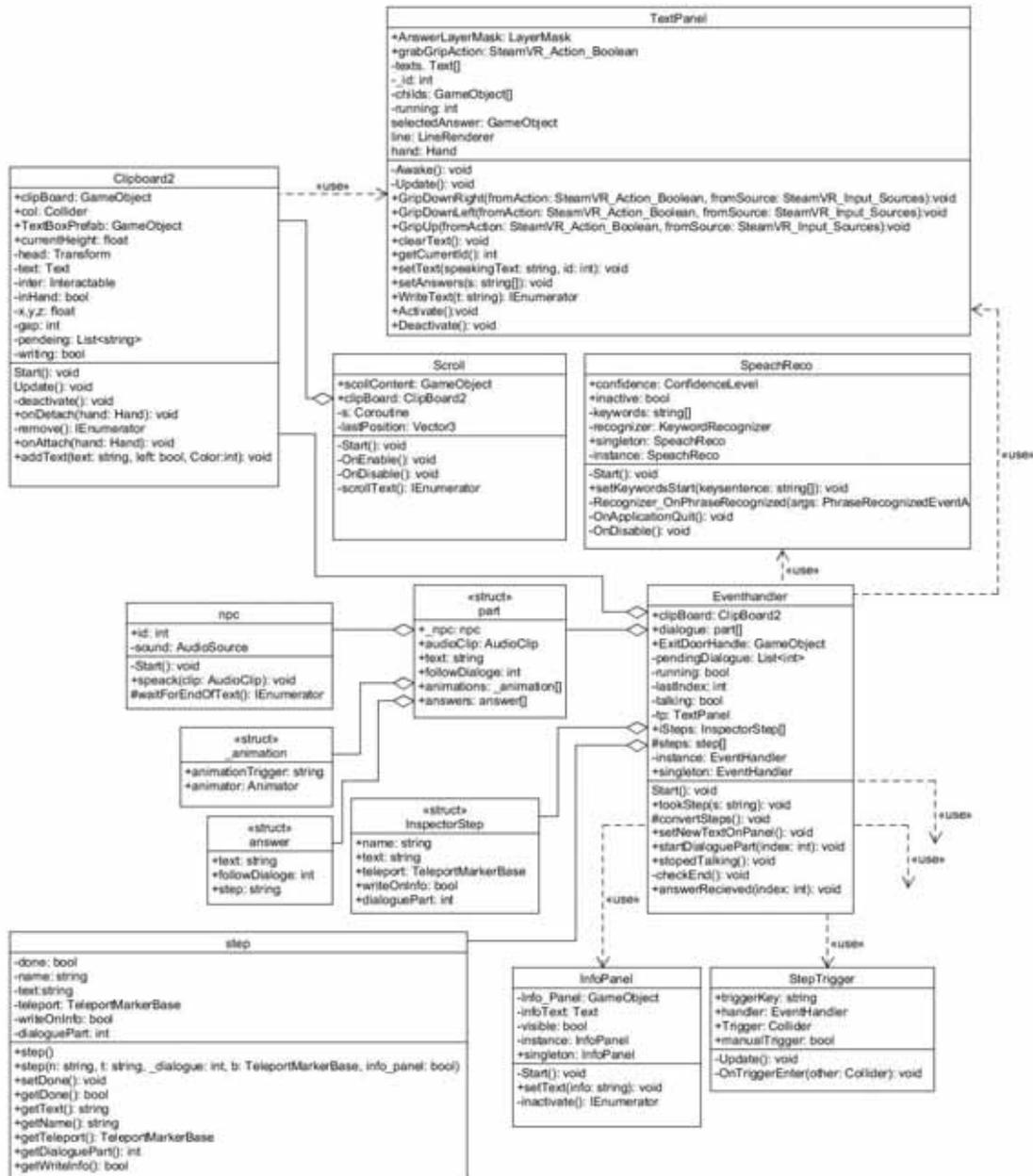


Abbildung 6.16: Ausschnitt des Klassendiagramms rund um den Eventhandler.

TV

Listing 6.5: Die Funktion TookStep()

```

public void tookStep(string s)
{
    foreach (step st in steps)
    {
        if (st.getName().Equals(s) && !st.getDone())
        {
            if (st.getTeleport() != null)
            {
                unlockTeleport(st.getTeleport());
            }
            if (st.getDialoguePart() != -1)
            {
                startDialoguePart(st.getDialoguePart());
            }
            if (st.getWriteInfo())
            {
                InfoPanel.singleton.setText(st.getText());
            }
            if (st.getName().Equals("end"))
            {
                ExitDoorHandle.GetComponent<Interactable>().enabled = true;
                ExitDoorHandle.GetComponent<CircularDrive>().enabled = true;
                tp.Deactivate();
                SpeachReco.singleton.enabled = false;
                talking = false;
            }
            st.setDone();
        }
    }
}

```

Jedem Schritt innerhalb einer Phase wird ein Name zugeordnet. Dieser dient zum einen, um einen Überblick über die Schritte behalten zu können und zum anderen als einzigartiger Identifikator. Danach kann angegeben werden, welche Folgen das Erreichen eines Schrittes hat. Möglich ist, dass ein Dialogabschnitt gestartet, ein neues Teleportgebiet freigeschaltet oder ein Text im Sichtfeld der Spielenden angezeigt wird (siehe Listing 6.6).

Listing 6.6: Der Konstruktor der Step-Klasse

```

public step(string n, string t, int _dialogue = -1,
TeleportMarkerBase b = null, bool info_panel = false)

```

Im unteren Teil des Diagramms sind die Klassen „InfoPanel“ und „StepTrigger“ zu sehen. Die InfoPanel-Klasse dient dem Anzeigen von Informationen, die in einem Step angegeben wurden. Die StepTrigger-Klasse repräsentiert Collider, die auf das Betreten eines Bereichs durch die Spielenden reagieren und einen neuen Schritt auslösen. Das Clipboard wird von der Klasse ClipBoard2 repräsentiert, die ebenfalls vom EventHandler gesteuert wird. Er fügt die einzelnen Abschnitte des Gesprächs über die Funktion addText() hinzu. Die ClipBoard-Klasse enthält darüber hinaus die Funktionen, die das Greifen und Loslassen des dazugehörigen 3D-Objekts regeln. Dies geschieht über die Funktionen onAttach() und onDetach(), die wiederum die Coroutine remove() auslöst. Die ebenfalls damit in Verbindung stehende Klasse „Scroll“ erzeugt lediglich einen automatischen Durchlauf des Gesprächs über das Clipboard.

In Abbildung 6.17 sind kleinere Klassenkonstellationen zu sehen, die nicht alle in Beziehung

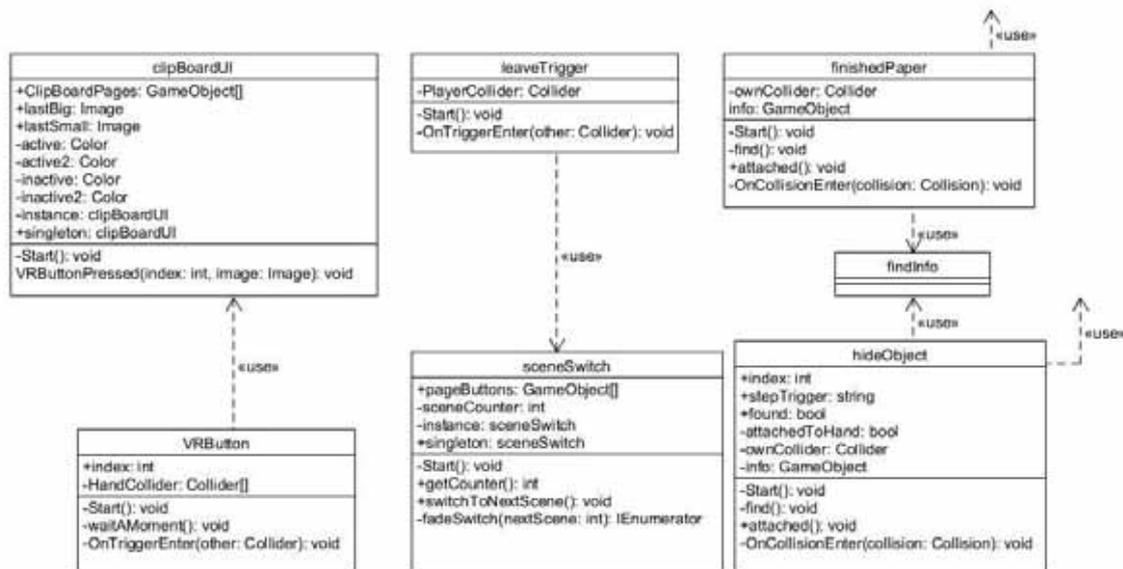


Abbildung 6.17: Teilabschnitt des Klassendiagramms. Es zeigt kleinere Klassenkonstellationen.

TV

mit den anderen, bereits beschriebenen Klassen stehen. Dazu kommt es, da zugunsten der besseren Übersicht keine Unityklassen in das Diagramm aufgenommen wurden. Alle selbst entwickelten Klassen erben von der übergeordneten Unity-Klasse „Monobehavior“ und sind damit in der Lage, mit den dreidimensionalen Objekten zu interagieren. Die Klassen „clipboardUI“ und „VRButton“ interagieren mit dem Clipboard-Objekt und ermöglichen den Nutzenden die Interaktion mit dem angezeigten Inhalt. Dies geschieht dadurch, dass die Funktion `OnTriggerEnter()` ausgelöst wird, sobald eine Hand sich einem Button auf dem Clipboard nähert.

Die Klassen „leaveTrigger“ und „sceneSwitch“ steuern den ordentlichen Übergang von einer Szene in die nächste, wenn die Spielenden durch eine der Ausgangstüren treten.

Die Klassen „hideObject“, „finishedPaper“ und „findInfo“ implementieren alle Funktionen rund um die Objekte aus Phase 2. Sie interagieren zum einen mit dem EventHandler, um die Funktion `tookStep()` auszulösen, sobald ein Objekt genommen wurde. Zum anderen aktivieren sie auch die neuen Informationen auf dem Clipboard-Objekt.

Die in Abbildung 6.18 gezeigten Klassen interagieren nur mit wenigen, bestimmten Objekten innerhalb der Phasen. Sie übernehmen kleinere Aufgaben, wie das korrekte Aktivieren der Collider aller Flugblätter in Phase 3, das Drehen der Walze und das Auslösen verschiedener Schritte. Die Klasse „Druck“ verwaltet die Kombination der gefundenen Gegenstände in Phase 2 und die Animation des Drucks.

TV

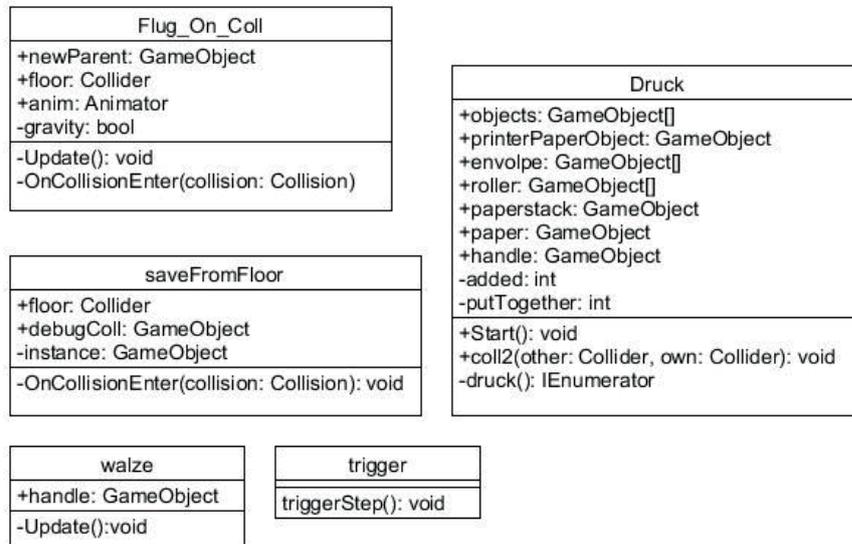


Abbildung 6.18: Teilabschnitt des Klassendiagramms. Es zeigt einzelne Klassen, die nicht in Verbindung mit den anderen, selbst geschriebenen Klassen stehen.
TV

6.4 Zusammenfassung

Sowohl die AR- als auch die VR-Anwendung wurden in einer prototypischen Entwicklung umgesetzt. Grundlage für die Entwicklung bildet die Entwicklungsumgebung Unity. Diese ermöglicht nicht nur die Entwicklung beider Anwendungen, sondern auch die Nutzung gemeinsamer Assets. Dazu gehören die Charaktere Hans Scholl und Alexander Schmorell. Diese wurden für das interaktive Gespräch erstellt und animiert, damit das Gespräch sich realistisch für die Lernenden anfühlt. Zusätzlich wurde für das Gespräch ein Dialogsystem entwickelt, welches in beiden Anwendungen implementiert wurde. Auch die 3D-Modelle, wie das Hektrografiergerät und die Flugblätter, wurden in beiden Anwendungen verwendet.

Die AR-Anwendung wird für iOS-Geräte entwickelt. Dazu wird das Framework AR Foundation implementiert. Dieses bietet eine Anbindung an die AR-Schnittstelle von iOS-Geräten und ermöglicht die einfache Erstellung von AR-Szenen. Die AR-Anwendung besteht in Unity aus vier Szenen: IntroScene, Phase1Scene, Phase2Scene und Phase3Scene. Die IntroScene steuert das Anzeigen der Einleitung, Aufgabenstellung und der Notizen. Die anderen Szenen erzeugen die AR-Inhalte und weisen alle den gleichen Aufbau auf. Damit die Lernenden die Anwendung nach einer abgeschlossenen Phase beenden und nach Neustart zu einem späteren Zeitpunkt an der nächsten Phase weiter nutzen können, wird ein Zustand, welcher die nächstmögliche Phase beschreibt, mithilfe der Unity-Komponente PlayerPrefs gespeichert. Die Kopie des interaktiven Gesprächs, welche in den Notizen dargestellt wird, muss aufgrund der Komplexität und des Umfangs der Daten in eine Binär-Datei geschrieben werden. Diese Binärdatei wird auf dem persistenten Speicher des Smartphones abgelegt.

