

Universität Duisburg-Essen
Fakultät für Bildungswissenschaften
Lehrstuhl für Mediendidaktik und Wissensmanagement

Lernen mit einem Augmented Reality Escape Game:
Der Einfluss didaktischer Variationen auf den Lernerfolg
und das Immersionserleben

Dissertation zur Erlangung des Grades Dr. phil.

Vorgelegt von Josef Thomas Buchner

Erstgutachter: Prof. Dr. Michael Kerres, Universität Duisburg-Essen

Zweitgutachter: Univ.-Prof. Dr. Jörg Zumbach, Universität Salzburg

Tag der mündlichen Prüfung: 19. Mai 2022

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	4
Tabellenverzeichnis	4
Danksagung	5
Zusammenfassung	6
Abstract	7
1. Einleitung	9
2. Augmented Reality	12
2.1 Potentiale von AR in der Bildung	18
2.2 Herausforderungen beim Einsatz von AR in der Bildung	25
2.3 Zusammenfassung	29
3. Escape Room Spiele	31
3.1 Escape Games mit Bildungsabsicht	33
3.2 Potentiale von Educational Escape Games	36
3.3 Herausforderungen beim Lernen mit Escape Games	44
3.4 Zusammenfassung	49
4. AR Escape Games	51
4.1 Lernen mit AR Escape Games	56
4.2 Immersion	64
4.2.1 Immersion als Merkmal von (Bildungs)Technologien	64
4.2.2 Immersion als kognitive und emotionale Eingebundenheit	66
4.2.3 Immersion und Lernen	68
4.2.4 Immersionserleben messen	72
4.3 Zusammenfassung	73
5. Offene Forschungsfragen	75
6. Studie 1 – Effekte eines AR Escape Games auf die Lernleistung und das Immersionserleben	82
6.1 AR Escape Game – Escape Fake	82
6.1.1 Beschreibung des Spiels	82
6.1.2 Lernziele	84
6.1.3 Lerninhalte	85
6.3 Methode	86
6.3.1 Stichprobe und Design	87
6.3.2 Materialien	88
6.3.3 Ablauf	90
6.4 Ergebnisse	92
6.4.1 Datenaufbereitung	92
6.4.2 Deskriptive Statistik	92
6.4.3 Effekte von Escape Fake im Vortest-Nachtest-Vergleich	93

6.5 Diskussion	94
6.6 Limitationen und offene Forschungsfragen	96
6.7 Zusammenfassung	97
7. Studie 2 – Einfluss der Variation der körperlichen Involviertheit auf die Lernleistung und das Immersionserleben beim Lernen mit einem AR Escape Game	98
7.1 Forschungsfrage und Hypothesen	100
7.2 Methode	103
7.2.1 Stichprobe und Design	103
7.2.2 Materialien	104
7.2.3 Ablauf	106
7.3 Ergebnisse	110
7.3.1 Datenaufbereitung	110
7.3.2 Deskriptive Statistik	110
7.3.3 Vortest-Nachtest Vergleich	111
7.3.4 Testung der Hypothesen	111
7.4 Diskussion	113
7.5 Limitationen und offene Fragen	117
7.6 Zusammenfassung	118
8. Studie 3 – Einfluss der Lernstrategie des Zusammenfassens auf die Lernleistung und das Immersionserleben beim Lernen mit einem AR Escape Game	120
8.1 Forschungsfrage und Hypothesen	123
8.2 Methode	126
8.2.1 Stichprobe und Design	126
8.2.2 Materialien	127
8.2.3 Ablauf	129
8.3 Ergebnisse	132
8.3.1 Datenaufbereitung	132
8.3.2 Deskriptive Statistik	132
8.3.3 Vortest-Nachtest Vergleich	133
8.3.4 Testung der Hypothesen	133
8.4 Diskussion	135
8.5 Limitationen und offene Fragen	138
8.6 Zusammenfassung	139
9. Gesamtdiskussion und Implikationen	141
9.1 Theoretische Implikationen	142
9.2 Empirische Implikationen	148
9.3 Implikationen für die Praxis	149
9.4 Implikationen für die Gestaltung von AR Escape Spielen	152
10. Zusammenfassung und Fazit	159
Literatur	162
Anhang	186

Abbildungsverzeichnis

<i>Abbildung 1</i> Das Realitäts-Virtualitäts-Kontinuum nach Milgram et al. (1995)	12
<i>Abbildung 2</i> Beispiel für das simultane Vorhandensein von Realität und virtueller Information dargestellt anhand einer medizinischen Lehrpuppe	13
<i>Abbildung 3</i> Beispiel für Echtzeit-Interaktion in einem AR-Schulbuch aus dem Geschichtsunterricht	14
<i>Abbildung 4</i> Beispiel für die geometrische Registrierung wie sie etwa beim Einsatz des Merge Cube auftritt	15
<i>Abbildung 5</i> Mithilfe von spatial AR wird das Naturhistorische Museum in Wien in bunte Farben gehüllt	17
<i>Abbildung 6</i> Das Modell der CATLM, basierend auf Moreno (2006b, 2006a) sowie Park et al. (2014)	62
<i>Abbildung 7</i> Erweitertes Modell der CATLM, basierend auf Moreno (2006b, 2006a) sowie Plass und Kaplan (2016)	63
<i>Abbildung 8</i> Das für diese Arbeit leitende Modell; basierend auf dem Modell der CATLM sowie der Erweiterung durch Plass und Kaplan (2016)	78
<i>Abbildung 9</i> Boden-Marker aus dem EscapeFake Spiel mit AR-Objekten	83
<i>Abbildung 10</i> Beispiel-Posting der Anwendungsaufgabe in Studie 1	89
<i>Abbildung 11</i> Grafische Darstellung zum Ablauf der Untersuchung in Studie 1	91
<i>Abbildung 12</i> Beispiel für ein verkleinertes Marker-Bild in Originalgröße	104
<i>Abbildung 13</i> Beispiel-Posting der Anwendungsaufgabe in Studie 2	105
<i>Abbildung 14</i> Blick in die vorbereitete Aula	106
<i>Abbildung 15</i> Die vorbereiteten Tische mit Tablet-Computern, verkleinerten Marker-Bildern und den Zetteln mit den Informationen zum Ablauf der Untersuchung	107
<i>Abbildung 16</i> Grafische Darstellung zum Ablauf der Untersuchung in Studie 2	109
<i>Abbildung 17</i> Stimulus für das Zusammenfassen	127
<i>Abbildung 18</i> Beispiel-Posting der Anwendungsaufgabe in Studie 3	128
<i>Abbildung 19</i> Beispiel für eine Zusammenfassung auf dem vorbereiteten Ausdruck	130
<i>Abbildung 20</i> Grafische Darstellung zum Ablauf der Untersuchung in Studie 3	131
<i>Abbildung 21</i> Simulation eines virtuellen Raumes in der physischen Umgebung	153
<i>Abbildung 22</i> Die Erweiterung des realen Raumes um ein virtuelles Objekt	153
<i>Abbildung 23</i> Virtueller Partner steht im physischen Raum	156
<i>Abbildung 24</i> Multiple-Choice-Quiz wird als AR-Element dargestellt	157
<i>Abbildung 25</i> Virtueller Partner hört sich die Zusammenfassung an	158

Tabellenverzeichnis

<i>Tabelle 1</i> Potentiale von AR für das Lehren und Lernen	24
<i>Tabelle 2</i> Herausforderungen beim Einsatz von AR für das Lehren und Lernen	28
<i>Tabelle 3</i> Potentiale von Educational Escape Games	43
<i>Tabelle 4</i> Herausforderungen beim Lernen mit Escape Games	48
<i>Tabelle 5</i> Übersicht bisheriger in der Literatur beschriebener AR Escape Games	51
<i>Tabelle 6</i> Die drei Skalen mit Subskalen aus dem ARI Fragebogen von Georgiou und Kyza (2017a)	72
<i>Tabelle 7</i> Merkmale von AR Escape Games und die Umsetzung in Escape Fake	86
<i>Tabelle 8</i> Deskriptive Statistik der erhobenen Variablen aus Studie 1	93
<i>Tabelle 9</i> Ergebnisse der univariaten Analyse mit Messwiederholung	94
<i>Tabelle 10</i> Das Forschungsdesign von Studie 2 im Überblick	103
<i>Tabelle 11</i> Mittelwerte mit Standardabweichung der in Studie 2 erhobenen Variablen	110
<i>Tabelle 12</i> Ergebnisse der MANCOVA und MANOVA für die sitzende und bewegende Bedingung	113
<i>Tabelle 13</i> Das Forschungsdesign in Studie 3 im Überblick	127
<i>Tabelle 14</i> Mittelwerte mit Standardabweichung der in Studie 3 erhobenen Variablen für jede Bedingung	132
<i>Tabelle 15</i> Ergebnisse der MANCOVA und MANOVA für die beiden Bedingungen	135

Danksagung

Im Jahr 2016 begann meine Faszination für die Technologie Augmented Reality (AR) und das Interesse zu explorieren, wie die Potentiale dieser Technologie für die Gestaltung von Lernumgebungen genutzt werden können. Die Dissertation ist auch ein Ausdruck des Weges, den ich seither zurückgelegt habe: Von der naiven Annahme, dass AR Lernen verbessert, hin zu einem theoretisch fundierten Verständnis darüber, wie komplex Lehr- und Lernprozesse sind und einer kritischen Haltung gegenüber vermeintlich neuen Technologien und Methoden, die erneut eine Bildungsrevolution auslösen sollen.