Die VR-Anwendung wird für ein computergebundenes VR-System entwickelt, welches auch die Verwendung von Controllern ermöglicht, deren Position getrackt wird. Zur Integration der durch das VR-System gelieferten Informationen wird das SteamVR-Plugin verwendet. Die EventHandler-Klasse implementiert das Singleton-Entwurfsmuster und spielt in der VR-Anwendung eine tragende Rolle. Sie steuert wichtige Anwendungsfunktionen, wie das Dialogsystem oder den Ablauf der Anwendung. Zusätzlich existieren einige weitere Klassen, die beispielsweise die Funktionen des Clipboards oder die Spracherkennung steuern. Die meisten Klassen stehen in Beziehung zu anderen Klassen. Es gibt jedoch auch einige, die nur einem einzelnen begrenzten Zweck dienen.

Im nachfolgenden Kapitel wird eine Studie vorgestellt, in der beide Anwendungen mit der Zielgruppe getestet wurden.

TV,OZ

Kapitel 7

Studie

Dieses Kapitel beschäftigt sich mit der durchgeführten Studie, in der die beiden entwickelten Anwendungen miteinander verglichen werden. Zunächst wird die Personengruppe, die an dieser Studie teilgenommen hat und die verwendete Hardware beschrieben. Danach folgen der Aufbau und die Vorgehensweise sowie die Erläuterung der in den Fragebögen gestellten Fragen. Im Anschluss werden die Ergebnisse vorgestellt und anhand statistischer Verfahren analysiert, ob es einen signifikanten Unterschied zwischen den Ergebnissen beider Anwendungen gibt.

OZ

7.1 Personengruppe

Um in der Studie aussagekräftige Ergebnisse zu erzielen und Feedback passend zum Konzept zu erhalten, wurden Teilnehmende ausgewählt, die in die Zielgruppe des Anwendungskonzepts passen. Aus diesem Grund wurde die Studie mit Schülerinnen und Schülern des Karl-Rehbein-Gymnasiums in Hanau durchgeführt. Insgesamt nahmen 28 Personen im Alter zwischen 17 und 19 aus zwei verschiedenen Geschichtskursen der Jahrgangsstufe 13 teil. Davon waren elf männlich und 14 weiblich. Je ein Geschichtskurs testete eine Anwendung. Bei Augmented Reality waren dies 15 Personen und bei Virtual Reality 13. Alter und Geschlecht der Teilnehmenden wurden über die in der Studie verwendeten Fragebögen erhoben. Bei drei Personen konnten keine Angaben zum Geschlecht und bei vier zum Alter ermittelt werden.

OZ

7.2 Hardware

Für das Testen der AR-Anwendung wurden ein iPhone 8, ein iPhone 7 und ein iPhone 6s Gerät mit dem Betriebssystem iOS 13.7 verwendet. Alle Geräte waren mit einer Displaygröße von 4,7 Zoll gleich groß. Der für die AR-Anwendung relevante Unterschied zwischen allen drei Geräten liegt in den verbauten schwächeren Hardwarekomponenten des iPhone 6s und iPhone 7. Bei diesen Geräten wurde eine stärkere Wärmeentwicklung im Vergleich zum iPhone 8 festgestellt, welche die Nutzung und das Anwendungserlebnis jedoch nicht beein-

trächtig. Um Einschränkungen im Audio-Erlebnis zu verhindern, nutzten die Schülerinnen und Schüler entweder eigene oder bereitgestellte Kopfhörer.

Zum Testen der VR-Anwendungen wurden zwei HTC Vive und ein Oculus Rift Display verwendet. Die beiden HTC Vive Displays nutzten das gleiche Lighthouse-Tracking-System. Die Oculus Rift wurde separat aufgebaut und verwendete ein eigenes Tracking-System. Alle drei VR-Brillen wurden mit jeweils einem Computer verbunden, welche beim SteamVR Performance Test die Bewertung „VR bereit“ erhielten. Auch wenn sich die Controller beider VR-Systeme unterscheiden, ist kein Einfluss auf die Ergebnisse zu erwarten, da alle Teilnehmenden eine Einweisung erhielten. Um auch bei der VR-Anwendung das Audio-Erlebnis nicht zu beeinträchtigen, erhielten alle Teilnehmenden Kopfhörer.

Aufgrund der Corona-Pandemie und zur Einhaltung von Hygiene-Maßnahmen mussten alle in der Studie verwendeten technischen Geräte nach jeder Nutzung desinfiziert werden.
OZ

7.3 Vorgehen

Die durchgeführte Studie ist qualitativer Natur, da die in Kapitel 7.1 beschriebene Personengruppe keine repräsentative Größe hat und das ausführliche Feedback der einzelnen Teilnehmer und Teilnehmerinnen berücksichtigt wird. Da die Studie während des laufenden Schulalltags stattfand, war die zu Verfügung stehende Zeit begrenzt. Beiden Testgruppen standen insgesamt 100 Minuten zur Durchführung der Anwendungen zur Verfügung. Hinzu kam eine Vorbereitungszeit, welche der Einrichtung der notwendigen Hardware diente. Sie betrug bei der AR-Anwendung 15 und der VR-Anwendung 45 Minuten. Je drei Testpersonen konnten die Anwendung gleichzeitig nutzen. Ein einzelner Durchlauf dauerte zwischen 15-25 Minuten, abhängig von der Bearbeitungsgeschwindigkeit der Teilnehmenden. Aufgrund der begrenzten Zeit konnte die in Unterkapitel 5.2 beschriebene Lernphase nicht durchgeführt werden. Die Schülerinnen und Schüler wurden mündlich in die Steuerung der VR-Anwendung eingewiesen. Für die Verwendung der AR-Anwendung war keine Einweisung nötig. Die Teilnehmenden konnten zu jedem Zeitpunkt während der Nutzung beider Anwendungen Fragen stellen und Hilfestellungen erhalten.

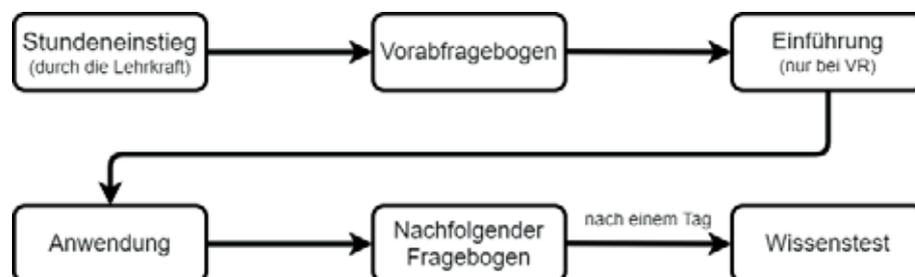


Abbildung 7.1: Ablauf der Evaluation
TV

Um die Anwendung bestmöglich in den Unterricht einzubinden, begann die Unterrichtsstunde mit einem durch eine Lehrkraft durchgeführten Einstieg. Da nicht genug Geräte für die gleichzeitige Nutzung durch alle Teilnehmenden zur Verfügung standen, reichte die Zeit nicht, um eine Nachbereitung am Tag der Studie durchzuführen. Dies geschah am Folgetag durch die Lehrkraft. Das Thema passt in den Lehrplan der Klassen und wurde zuvor noch nicht behandelt. Sowohl vor als auch nach der Durchführung füllten die Testpersonen je einen Fragebogen aus. Einen Tag nach der Verwendung der Anwendung erhielten sie einen dritten Fragebogen (siehe Abbildung 7.1). Alle Fragebögen wurden pseudonymisiert ausgefüllt. Die Teilnehmenden erstellten sich dafür einen Code nach einem vorgegebenen Muster. Diese Maßnahme wurde ergriffen, damit die Identität der Teilnehmenden geschützt und alle Fragebögen einer Person trotzdem einander zugeordnet werden können. Gemeinsam dienten sie der Beantwortung der Untersuchungsfragen.

Untersucht werden sollte zum einen die Nutzbarkeit der Anwendungen. Zum anderen war es das Ziel der Studie, erste Erkenntnisse zur Effektivität der immersiven Medien im Unterricht zu erlangen.

Der vorab zu beantwortende Fragebogen diente dazu herauszufinden, welche Erfahrungen die Lernenden bereits gemacht haben. Dies bezieht sich sowohl auf das Unterrichtsthema „Die Weiße Rose“ als auch den Umgang mit Augmented und Virtual Reality. Auch die persönliche Meinung über das Fach Geschichte und immersive Medien generell können Einfluss auf das Ergebnis haben. Einige Bewertungen wurden auf einer numerischen Skala vorgenommen. Die Bedeutung der Werte war an der Skala angegeben.

1. Wie gefällt dir der Geschichtsunterricht? (Bewertung von 1 (sehr gut) - 6 (ungenügend))
2. Was gefällt dir gut/ nicht gut am Geschichtsunterricht? (freie Antwort)
3. Habt ihr schon das Thema „Weiße Rose“ im Unterricht behandelt? (freie Antwort)
4. Was weißt du über die Weiße Rose? (freie Antwort)
5. Wie versuchst du dich beim Lernen zu motivieren, wenn das Thema für dich uninteressant ist?(freie Antwort)
6. Hast du schon mal eine AR-/ VR-Anwendungen benutzt? Wenn ja, in welchem Zusammenhang? (freie Antwort)
7. Was hältst du von Anwendungen, die ein Thema aus dem Unterricht behandeln und im Unterricht eingesetzt werden können? (Bewertung von 1 (sehr gut) - 6 (ungenügend))
8. Welche Erwartungen hast du an die „Weiße Rose“ VR/AR Anwendung? (freie Antwort)
9. Welche Vorteile erhoffst du dir durch die Anwendung im Vergleich zum normalen Geschichtsunterricht? (freie Antwort)
10. Welche Nachteile könnte eine Anwendung im Vergleich zum normalen Unterricht haben? (freie Antwort)

11. Wie motiviert bist du, an der Unterrichtsstunde teilzunehmen? (Bewertung von 1 (sehr motiviert) - 6 (gar nicht motiviert))

Auf die direkte Abfrage von Wissen bezüglich der Weißen Rose, wie es im Wissenstest nach der Anwendung stattfand, wurde verzichtet, da dies die Aufmerksamkeit der Schüler während der Anwendungsnutzung beeinflussen und auf die abgefragten Themen lenken könnte. Dies könnte zu einer Verfälschung der Ergebnisse führen.

Das Testen der Nutzbarkeit dient dazu, Fehler sowohl in der Programmierung als auch im Konzept aufzudecken. Diese könnten Ergebnisse der eigentlichen Forschungsfrage, für welche die Anwendungen entwickelt wurden, verfälschen. Zu diesem Zweck wurden die Teilnehmenden während der Nutzung der Anwendung beobachtet und Schwierigkeiten und Fehler notiert. Es war wichtig, auch die subjektiven Eindrücke und Empfindungen der Lernenden zu berücksichtigen. Deshalb gab der Fragebogen, der nach der Verwendung der Anwendung ausgefüllt wurde, den Testpersonen die Möglichkeit, Feedback zu geben.

1. Wie fandest du die Anwendung? (Bewertung von 1 (sehr gut) - 6 (ungenügend))
2. Was hat dir gut/schlecht gefallen? (freie Antwort)
3. Wurden deine Erwartungen erfüllt? (Bewertung von 1 (komplett erfüllt) - 4 (gar nicht erfüllt))
4. Würdest du dich mit einer solchen Anwendung auf eine Klausur vorbereiten? Wieso? (freie Antwort)
5. Denkst du, das AR/VR Potenzial für den Unterricht haben kann? Bitte begründe. (freie Antwort)
6. Wurdest du durch die Anwendung motiviert, dich mehr mit dem Thema zu beschäftigen? (Bewertung von 1 (sehr motiviert) - 6 (gar nicht motiviert))
7. Kannst du dir den Einsatz von AR/VR Anwendungen in anderen Fächern vorstellen? Wenn ja, welche und warum? Wenn nein, warum? (freie Antwort)

Die Fragen 5 und 7 dienen des Weiteren dazu, Eindrücke zur Verbesserung dieser Anwendungen oder Ideen für weitere Lernanwendungen zu sammeln. Auch die Fragen 5, 9 und 10 des vorab auszufüllenden Bogens dienen diesem Ziel. Um Erkenntnisse über die Effektivität immersiver Medien im Unterricht zu erlangen, wurde einen Tag nach dem praktischen Test der Anwendung ein Test durchgeführt, in welchem abgefragt wurde, wie viele Informationen die Lernenden in der Anwendung aufgenommen haben. Dieser Test wurde durch die Lehrkräfte der Geschichtskurse durchgeführt. Folgende Fragen galt es in diesem Test zu beantworten:

1. Nenne 4 Ziele der weißen Rose
2. Welche Maßnahmen haben sie ergriffen, um ihre Ziele zu erreichen?
3. Benenne die bekanntesten Mitglieder der weißen Rose.
4. Wieso war es gefährlich, die Materialien für die Flugblätter zu besorgen?
5. An wen richtet sich das 5. Flugblatt?
6. In welchem Jahr wurden die ersten Mitglieder der Weißen Rose festgenommen und hingerichtet? (Multiple-Choice)
7. Aus welchen Gründen haben die Mitglieder der Weißen Rose gehandelt?

Die erste Aufgabe bezog sich hierbei direkt auf die vorab gegebene Aufgabenstellung. Die weiteren Fragestellungen bezogen sich auf Informationen, die im Verlauf der Anwendung gesammelt werden konnten. Die Antworten auf die Fragen 2,3,5,6 und 7 konnten in dem Flugblatt und dem Zeitungsartikel gefunden werden, welche den Lernenden sowohl visuell als auch auditiv dargeboten wurden. Informationen zu den Fragen 1,3 und 7 waren zusätzlich im interaktiven Gespräch in Phase 1 zu finden. Die Antwort auf Frage 4 war ebenfalls in diesem Gespräch oder in den Informationen zu den Gegenständen in Phase 2 zu finden. Zur Bewertung der Wissensfragen wurde ein Erwartungshorizont erstellt. Er beinhaltet die Antworten, auf die Punkte vergeben wurden, und die maximale Anzahl der Punkte (siehe Tabelle 7.1). In der Regel wurde für jede der möglichen Antworten ein Punkt gegeben. Ausnahmen von dieser Regel bildeten die Fragen 4 und 7. Bei Frage 4 war nur die Antwort „Die Masse an Materialien zu besorgen erregte Aufmerksamkeit“ vorgesehen. Die Frage ließ jedoch ebenfalls die Antwort „Es drohen Verfolgung und Strafe“ zu. Obwohl das auf jede Form des Widerstands zutraf und nicht für die Besorgung der Materialien spezifisch ist, wurde auch auf diese Antwort Punkte vergeben. Auf Frage 7 gab es trotz mehrerer, korrekter Antworten nur einen Punkt, da diese Frage nicht im Mittelpunkt der Anwendungen stand und nicht explizit verdeutlicht, sondern die Information nur beiläufig im Gespräch mit den Mitgliedern erwähnt wurden. Zuletzt wurden Alter und Geschlecht der Teilnehmenden erhoben. Anhand des Alters sollte noch einmal überprüft werden, ob alle Lernenden in der vorgesehenen Zielgruppe liegen. Die Geschlechter dienten dazu, festzustellen, ob es Unterschiede zwischen diesen gab.

TV

7. STUDIE

1. Frage	mögliche Antworten	max. Punkte
1. Nenne 4 Ziele der weißen Rose	<ul style="list-style-type: none"> • Den Menschen über das NS-Regime berichten • Freiheitsrechte zurück erlangen (z.B. Redefreiheit) • Zum Widerstand aufrufen • Den Menschen Mut machen 	4 Punkte
2. Welche Maßnahmen haben sie ergriffen, um ihre Ziele zu erreichen	<ul style="list-style-type: none"> • Flugblätter verteilt • Flugblätter verschickt • Nachts Wandparolen angebracht 	3 Punkte
3. Benenne die bekanntesten Mitglieder der Weißen Rose	<ul style="list-style-type: none"> • Alexander Schmorell • Christoph Propst • Hans Scholl • Sophie Scholl 	4 Punkte
4. Wieso war es gefährlich, die Materialien für die Flugblätter zu besorgen?	<ul style="list-style-type: none"> • Die Masse an Materialien zu besorgen erregte Aufmerksamkeit. • Es drohten Verfolgung und Strafe. 	2 Punkte
5. An wen richtet sich das 5. Flugblatt?	<ul style="list-style-type: none"> • An alle Deutsche 	1 Punkt
6. In welchem Jahr wurden die ersten Mitglieder der Weißen Rose festgenommen und hingerichtet?	<ul style="list-style-type: none"> • 1943 	1 Punkt
7. Aus welchen Gründen haben die Mitglieder der Weißen Rose gehandelt?	<ul style="list-style-type: none"> • Schuldgefühle und Verantwortungsbewusstsein der Handelnden. • Wunsch nach mehr Freiheit. • Sie hatten eine andere politische Meinung als das NS-Regime. 	1 Punkt

Tabelle 7.1: Der Erwartungshorizont zur Bewertung der gestellten Wissensfragen.
TV

7.4 Ergebnisse

In diesem Teil des Kapitels werden die Daten, die anhand der ausgefüllten Fragebögen ermittelt wurden, ausgewertet. Zunächst werden die Ergebnisse der Vorab-Fragebögen betrachtet. Danach folgen die Ergebnisse der nachfolgend gestellten Fragen und der Wissensfragebögen. Dabei werden statistische Analysen durchgeführt, um die Ergebnisse zwischen der AR- und VR-Anwendung vergleichen zu können.

OZ

7.4.1 Ergebnisse vorab gestellter Fragen

Bei der ersten Frage des vorab gestellten Fragebogens sollten die Schülerinnen und Schüler den Geschichtsunterricht bewerten. Wie in Abbildung 7.2 zu sehen, hat die Mehrheit der Lernenden angegeben, dass sie den Unterricht gut finden. Es wurden Antworten mit den Noten „sehr gut“ bis „ausreichend“ vergeben. Niemand bewertete den Unterricht mit „mangelhaft“ oder „ungenügend“.

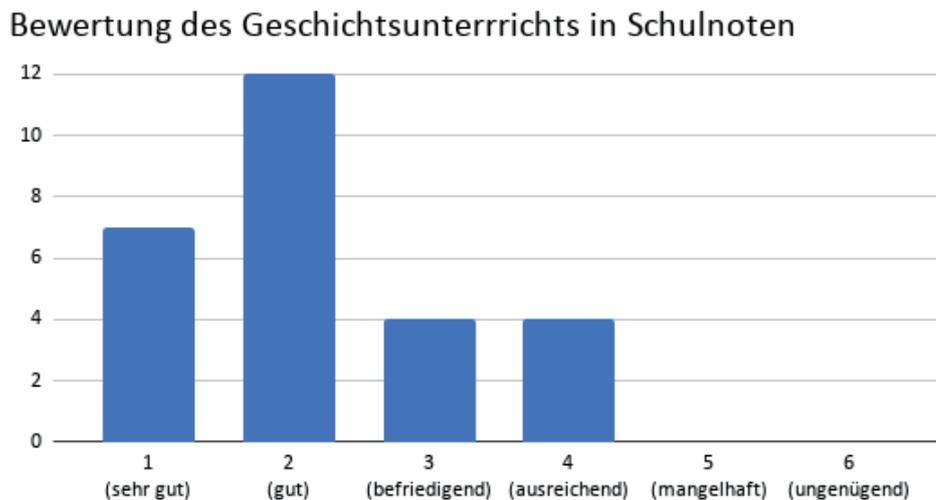


Abbildung 7.2: Bewertungen des aktuellen Geschichtsunterrichts ($n = 27$). Eine Antwort wurde nicht in diesem Diagramm berücksichtigt, da sie nicht eindeutig zugeordnet werden konnte.

OZ

Den Lernenden gefällt im Geschichtsunterricht besonders die Beschäftigung mit Themen aus der Vergangenheit und der Verbindung zur Gegenwart, die Bearbeitung von Quellen, die Einblicke in unterschiedliche Denkweisen und das Arbeiten mit Tafelbildern. Auch das Arbeiten mit digitalen oder analogen Medien wird als positiv empfunden. Am wenigsten gefällt den Lernenden der große Umfang von Informationen und Jahreszahlen. Zwei Lernende gaben an, dass sie kein Interesse am Fach Geschichte haben.

Habt ihr das Thema "Die Weiße Rose" im Unterricht behandelt?

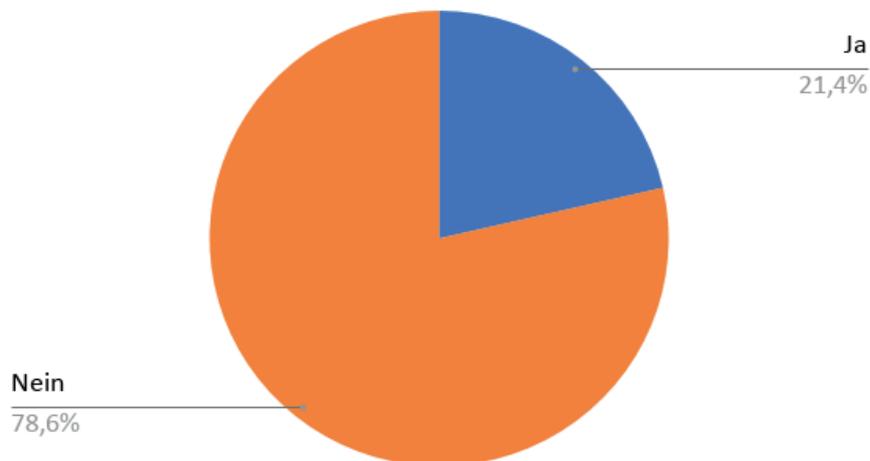


Abbildung 7.3: Antworten auf die Frage, ob das Thema Weiße Rose bereits im Unterricht behandelt wurde (n = 28).
OZ

Auf die Frage zu den Vorkenntnissen der Schüler, gaben 78,6% an, das Thema „Weiße Rose“ in ihrer schulischen Laufbahn noch nicht im Unterricht behandelt zu haben. Die restlichen 21,4% haben das Thema im Rahmen des Religions- oder Geschichtsunterrichts bereits oberflächlich behandelt (siehe Abbildung 7.3).

Viele Lernende kennen die Geschwister Scholl und wissen, dass die Weiße Rose eine Studierenden-Gruppe war und diese Widerstand gegen das NS-Regime geleistet hat. Sieben Lernende wussten, dass die Gruppe Flugblätter verteilt hat und eine Person wusste, dass Hans und Sophie Scholl verhaftet und hingerichtet wurden. Acht Lernende konnten keine Fakten zur Widerstandsbewegung wiedergeben.

Als Motivationsmethoden für das Lernen zu einem uninteressanten Thema wurden das Schauen von Dokumentationen oder Lernvideos, die Aussicht auf eine gute Note, der Gedanke an die Zeit nach der Lernphase und der Konsum von Süßigkeiten genannt.

Auf die Frage, ob die Lernenden bereits eine AR- oder VR-Anwendung genutzt hatten, antworteten 64,3% mit „Nein“ und 32,1% mit „Ja“ (siehe Abbildung 7.4). Eine Person hat dazu keine Angabe gemacht. Die Lernenden, die bereits Erfahrung mit Augmented oder Virtual Reality gemacht haben, kamen über Spiele mit den Technologien in Berührung.

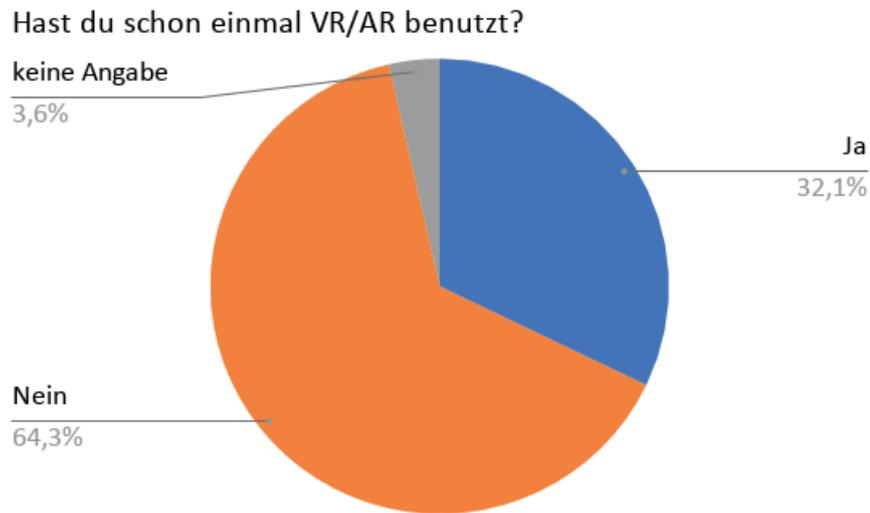


Abbildung 7.4: Antwort auf die Fragen, ob die Lernenden eine AR- oder VR-Anwendung benutzt haben (n = 28).

OZ

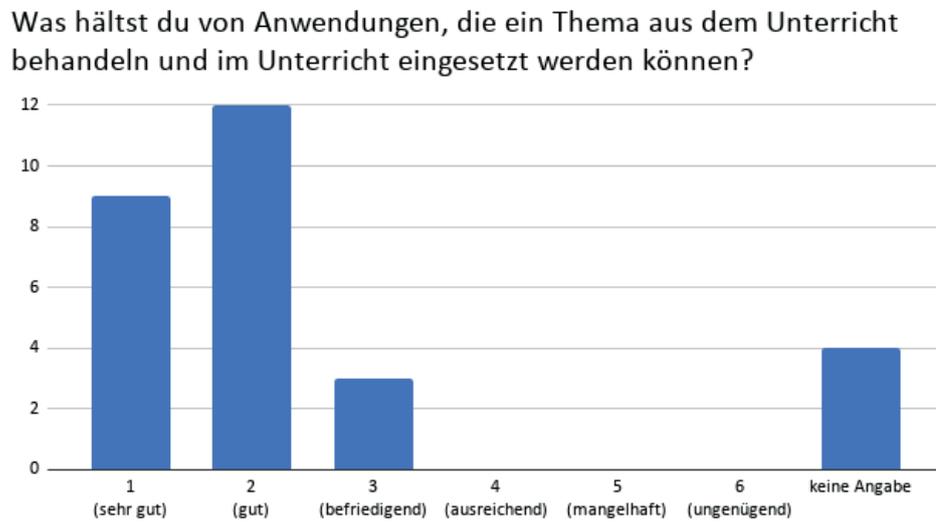


Abbildung 7.5: Antworten auf die Frage, was die Lernenden von Anwendungen halten, die im Unterricht eingesetzt werden (n = 28).

OZ

7. STUDIE

Wie in Abbildung 7.5 zu sehen, bewertete die Mehrheit der Lernenden den Einsatz von Lernanwendungen im Unterricht mit „sehr gut“ oder „gut“. Drei Lernende bewerteten den Einsatz der Anwendungen mit „befriedigend“. Vier Personen haben keine Angaben zu dieser Frage gemacht.

In den nachfolgenden Ergebnissen werden die Erwartungen der Lernenden an die AR- und VR-Anwendungen betrachtet. Die Lernenden erhoffen sich durch die Anwendungen ein besseres Verständnis des Inhaltes im Vergleich zum traditionellen Unterricht. Auch sollten die Anwendungen mehr und spannende Einblicke in das Thema und ein Eintauchen ins Geschehen ermöglichen. Als Vorteile wurde der Spaß, mehr Motivation zur Teilnahme, Abwechslung, bessere Einprägung und die anschaulichere Vermittlung von Lerninhalten im Vergleich zu textbasierten Quellen genannt. Zu den Nachteilen zählten die Lernenden einen hohen Zeit- und Kostenaufwand. Auch wird angenommen, dass der Lernaspekt durch das Spielen verloren geht oder die Anwendung vom Lerninhalt ablenkt.

Auf die Frage, wie motiviert die Lernenden zur Teilnahme an der Unterrichtsstunde sind, gaben fast alle Lernenden an, dass sie motiviert sind (siehe Abbildung 7.6). Eine Person bewertete ihre Motivation mit einem Wert zwischen eins und zwei. Eine andere gab keine Bewertung zur Motivation an.

OZ



Abbildung 7.6: Antwort auf die Fragen, wie motiviert die Lernenden sind, an der Unterrichtsstunde teilzunehmen (n = 26). Zwei Antworten werden nicht in diesem Diagramm berücksichtigt, da entweder keine oder eine ungenaue Bewertung abgegeben wurde.