Einen wesentlichen Anteil an meiner Weiterentwicklung hat mein Doktorvater Prof. Dr. Michael Kerres, dem ich an dieser Stelle für die vielen fachlich höchst spannenden, lehrreichen und anregenden Gespräche sowie der Wertschätzung gegenüber eigenen Überlegungen und Forschungsideen danken möchte. Nie zuvor habe ich mehr über das Lehren und Lernen gelernt als in den letzten Jahren am Learning Lab.

Ähnlich verhält es sich mit meinem Zweitgutachter, Univ.-Prof. Dr. Jörg Zumbach, der bereits während meines Lehramtsstudiums an der Universität Salzburg meine Begeisterung für empirische Forschung geweckt und gefördert hat. Dafür, und besonders für die immer wieder gestellte Frage „Ja was bringt das denn?“, ein herzliches Dankeschön.

Bedanken möchte ich mich auch bei den vielen Kolleginnen und Kollegen am Learning Lab, die mir in verschiedensten Situationen mit Rat und Tat zur Seite gestanden sind. Besonders in der Zeit vor der Abgabe haben mir die Gespräche mit Miriam Mulders, Dr. Gianna Scharnberg und Dr. Daniel Otto Mut und Zuversicht gegeben. Vielen Dank!

Weiter möchte ich mich bedanken bei Prof. Dr. Barbara Getto, die mich insbesondere am Beginn der Promotion unterstützt und mir viele wertvolle Tipps zum Ablauf sowie der Planung eines Promotionsprojekts gegeben hat.

Eine empirische Arbeit wäre nicht möglich ohne engagierte Praxispartner/-partnerinnen. Daher geht mein Dank auch an den Leiter des Gymnasium in den Filder Benden, Arndt van Huet, der die Durchführung der Studien genehmigte und an Marc Lachmann, der mit seinen Klassen an den Studien teilnahm und noch weitere Kolleginnen und Kollegen motiviert hat, mitzuwirken. Vielen Dank an euch und eure Schülerinnen und Schüler.

Ein herzliches Dankeschön für die Unterstützung während der Promotionsphase geht auch an meine Schwiegerfamilie.

Ganz besonders bedanken möchte ich mich bei meiner Familie, meinen Eltern Claudia und Josef, meiner Schwester Manuela mit Ehemann Andreas sowie meinem Halbbruder Christian mit Familie. Ihr habt mir meinen bisherigen Weg ermöglicht, ohne euch wäre ich nicht der, der ich heute bin.

Mein größter Dank gilt meiner Ehefrau Diane und unserem Sohn Hanno. Ihr habt mich mit eurer Geduld, euren aufmunternden Worten, euren liebevollen Gesten und eurer Hartnäckigkeit stets gefordert und gefördert.

Diese Arbeit ist auch eure Arbeit!

Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit werden drei Studien beschrieben, die sich mit den Effekten eines Augmented Reality Escape Room Spiels auf den Lernerfolg und das Immersionserleben befassen. Augmented Reality (AR) stellt eine relativ neue Visualisierungstechnologie dar, mit deren Hilfe die reale Umwelt um virtuelle Elemente erweitert wird. Für die Gestaltung von Escape Room Spielen mit Bildungsabsicht ergeben sich durch AR gänzlich neue Möglichkeiten. So können etwa authentische Situationen simuliert, Interaktionen zwischen Spielenden und virtuellen Avataren sowie realen und digital-generierten Objekten realisiert und Bewegungen induziert werden. Erwartet wird, dass die Kombination aus AR und spielerisch-narrativer Umwelt zu einem neuen Lernraum führt, der bei Lernenden das Erleben von Immersion, definiert als emotionale und kognitive Eingebundenheit, auslösen soll.

Der Einfluss des Immersionserlebens auf den Lernerfolg hat sich in bisherigen Studien jedoch als widersprüchlich herausgestellt. So haben sich etwa die im Immersionskontinuum beschriebenen niedrigeren Stufen des Immersionserlebens, das Engagement und das Engrossment, wiederkehrend als lernförderlich erwiesen, hingegen die höchste Immersionsstufe, die Total Immersion, als lernhinderlich. Untersuchungen, die diese Herausforderung für das Lernen mit AR Escape Room Spielen thematisiert haben, fehlen bislang. Diese Forschungslücke wird in dieser Arbeit aufgegriffen, indem zunächst in Studie 1 exploriert wird, ob mit einem AR Escape Room Spiel gelernt werden kann. Um mögliche Erfolge oder Misserfolge erklären zu können, wird auf die kognitiv-affektive Theorie des Lernens mit Multimedia zurückgegriffen. Wie sich zeigt, kann mithilfe des verwendeten AR Escape Room Spiels, *Escape Fake*, bedeutsam gelernt werden: Die Lernenden verfügten nach dem Spielen über mehr Wissen zu Fake News, waren besser in der Lage, simulierte Postings aus den sozialen Netzwerken als wahre Nachricht oder Fake News einzuschätzen und zeigten eine kritischere Haltung gegenüber Informationen, die online verbreitet werden.

In Studie 2 wird die Herausforderung des Immersionserlebens thematisiert. Im Rahmen dieser Arbeit wurden verkleinerte Marker-Bilder entwickelt, die das Spielen von *Escape Fake* in einer sitzenden Position gewährleisten. Es wurde angenommen, dass in der sitzenden Bedingung ein geringeres Erleben von Total Immersion auftreten wird, was sich in der Folge positiv auf den Lernerfolg auswirken sollte. Wie die Ergebnisse aus Studie 2 zeigen, wurde dieses Ziel nicht erreicht. Das Spielen von *Escape Fake* im Sitzen oder im Stehen hatte keinen Effekt auf das Erleben von Total Immersion. In der Folge fanden sich auch keine signifikanten Unterschiede zwischen den Bedingungen. Signifikante Unterschiede ergaben sich für die Immersionsstufe

des Engrossment, die von den Lernenden der sitzenden Bedingung als intensiver wahrgenommen wurde.

Um das Immersionserleben zu reduzieren, wurde in Studie 3 die generative Lernstrategie des Zusammenfassens mit dem Spielen von Escape Fake in der Experimentalbedingung kombiniert. Die Lernenden dieser Gruppe fassten nach dem Spielen die Inhalte des Spiels in eigenen Worten schriftlich zusammen. Wie sich herausstellte, kann das Hinzufügen dieser Lernstrategie das Erleben von Total Immersion signifikant verringern. In der Folge waren die Lernenden der Experimentalgruppe signifikant besser in der Lage, ihr Wissen anzuwenden und simulierte Postings aus den sozialen Netzwerken als wahre oder falsche Nachricht einzuschätzen. Für das Wissen und das affektive Lernziel der Einstellungsveränderung wurden keine Effekte gefunden. Auch das zweite Ziel von Studie 3 wurde erreicht: Das Hinzufügen der generativen Lernstrategie des Zusammenfassens hatte keine negativen Auswirkungen auf das Erleben der beiden lernförderlichen Immersionsstufen (Engagement und Engrossment).

Zusammenfassend hat sich das Escape Fake AR Escape Room Spiel als effektive und bedeutsame Bildungsressource herausgestellt. Der Einsatz des Spiels im Rahmen der Fake-News-Erziehung kann empfohlen werden. Weitere Implikationen für Empirie, Theorie und die Entwicklung zukünftiger AR Escape Spiele werden im Zuge dieser Arbeit diskutiert.

Abstract

In this thesis, the author presents three studies that deal with the effects of an augmented reality escape room game on learning outcomes and immersion experience. Augmented reality, AR, is a relatively new visualization technology that extends the real environment with virtual elements. AR allows completely new possibilities for the design of educational escape room games. For example, AR simulates authentic situations, enables interactions between players and virtual avatars as well as real and digital objects, and engages learners into physical activities. The combination of AR and the game-like narrative environment creates a learning space that involves learners cognitively and emotionally in the simulated situation leading to the experience of immersion. However, the influence of immersion experience on learning outcomes is contradictory.

For example, the lower levels of immersion (engagement, engrossment), described in the immersion continuum, turned out to promote learning, while the highest level of immersion, total immersion, tends to inhibit learning. Research that has addressed this challenge to learning with AR escape room games has been lacking. In this thesis, the author addresses this research

gap by first exploring in Study 1 whether learning can occur with an AR escape room game. To be able to explain possible successes or failures, the Cognitive Affective Theory of Learning with Media (CATLM) serves as a theoretical framework. As the results show, the used AR escape room game *Escape Fake* can enhance learning: The learners in the study were able to significantly increase their knowledge on fake news, were better able to assess simulated postings from social networks as true or false news and increased their willingness to check online information on the Internet for accuracy.

Study 2 addresses the challenge of immersion as a possible distracting variable in the learning process. In study 2, the author developed scaled-down marker images to ensure playing *Escape Fake* in a seated position. The author hypothesized that a lower experience of total immersion would occur in the seated condition, which should then have a positive impact on learning outcomes. As the results from Study 2 show, the lower physical involvement had no effect on the experience of total immersion. As a result, the learners neither differ in their performance on a knowledge test and an application task, nor their willingness to check online information on the internet for accuracy. Significant differences were found for the immersion level of engrossment, which learners in the seated condition perceived as more intense.

To reduce the immersion experience, Study 3 combined the generative learning strategy of summarizing with playing *Escape Fake* in the experimental condition. Learners in this group summarized the content of the game in their own words after playing. The results show that adding the learning strategy can significantly reduce the experience of total immersion. As a result, learners in the experimental group were significantly better at applying their knowledge to the evaluation of simulated postings from the social networks. No effect was found for knowledge acquisition and the affective learning outcome. The second goal of Study 3 was also met: adding the generative learning strategy of summarizing had no negative effect on the experience of the two immersion levels that are productive for learning (engagement and engrossment).

In summary, the *Escape Fake* AR escape room game proved to be an effective and meaningful educational resource. The use of the game in the context of fake news education is recommended. Further empirical, theoretical, and practical implications and the development of future AR escape games are discussed in the course of this work.

1. Einleitung

Der Einfluss von Medien und Technologien auf das Lehren und Lernen wird seit Jahrzehnten kontrovers diskutiert. Dies ist eng an die Entwicklung neuartiger Technologien gekoppelt, da diesen immer wieder nachgesagt wurde und wird, das Lehren und Lernen gänzlich zu verändern, zu verbessern und im besten Falle zu revolutionieren (Allert & Richter, 2017; Bozkurt, 2020; Mishra et al., 2009). Vor mehr als hundert Jahren war es Thomas Edison, der die Ablösung des Buches im schulischen Unterricht durch das bewegte Bild vorhersagte (Edison, 1913), später wurde dieses Potential Lernmaschinen und Computerprogrammen zugesprochen (Westera, 2010) und gegenwärtig gelten Learning Analytics, digitale Spiele, Künstliche Intelligenz sowie immersive Bildungstechnologien als neue Heilsbringer für überholte Bildungssysteme (Brown et al., 2020; Delgado et al., 2015; Westera, 2019).

Eine solche immersive Bildungstechnologie stellt Augmented Reality (AR), die computergestützte Erweiterung der Realität dar (Azuma et al., 2001). In den letzten 20 Jahren haben Forscherinnen und Forscher die Wirkungen dieser Technologie beim Lehren und Lernen intensiv untersucht, was zu einer Vielzahl an Studien mit Potentialen und Herausforderungen bei deren Einsatz in Bildungskontexten geführt hat (Akçayır & Akçayır, 2017; Arici et al., 2019; Bacca et al., 2014, 2019; Diegmann et al., 2015; Garzón & Acevedo, 2019; Radu, 2014; Sırakaya & Alsancak Sırakaya, 2020; Tezer et al., 2019; Wu et al., 2013). Insbesondere das Erleben von Immersion, definiert als emotionale und kognitive Eingebundenheit (Georgiou & Kyza, 2017a), wird als lernförderlicher Faktor beim Einsatz von AR beschrieben: Immersion lässt die Lernenden mit der AR-erweiterten Lernumgebung verschmelzen, sie die Lernaufgaben als authentisch wahrnehmen und eine emotionale Verbindung zu den Inhalten der Lernumgebung herstellen (Dede, 2009; Georgiou & Kyza, 2017a).

Aus einer mediendidaktischen Perspektive gilt es diese Annahmen zu hinterfragen, da nicht die Technologie an sich Wirkungen in Lehr- und Lernkontexten ausübt. Entscheidend ist die didaktische Gestaltung einer Lernumgebung, in der sowohl die Potentiale einer Technologie eingelöst als auch die Herausforderungen berücksichtigt werden (Kerres, 2018, 2020; Reeves & Reeves, 2015). Eine Möglichkeit, die Potentiale von AR zu nutzen, liegt in der Gestaltung spielerischer Lernräume, wie sie etwa Escape Room Spiele mit Bildungsabsicht darstellen (Nicholson, 2018; Veldkamp, van de Grint, et al., 2020). Escape Room Spiele involvieren Lernende in eine spannende Mission mit einem klaren Ziel, lassen sie in Rollen schlüpfen und konfrontieren sie mit Aufgaben, deren Lösung die Anwendung vielfältiger Kompetenzen erfordert (z.B. Wiemker et al., 2015). Mithilfe von AR werden Räume und Kontexte noch

authentischer simuliert und das Immersionserleben zusätzlich erhöht (Lopez-Pernas et al., 2019a, 2019b). Daraus ergibt sich die Herausforderung, dass das Immersionserleben nicht nur als positiver Verstärker in Lehr- und Lernkontexten fungieren, sondern Lernende auch von den Inhalten ablenken und in der Folge Lernprozesse stören kann (z.B. Cheng et al., 2017; Makransky, Terkildsen, et al., 2019). Inwieweit dies auf das Lernen mit AR Escape Spielen zutrifft, wurde bislang nicht untersucht. Zudem muss festgestellt werden, dass die Studienlage zu den Lerneffekten von Escape Games noch gering ist und der Bedarf an Forschung als hoch ausgewiesen wird (Fotaris & Mastoras, 2019; Makri et al., 2021; Veldkamp, van de Grint, et al., 2020). Eingefordert werden lerntheoretisch fundierte Untersuchungen, die die Effekte von Escape Games in Lehr- und Lernkontexten erklären können (Jaramillo Rincón & Trujillo Mejia, 2020) sowie empirische Studien, die auch didaktische Prinzipien thematisieren und Empfehlungen für den praktischen Einsatz von (AR) Escape Spielen als Resultate beinhalten (Veldkamp, Knippels, et al., 2021; Veldkamp, van de Grint, et al., 2020).

Das übergeordnete Ziel dieser Arbeit ist es, dieser Forderung nachzukommen und unter Einbezug der *Cognitive Affective Theory of Learning with Media* (CATLM; Moreno, 2006a, 2006b; Park et al., 2014) Effekte eines AR Escape Games auf die Lernleistung und das Immersionserleben zu untersuchen sowie den Einfluss didaktischer Variationen auf eben diese Faktoren zu explorieren. Der Aufbau der vorliegenden Arbeit ist wie folgt:

In Kapitel 2 wird die Technologie AR vorgestellt und die in bisherigen Studien identifizierten Potentiale und Herausforderungen von AR für das Lehren und Lernen nachgezeichnet. Kapitel 3 thematisiert Escape Room Spiele und skizziert die Unterschiede von Escape Spielen mit Bildungsabsicht und jenen aus der Unterhaltungsbranche. Zudem werden die in der Forschungsliteratur genannten Potentiale und Herausforderungen von Educational Escape Games präsentiert. In Kapitel 4 erfolgt die lerntheoretische Einordnung zu AR Escape Spielen unter Einbezug der Annahmen der CATLM. Zudem wird der Immersionsbegriff diskutiert und die aktuelle Studienlage zum Zusammenhang von Immersion und Lernleistungen dargestellt. Im Anschluss werden in Kapitel 5 offene Forschungsfragen beschrieben und die Forschungsfragen sowie Hypothesen ausformuliert.

Im Weiteren folgt die Vorstellung der drei in dieser Arbeit durchgeführten Studien.

In Studie 1 (Kapitel 6) wurde die Basis für das weitere Vorgehen gelegt und gefragt, welchen Effekt ein AR Escape Spiel auf den Lernerfolg und das Immersionserleben ausübt. Diese erste Studie war notwendig, da bislang das in dieser Studie verwendete AR Escape Game Escape Fake noch keiner Überprüfung hinsichtlich möglicher Lerneffekte unterzogen wurde

(Paraschivoiu et al., 2021). Das Spiel wurde mit 28 Schülerinnen und Schülern im Feld unter Verwendung eines Vortest-Nachtest-Forschungsdesigns getestet.

Studie 2 (Kapitel 7) setzte sich zum Ziel, dass Immersionserleben beim Lernen mit einem AR Escape Room Spiel zu verringern. Hierzu wurde eine Reduktion der physischen Involviertheit in das Gameplay vorgenommen, sodass die Lernenden sich nicht vollständig in das Escape Room Spiel hineinversetzen konnten. Um diese didaktische Variation zu realisieren, wurden eigens für diese Arbeit verkleinerte Marker-Bilder entwickelt (siehe Anhang H). Es wurde angenommen, dass die reduzierte Bewegungsintensität zu einem geringeren Erleben der höchsten Immersionsstufe führt und in der Folge der Lernerfolg höher ausfällt.

In Studie 3 dieser Arbeit (Kapitel 8) wurde der Einsatz eines AR Escape Games mit der generativen Lernstrategie des Zusammenfassens kombiniert. Die Annahme war, dass das Hinzufügen der Lernstrategie das Erleben der höchsten Immersionsstufe reduziert und somit zu einem höheren Lernerfolg im Vergleich zu einer Kontrollgruppe, die ohne zusätzliche Lernstrategie spielte, führt.

Die Ergebnisse der drei Studien weisen unterschiedliche Implikationen für Theorie, Praxis, Empirie und die Entwicklung zukünftiger AR Escape Spiele auf. Diese Implikationen werden in Kapitel 9 ausführlich dokumentiert.

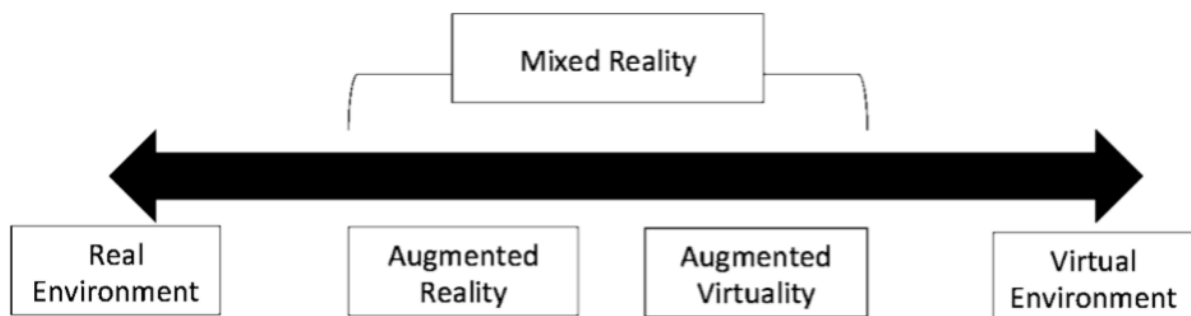
Eine Zusammenfassung mit Fazit (Kapitel 10) stellt den Abschluss dieser Arbeit dar.