OZ

7.4.2 Ergebnisse nachfolgend gestellter Fragen

Qualitative Ergebnisse

In diesem Abschnitt werden die qualitativen Ergebnisse vorgestellt. Zu diesen Ergebnissen zählen die Antworten, welche die Lernenden in Textform geäußert haben. Auch Beobachtungen werden hier aufgeführt. Zuerst wird auf das Feedback zur AR-Anwendung und danach zur VR-Anwendung eingegangen. Das allgemeine Feedback zum Konzept beider Anwendungen wird zum Schluss aufgeführt.

Feedback zur AR-Anwendung

Für das Feedback zur AR-Anwendung wurden die Fragebögen von 15 Schülerinnen und Schülern ausgewertet. Im Fragebogen sollten die Lernenden die AR-Anwendung mit einer Schulnote bewerten und es konnte eine durchschnittliche Bewertung von 1,47 ermittelt werden. Die schlechteste vergebene Note war „befriedigend“. Insgesamt war die Art und Weise der Wissensvermittlung für die Lernenden interessant und die Anwendung hat ihnen Spaß gemacht. Sie konnten sich in die Situationen gut hineinversetzen und es wurden in kurzer Zeit viele Informationen vermittelt. Als positiv wurde Phase 1 und 2 in der AR-Anwendungen empfunden. Vier Lernende gaben an, dass ihnen das interaktive Gespräch gefallen hat, da sie durch die Antwortmöglichkeiten aktiv in das Gespräch eingebunden wurden und die Charaktere vor den Lernenden standen. Auch die Suche nach den AR-Codes wurde von sechs Lernenden positiv bewertet. Diese wurde als „willkommene Abwechslung“ empfunden und brachte Bewegung in den Schulalltag ein. Zwei Lernenden hat die Suche nach den AR-Codes jedoch nicht gefallen, da diese zeitintensiv ist und zu Unruhen oder Ablenkung im Klassenraum führen kann. Zu Phase 3 äußerte eine Person, dass ihr das Hörspiel gefallen hat. Mehr Feedback konnte zu Phase 3 nicht ermittelt werden. Auch zu den Notizen am Ende der Anwendung äußerte sich nur eine Person. Diese gab an, dass die Notizen am Ende der Anwendung als Resümee gut geeignet sind. Während der Studie wurde beobachtet, dass die meisten Lernenden sich die Notizen nicht angeschaut haben. Es wird vermutet, dass die Notizen nicht als Teil der Anwendung erkannt und somit von den Lernenden übersehen wurden.

Vier Personen äußerten auch negatives Feedback zur AR-Anwendung. Dazu zählten Schwierigkeiten in der Erkennung der Marker und das häufige Einscannen des Arbeitsblattes. Eine Person äußerte Schwierigkeiten beim Mitlesen des Flugblattes und des Zeitungsartikels. Eine andere Person fand es nicht gut, dass die „Bilder“ nicht gedreht werden können. Es wird vermutet, dass die Person mit „Bildern“ die 3D-Modelle gemeint hat.

In Beobachtungen wurde festgestellt, dass die Positionierung der Charaktere Hans Scholl und Alexander Schmorell auf dem Arbeitsblatt in der AR-Anwendung nicht einwandfrei funktionierte und einige Lernende dadurch nicht wussten, mit wem sie nun ein Gespräch führen. Zudem benötigten einige Schülerinnen und Schüler Hilfestellungen, weil sie nicht wussten, wie nah sie in Phase 2 dem gedruckten Flugblatt kommen mussten.

Die Lernenden sollten anhand von Schulnoten bewerten, ob die AR-Anwendung ihre Erwartungen erfüllt hat. Mit einer durchschnittlichen Bewertung von 1,7 ist davon auszugehen,

dass die Erwartungen gut, jedoch nicht vollständig erfüllt wurden.

Auf die Frage, ob die Anwendung zur Vorbereitung auf eine Klausur geeignet ist, antworteten fünf Lernende mit „Ja“. Drei Lernende gaben an, dass sie die Anwendung nur in Kombination mit zusätzlichen Materialien benutzen würden oder wenn die vermittelten Informationen von der Schule oder Lehrkraft bereitgestellt werden. Sieben Lernende würden die Anwendung nicht zum Lernen verwenden. Als Gründe wurden die Ablenkung durch Smartphones und das bessere Lernen durch Auswendiglernen, Videos, Texte oder eigene Aufzeichnungen genannt. Eine Person begründete ihre Aussage damit, dass sie in der Anwendung nicht „zurückschauen“ oder mitlesen konnte und aus diesem Grund die Anwendung nicht zum Lernen benutzen würde.

Die AR-Anwendung konnte die Lernenden für eine weitere Auseinandersetzung mit dem Thema „Weiße Rose“ mittelmäßig motivieren (siehe Abbildung 7.7). Drei Lernende gaben an, dass sie nicht motiviert wurden. Das arithmetische Mittel der Bewertungen beträgt 2,73.



Abbildung 7.7: Bewertung der Motivation zur weiteren Beschäftigung mit dem Thema durch die AR-Anwendung (n = 15).

OZ

Feedback zur VR-Anwendung

Für das Feedback zur VR-Anwendung wurden die Fragebögen von 13 Schülerinnen und Schülern ausgewertet. Die VR-Anwendung erhielt eine durchschnittliche Bewertung von 1,62 und wie bei der AR-Anwendung war die schlechteste vergebene Note „befriedigend“. Bei Vir-

tual Reality wurde besonders die Erfahrung zum spielerischen Lernen und der gestalterische Aufbau der Anwendung gelobt. Drei Lernende gaben an, dass die Immersion sehr gut war und die Situationen sowie Interaktionen mit den Räumen und Personen sich realistisch anfühlten. Dazu zählte auch die Interaktion durch Spracherkennung und das Sounddesign. Eine Person hatte zudem das Gefühl, dass die Anwendung gut geeignet sei, um das Thema noch besser zu verstehen. Zwei Personen haben ihre Erfahrung mit der VR-Anwendung als „interessant“ und „einprägsam“ bezeichnet.

Neun Personen äußerten auch negatives Feedback zur VR-Anwendung. Zum einen wurden technische Probleme geäußert. Dazu zählen Fehler in der Programmierung und die lange Zeit, die zur Gewöhnung an die Steuerung gebraucht wurde. Diese Aussage bestätigt sich auch in der Beobachtung, dass während des VR-Tests mehr Hilfestellungen nötig waren als während des AR-Tests. Auch die in der Anwendung angezeigten Texte erschienen für eine Person unscharf und diese waren schwer lesbar. Zum anderen gab es auch Feedback zur konzeptionellen Umsetzung. Eine Person empfand den geschichtlichen Hintergrund in einer nebensächlichen Rolle. Eine andere Person äußerte, dass sie teilweise überfordert war, weil nicht klar war, welche Aufgabe sie erledigen musste. Auch diese Aussage lässt sich durch die Beobachtung vermehrter Fragen bestätigen. Jedoch konnte auch beobachtet werden, dass die Lernenden anfangs zögern, die VR-Welt zu erkunden. Dies ist notwendig, um die Inhalte der verschiedenen Phasen zu entdecken. Das Clipboard mit den Notizen, welches aufgrund der mündlichen Einweisung unzureichend erläutert wurde, fand bei den Lernenden wenig Beachtung. Es wurde meist versehentlich in die Hand genommen und deshalb als störend empfunden.

In einer Bewertung, ob die VR-Anwendung die Erwartungen erfüllt hat, konnte ein durchschnittlicher Wert von 1,69 ermittelt werden und es ist davon auszugehen, dass die Erwartungen gut, jedoch nicht vollständig erfüllt wurden.

Auf die Frage, ob die Lernenden die Anwendung zum Lernen benutzen würden, antworteten sieben Lernende mit „Ja“. Eine Person äußerte, dass die Anwendung zum Lernen „spannendere Themen, wie Kriege [und] Vorgeschichten von entscheidenderen Szenarien“ beinhalten müsste. Fünf Lernende können sich nicht vorstellen, diese Anwendung als Klausurvorbereitung zu nutzen. Als Gründe wurden die Bevorzugung von anderen Lernmethoden und die schlechtere Wissensvermittlung durch die VR-Anwendung im Vergleich zu Quelltexten, Dokumentationen und Videos genannt. Eine Person äußerte, dass bei der Anwendung das Spielen mehr im Vordergrund steht als die Wissensvermittlung und sie aus diesem Grund die Anwendung nicht zur Vorbereitung nutzen würde.

Auch die VR-Anwendung konnte die Lernenden für eine weitere Auseinandersetzung mit dem Anwendungsthema mittelmäßig motivieren (siehe Abbildung 7.8). Drei Lernende gaben an, dass die Anwendung sie nicht motiviert hat. Das arithmetische Mittel der Bewertungen beträgt 2,63.



Abbildung 7.8: Bewertung der Motivation zur weiteren Beschäftigung mit dem Thema durch die VR-Anwendung ($n = 11$). Zwei Personen wurden nicht im Diagramm berücksichtigt, da entweder eine ungenaue Bewertung oder keine Angabe gemacht wurde.
OZ

Feedback zum Konzept und weitere Einsatzmöglichkeiten

Durch die Antworten aus den Fragebögen aller Lernenden und Beobachtungen konnte Feedback zum allgemeinen Konzept ermittelt werden. Viele Lernende fanden die Einbindung in ein interaktives Gespräch gut und die unterschiedlichen Ergebnisse im Gespräch bieten die Möglichkeit zur Diskussion im weiteren Verlauf des Unterrichts. Eine Person war jedoch mit den Antwortmöglichkeiten nicht zufrieden, da sie sich mit diesen nicht identifizieren konnte. Hier gibt es Potenzial zur Verbesserung durch das Erweitern des Dialogbaumes. Die Kombination aus auditiver und visueller Darstellung wurde von einer Person gelobt. Eine andere Person empfand die Länge der zu lesenden Texte als zu lang.

Bis auf eine Person sehen alle Lernenden Potenzial für den Einsatz von Augmented und Virtual Reality im Unterricht, größtenteils jedoch nur mit Bedingungen. Viele Lernende sind der Meinung, dass AR- und VR-Anwendungen nur eine Ausnahme und nicht die Regel im Unterricht darstellen sollten. Solche Anwendungen könnten für Ablenkung und Unruhe sorgen, sodass der Lernaspekt verloren geht und Verzögerungen in der Bearbeitung von Unterrichtsthemen auftreten. Auch lange Wartezeiten durch eine geringe Verfügbarkeit von technischen Geräten wurden als Argument genannt. Eine Person sieht kein Potenzial für den Einsatz von AR- und VR-Anwendungen im Unterricht, da ihrer Meinung nach diese teuer in der Anschaffung sind, keinen Mehrwert im Vergleich zu anderen Materialien bieten und schwer zu bedienen sind. Zwei Lernende sehen zudem mehr Potenzial bei VR- als bei AR-Anwendungen im Unterricht.

Weitere Einsatzmöglichkeiten von AR- und VR-Anwendungen sehen Lernende in den Unterrichtsfächern Politik, Deutsch, Englisch, Religion, Kunst und Erdkunde. In diesen Fächern können die Technologien genutzt werden, um Orte realistisch darzustellen und das Eintauchen in bestimmte Situationen zu verstärken. Auch in Fächern, in denen Simulationen hilfreich sind, wie beispielsweise Sport oder Naturwissenschaften, sehen die Lernenden Potenzial zum Einsatz. In den Fächern Mathematik, Fremdsprachen und Ethik konnten sich die Lernenden den Einsatz nur schwer vorstellen.

OZ

Quantitative Ergebnisse

In diesem Abschnitt werden statistische Zusammenhänge der numerischen Erhebungen untersucht. Da die Testgruppe keine repräsentative Größe hat, sind die dargestellten Ergebnisse nur Tendenzen und Annahmen, die in einer Studie größeren Umfangs überprüft werden müssen. Untersucht wird der Unterschied in den Testergebnissen der Wissensabfrage beider immersiver Medien. Darauf folgt eine Betrachtung der Motivation beider Testgruppen, sich nach der Nutzung der Anwendung weiter mit dem Thema zu beschäftigen. Zuletzt werden weitere Zusammenhänge aufgezeigt, die bei größeren Testgruppen untersucht werden könnten.

Unterschied im Testergebnis der Wissensabfragen

Sowohl die Anwendungen als auch die Studie wurden entwickelt, um die Effektivität der Wissensvermittlung immersiver Medien zu vergleichen. Dies geschieht über die Untersuchung der Testergebnisse eines Wissensfragebogens (siehe Abbildung 7.9), den die Testgruppe ausgefüllt hat. Da dies an einem anderen Tag geschah und nicht alle Teilnehmenden erneut anwesend waren, unterscheiden sich die Stichprobenmengen von jenen der anderen Fragebögen. Der Mittelwert der AR-Anwendung betrug 8,0 und ist damit höher als jener der VR-Anwendung, der 7,6 betrug. Die Testergebnisse beider Anwendungen wurden mithilfe des Shapiro-Wilk-Tests [HS18] auf Normalverteilung getestet. Beide Datensätze sind Normalverteilt (VR: $p=0,3932$ mit $n=12$, AR: $p=0,1779$ mit $n=13$). Daraufhin wurde mit Hilfe des F-Tests die Gleichheit der Varianzen überprüft. Mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5% kann kein signifikanter Unterschied der Varianzen festgestellt werden ($F=2,4343$ und kritischer F-Wert= $3,0946$). Auch anhand des darauffolgenden T-Tests mit gleicher Irrtumswahrscheinlichkeit kann kein signifikanter Unterschied der Mittelwerte festgestellt werden ($t=0,21206$ und kritischer t-Wert = $2,0595$). Diese Ergebnisse bedeuten, dass zwischen den Testergebnissen der AR- und jenen der VR-Anwendungen kein statistisch signifikanter Unterschied festgestellt werden kann. Dieses Ergebnis deutet darauf hin, dass keines der immersiven Medien statistisch betrachtet Wissen im schulischen Umfeld besser vermittelt als das andere.

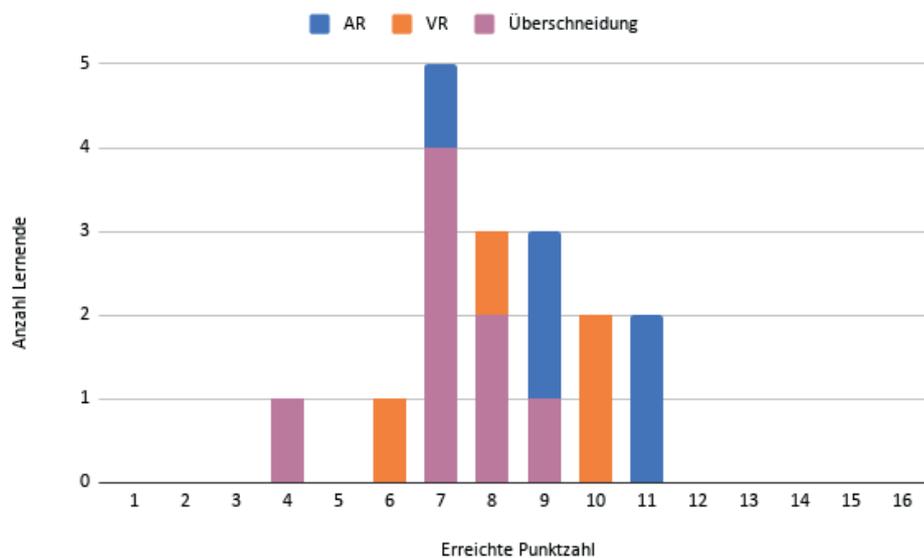


Abbildung 7.9: Ergebnisse der Wissensfragebögen. AR in blau ($n=13$), VR in orange ($n=12$), die Überschneidung beider in Lila.

TV

Unterschied in der Motivation der Testpersonen

Bereits in Kapitel 1 und 3.2 wurde die Relevanz der Motivation für den Lernerfolg beschrieben. Deshalb wurde auch ein Vergleich der Motivation beider Testgruppen, sich weiter mit dem behandelten Thema zu beschäftigen, durchgeführt (siehe Abbildung 7.10). Der Mittelwert der VR-Anwendung ist in diesem Fall mit 2,6 nur wenig besser als jener der AR-Anwendung, der 2,7 betrug. Das Vorgehen gleicht dabei dem der vorangegangenen Überprüfung. Beide Datensätze sind normalverteilt (VR: $p=0,05979$ mit $n=12$, AR: $p=0,2204$ mit $n=15$) und der F-Test ergab die Gleichheit der Varianzen mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5% ($F=2,4343$ und kritischer F-Wert= $3,0946$). Auch der T-Test ergab erneut eine Gleichheit der Mittelwerte bei identischer Irrtumswahrscheinlichkeit ($t = 0,21206$ und kritischer t-Wert= $2,0595$). Das bedeutet, dass auch zwischen der Motivation beider Testgruppen, sich weiter mit dem in der Anwendung behandelten Thema zu beschäftigen, kein signifikanter Unterschied festgestellt werden kann. Auch hier bedeutet dies, dass keines der immersiven Medien die Schüler besser dazu motivieren konnte, sich weiter mit dem Thema zu beschäftigen als das andere.

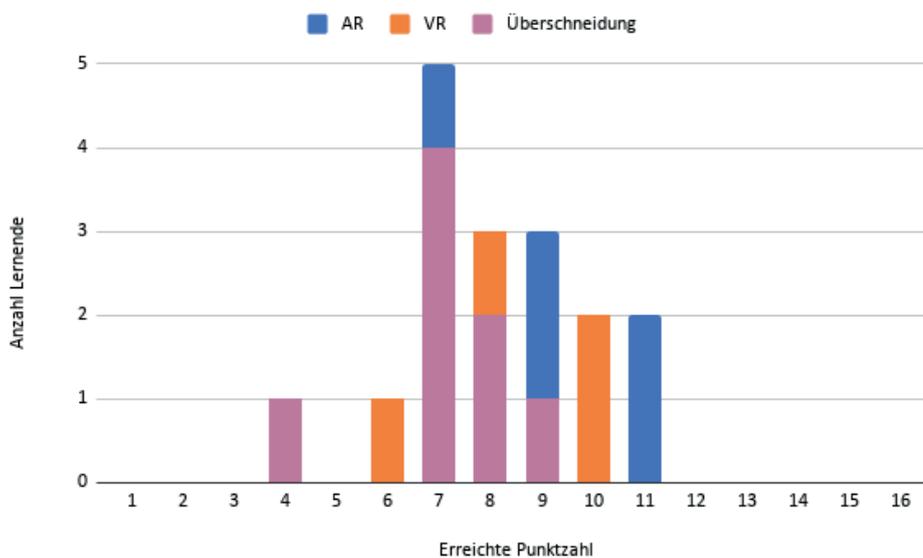


Abbildung 7.10: Vergleich der Motivation, sich weiter mit dem Thema zu beschäftigen. AR in blau ($n=15$), VR in orange ($n=11$), die Überschneidung beider in Lila. Da einer der Teilnehmenden eine nicht eindeutige Bewertung abgegeben hat, wurde diese nicht im Diagramm berücksichtigt.

TV

Weitere Zusammenhänge

Anhand der Fragebögen könnten weitere, interessante Fragestellungen betrachtet werden. Beispielsweise könnte eine Korrelation zwischen der subjektiven Wahrnehmung der Anwendung und den Testergebnissen der Wissensabfrage untersucht werden. Ebenso wäre eine Untersuchung der Korrelation zwischen der Motivation, sich mit dem Thema auseinander zu setzen, und den Testergebnissen denkbar. Auch ein Vergleich der Ergebnisse unter Berücksichtigung des Geschlechts könnte vorgenommen werden. Aufgrund der kleinen Testgruppe ist die statistische Betrachtung dieser Fragestellungen nicht möglich.

TV

7.5 Zusammenfassung

In einer Studie wurden beide Anwendungen getestet. Die Studie wurde mit 28 Schülerinnen und Schülern zwischen 17 und 19 Jahren durchgeführt. Von diesen verwendeten 15 Personen die AR- und 13 Personen die VR-Anwendung. Die AR-Anwendung wurde auf drei iPhones gleicher Bildschirmgröße mit dem Betriebssystem iOS 13.7 und Kopfhörern getestet. Die VR-Anwendung wurde mit drei computergebundenen VR-Systemen, zwei davon Vives von

HTC und eines eine Oculus von Rift, getestet. Alle drei wurden von Computern betrieben, die vom SteamVR Performance Test als „VR-bereit“ eingestuft wurden. Es wurden ebenfalls Kopfhörer verwendet.

Die durchgeführte Studie ist qualitativer Natur. Sie fand während des laufenden Schulalltags statt, wodurch die zur Verfügung stehende Zeit begrenzt war. Der Anwendungsdurchlauf eines einzelnen Teilnehmenden betrug zwischen 15 und 25 Minuten. Aufgrund dieser Zeitvorgaben wurde die zusätzlich entwickelte Lernphase der VR-Anwendung nicht durchgeführt, sondern den Teilnehmenden wurde die Steuerung mündlich erläutert. Sie hatten während der Anwendung die Möglichkeit, Fragen zu stellen. Die Unterrichtsstunde begann mit einem Einstieg durch die Lehrkraft und auch eine Nachbereitung wurde am Folgetag von dieser durchgeführt. Es sollte sowohl die Nutzbarkeit der Anwendungen als auch die unterschiedliche Effektivität immersiver Medien untersucht werden. Zu diesem Zweck wurden die Teilnehmenden während der Nutzung der Anwendungen beobachtet und drei Fragebögen zu verschiedenen Zeitpunkten von diesen ausgefüllt. Einen dieser Bögen erhielten die Lernenden vor der Nutzung der Anwendung. Er diente dazu, ihre Vorkenntnisse und Einstellung bezüglich des Themas und der Technologien Augmented Reality und Virtual Reality in Erfahrung zu bringen. Der zweite Bogen wurde nach der Nutzung der Anwendung ausgefüllt und diente dazu, den Eindruck der Lernenden bezüglich der Anwendung festzuhalten. Im letzten Fragebogen wurde das erlernte Wissen über das präsentierte Thema abgefragt. Daran können Vergleiche bezüglich der Effektivität durchgeführt werden. Er wurde einen Tag nach der Verwendung der Anwendungen ausgefüllt und anhand eines Erwartungshorizontes bewertet.

Die Ergebnisse wurden in die Bereiche „vorab gestellte Fragen“, „Qualitative Ergebnisse“ und „Quantitative Ergebnisse“ unterteilt. Vorab konnte festgestellt werden, dass die Lernenden den Geschichtsunterricht durchschnittlich als „gut“ empfinden. Das Thema „Weiße Rose“ wurde größtenteils im Unterricht nicht behandelt. Einige Schülerinnen und Schüler hatten das Thema bereits in anderen Unterrichtsfächern oder Klassen kennengelernt. Andere kannten die Geschwister Scholl oder wussten, dass es sich um eine Widerstandsbewegung handelte. Lediglich 32,1% der Lernenden hatten bereits Erfahrung mit Augmented oder Virtual Reality gemacht. Dies geschah über Spiele. Die Mehrheit der Lernenden bewertete den Einsatz von Lernanwendungen im Unterricht mit „sehr gut“ oder „gut“. Die Teilnehmenden erwarteten von den Anwendungen ein besseres Verständnis und spannende Einblicke in das Thema. Als Vorteile der Anwendungen wurden unter anderem Spaß, Motivation und anschauliche Vermittlung genannt. Als nachteilig wurde hingegen der hohe Zeit- und Kostenaufwand und die Ablenkung vom Lehrinhalt aufgezählt. Die Lernenden waren motiviert an der Unterrichtsstunde teilzunehmen.

Nach der Nutzung der Anwendung wurde Feedback gesammelt. Beide Anwendungen wurden mit den Durchschnittsnoten 1.47(AR) und 1.62(VR) als gut bis sehr gut bewertet. Während in der AR-Anwendung vor allem das interaktive Gespräch und die Abwechslung durch das Suchen der AR-Codes positiv aufgefallen ist, wurde bei VR vor allem der spielerische Aspekt, der visuelle Aufbau und die aus der Grafik und der Interaktion resultierende Immersion hervorgehoben. Als schwierig wurde teilweise bei der AR-Anwendung das Scannen der Codes und das wiederholte Scannen des Arbeitsblattes empfunden. Während der VR-

Anwendung fielen die erschwerte Steuerung, einige Programmfehler und teilweise fehlende Anweisungen negativ auf. Die Notizen waren in beiden Anwendungen nicht präsent genug und wurden nur wenig genutzt. Die Meinung darüber, ob die Anwendungen sich zur Vorbereitung auf eine Klausur eignen, ist bei beiden Anwendungen geteilt. Die Motivation, sich weiter mit dem Thema zu beschäftigen, betrug mit einer Durchschnittsnote von 2,73(AR) und 2,63(VR) befriedigend. Insgesamt ist vielen das interaktive Gespräch positiv aufgefallen. Auch die Kombination von visueller und auditiver Darstellung von Information kam positiv an. Es wird generell Potential für die Verwendung immersiver Medien im Unterricht gesehen, allerdings nicht regelmäßig. Als Gründe werden die Ablenkung und die mangelnde Verfügbarkeit genannt. Auch in anderen Fächern können sich die Lernenden immersive Anwendungen vorstellen.

Über die statistischen Ergebnisse kann aufgrund der geringen Testgruppen keine repräsentativen Aussagen getroffen werden. Diese Erkenntnisse dienen dazu, die zu untersuchenden Fragen darzustellen und Tendenzen zu erkennen. Es wurden die Unterschiede der Ergebnisse der Wissensabfrage und der Motivation, sich mit dem Thema weiter zu beschäftigen, zwischen beiden Anwendungen verglichen. In beiden Fragestellungen konnte kein signifikanter Unterschied zwischen den Anwendungen festgestellt werden. Für die Überprüfung einer Korrelation, beispielsweise zwischen der Bewertung der Anwendungen und dem Testergebnis, war die Testgruppe zu klein.

TV

Kapitel 8

Zusammenfassung und Ausblick

8.1 Zusammenfassung

In dieser Arbeit wurde ein Konzept entwickelt, das den objektiven Vergleich zwischen Augmented und Virtual Reality in Bezug auf die Wissensvermittlung im schulischen Umfeld ermöglicht. Dazu wurde ein allgemeines Konzept für eine Lernanwendung entwickelt, welches für jeweils beide Technologien adaptiert und prototypisch umgesetzt wurde. Das Ergebnis sind zwei Anwendungen, die sich mit dem Thema „Die Weiße Rose“ auseinandersetzen. Dieses Thema gliedert sich in den Lehrplan der gymnasialen Oberstufe des Fachs Geschichte ein und eignet sich für die Umsetzung mit immersiven Medien, da man in die Lebenswelt der Widerständler eintauchen kann. Daraus folgt, dass die Anwendungen für Schülerinnen und Schüler zwischen 17 und 20 Jahren entwickelt wurden. Aus der Zielgruppe ergeben sich verschiedene Anforderungen an die Anwendungen. Wichtig ist, dass die Bedienung einfach zu erlernen ist und das Lernen durch diese nicht erschwert wird. Zusätzlich sollen verschiedene Kompetenzen und Ziele des Geschichtsunterrichts gefördert werden und Fachwissen über das Thema erlangt werden. Hierfür darf die Menge an Informationen nicht überfordernd sein. Die Anwendungen werden in der Bearbeitungsphase einer Geschichtsstunde eingesetzt. Ihnen vorangestellt ist eine Einführung in das Thema, in welcher die Aufgabenstellung erläutert wird. Nach der Nutzung der Anwendung wird die Stunde mit einer abschließenden Nachbearbeitung beendet.