2. Augmented Reality

Als Augmented Reality (AR), im deutschen Sprachraum auch Augmentierte oder Erweiterte Realität (ER) (Dörner et al., 2019), wird eine moderne Visualisierungstechnologie bezeichnet, die eine Anreicherung der realen Welt um virtuelle Objekte ermöglicht (Broll, 2019; Caudell & Mizell, 1992). Die Erforschung und Entwicklung von AR-Systemen lässt sich bis in die 1960er Jahre zurückdatieren: Sutherland (1968) entwickelte mit dem *Sword of Damocles* das erste Display, das beim Hindurchblicken einen physisch-realen Raum um virtuelle Objekte erweiterte. Diese Vermischung aus Realität und Virtualität wird unter dem Begriff *Mixed Reality* diskutiert (Milgram & Kishino, 1994). Auf dem Realitäts-Virtualitäts-Kontinuum (Milgram et al., 1995) wird AR links der Mitte verortet, da die reale Welt nicht gänzlich ersetzt, sondern erhalten bleibt und mithilfe von Computertechnologie lediglich erweitert wird (Abbildung 1). Damit unterscheidet sich AR wesentlich von Augmented Virtuality (AV), der Anreicherung der Virtualität um reale Inhalte, sowie gänzlich computergenerierten virtuellen Welten, die heute unter dem Schlagwort *Virtual Reality* (VR) diskutiert werden (Bamodu & Ye, 2013; Dörner et al., 2019).

Abbildung 1

Das Realitäts-Virtualitäts-Kontinuum nach Milgram et al. (1995)



Anmerkung. Eigene Darstellung, in Anlehnung an Milgram et al. (1995).

Um AR von anderen gemischten Darstellungen realer und virtueller Objekte, z.B. in Filmen wie Jurassic Park, zu unterscheiden, definieren Azuma et al. (2001; auch Azuma, 1997) drei zentrale Merkmale von AR:

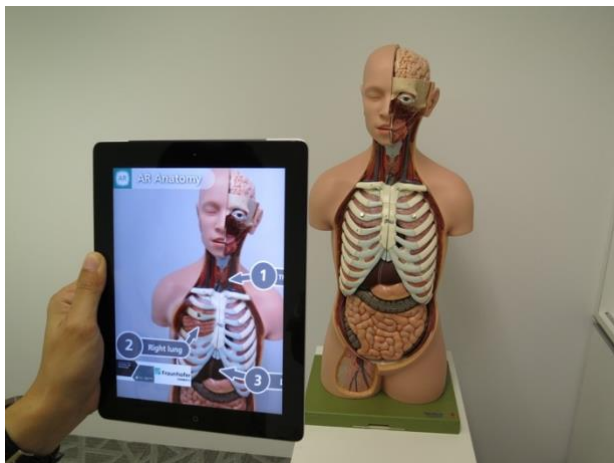
1. Realität und Virtualität werden in der realen Umgebung kombiniert dargestellt.
2. Interaktionen finden in Echtzeit statt.

3. Virtuelle Objekte werden geometrisch registriert und einander ausgerichtet.

Ein Beispiel für Merkmal 1 ist in Abbildung 2 ersichtlich. Das reale Objekt, in diesem Fall eine medizinische Lehrpuppe, wird über AR auf dem Display eines Tablet-Computers um virtuelle Informationen erweitert. Realität und Virtualität sind zur selben Zeit und am selben Ort vorhanden (kombinierte Darstellung).

Abbildung 2

Beispiel für das simultane Vorhandensein von Realität und virtueller Information dargestellt anhand einer medizinischen Lehrpuppe



Anmerkung. Diese Bild steht unter einer Pixabay-Lizenz, verfügbar unter <https://pixabay.com/de/photos/augmented-reality-medizinische-3d-1957411/> (letzter Zugriff am 11.06.2021).

Echtzeit-Interaktionen (Merkmal 2) können in AR-Systemen über verschiedene Wege realisiert werden. In frühen AR-Anwendungen, etwa den sogenannten *Magic Books*, konnten Benutzerinnen und Benutzer mithilfe von papierbasierten Stäben in die Geschichte eines Buches eingreifen und die Erzählung beeinflussen, z.B. indem das Wetter manipuliert wurde (Grasset et al., 2008a, 2008b). Die Möglichkeit, Interaktionen durch Gesten, Ganzkörperbewegungen oder Bewegungen mit dem Kopf bzw. dem Sichtfeld zu initiieren, wurde vor allem in Brillen-basierten AR-Systemen erstmalig erprobt (Azuma et al., 2001). Gegenwärtig können diese Formen der Interaktion bei der Verwendung von modernen AR-Brillen, wie etwa der HoloLens oder anderen *Smart Glasses*, als Standard bezeichnet werden. Jedoch werden auch andere Formen von Interaktionsmöglichkeiten, z.B. mit Stiften oder Pointer-ähnlichen Zeigergeräten, entwickelt und erprobt, um die Benutzerfreundlichkeit weiter zu erhöhen (Ro et al., 2019). Seit 2004 wird die Interaktion zwischen Benutzerinnen/Benutzern und einer AR-Anwendung über Touch-fähige, meist mobile Endgeräte, realisiert (Kipper,

2013b). Durch das Antippen der auf dem Bildschirm angezeigten virtuellen Objekte lassen sich so Veränderungen vornehmen, die unmittelbar nach bzw. während der Berührung eintreten und beobachtet werden können. Abbildung 3 zeigt anhand eines AR-Schulbuches aus dem Geschichtsunterricht, wie dies aussehen kann: Durch das Anklicken der Pfeile wird der jeweils nächste Schritt im Prozess der Mumifizierung, wie sie im Alten Ägypten von Priestern durchgeführt wurde, dargestellt. Interaktionen mit AR-Anwendungen können auch über physische Objekte realisiert werden. Solche *Tangibles* (= greifbare Objekte) werden als anfassbare Form der Mensch-Computer-Interaktion bezeichnet (Broll, 2019). Als Beispiel kann hier der Merge Cube (Merge Labs, 2021) angeführt werden. Dabei handelt es sich um einen Würfel aus Karton oder Kunststoff, der von Nutzerinnen und Nutzer um AR-Inhalte ergänzt werden kann. So wird aus dem physischen Würfel, der in der Hand gehalten wird, mit der Hilfe einer App und eines mobilen Endgeräts eine dreidimensionale Darstellung der Erde. Durch das Drehen des Würfels kann diese Darstellung von allen Seiten betrachtet werden (Abbildung 4).

Abbildung 3

Beispiel für Echtzeit-Interaktion in einem AR-Schulbuch aus dem Geschichtsunterricht

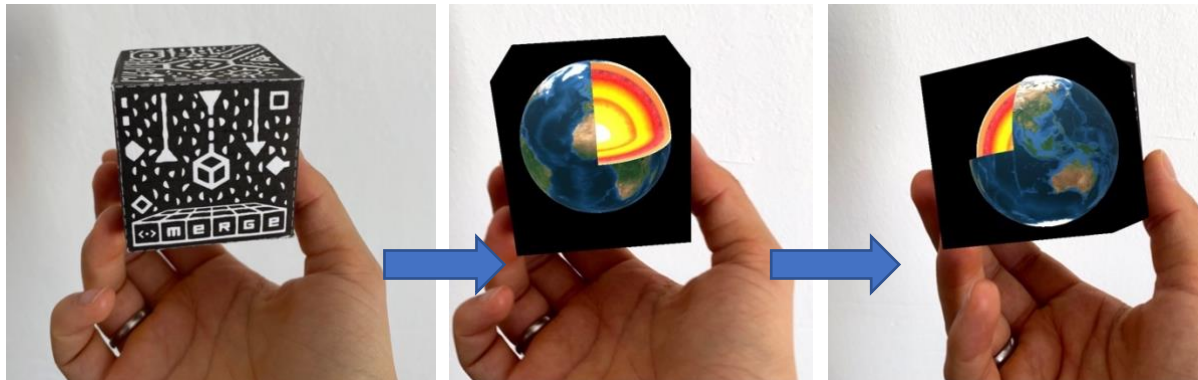


Anmerkung. Die Bilder stammen aus Buchner und Jeghiazaryan (2020) und sind zur Wiederverwendung freigegeben.

Das in Azuma et al. (2001) definierte dritte Merkmal von AR wird in Dörner et al. (2019, p. 21) folgendermaßen erklärt: Die geometrische Registrierung bedeutet, dass die virtuellen Objekte einen scheinbar festen Platz in der Realität haben. Für Nutzerinnen und Nutzer entsteht dadurch der Eindruck, dass es sich bei dem virtuellen Objekt um ein reales handelt, welches Teil der physischen Umgebung ist. Um dieses Phänomen zu skizzieren, wird auf den oben beschriebenen Merge Cube zurückgegriffen. Wie in Abbildung 4 ersichtlich, passt sich die virtuelle Information perfekt an den Würfel an. Es entsteht der Eindruck, als würde das virtuelle Objekt mit der Realität verschmelzen.

Abbildung 4

Beispiel für die geometrische Registrierung wie sie etwa beim Einsatz des Merge Cube auftritt



Anmerkung. Die Bilder wurden vom Verfasser dieser Arbeit angefertigt. Anwendung: Merge Cube – Object Viewer.