Die Anwendung selbst beginnt mit einer Einleitung, in der die Fragestellung wiederholt wird. Danach werden die Schülerinnen und Schüler in drei Phasen durch die Ziele der Weißen Rose geführt. In Phase 1 führen sie hierfür ein Gespräch mit zwei Mitgliedern der Widerstandsgruppe, Hans Scholl und Alexander Schmorell. Die Lernenden können das Gespräch durch ihre Antworten beeinflussen und einige Einsichten in die Ziele der Widerstandsgruppe erhalten. In Phase 2 bekommen die Nutzenden die Möglichkeit, selbst das 5. Flugblatt der Weißen Rose zu drucken. Hierzu müssen sie Papier, Briefmarken, die Druckvorlage und ein Hektografiergerät finden. In der AR-Anwendung erfolgt dies über das Suchen von speziellen AR-Markern, von denen jeder einen Gegenstand repräsentiert. In der VR-Anwendung waren die Objekte in einem eingerichteten Zimmer verteilt. Wurde ein Gegenstand gefunden, erhielten die Lernenden zusätzliche Informationen zu diesem. Zum Schluss konnten die ge-

fundenen Gegenstände kombiniert und ein Flugblatt gedruckt werden. Dieses wurde sowohl visuell als auch auditiv dargestellt. Die dritte Phase schließt die Erfahrung ab, indem die Lernenden etwas über einige Mitglieder der Widerstandsbewegung nach deren Festnahme herausfinden. Dies geschieht sowohl über einige auditive und visuelle Eindrücke als auch über einen Zeitungsartikel. In beiden Anwendungen kann das Erfahrene noch einmal anhand von Notizen in Erinnerung gerufen werden. Diese können auch zusätzlich als Lernmaterial verwendet werden. Die Anwendungen wurden beide in der Entwicklungsumgebung Unity entwickelt. Sie besitzen einige gemeinsame Grundlagen, wie beispielsweise 3D-Modelle und ein Dialogsystem für das Interaktive Gespräch. Die AR-Anwendung wurde für Smartphones mit dem Betriebssystem iOS entwickelt. Dazu wurde das Framework AR-Foundation implementiert, welches eine Anbindung zur nativen AR-Schnittstelle der Geräte ermöglicht.

Die VR-Anwendung wurde für computergebundene VR-Systeme entwickelt, welche die Verwendung von Controllern, deren Position getrackt werden kann, unterstützen. Dazu wurde das Plugin SteamVR verwendet, welches den Input der VR-Systeme in Unity nutzbar macht. Die beschriebenen Anwendungen wurden in einer qualitativen Studie getestet. Diese wurde in zwei Geschichtskursen einer gymnasialen Oberstufe durchgeführt. Insgesamt nahmen daran 28 Schülerinnen und Schüler teil. Das Ziel der Studie war es, zum einen Benutzungsschwierigkeiten und Programmfehler aufzudecken und zum anderen, erste Thesen über die Unterschiede der Effektivität zwischen den immersiven Medien in Bezug auf die Wissensvermittlung aufzustellen. Es konnten einige Programmfehler festgestellt werden, die es vor einer erneuten Studie zu beseitigen gilt. Das Feedback der Lernenden fiel gemischt aus. Obwohl die Anwendungen durchschnittlich als positiv empfunden wurden, war die Motivation, sich danach mit dem Thema auseinanderzusetzen, mittelmäßig. Die statistischen Untersuchungen ergaben, dass kein signifikanter Unterschied zwischen den Ergebnissen der Wissensfragen beider Anwendungen festgestellt werden konnte. Dasselbe Ergebnis erzielte auch die Untersuchung der Motivation, sich weiter mit dem Thema auseinander zu setzen. Dieses Ergebnis legt nahe, dass keines der Medien effektiver Wissen im Unterricht vermittelt als das andere. Aufgrund der kleinen Stichprobe ist dieses Ergebnis nicht repräsentativ und sollte erneut überprüft werden.

TV,OZ

8.2 Änderungen

Nach der Durchführung der Studie und der Betrachtung der daraus resultierenden Ergebnisse wurden noch vor Abschluss dieser Arbeit einige Änderungen am Konzept und den Programmen vorgenommen.

8.2.1 AR

Die AR-Anwendung konnte bis auf wenige Ausnahmen problemlos von den Schülerinnen und Schülern genutzt und beendet werden. Ein Problem jedoch war die Positionierung von Hans Scholl und Alexander Schmorell. Aus Beobachtungen hat sich herausgestellt, dass diese nicht immer auf dem Arbeitsblatt erschienen sind und von den Lernenden dadurch nicht gesehen wurden. Dieser Fehler wurde behoben und die Charaktere erscheinen nun auf dem Blatt.

Zudem wurde in Phase 2 der Abstand zum gedruckten Flugblatt vergrößert, welcher zum Abspielen der Vertonung benötigt wird. Der Abstand betrug 30cm, was sich in der Studie als nicht ausreichend herausgestellt hat. Die Lernenden wussten nicht, wie sie in der Phase fortfahren konnten. Der Abstand wurde auf 70 cm vergrößert. Zusätzlich wurde der Text der Anweisung verändert, um den Lernenden zu verdeutlichen, dass sie nun den Abstand zum gedruckten Flugblatt verringern müssen. Vorher wurden die Lernenden angewiesen, dass sie den Abstand zum fünften Flugblatt verringern müssen. Allerdings war den Lernenden nicht klar, dass es sich beim gedruckten Flugblatt um das fünfte Flugblatt der Weißen Rose handelt.

OZ

8.2.2 VR

Während der Nutzungstests ist aufgefallen, dass die Platzierung des Clipboards hinter dem Rücken ungünstig ist. Da der Auslösebereich für dieses am Kopf orientiert ist, ist er oft im Weg, wenn die Nutzenden sich vorbeugen. Aus diesem Grund wurde der Auslösebereich hinter den Kopf verlegt. Die Lernenden fassen nun über ihre Schulter nach hinten, um es hervor zu holen. Des Weiteren ist aufgefallen, dass der Teleportstrahl mit unsichtbaren Triggern kollidiert und so die Fortbewegung erschwert. Dieser Fehler wurde behoben. Zuletzt konnte es dazu kommen, dass flache Gegenstände nach dem Herunterfallen kaum oder gar nicht aufgehoben werden konnten. Die hierfür existierende Lösung, die in der Erhöhung des Gegenstandes lag, wurde nachträglich verbessert.

TV

8.3 Ausblick

In dieser Arbeit wurde ein Konzept zur Durchführung eines Vergleichs der Effektivität von immersiven Medien im schulischen Umfeld erstellt. Auch die dazugehörigen Anwendungen wurden entwickelt und getestet. Basierend auf den Ergebnissen könnten, zusätzlich zu den bereits getätigten Änderungen, die in Unterkapitel 8.2 beschrieben wurden, einige weitere Verbesserungen in das Konzept und die Anwendungen implementiert werden.

In Phase 1 könnte der Dialogbaum erweitert werden, um das interaktive Gespräch noch vielseitiger zu gestalten. In Phase 2 könnte besser beschrieben werden, dass gerade das 5. Flugblatt gedruckt wird und wieso die Lernenden diese Aufgabe übernehmen. Phase 3 vermittelte in dieser Form nur wenig Informationen. Sie könnte entweder gekürzt oder anderweitig angepasst werden.

Speziell in der AR-Anwendung wäre es sinnvoll, die Notizen prominenter direkt nach Phase 3 zu platzieren, oder sie im Startmenü stärker hervorzuheben. Um die Erfahrung weiter zu verbessern, könnte das AR-tracking über Programmierung stabilisiert werden. Zusätzlich könnte die Anweisung zu Phase 3 präsent bleiben, da die Lernenden sie sonst zu schnell überspringen.

Während der VR-Anwendung sollten mehr Anweisungen und Hilfestellungen angezeigt werden, um die Lernenden besser an die VR-Erfahrung zu gewöhnen und Verwirrung zu ver-

meiden. Zudem sollte das Hektografiegerät in Phase 2 so platziert werden, dass es für die Nutzenden besser zu erreichen ist. Zuletzt gibt es auch verschiedene Änderungen, die an den Fragebögen vor einem weiteren Einsatz vorgenommen werden könnten. Einige Fragestellungen könnten präziser formuliert werden, damit die Lernenden genau wissen, welche Antworten erwartet werden.

Da es sich bei dem Thema dieser Arbeit jedoch nicht nur um ein Thema des Fachs Medieninformatik handelt, sondern viele Aspekte der Pädagogik und Didaktik enthalten sind, wäre es sinnvoll, wenn die Studie von Forschenden dieser Fachbereiche betrachtet, erneut durchgeführt und bewertet wird. Dies könnte im Rahmen einer Forschungsarbeit geschehen, welche auf dieser aufbaut. In einer erneuten Studie könnte sowohl auf eine größere Teilnehmerzahl als auch bessere Bedingungen geachtet werden, um repräsentative Ergebnisse zu erhalten. Es wäre empfehlenswert, entweder allen Teilnehmenden gleichzeitig die nötige Hardware zur Verfügung zu stellen oder die Studie außerhalb des geregelten Schulalltags zu platzieren, um eine Beeinflussung der Ergebnisse durch mangelnde Einweisung oder mangelnde Zeit zu verhindern.

TV

Anhang A

Interviews mit Lehrerinnen und Lehrern zum Geschichtsunterricht

2 Antworten, Durchschnittliche Ausfülldauer: 7 Minuten und 9 Sekunden

1. Was sind besondere Herausforderungen im Geschichtsunterricht im Vergleich zu anderen Fächern?

1. „Herstellung von Gegenwartsbezügen“
2. „Lange Quellen, mit hoher Informationsdichte.“

2. Wie motivieren Sie Ihre Schülerinnen und Schüler für Themen aus dem Geschichtsunterricht?

1. „Ich versuche Analogien zur Gegenwart herzustellen.“
2. „Interessante Einstiege, Medienwechsel, etc.“

3. Welche Empfehlung würden Sie Ihren Schülern geben, wie diese sich auf eine Geschichtsklausur vorbereiten können?

1. „Übt Zusammenfassungen und lest die Aufgabenstellung.“

4. Wie stehen Sie zum Thema digitale Medien im Unterricht?

1. „Muss!“
2. „Wenn sie sinnvoll in den Unterricht zu integrieren sind, dann finde ich den Einsatz sehr gut.“

5. Welche Art von Digitalen Medien haben Sie bereits in Ihrem Unterricht verwendet?

1. „Discord, youtube, PC-Spiele, Smartboard software, kahoot“
2. „ „Zeitzeugenberichte“, virtuelle Führungen durch historische Schauplätze (von Museen zum Beispiel), etc.“

6. Welche Anforderungen sollte eine Applikation erfüllen, damit Sie sie im Unterricht einsetzen würden?

1. „Zweckmäßigkeit“
2. „Intuitiv verwendbar und leicht verständlich.“

7. Welche Unterthemen im Geschichtsunterricht zum Thema Nationalsozialismus waren für die Schüler am interessantesten und warum?

1. „Alles mit Panzern... da ist Bewegung drin.“
2. „Noch nicht unterrichtet“

8. Welche Unterthemen waren am uninteressantesten und warum?

1. „Aufstieg des NS bis zur Machtergreifung. Sehr komplex und schwierig zu reduzieren“
2. „Noch nicht unterrichtet“

9. Was sind Themen im Zusammenhang mit Widerstand gegen den Nationalsozialismus, die Sie unterrichten?

1. „Stauffenberg, Elser, Weiße Rose“
2. „Passiver und aktiver Widerstand, in dem Zuge sicher auch die Weiße Rose“

10. Welche Fehler sollte man bei einer schulischen Auseinandersetzung mit dem Nationalsozialismus vermeiden?

1. „Fachliche Unschärfe. Emotionen unthematisiert lassen.“

Anhang B

Externe 3D Assets

Assets für Phase 1

3D Modelle:

<https://3dwarehouse.sketchup.com/model/7e65f875-7e38-43ca-b55d-4ea1e77fe59a/Books> (Stand 07.09.2020)

<https://3dwarehouse.sketchup.com/model/81588f3f-8a42-4a94-9510-2c2a1db4ab96/Comoda-Bombee-1940> (Stand 07.09.2020)

<https://3dwarehouse.sketchup.com/model/e0ef0c59dc9d37d63a2e3ec176ca8cbb/40s-60s-armchairs-and-sofas> (Stand 07.09.2020)

<https://3dwarehouse.sketchup.com/model/63da571d16721f7251a45233c3556f83/arc-radio> (Stand 07.09.2020)

<https://3dwarehouse.sketchup.com/model/efe813ea-01da-41a3-8801-299bba989621/Chaise-1940> (Stand 07.09.2020)

<https://3dwarehouse.sketchup.com/model/a6c6e9a0-9f9a-408b-9b8b-64118b4acf6b/1930s-1940s-window> (Stand 07.09.2020)

<https://3dwarehouse.sketchup.com/model/55f2a6a5-539e-463a-ba99-fcd2f3ea7e56/Door-C1> (Stand 07.09.2020)

<https://3dwarehouse.sketchup.com/model/3bcd2bfb-0ab7-41f2-a469-22fd2361f0c4/Desk-b> (Stand 07.09.2020)

<https://3dwarehouse.sketchup.com/model/7f54d8f7-5244-4ff9-81ff-a0d7aec42ffd/Bed> (Stand 07.09.2020)

<https://3dwarehouse.sketchup.com/model/38a2acc2-6ec7-40a0-8e4e-b951c2cc76ca/1940s-Headboard> (Stand 07.09.2020)

Assets für Phase 2

3D Modelle:

<https://3dwarehouse.sketchup.com/model/ed0a8d3f-e3cf-4367-9a93-04d099f2df24/Envelope> (Stand: 03.09.2020)

<https://3dwarehouse.sketchup.com/model/bf0878235ac61c64f497030f28f88e2c/Antique-1910->

B. EXTERNE 3D ASSETS

One-Cent-Stamp-Antique-Postage-US-Postal-Service (Stand: 03.09.2020)

<https://3dwarehouse.sketchup.com/model/138c75072e7f273e17a08cc74f7fd87/Stack-of-Papers> (Stand 07.09.2020)

<https://3dwarehouse.sketchup.com/model/5929d3983eeb8d5cbf96d22e92924ea2/Tavolo-Leonardo> (Stand 07.09.2020)

Bild für Briefmarken:

https://de.wikipedia.org/wiki/Briefmarken-Jahrgang_1942_der_Deutschen_Reichspost#/media/Datei:DR_1942_816_Goldschmiedekunst.jpg (Stand: 03.09.2020)

Sounds:

<https://freesound.org/people/Bertrof/sounds/131660/> (Stand: 07.09.2020)

<https://freesound.org/people/Beetlemuse/sounds/529384/> (Stand: 07.09.2020)

Materialien:

<https://assetstore.unity.com/packages/2d/textures-materials/wood/yughues-free-wooden-floor-materials-13213> (Stand: 07.09.2020)

<https://assetstore.unity.com/packages/2d/textures-materials/fabric/yughues-free-fabric-materials-13002> (Stand: 07.09.2020)