Die eben vorgestellten Beispiele zur Veranschaulichung der Merkmale von AR repräsentieren auch die rasante technologische Entwicklung in diesem Bereich. Zum Zeitpunkt des Verfassens dieser Arbeit ist es bereits eine Selbstverständlichkeit, per Smartphone, Tablet- oder Wearable-Computer (auch: Modetechnologien) die eigene Realität zu erweitern, zu vermessen oder gänzlich in virtuelle Räume einzutauchen. Vor wenigen Jahren noch war die Verwendung von AR-Anwendungen und -Systemen großen Industrie- und Forschungseinrichtungen vorbehalten, da sperrige und teure Vorrichtungen (HMDs; Head-Mounted-Displays) zur Visualisierung der AR-Inhalte sowie leistungsstarke Computer benötigt wurden. So mussten etwa Teilnehmende von Benutzerstudien während des Testens von mobilen AR-Spielen große Rucksäcke tragen, um die Darstellung der vorab entwickelten AR-Inhalte sehen und damit interagieren zu können. Wie bereits erwähnt, änderte sich dies im Jahr 2004, als erstmals die AR-basierte Darstellung eines dreidimensionalen Objekts mithilfe eines Mobiltelefons realisiert wurde. Dies kann als Startschuss für die bis heute andauernde Entwicklung von für die Allgemeinheit zugänglichen AR-Anwendungen, insbesondere mobiler AR-Applikationen, angesehen werden (Arth et al., 2015; Kipper, 2013b).

Diese Entwicklung führte zu verschiedenen AR-Typen mit unterschiedlichen Anforderungen, sowohl für die Erstellung von AR-Inhalten als auch deren Nutzung. Da es sich bei der hier vorliegenden Arbeit um eine bildungswissenschaftliche handelt, werden jene AR-Typen kurz vorgestellt, die in der internationalen Literatur im Feld der Bildungstechnologien und Bildungsforschung beschrieben werden. Es soll jedoch darauf hingewiesen werden, dass in den Computerwissenschaften meist noch detaillierter zwischen verschiedenen AR-Typen

differenziert wird, z.B. hinsichtlich der verwendeten Registrierungsmethode (Überblick dazu in Broll, 2019; Kipper, 2013a).

Ortsbezogene AR

Im Jahr 2016 hat das Spiel *PokemonGo* wesentlich dazu beigetragen, dass AR einer breiten Öffentlichkeit als Technologie bekannt wurde, die ohne große technische Hürden zugänglich ist. Um das Spiel nutzen zu können, wurde ein Smartphone mit Kamerafunktion, eine bestehende Internetverbindung und die entsprechende App benötigt (Qiao et al., 2019). *PokemonGo* ist eine ortsbezogene (location-based) AR-Anwendung. Dies bedeutet, dass die virtuellen Informationen in der Realität auf Basis der GPS-Daten angezeigt werden. Es kommt zu einer Verknüpfung von physischem Raum/Ort und virtuellen Inhalten, deren Relevanz sich erst durch das Aufsuchen des entsprechenden Ortes ergibt (Dunleavy & Dede, 2014).

Bildbasierte AR

Die Darstellung von AR-Inhalten auf der Basis von Bildern oder Objekten wird auch als image-based, vision-based oder marker-based AR bezeichnet (Dunleavy & Dede, 2014). Die technischen Anforderungen dieses AR-Typs sind ähnlich niederschwellig wie für location-based AR: Benötigt wird ein mobiles Endgerät mit Kamerafunktion oder eine Webcam, eine AR-Applikation und eine bestehende Internetverbindung. Ergänzend wird noch das AR-Material gebraucht, welches die virtuellen Informationen beinhaltet. Um die Informationen anzuzeigen, wird die Kamera des Endgeräts mit geöffneter AR-Anwendung auf das Bild oder das Objekt (Marker oder Trigger genannt) gerichtet und nach kurzer Zeit erscheinen die virtuellen Inhalte auf dem Display. Die Beispiele in den Abbildungen 2 – 4 sind diesem AR-Typ zuzuordnen.

Projektionsbasierte AR

Dieser AR-Typ wird mithilfe von Projektoren realisiert, was die Anwendung im Alltag schwierig gestaltet. Meist findet sich dieser auch als *spatial* AR bezeichnete AR-Typ in Museen oder im Zuge von Veranstaltungen, um ganze Räume oder große Objekte um virtuelle Inhalte zu erweitern (Kipper, 2013a). Diese Inhalte werden durch den Projektor auf die jeweilige Oberfläche projiziert, wie etwa in Abbildung 5 zu sehen: Hier wurde im Rahmen der Veranstaltung „Wien leuchtet“ die Fassade des Naturhistorischen Museum in bunte Farben gehüllt.

Abbildung 5

Mithilfe von *spatial AR* wird das Naturhistorische Museum in Wien in bunte Farben gehüllt



Anmerkung. Das Bild wurde vom Verfasser dieser Arbeit aufgenommen.

Brillenbasierte AR

Bei diesem auch als *see-through AR* bezeichneten AR-Typ ist die Darstellung virtueller Inhalte an die Verwendung eines Headsets bzw. einer spezifischen AR-Brille gekoppelt. Nutzerinnen und Nutzern werden die virtuellen Informationen direkt im Sichtfeld angezeigt, während die reale Welt bestehen und sichtbar bleibt (Baumeister et al., 2017). Das Tragen der Brille erlaubt die Verwendung der Hände für Interaktionen mit den virtuellen Objekten, etwa durch Gesten oder Zeigegeräte (Ro et al., 2019) sowie mit physischen Objekten der Umgebung, etwa wenn durch die Brille handwerkliche Aufgaben über virtuelle Informationen angeleitet und mit realen Objekten ausgeführt werden (Lampen et al., 2019).

Markerlose AR

Im Gegensatz zur bildbasierten AR benötigen Anwendungen des Marker-losen (auch: Markerless) AR-Typs keine in Markern abgespeicherten Vorinformationen aus der Umgebung, um virtuelle Inhalte anzuzeigen. Dies bedeutet, dass Nutzerinnen und Nutzer eine entsprechende AR-Applikation öffnen, mit der Kamera eine freie Oberfläche anvisieren und die virtuelle Information auf dieser Oberfläche platziert wird (Brito & Stoyanova, 2018).

Web AR

Wie oben skizziert, werden für die Darstellung virtueller Zusatzinformationen als AR-Elemente eigene Geräte oder Applikationen benötigt. Anders verhält es sich bei Web AR, wo Benutzerinnen und Benutzer keine spezifische AR-Anwendung mehr brauchen. Die

Darstellung der AR-Inhalte erfolgt über eine Webseite des AR-Anbieters, die auf dem Smartphone geöffnet wird. So bietet etwa die Anwendung *Areeka Studio* die Möglichkeit, Marker direkt über die Webseite abzuscannen und die virtuellen Inhalte sichtbar zu machen (Areeka, 2020). Auch gängige Suchmaschinen bieten diese Form der AR an, indem Ergebnisse der Bildersuche nicht nur als 2D-Bilder sondern auch als 3D-Objekte angezeigt und z.B. markerlos auf der Oberfläche des Schreibtisches platziert werden können.

Zusammengefasst kann festgehalten werden, dass die beschriebenen technischen Merkmale und Typen von AR interessante Möglichkeiten für den Einsatz in Lehr- und Lernkontexten bieten können. Erste Überlegungen dazu lassen sich bis in die 2000er Jahre zurückverfolgen (Billinghurst et al., 2001; Woods et al., 2004), doch erst mit der Reduktion der technischen Anforderungen, etwa durch die Entwicklung mobiler AR-Anwendungen für Smartphones, stieg das Interesse in der Bildungsforschung diese Möglichkeiten auszuloten und systematisch zu untersuchen. Heute kann AR als eine der am häufigsten untersuchten Bildungstechnologien bezeichnet werden, was zu einer Vielzahl an berichteten Potentialen, aber auch Herausforderungen, beim Einsatz von AR in Lehr- und Lernszenarien geführt hat (Akçayır & Akçayır, 2017; Arici et al., 2019; Pellas et al., 2019).

2.1 Potentiale von AR in der Bildung

Die ersten Beschreibungen zu den Potentialen von AR für das Lehren und Lernen gehen zurück auf Untersuchungen, in denen klassische papier-basierte Bücher um digitale Objekte erweitert wurden. Billinghurst et al. (2001) bezeichnen diese AR-angereicherten Bücher als *Magic Books*, die insbesondere von jungen Lernenden als emotional-anregend und motivierend empfunden wurden. Mithilfe von AR wurden die Bücher um dreidimensionale Objekte, virtuelle Simulationen und Audioeffekte ergänzt, wodurch ein gänzlich neues Lesegefühl entstand. Um den Leser und die Leserin noch stärker in die Geschichte eines Buches einzubinden, haben unter anderem Grasset et al. (2008a, 2008b) sowie Dünser und Hornecker (2007) papier-basierte Stäbe mit aufgeklebten QR-Codes entwickelt. Mit diesen Stäben wird den Lernenden ermöglicht, direkt in den Verlauf der Geschichte einzugreifen. So konnten die Lernenden in den Studien von Grasset et al. (2008a, 2008b) die Schiffe neuseeländischer Siedler von der linken auf die rechte Buchseite manövrieren oder mithilfe der Papier-Stäbe Wolken erzeugen und so zu einer veränderten Wetterlage beitragen. Auch in aktuelleren Studien wird die Entwicklung und Evaluation AR-angereicherter Bücher beschrieben. In Cheng (2017) lernten 153 Studierende mit einem AR-Buch über die Hakka-Kultur in Taiwan und

berichteten nach der Intervention eine höhere Motivation, sich weiterhin mit diesem Thema beschäftigen zu wollen. Zudem zeigten die Studierenden eine sehr positive Einstellung gegenüber dem Lesen mit dem AR-Buch und fühlten sich dabei kognitiv nicht überfordert. Yilmaz et al. (2017) fanden in ihrer Studie mit Kindergartenkindern heraus, dass diese durch AR mehr Freude und Spaß beim Lesen entwickelten als ohne AR. Zu diesem Schluss kamen auch Rambli et al. (2013) sowie Tomi und Rambli (2013). Buchner und Jeghiazaryan (2020) weisen darauf hin, dass die motivationale Wirkung von AR-Büchern allein nicht ausreicht, um zu effektivem Lernen beitragen zu können. Sie schlagen vor, AR-Bücher als holistische Lernmaterialien zu gestalten, die vielfältige Interaktionsmöglichkeiten mit den AR-Objekten, anderen Lernenden sowie Lernaufgaben ermöglichen.

Die hochgradigen Interaktionsmöglichkeiten machen AR für viele Autorinnen und Autoren zu einer besonders bildungsrelevanten Technologie. Dede (2009) beschreibt AR als interaktives Medium, das die Gestaltung immersiver Lernumgebungen ermöglicht. Solche Lernumgebungen zeichnet aus, dass sie Lernende aktiv am Lernprozess beteiligen, etwa durch das Treffen eigener Entscheidungen, die Manipulation virtueller Artefakte sowie ein Lernen durch sozialen Austausch. Mithilfe von AR werden solche Lernszenarien als authentisch empfunden. Dabei kommt es zu einer hohen Identifizierung mit den Inhalten und Zielen, die konsequenterweise zu effektiverem Lernen beiträgt. Begründet wird dies anhand der Theorien des situierten und konstruktivistischen Lernens: AR unterstützt ein problemorientiertes Lernen in realen Lernkontexten, initiiert sozialen Austausch und sorgt dafür, dass das Gelernte nicht nur erinnert, sondern auch auf neue Problemstellungen angewandt werden kann (Dunleavy et al., 2009; Dunleavy & Dede, 2014). Ergänzend halten Bujak et al. (2013, auch Georgiou & Kyza, 2017) fest, dass die Interaktionen der Lernenden mit AR als natürlicher empfunden werden im Vergleich zu klassischen Computereingabegeräten wie Maus oder Tastatur.

Diese Natürlichkeit verstärkt wiederum die emotionale Eingebundenheit und kann die durch die Technologie ausgelöste kognitive Belastung verringern. Dies konnte etwa in der Studie von Cai et al. (2017) demonstriert werden. Darin lernte eine Gruppe von Schülerinnen und Schülern über das Verhalten magnetischer Felder mithilfe eines AR-Systems, die Vergleichsgruppe mit traditionellen Lehrmaterialien ohne AR. Die AR-Gruppe schnitt in einem Nachtest signifikant besser ab, zeigte höhere Motivationswerte und ein höheres Interesse am Fach Physik. Das AR-System wird von den Autorinnen und Autoren als hochgradig interaktiv beschrieben, da die Lernenden sowohl kognitiv, körperlich als auch emotional in den Lernprozess einbezogen wurden. So mussten die Lernenden etwa eigene Bewegungen mit Armen und Beinen ausführen, um das Verhalten der magnetischen Felder zu verändern. Die Beobachtungen wurden mit

anderen Lernenden besprochen und im Anschluss festgehalten (Cai et al., 2017). In Chang et al. (2016) konnte im Vergleich zum Lernen mit Video kein signifikanter Unterschied zugunsten eines interaktiven AR-Systems im Biologieunterricht direkt nach der Intervention nachgewiesen werden. Eine Woche später zeigten die Lernenden der AR-Bedingung jedoch eine signifikant bessere Leistung bei einem Wissenstest. Dieser langfristige Effekt des Lernens mit AR deckt sich mit der Annahme, wonach AR-angereicherte Lernumgebungen zu tieferem Verstehen der Inhalte sowie der Entwicklung handlungsorientierter Kompetenzen beitragen können (Kyza & Georgiou, 2018). Chang und Hwang (2018) demonstrierten dies in ihrer Studie für die Kompetenzen kritisches Denken sowie Projektmanagement und in den Studien von Elfeky und Elbyaly (2018) sowie Wei et al. (2015) sorgte der Einsatz von AR für eine stärkere Förderung der Kreativität im Vergleich zu Lernumgebungen ohne AR. In der Brustkrebsvorsorge haben Kotranza et al. (2009) ein AR-System entwickelt, das Studierenden beim Finden der richtigen Druckstärke helfen kann. Anhand von AR sehen die Lernenden sofort, wie sich der Druck auf die Patientinnen auswirkt und können auf der Basis dieses Feedbacks reagieren. Erste Studienergebnisse zeigen, dass die Studierenden sich von jenen ohne AR und solchen, die bereits über Erfahrung in der Brustkrebsvorsorge verfügen, signifikant unterscheiden hinsichtlich dem korrekt genutzten Suchmuster und der Druckstärke beim Abtasten der Brust. Beim Transfer des Erlernten in die Praxis mit realen Patientinnen zeigten sich ebenso signifikante Unterschiede zugunsten der AR-Gruppe (Kotranza et al., 2012).

Den positiven Effekt von AR-basiertem Feedback für den Kompetenzerwerb konnten Loup-Escande et al. (2017) in einer Studie zum Erlernen von Kaligraphie nachweisen. Lernende mussten dabei mehrere Schreibaufgaben durchführen und bekamen während der Durchführung dieser Aufgaben unmittelbares Feedback auf einem Tabletcomputer angezeigt. Das AR-basierte Feedback wurde nicht als störend empfunden und konnte die Performanz bei einem Leistungstest deutlich verbessern. In einer ähnlichen Studie zum Erlernen von Programmierkenntnissen nutzten Alrashidi et al. (2017) AR, um den Lernenden direkt auf der Oberfläche eines Programmierroboters Feedback zu ihrem ausgearbeiteten Code zu geben. Im Vergleich zu einer Kontrollgruppe, die mit papier-basierten Anleitungen lernte, schnitt die AR Gruppe signifikant besser bei im Anschluss durchgeführten Programmieraufgaben ab. Dieses Potential von AR, Informationen *just-in-time* zur Verfügung stellen zu können (Van Merriënboer & Kester, 2014), wurde auch in der Studie von Bhagat et al. (2019) demonstriert. Darin haben die Autorinnen und Autoren ein AR-basiertes Rückmeldesystem mit einem nicht-AR Rückmeldesystem verglichen. Die Lernenden mit dem AR-basierten Feedback schnitten

beim Lernerfolg, hier Wissen zu Schmetterlingen, signifikant besser ab und berichteten eine höhere Motivation.

Die motivierende Wirkung von AR kann als Konsens unter Forscherinnen und Forschern zu AR in der Bildung ausgewiesen werden (Akçayır & Akçayır, 2017; Dreimane & Daniela, 2020; Garzón, Kinshuk, et al., 2020; Radu, 2014). Nachgewiesen wurde der Effekt unter Einbezug verschiedener Motivationstheorien. Chen (2020) untersuchte den Einsatz von AR-basierten Videos im Fremdsprachenunterricht aus der Perspektive der Selbstbestimmungstheorie der Motivation (Ryan & Deci, 2020). Im Vergleich zu einer Gruppe von Lernenden, die mit traditionellen Videos lernten, zeigten die Lernenden der AR-Bedingung eine signifikant höhere intrinsische Motivation. Bei der extrinsischen Motivation zeigten sich keine Unterschiede. Auch bei einem Leistungstest schnitten die AR-Lernenden signifikant besser ab, was Chen (2020) durch die gesteigerte Motivation durch den AR-Einsatz erklärt. Erbas und Demirer (2019) referenzieren in ihrer Studie auf die Motivationstheorie von Pintrich (2003) und weisen nach, dass eine AR-Lerneinheit im Biologieunterricht motivierender empfunden wird als der Unterricht mit dem Schulbuch. Unterschiede beim Lernerfolg fanden sie jedoch keine. Signifikante Unterschiede bei der Lernleistung demonstrierten Giasiranis und Sofos (2017) in ihrer Studie zum Erlernen der grundlegenden Funktionen von Computern unter Einbezug der Flow-Theorie (Csikszentmihalyi et al., 2005). Sie konnten zeigen, dass das Lernen mit AR signifikant motivierender war im Vergleich zu einer Web-Technologie-Bedingung. Giasiranis und Sofos (2017) schließen daraus, dass AR zu einem stärkeren Flow-Erleben führt und dies in besserem Lernen resultiert. Die Wirkung von AR auf das Flow-Erleben wurde auch von Bressler et al. (2019) demonstriert. Hier zeigte sich, dass Mädchen höhere Flow-Werte nach dem Lernen mit einem AR-Spiel berichteten als Jungen. Eine Korrelation zwischen Flow und Lernleistung fand sich nicht. Besonders häufig wird von Forscherinnen und Forscherin zu AR in der Bildung auf das ARCS Modell (Keller, 1987, 2010) verwiesen. Mithilfe des Erhebungsinstruments *Instructional Material Motivation Survey* (IMMS) können die eingesetzten Lehrmaterialien hinsichtlich ihrer motivierenden Wirkung überprüft werden (Loorbach et al., 2015). Für AR-angereicherte Lernumgebungen zeigten sich hier durchwegs positive Effekte im Vergleich zu traditionellen und nicht-AR-basierten Lernumgebungen: Beim Einsatz von AR im Rahmen von Exkursionen (Garzón, Acevedo, et al., 2020), im Geometrieunterricht (Ibáñez et al., 2020), im Sprachunterricht (Hao & Lee, 2019), im Biologieunterricht (Bhagat et al., 2019), im Kunstunterricht (Chin et al., 2019) sowie im Medizinstudium (Cabero-Almenara & Roig-Vila, 2019).