Texturen:

<https://pixelbuddha.net/textures/5-seamless-paper-textures> (Stand: 07.09.2020)

Assets für Phase 3

3D-Modelle für den Lichthof LMU München:

<https://3dwarehouse.sketchup.com/model/d2001eea-e495-4909-8d0c-12ade6b39b0a/Antique-Double-Door> (19.08.2020)

<https://3dwarehouse.sketchup.com/model/c96c5ed8b029458b4189896ae9ef59e2/Basic-Arch> (Stand: 16.08.2020)

<https://3dwarehouse.sketchup.com/model/acb7b7ddc1eacc684df77e74d05129c4/tuscan-pavillion> (Stand: 19.08.2020)

<https://3dwarehouse.sketchup.com/model/6d9553e7fd5577d6dd515fd9eed0f122/Arch> (Stand: 19.08.2020)

<https://3dwarehouse.sketchup.com/model/5ac6e2a0-76eb-421e-ae8b-a5367577db18/clock> (Stand: 18.08.2020)

<https://3dwarehouse.sketchup.com/model/57b1129def6b46db86b5624bebd96e4f/Pillar> (Stand: 19.08.2020)

<https://3dwarehouse.sketchup.com/model/3231887e01487cc9a5c716f57b4a74c3/door-inside> (Stand: 19.08.2020)

<https://3dwarehouse.sketchup.com/model/c0064aea-d2cd-4cc7-964a-b4d9f762dcee/railing> (Stand: 19.08.2020)

<https://3dwarehouse.sketchup.com/model/72d15a4d-7514-4b83-a736-582afdf67843/Dome>

(Stand: 19.08.2020)

<https://3dwarehouse.sketchup.com/model/74db6235-e1c4-408b-8d8f-caa4c64fa78f/Lattice>

(Stand: 17.08.2020)

<https://3dwarehouse.sketchup.com/model/1c541922-1876-44d8-8c86-e74a604d254f/%E7%9F%B3%E7%8D%85%E9%9B%95%E5%83%8F-Stone-lion-statue> (Stand: 19.08.2020)

<https://3dwarehouse.sketchup.com/model/543451e7f7970e8a355005b4420ff0a5/Organ> (Stand: 19.08.2020)

<https://3dwarehouse.sketchup.com/model/1f7fc12c1f663ba1994bc81fc5cd1898/stairs> (Stand: 19.08.2020)

<https://3dwarehouse.sketchup.com/model/u53f6323e-51dd-4ba7-b481-82965834899f/LPNUMBDetail-of-the-inner-walls-with-doors> (Stand: 19.08.2020)

<https://3dwarehouse.sketchup.com/model/93148396e9277467500158c23c4c5a8e/Window-Round-Top> (Stand: 17.08.2020)

<https://3dwarehouse.sketchup.com/model/cc822181-03d3-4c93-a64f-ff153d00e289/Newspaper> (Stand 07.10.2020)

Materialien:

<https://c4dcenter.com/material-library/4k-bardiglio-marble-04-c4d-material/> (Stand: 19.08.2020)

<https://c4dcenter.com/material-library/4k-distressed-wood-04-c4d-material/> (Stand: 19.08.2020)

<https://c4dcenter.com/material-library/4k-granite-black-c4d-material/> (Stand: 19.08.2020)

<https://c4dcenter.com/material-library/4k-grey-marble-c4d-material/> (Stand: 19.08.2020)

<https://c4dcenter.com/material-library/4k-interior-wall-02-c4d-material/> (Stand: 19.08.2020)

<https://c4dcenter.com/material-library/4k-interior-wall-03-c4d-material/> (Stand: 19.08.2020)

<https://c4dcenter.com/material-library/4k-natural-stone-03-c4d-material/> (Stand: 19.08.2020)

<https://c4dcenter.com/material-library/4k-natural-stone-01-c4d-material/> (Stand: 19.08.2020)

<https://c4dcenter.com/material-library/4k-pink-marble-c4d-material/> (Stand: 19.08.2020)

<https://c4dcenter.com/material-library/4k-quartz-carrara-ventino-c4d-material/> (Stand: 19.08.2020)

<https://c4dcenter.com/material-library/4k-quartz-carrara-luce-c4d-material/> (Stand: 19.08.2020)

<https://c4dcenter.com/material-library/4k-quartz-carrara-gioia-c4d-material/> (Stand: 19.08.2020)

<https://c4dcenter.com/material-library/4k-smooth-plastic-01-dirty-c4d-material/> (Stand: 19.08.2020)

B. EXTERNE 3D ASSETS

Texturen:

<https://unsplash.com/photos/Bf9PT5qVZvM> (Stand: 05.09.2020)

Sounds:

<https://freesound.org/people/Robinhood76/sounds/70024/> (Stand: 05.09.2020)

<https://freesound.org/people/Saturation/sounds/54856/> (Stand: 05.09.2020)

<https://freesound.org/people/themfish/sounds/45827/> (Stand: 05.09.2020)

<https://freesound.org/people/mtheodp/sounds/363851/> (Stand: 05.09.2020)

<https://freesound.org/people/KieVinay/sounds/512410/> (Stand: 05.09.2020)

<https://freesound.org/people/kyles/sounds/453923/> (Stand: 05.09.2020)

Anhang C

Liste mit vollständigen URLs

Abbildung 2.2:

links: <https://www.igd.fraunhofer.de/projekte/ar-system-fuer-die-lymphknotenexstirpation>

Stand 19.07.20

rechts: <https://www.igd.fraunhofer.de/projekte/augmented-reality-ar-fuer-medizinische-interventionen>

Stand 19.07.20

Abbildung 2.4, Industrie und Produktion in 2.1.2:

[https://www.press.bmwgroup.com/deutschland/article/detail/T0294345DE/ganz-real:-virtual-](https://www.press.bmwgroup.com/deutschland/article/detail/T0294345DE/ganz-real:-virtual-und-augmented-reality-eroeffnen-neue-dimension-fuer-das-produktionssystem-der-bmw-group?language=de)

[und-augmented-reality-eroeffnen-neue-dimension-fuer-das-produktionssystem-der-bmw-group?language=de](https://www.press.bmwgroup.com/deutschland/article/detail/T0294345DE/ganz-real:-virtual-und-augmented-reality-eroeffnen-neue-dimension-fuer-das-produktionssystem-der-bmw-group?language=de)

Stand: 23.07.20

Google Expeditions App in Kapitel 2.4.2:

[https://edu.google.com/products/vr-ar/expeditions/?modal_active=none#how-](https://edu.google.com/products/vr-ar/expeditions/?modal_active=none#how-it-works)

[it-works](https://edu.google.com/products/vr-ar/expeditions/?modal_active=none#how-it-works) Stand: 22.09.2020

URL für TimeRide GmbH in Kapitel 2.4.3:

[https://timeride.de/?gclid=Cj0KCQjw8fr7BRDSARIsAKOQqr4fP1ef9p9rcAW4NN3df](https://timeride.de/?gclid=Cj0KCQjw8fr7BRDSARIsAKOQqr4fP1ef9p9rcAW4NN3df6d0IKFaIE2817qGFNF3syBZ7aqM6mM_tq0aApt0EALw_wcB)

[6d0IKFaIE2817qGFNF3syBZ7aqM6mM_tq0aApt0EALw_wcB](https://timeride.de/?gclid=Cj0KCQjw8fr7BRDSARIsAKOQqr4fP1ef9p9rcAW4NN3df6d0IKFaIE2817qGFNF3syBZ7aqM6mM_tq0aApt0EALw_wcB) Stand: 08.10.2020

Lehrplan für Geschichte des Hessischen Kultusministerium in Kapitel 3.1 und 4.3: [https://](https://kultusministerium.hessen.de/sites/default/files/media/go-geschichte.pdf)

kultusministerium.hessen.de/sites/default/files/media/go-geschichte.pdf

Stand: 07.10.2020

Grundsätze der Dialoggestaltung nach EN ISO 9241-110 in Kapitel 4.4:

[https://www.ergo-online.de/ergonomie-und-gesundheit/software/dialogges-](https://www.ergo-online.de/ergonomie-und-gesundheit/software/dialoggestaltung/artikel/grundsaeetze-der-diashylogshygestaltung-nach-din-en-iso-9241-110/grundsaeetze-der-dialoggestaltung-nach-din-en-iso-9241-110/)

[taltung/artikel/grundsaeetze-der-diashylogshygestaltung-nach-din-en-iso-](https://www.ergo-online.de/ergonomie-und-gesundheit/software/dialoggestaltung/artikel/grundsaeetze-der-diashylogshygestaltung-nach-din-en-iso-9241-110/grundsaeetze-der-dialoggestaltung-nach-din-en-iso-9241-110/)

[-9241-110/grundsaeetze-der-dialoggestaltung-nach-din-en-iso-9241-110/](https://www.ergo-online.de/ergonomie-und-gesundheit/software/dialoggestaltung/artikel/grundsaeetze-der-diashylogshygestaltung-nach-din-en-iso-9241-110/grundsaeetze-der-dialoggestaltung-nach-din-en-iso-9241-110/)

Stand: 09.10.2020

C. LISTE MIT VOLLSTÄNDIGEN URLS

Quelle für die Aussagen im interaktiven Gespräch in 4.5.2:

<https://www.bpb.de/geschichte/nationalsozialismus/weisse-rose/61008/die-flugblaetter-im-wortlaut> Stand: 08.10.2020

Quelle für die Informationstexten zu den Such-Gegenständen in 4.5.3:

<https://www.facebook.com/WeisseRoseStiftung/photos/a.183111485075607/2941326162587445/?type=3&theater> Stand: 08.10.2020

Quelle für den letzten Absatz des fünften Flugblatts der Weißen Rose in 4.5.3:

<https://www.bpb.de/geschichte/nationalsozialismus/weisse-rose/61025/flugblatt-v> Stand: 08.10.2020

Quelle für Foto des Weiße Rose Denkmals in Kapitel 5.1.2:

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Scholl-Denkmal,_M%C3%BCnchen.jpg
Stand: 18.10.2020

Quelle für Adobe Fuse CC in Kapitel 6.1.2:

<https://blog.adobe.com/en/publish/2019/09/13/an-update-on-adobe-fuse-as-adobe-moves-to-the-future-of-3d-ar-development.html#gs.j6bhcc> Stand: 24.10.2020

Quelle für das „Simple Scroll Snap“-Plugin in Kapitel 6.2.3:

<https://assetstore.unity.com/packages/tools/gui/simple-scroll-snap-140884>
Stand: 24.10.2020

Quelle für SteamVR-Performance Test in Kapitel 6.3.1:

https://store.steampowered.com/app/323910/SteamVR_Performance_Test/?l=german Stand: 23.10.2020

Quelle für SteamVR-Plugin in Kapitel 6.3.2:

<https://assetstore.unity.com/packages/tools/integration/steamvr-plugin-32647> Stand: 24.10.2020

Anhang D

CD mit Projekt- und Studiendateien

1. PDF-Version der Thesis
2. Unityprojektdateien für AR- und VR-Projekt
3. Build-Dateien beider Anwendungen
4. Videos beider Anwendungen
5. Eingescannte Fragebögen aus der Studie mit der Zielgruppe

Literaturverzeichnis

- [AKB18] AL KORK, Samer ; BEYROUTHY, Taha: Interactive Virtual Reality Educational Application. In: *Advances in Science, Technology and Engineering Systems Journal* 3 (2018), 07, 72-82. <http://dx.doi.org/10.25046/aj030409>. – DOI 10.25046/aj030409
- [AVM18] ALLCOAT, Devon ; VON MUHLENEN, Adrian: Learning in virtual reality: Effects on performance, emotion and engagement. In: *Research in Learning Technology* 26 (2018), 11. <http://dx.doi.org/10.25304/rlt.v26.2140>. – DOI 10.25304/rlt.v26.2140
- [Azu97] AZUMA, Ronald T.: A Survey of Augmented Reality. In: *Presence: Teleoperators and Virtual Environments* 6 (1997), Nr. 4, 355-385. <http://dx.doi.org/10.1162/pres.1997.6.4.355>. – DOI 10.1162/pres.1997.6.4.355
- [BBSJ07] BOTDEN, Sanne M. ; BUZINK, Sonja N. ; SCHIJVEN, Marlies P. ; JAKIMOWICZ, Jack J.: Augmented versus virtual reality laparoscopic simulation: What is the difference? In: *World journal of surgery* 31 (2007), Nr. 4, S. 764–772
- [Ben17] BENZ, W.: *Die Weiße Rose. 100 Seiten: Reclam 100 Seiten*. Reclam Verlag, 2017 (Reclam 100 Seiten). <https://books.google.de/books?id=Sj94DwAAQBAJ>. – ISBN 9783159617824
- [BFLNPA⁺14] BLANCO-FERNÁNDEZ, Yolanda ; LÓPEZ-NORES, Martín ; PAZOS-ARIAS, José J. ; GIL-SOLLA, Alberto ; RAMOS-CABRER, Manuel ; GARCÍA-DUQUE, Jorge: REENACT: A step forward in immersive learning about Human History by augmented reality, role playing and social networking. In: *Expert Systems with Applications* 41 (2014), Nr. 10, 4811 - 4828. <http://dx.doi.org/https://doi.org/10.1016/j.eswa.2014.02.018>. – DOI <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2014.02.018>. – ISSN 0957–4174
- [BHBS99] BOUD, A. C. ; HANIFF, D. J. ; BABER, C. ; STEINER, S. J.: Virtual reality and augmented reality as a training tool for assembly tasks. In: *1999 IEEE International Conference on Information Visualization (Cat. No. PR00210)*, 1999, S. 32–36