Neben der Motivation wurden in vielen Studien auch andere affektive Faktoren beim Lernen mit AR exploriert. Hierzu lässt sich festhalten, dass Lernende den Einsatz von AR als äußerst zufriedenstellend wahrnehmen und das AR-basierte Lernen gegenüber anderen Lernangeboten bevorzugen (Altmeyer et al., 2020; Conley et al., 2020; Demitriadou et al., 2020; Yip et al., 2019). Zudem wurde demonstriert, dass AR-Lernumgebungen die Einstellung gegenüber naturwissenschaftlichen Fächern (Baran et al., 2019; Beyoglu et al., 2020; Sahin & Yilmaz, 2020) verbessern kann sowie zu einer grundsätzlich positiveren Haltung gegenüber dem eigenen Lernen beitragen kann (Harley et al., 2016; López-Faican & Jaen, 2020; Poitras et al., 2019; Yilmaz et al., 2017).

Ein weiterer Faktor, der das Lernen in AR-angereicherten Lernumgebungen erklären soll, ist das Immersionserleben (Dede, 2009). Dieses wird definiert als emotionale und kognitive Eingebundenheit, die sich in drei unterschiedlich intensiven Immersionsstufen (*Engagement, Engrossment, Total Immersion*; eine detaillierte Auseinandersetzung mit dem Immersionsbegriff erfolgt in Kapitel 4) ausdrückt (Cheng et al., 2015; Georgiou & Kyza, 2017). In einer Reihe von Studien konnten Georgiou und Kyza nachweisen, dass in AR-basierten Lernumgebungen das Immersionserleben positiv mit dem Lernerfolg korreliert (Georgiou & Kyza, 2018, 2021). Kyza und Georgiou (2018) erklären diesen Effekt anhand des Prinzips des *Scaffolding*: Die AR-basierten Inhalte agieren als Unterstützungsmechanismen, die die Lernenden in komplexen Lernumgebungen, z.B. während des forschend-entdeckenden Lernens, anleiten und bei den vorbereiteten Lernaktivitäten Hilfestellungen geben können. Zudem verweisen sie auf das große Potential von AR als Visualisierungstechnologie. Das Potential der Visualisierung von Lerninhalten unabhängig von Ort und Zeit wird auch von vielen anderen Autorinnen und Autoren als wichtigstes Merkmal AR-basierter Lernumgebungen ausgewiesen (Salmi et al., 2017; Sotiriou & Bogner, 2008; Yoon & Wang, 2014). AR ermöglicht das Sichtbar-machen nicht-sichtbarer Phänomene, etwa die Bewegung von Planeten (Lindgren et al., 2016), die Positionen der Sterne im All (Zhang et al., 2014) oder der elektromotorischen Kraft im Physikunterricht (Bakri et al., 2019). In Yoon et al. (2017) wurde eine AR-Installation in einem Museum genutzt, um den Bernoulli-Effekt zu erklären. Die Besucherinnen und Besucher konnten dabei einen echten Ball vor einem Spiegel in alle Richtungen bewegen. Über AR wurde angezeigt, welche Veränderungen die Bewegungen in der Luft bewirken. Ein ähnliches System nutzten Ibáñez et al. (2014), um für Schülerinnen und Schüler den Stromkreislauf zu visualisieren. Kamarainen et al. (2013) entwickelten ein AR-System, das während einer Exkursion genutzt wurde. AR diente dabei zur bildlichen Darstellung der regionalen Tiere sowie zur Präsentation von dazugehörigen Informationen.

In Hsiao et al. (2016) konnten die Lernenden mithilfe von AR eine simulierte Umwelt manipulieren und im Anschluss beobachten, welche Auswirkungen diese Veränderungen auf das Wetter haben. Das Potential der Visualisierung kann auch zur Unterstützung handlungsorientierter Aufgaben verwendet werden, etwa beim Experimentieren im Physikunterricht (Thees et al., 2020) oder Montagearbeiten. Letzteres haben Lampen et al. (2019) in einer Studie mithilfe eines menschlichen Avatars umgesetzt, der den Studienteilnehmenden die notwendigen Arbeitsschritte vorgemacht hat. Im Vergleich zu reinen visuellen Anleitungen schnitten jene Teilnehmenden, die den Handlungen des Avatars über eine AR-Brille folgten, signifikant besser bei einer Leistungsaufgabe ab und berichteten eine geringere kognitive Belastung. Erklärt wird die geringere kognitive Belastung beim Lernen mit AR anhand der kognitiven Theorie multimedialen Lernens (Mayer, 2014a): Der Einsatz von AR erlaubt die zeitlich und räumlich simultane Darstellung von Informationen sowie die kombinierte Darstellung von Text und Bild (Sommerauer & Müller, 2014). Wie sich gezeigt hat, kann diese Form der Informationsdarstellung mit AR das Trainieren und Fördern handlungsorientierter Fertigkeiten unterstützen und gleichzeitig die kognitive Belastung verringern (Buchner et al., 2022).

Um die kognitive Anstrengung während des Lernens anzuregen, können AR-Anwendungen als Werkzeug zur Gestaltung und Anfertigung von Notizen, Annotationen oder Zeichnungen verwendet werden. In der Studie von Lim und Lim (2020) haben Lernende mithilfe der Applikation *Just a Line* im Geschichtsunterricht physische Artefakte um virtuelle Zeichnungen erweitert und damit individuelle Gedankenpaläste erzeugt. Aufgrund der kleinen Stichprobengröße ($N = 5$) und der fehlenden Kontrollgruppe können die Autoren keine Schlussfolgerung hinsichtlich der Lerneffektivität dieser Form des AR-Einsatzes berichten. Es darf jedoch angenommen werden, dass die Verwendung von AR als konstruierendes Werkzeug in zukünftigen Forschungsarbeiten häufiger thematisiert werden wird und schon bald Evidenzen für die Effektivität dieser Einsatzform vorliegen werden. Das Anfertigen von Notizen, Zeichnungen, Zusammenfassungen und ähnlichem hat sich unabhängig von AR in früheren Studien als wirkungsvolle Form des Lernens wiederkehrend bestätigt (Fiorella & Mayer, 2016).

Ein weiteres Potential von AR liegt in der Gestaltung spielerischer Lernumgebungen und in der Entwicklung AR-basierter Lernspiele. Mithilfe von AR wird in solchen Spielen die Geschichte mit der realen Welt verknüpft und Interaktionen mit virtuellen und realen Objekten erlauben die Bearbeitung von Rätseln und anderen spielerischen Aufgabenstellungen (Koutromanos et al., 2015; Li et al., 2017). Zum Beispiel beschreiben Laine et al. (2016) ein AR-Spiel zum

Erlernen von Grundlagen im Unterrichtsfach Geometrie. Das Spiel diene dazu, die Lernenden für das Fach zu motivieren, was sich in einer Evaluationsstudie ohne Kontrollgruppe bestätigte. Deibl et al. (2021) entwickelten gemeinsam mit Lehrenden ein AR-basiertes Spiel zum Thema Klimawandel und Mobilität. Auch hier war das Ziel, Lernende zu motivieren sowie für das Thema zu interessieren. Wie sich zeigte, wurde das AR-Spiel positiv bewertet und nach dem Spielen zeigten die Schülerinnen und Schüler eine hohe Bereitschaft, eigene Handlungen zu überdenken, um stärker zur Schonung der Umwelt beizutragen.

Die Potentiale von AR für Lehr- und Lernprozesse auf der Basis der skizzierten Studien sind in Tabelle 1 als Übersicht mit Beispielen zusammengefasst dargestellt.

Tabelle 1

Potentiale von AR für das Lehren und Lernen

Potential	Beispiel(e)
Visualisierung	Nicht-sichtbare Phänomene oder nicht-zugängliche Inhalte mithilfe von multimedialen Artefakten präsentieren.
Interaktivität	Virtuelle Objekte und Darstellungen manipulieren bzw. gestalten; Prozesse über Gesten und andere Bewegungen steuern; mit virtuellen Charakteren kommunizieren.
Echtzeit-Feedback	Eine Aufgabe durchführen und unmittelbare Rückmeldungen während der Durchführung erhalten.
Just-in-Time Information	Für die Bearbeitung einer Lernaufgabe notwendige Informationen zu jenem Zeitpunkt selbstständig abrufen, wenn diese benötigt werden (etwa um weiter arbeiten zu können).
Echtzeit-Anleitung	Im Sinne von Scaffolding während einer Lernaufgabe Unterstützung zu bekommen, etwa durch visuelle Hinweise in einer AR-Brille.
Multimediales Lernen	Zeitlich und räumlich simultane Präsentation von Text-Bild-Kombinationen.

Immersion	Authentische und situierte Lernumgebungen zur Verfügung stellen, die emotional und kognitiv anregend sind.
Motivation/Affekt	Lernende durch den Einsatz von AR für einen Lerngegenstand begeistern und Interesse wecken.
Konstruieren	Lernende als Gestaltende von Lernartefakten, z.B. Zeichnungen oder AR-Anwendungen.
Spielerisches Lernen	AR zur Gestaltung von Spielen oder spielerischen Lernumgebungen einsetzen.

2.2 Herausforderungen beim Einsatz von AR in der Bildung

Ergänzend zu den vielfältigen Potentialen von AR haben Forscherinnen und Forscher Herausforderungen und Risiken identifiziert, die beim Einsatz von AR in Lehr- und Lernszenarien auftreten können und berücksichtigt werden sollten.