- [BR05] BIMBER, Oliver ; RASKAR, Ramesh: *Spatial augmented reality: merging real and virtual worlds*. CRC press, 2005
- [Bry98] BRYSON, Steve: *Virtual Reality: A Defintion History - A Personal Essay*. 1998. – republished in 2013, arXiv:1312.4322 [cs.HC], url: <https://arxiv.org/abs/1312.4322v1>
- [CCLB16] CIDOTA, Marina A. ; CLIFFORD, Rory M. ; LUKOSCH, Stephan G. ; BILLINGHURST, Mark: Using visual effects to facilitate depth perception for spatial tasks in virtual and augmented reality. In: *2016 IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR-Adjunct)* IEEE, 2016, S. 172–177
- [CFE+20] CALMBACH, Marc ; FLAIG, Berthold B. ; EDWARDS, James ; MÖLLER-SLAWINSKI, Heide ; BORCHARD, Inga ; SCHLEER, Christoph: *Wie ticken Jugendliche 2020?: Lebenswelten von Jugendlichen im Alter von 14 bis 17 Jahren in Deutschland*. Verlagshaus Zarbock GmbH & Co. KG, 2020. – ISBN 978-3-7425-0531-6
- [CMAK11] CHRISTOPOULOS, D. ; MAVRIDIS, P. ; ANDREADIS, A. ; KARIGIANNIS, J. N.: Using Virtual Environments to Tell the Story: “The Battle of Thermopylae”. In: *2011 Third International Conference on Games and Virtual Worlds for Serious Applications*, 2011, S. 84–91
- [CN93] CRUZ-NEIRA, Carolina: *Course Notes “Virtual Reality Overview”, Course Nr. 23*. 1993
- [Cra13] CRAIG, A.B.: *Understanding Augmented Reality: Concepts and Applications*. Elsevier Science, 2013 https://books.google.de/books?id=7_05LaIC0SwC. – ISBN 9780240824109
- [DBGJ19] DÖRER, Ralf ; BROLL, Wolfgang ; GRIMM, Paul ; JUNG, Bernhard: *Virtual und Augmented Reality (VR/AR)*. Springer Vieweg, 2019. – ISBN 978-3-662-58860-4
- [Ded09] DEDE, Chris: Immersive interfaces for engagement and learning. In: *science* 323 (2009), Nr. 5910, S. 66–69
- [Dün08] DÜNSER, Andreas: Supporting low ability readers with interactive augmented reality. In: *Annual Review of CyberTherapy and Telemedicine* 6 (2008), Nr. 1, S. 39–46
- [DWHB12] DÜNSER, Andreas ; WALKER, Lawrence ; HORNER, Heather ; BENTALL, Daniel: Creating Interactive Physics Education Books with Augmented Reality. In: *Proceedings of the 24th Australian Computer-Human Interaction Conference*. New York, NY, USA : Association for Computing Machinery, 2012 (OzCHI '12). – ISBN 9781450314381, 107–114

- [GAM03] GÜNTHER-ARNDT, H. ; MÜTTER, B.: *Geschichts-Didaktik: Praxishandbuch für die Sekundarstufe I und II*. Cornelsen Scriptor, 2003. – ISBN 9783589218585
- [Geb17] GEBHARDT, Miriam: *Die Weiße Rose - Wie aus ganz normalen Deutschen Widerstandskämpfer wurden*. Deutsche Verlags-Anstalt, 2017
- [GLM⁺17] GAFFARY, Y. ; LE GOUIS, B. ; MARCHAL, M. ; ARGELAGUET, F. ; ARNALDI, B. ; LÉCUYER, A.: AR Feels “Softer” than VR: Haptic Perception of Stiffness in Augmented versus Virtual Reality. In: *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics* 23 (2017), Nr. 11, S. 2372–2377
- [HČ18] HELLRIEGEL, Jan ; ČUBELA, Dino: Das Potenzial von Virtual Reality für den schulischen Unterricht - Eine konstruktivistische Sicht. In: *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung* 2018 (2018), Dez., Nr. Occasional Papers, 58-80. <http://dx.doi.org/10.21240/mpaed/00/2018.12.11.X>. – DOI 10.21240/mpaed/00/2018.12.11.X
- [Her14] HERZIG, Bardo: *Wie wirksam sind digitale Medien im Unterricht?* Bertelsmann Stiftung, 2014 https://www.researchgate.net/profile/Bardo_Herzig/publication/269669941_Wie_wirksam_sind_digitale_Medien_im_Unterricht/links/549146110cf2d1800d87d673/Wie-wirksam-sind-digitale-Medien-im-Unterricht.pdf
- [Hof60] HOFER, W.: *Der Nationalsozialismus: Dokumente 1933-1945*. Fischer Bücherei, 1960 (Bücher des Wissens)
- [HS18] HEDDERICH, Jürgen ; SACHS, Lothar: *Angewandte Statistik : Methodensammlung mit R*. 16th ed. 2018. Springer-Verlag, 2018. – ISBN 9783662566572
- [JMP19] JACOBSEN, J. ; MEYER, L. ; PRESS, Galileo: *Praxisbuch Usability und UX: was jeder wissen sollte, der Websites und Apps entwickelt*. 2., aktualisierte und erweiterte Auflage. Rheinwerk Computing, 2019. – ISBN 9783836244237
- [JP10] JUAN, M. C. ; PÉREZ, David: Using augmented and virtual reality for the development of acrophobic scenarios. Comparison of the levels of presence and anxiety. In: *Computers & Graphics* 34 (2010), Nr. 6, 756 - 766. <http://dx.doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cag.2010.08.001>. – DOI <https://doi.org/10.1016/j.cag.2010.08.001>. – ISSN 0097–8493. – Graphics for Serious Games Computer Graphics in Spain: a Selection of Papers from CEIG 2009 Selected Papers from the SIGGRAPH Asia Education Program
- [Kad11] KADAVY, D.: *Design for Hackers: Reverse Engineering Beauty*. Wiley, 2011. – ISBN 9781119998952

- [KHD⁺13] KHADEMI, M. ; HONDORI, H. M. ; DODAKIAN, L. ; CRAMER, S. ; LOPES, C. V.: Comparing “pick and place” task in spatial Augmented Reality versus non-immersive Virtual Reality for rehabilitation setting. In: *2013 35th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC)*, 2013, S. 4613–4616
- [Klöss20] KLÖSS, Dr. S.: Die Zukunft der Consumer Technology - 2020 Marktentwicklung, Trends, Mediennutzung, Technologien, Geschäftsmodelle. In: *Bitkom e.V. — Bundesverband Informationswirtschaft, Telekommunikation und neue Medien e.V.* (2020). https://www.bitkom.org/sites/default/files/2020-08/200826_ct_studie_2020_online.pdf
- [KLSW06] KERAWALLA, Lucinda ; LUCKIN, Rosemary ; SELJEFLÖT, Simon ; WOOLARD, Adrian: “Making it real”: exploring the potential of augmented reality for teaching primary school science. In: *Virtual reality 10* (2006), Nr. 3-4, S. 163–174
- [KR12] KIPPER, Greg ; RAMPOLLA, Joseph: *Augmented Reality: An Emerging Technologies Guide to AR*. 1st. Syngress Publishing, 2012. – ISBN 1597497339
- [KYT⁺18] KRICHENBAUER, M. ; YAMAMOTO, G. ; TAKETOM, T. ; SANDOR, C. ; KATO, H.: Augmented Reality versus Virtual Reality for 3D Object Manipulation. In: *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics 24* (2018), Nr. 2, S. 1038–1048
- [LDHR17] LIU, Dejian ; DEDE, Chris ; HUANG, Ronghuai ; RICHARDS, John: *Virtual, augmented, and mixed realities in education*. Springer, 2017
- [LDL⁺13] LIN, Tzung-Jin ; DUH, Henry Been-Lirn ; LI, Nai ; WANG, Hung-Yuan ; TSAI, Chin-Chung: An investigation of learners' collaborative knowledge construction performances and behavior patterns in an augmented reality simulation system. In: *Computers & Education 68* (2013), 314 - 321. <http://dx.doi.org/https://doi.org/10.1016/j.compedu.2013.05.011>. – DOI <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2013.05.011>. – ISSN 0360–1315
- [May97] MAYER, Richard E.: Multimedia Learning: Are We Asking the Right Questions? In: *Educational Psychologist 32* (1997), 01, 1-19. http://www.uky.edu/~gmswan3/544/mayer_1997.pdf
- [MKD⁺14] MÖLLER, Andreas ; KRANZ, Matthias ; DIEWALD, Stefan ; ROALTER, Luis ; HUITL, Robert ; STOCKINGER, Tobias ; KOELLE, Marion ; LINDEMANN, Patrick A.: Experimental Evaluation of User Interfaces for Visual Indoor Navigation. In: *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*. New York, NY, USA : Association for Computing Machinery, 2014 (CHI '14). – ISBN 9781450324731, 3607–3616

- [MM98] MAYER, Richard E. ; MORENO, Roxana: A Split-Attention Effect in Multimedia Learning: Evidence for DUal Processing S. In: *Educational Psychologist* 32 (1998), 312-320. https://pdfs.semanticscholar.org/1e50/7522bf42468dbe19bf5ad9394a3eca7be62d.pdf?_ga=2.19436859.223539108.1600964589-501047498.1600964589
- [MM02] MORENO, Roxana ; MAYER, Richard E.: Verbal redundancy in multimedia learning: When reading helps listening. In: *Journal of educational psychology* 94 (2002), Nr. 1, S. 156
- [MO17] MA, Minhua ; OIKONOMOU, Andreas: *Serious Games and Edutainment Applications : Volume II*. 1st ed. 2017. Cham : Springer International Publishing, 2017 <https://doi.org/10.1007/978-3-319-51645-5>. – ISBN 9783319516455
- [MTUK95] MILGRAM, Paul ; TAKEMURA, Haruo ; UTSUMI, Akira ; KISHINO, Fumio: Augmented reality: a class of displays on the reality-virtuality continuum. In: DAS, Hari (Hrsg.) ; International Society for Optics and Photonics (Veranst.): *Telemanipulator and Telepresence Technologies* Bd. 2351 International Society for Optics and Photonics, SPIE, 1995, 282 – 292
- [Mur17] *Kapitel 4*. In: MURRAY, Janet H.: *Hamlet on the holodeck : the future of narrative in cyberspace / updated edition*. Cambridge, Massachusetts; London, England : The MIT Press, 2017, S. 99
- [Münc43] Münchner Neueste Nachrichten (Veranst.): *Todesurteile wegen Vorbereitung zum Hochverrat LPM*. Münchner Neueste Nachrichten, 23.02.1943
- [PWO⁺15] PACHECO, D. ; WIERENGA, S. ; OMEDAS, P. ; OLIVA, L. S. ; WILBRICHT, S. ; BILLIB, S. ; KNOCH, H. ; VERSCHURE, P. F. M. J.: A location-based Augmented Reality system for the spatial interaction with historical datasets. In: *2015 Digital Heritage* Bd. 1, 2015, S. 393–396
- [Rad14] RADU, Iulian: Augmented reality in education: a meta-review and cross-media analysis. In: *Personal and Ubiquitous Computing* 18 (2014), Nr. 6, S. 1533–1543
- [Ras90] RASINSKI, Timothy V.: Effects of repeated reading and listening-while-reading on reading fluency. In: *The Journal of Educational Research* 83 (1990), Nr. 3, S. 147–151
- [RD00] RYAN, Richard M. ; DECI, Edward L.: Self-Determination Theory and the Facilitation of Intrinsic Motivation, Social Development, and Well-Being. In: *American Psychologist* 55 (2000), Nr. 1, S. 68–78
- [RGH⁺10] RHIENMORA, Phattanon ; GAJANANAN, Kugamoorthy ; HADDAWY, Peter ; DAILEY, Matthew N. ; SUEBNUKARN, Siriwan: Augmented reality

- haptics system for dental surgical skills training. In: *Proceedings of the 17th ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology*, 2010, S. 97–98
- [Sau15] SAUER, Michael: *Geschichte unterrichten - Eine Einführung in die Didaktik und Methodik*. Klett & Kallmeyer, 2015. – ISBN 9783780049254
- [SC03] SERMAN, William R. ; CRAIG, Alan B.: *Understanding Virtual Reality*. Morgan Kaufman Publishers, 2003. – ISBN 1–55860–353–0
- [SM18] SLAVOVA, Y. ; MU, M.: A Comparative Study of the Learning Outcomes and Experience of VR in Education. In: *2018 IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces (VR)*, 2018, S. 685–686
- [Süd19] SÜDWEST, Medienpädagogischer F.: JIM-Studie 2019: Jugend, Information, Medien. In: *Basisuntersuchung zum Medienumgang 12- bis 19-Jähriger* (2019)
- [Süd20] SÜDWEST, Medienpädagogischer F.: JIMplus 2020: Lernen und Freizeit in der Corona-Krise. (2020)
- [Sut65] SUTHERLAND, Ivan E.: The Ultimate Display. In: *Proceedings of the Congress of the International Federation for Information Processing (IFIP) 2* (1965), S. 506–508
- [SZ10] SIN, A. K. ; ZAMAN, H. B.: Live Solar System (LSS): Evaluation of an Augmented Reality book-based educational tool. In: *2010 International Symposium on Information Technology* Bd. 1, 2010, S. 1–6
- [TBL04] TANG, Arthur ; BIOCICA, Frank ; LIM, Lynette: Comparing Differences in Presence during Social Interaction in Augmented Reality versus Virtual Reality Environments: An Exploratory Study. In: *Teleoperators and Virtual Environments - Presence* (2004), 01
- [TCR07] THOMAS C. REEVES, Sang Joon L.: A Significant Contributor to the Field of Educational Technology. In: *Educational Technology* 47 (2007), 11-12, Nr. 6, 56-59. <http://www.jstor.com/stable/44429532>
- [VKSS18] VAHABZADEH, Arshya ; KESHAV, Neha U. ; SALISBURY, Joseph P. ; SAHIN, Ned T.: Improvement of Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder Symptoms in School-Aged Children, Adolescents, and Young Adults With Autism via a Digital Smartglasses-Based Socioemotional Coaching Aid: Short-Term, Uncontrolled Pilot Study. In: *JMIR Ment Health* 5 (2018), Apr, Nr. 2, e25. <http://dx.doi.org/10.2196/mental.9631>. – DOI 10.2196/mental.9631. – ISSN 2368–7959

- [YKS⁺20] YÜCEBAS, Aysegül ; KUBE, Dana ; SPARTAFORA, Alessia ; SCHNEIDER, Jan ; ALSALEH, Ala ; RADICCHI, Elena ; FORESTI, Illaria ; LONGOBARDI, Rosalia ; ISOARDO, Micol ; CRAMARO, Fiorenza u. a.: *Compendium of gamification strategies based on Augmented reality for STE (A) M learning. Augmented Reality (AR) Kompendium*. 2020
- [You08] YOUNG, Indi: *Mental models: aligning design strategy with human behavior*. Rosenfeld Media, 2008