Besonders häufig werden in empirischen Untersuchungen technische Probleme berichtet (Akçayır & Akçayır, 2017). Dazu zählen unter anderem Fehler bei der Darstellung der AR-Inhalte, etwa wenn Marker-Bilder nicht erkannt werden oder in GPS-basierten AR-Anwendungen die Ortung nicht funktioniert (Chiang et al., 2014). Auch Probleme mit der notwendigen Internetverbindung sowie der Ausstattung mit entsprechenden Geräten, etwa Tablet-Computern, in Bildungseinrichtungen wurden dokumentiert (Furió et al., 2013; Ibáñez & Delgado-Kloos, 2018). In eigenen Untersuchungen wurde die Akkuleistung der mobilen Endgeräte als Problemfaktor erkannt. Die Darstellung der AR-Inhalte führte zu einem erhöhten Verbrauch und die Geräte, meist die Smartphones der Teilnehmenden, schalteten sich während der Intervention aus (Buchner & Zumbach, 2018). Problematisch ist auch, dass die Gestaltung von AR-Materialien mit einem hohen Aufwand einhergehen und noch wenige brauchbare AR-Applikationen für den Bildungsbereich zur Verfügung stehen (Lu & Liu, 2015). Forscherinnen und Forscher sowie Bildungsunternehmen arbeiten hier an Lösungen, etwa AR-Studios, die Lehrenden mittels einer Onlineplattform eine benutzerfreundliche Gestaltung eigener AR-Inhalte ermöglichen (Areeka, 2020; Munoz-Cristobal et al., 2018).

Die Benutzerfreundlichkeit kann auch die Lernleistung beeinflussen, wie etwa die Lernenden in der Studie von Cai et al. (2017) rückmeldeten. Daher wird empfohlen, die zu verwendete

AR-Applikation vorab zu testen und zu überprüfen, ob die Bedienung intuitiv und einfach ist (Munoz-Cristobal et al., 2015). Verfügen die Lernenden noch über keine Erfahrung mit AR, sollte die Benutzung der Anwendung vorab besprochen und getestet werden (Akçayır et al., 2016).

Ein weiterer, in der Literatur kontrovers diskutierter Risikofaktor beim Lehren und Lernen mit AR ist der Cognitive Load (CL; kognitive Belastung). CL wird als mentale Anstrengung und mentale Belastung definiert, die den Erfolg oder Misserfolg von Lehr- und Lernumgebungen entscheidend mitprägt (Sweller et al., 1998, 2019). Für AR-angereichertes Lernen lassen sich unterschiedliche Gründe in der Literatur identifizieren, warum der CL ein Problem darstellen kann. Zum einen zeigt sich, dass die meisten AR-Lernumgebungen komplex sind, da sie Lernenden viele Freiheiten gewährleisten, das eigenständige Explorieren von Informationen und Wissen in den Mittelpunkt stellen und wenig Begleitung durch die Lehrenden stattfindet (Dunleavy & Dede, 2014; Ibáñez & Delgado-Kloos, 2018; Saltan & Arslan, 2017). Solche Lernangebote können insbesondere Lernende mit wenig Vorwissen und geringer Vorerfahrung kognitiv überlasten, da die Kapazität des Arbeitsgedächtnis für die Bearbeitung der komplexen Aufgabenstellungen nicht ausreicht (Kirschner et al., 2006; Sweller et al., 2007). Ein Beispiel hierfür ist in der Studie von Dunleavy et al. (2009) zu finden: Schülerinnen und Schüler lernten in dieser Fallstudie mit einem AR-basierten Rollenspiel und mussten Lernaufgaben aus verschiedenen Fachbereichen, etwa Mathematik und Medienkunde, in Kleingruppen bearbeiten und lösen. Wie sich herausstellte, empfanden die Schülerinnen und Schüler diese Form des Lernens als überfordernd und zu anspruchsvoll. Auch technische Probleme wurden von den Lernenden als ablenkend und störend beschrieben. Letztgenanntes deckt sich mit den Annahmen aus der Cognitive Load Theory (CLT), wonach die Lernumgebung an sich, also das Zusammenspiel aus verwendeter Technik und didaktischer Methode, den CL unnötig erhöhen kann (Choi et al., 2014; Skuballa et al., 2019). Für AR-basiertes Lernen hat sich dies in einer Systematic Review bestätigt: AR-Brillen und die Visualisierung von AR-Darstellungen mittels mobiler Geräte ohne unterstützende Halterung (z.B. ein Stativ) können den CL unnötig erhöhen und sich negativ auf die Leistung auswirken (Buchner et al., 2022).

Auch motivational-affektive Faktoren beeinflussen den CL und können, im Gegensatz zu den in AR-Studien beschriebenen positiven Effekten, auch hinderlich für den Lernerfolg sein. In der *Cognitive-Affective Theory of Learning with Media* (CATLM) (Moreno, 2006a, 2006b; Park et al., 2014) werden Motivation und Affekt als den Lernprozess moderierende Variablen angenommen. Fühlen sich Lernende während eines Lernprozesses emotional zu stark involviert, kann dies ablenkend wirken und die lernrelevanten Prozesse der Selektion,

Organisation und Integration behindern (Plass & Kaplan, 2016; Um et al., 2012). In Sung und Mayer (2012) wurde dies beim Lernen mit multimedialen Darstellungen nachgewiesen: Teilnehmende bewerteten darin Lernmaterialien mit Grafiken stets emotional anregender als solche ohne Grafiken. Jedoch zeigte sich bei einem anschließenden Wissenstest nur ein Effekt dieser positiven Empfindung, wenn die Grafik auch auf das Lernziel abgestimmt war. Dieser Effekt wurde auch in Studien zum Lernen mit Virtual Reality (VR) nachgewiesen. In Parong und Mayer (2018, Experiment 1) waren Studierende der VR-Bedingung signifikant motivierter und interessierter an dem vermittelten Inhalt, zeigten in einem Wissens- und Transfertest jedoch schlechtere Leistungen als Lernende, die mit klassischen Folien lernten. In Makransky et al. (2019, 2020) wurden diese Erkenntnisse bestätigt: Die VR-Bedingungen führten zu höherem Interesse und Presence-Erleben, jedoch nicht zu besserem Lernen. In beiden Studien erklären die Autorinnen und Autoren diesen Effekt durch eine Zunahme der unnötigen kognitiven Belastung (Extraneous Cognitive Load, ECL) und eine als ablenkend empfundene zu intensive emotionale Involviertheit.

Der moderierende Effekt von Motivation während des Lernens mit AR wird zudem auf den Neuigkeitseffekt zurückgeführt (Zumbach et al., 2022). Dies bedeutet, dass sich Lernende nur kurzfristig intensiver mit dem durch AR vermittelten Lehrgegenstand auseinandersetzen und entsprechend in im Anschluss an die Intervention durchgeführten Wissenstests besser abschneiden als Kontrollgruppen ohne AR. Langfristig ließ sich dieser Effekt bisher nicht bestätigen (Bacca et al., 2014). Der Neuigkeitseffekt lässt sich nicht nur für das Lernen mit AR als Herausforderung ausweisen, sondern muss generell als zu berücksichtigender Effekt beim Lernen mit Medien und Technologien angesehen werden (Kerres, 2020; Makransky & Petersen, 2021).

Ein weiterer herausfordernder Aspekt ist die Einstellung der Lernenden gegenüber der Technologie AR. Im Alltag wird AR vor allem als Unterhaltungs- und Spieltechnologie eingesetzt und dementsprechend auch wahrgenommen (Qiao et al., 2019; Ruiz-Ariza et al., 2018; Zünd et al., 2015). Als Konsequenz muss angenommen werden, dass AR eher eine hedonistische und nicht eine nützliche Funktion zugesprochen wird. Nützliche, oder auch utilitaristische technische Systeme versuchen Menschen bei bestimmten Tätigkeiten zu unterstützen und zu einer effektiveren Leistung beizutragen (van der Heijden, 2004). Im Gegensatz dazu verfolgen hedonistische Systeme das Ziel, möglichst viel Unterhaltung, Spaß und Freude auf Seiten der Nutzerinnen und Nutzer auszulösen, sodass diese die Technologie länger nutzen (van der Heijden, 2004). Wie bereits skizziert, sind solche affektiven Faktoren während der Nutzung einer Technologie nicht per se an besseres Lernen gekoppelt. Empfinden

die Lernenden die eingesetzte Technologie als reines Unterhaltungsmedium, dient es nicht zur Verbesserung der Lernleistung. Für den Einsatz von AR hat sich dies in der Studie von Zumbach et al. (2022) gezeigt: Lernende, die mit einer klassischen Bild-Text-Kombination (Papier-basierte Lernmaterialien) über das Innenleben des menschlichen Körpers lernten, schnitten bei im Anschluss durchgeführten Lerntests signifikant besser ab als jene Lernende, die mithilfe einer AR-Anwendung die gleichen Inhalte lernten. Vorteile für die AR-Gruppen zeigten sich ausschließlich für das Erleben von Immersion. Theoretisch kann dieser Effekt anhand des AIME Modells (*Amount of Invested Mental Effort*) von Salomon (1983) erklärt werden: Empfinden Lernende ein Lernmedium als einfach, investieren sie zu wenig mentale Anstrengung, um damit effektiv lernen zu können. Die populärste Studie hierzu stammt von Salomon (1984) selbst, in der er diesen Nachweis für das Lernen mit Fernsehsendungen demonstrierte. Im Vergleich zu Lernenden, die Texte lesen mussten, zeigten die Lernenden der TV-Bedingung eine geringere Bereitschaft, sich intensiv mit den Inhalten auseinanderzusetzen. Als Resultat zeigten die Lernenden der Print-Gruppe bessere Lernleistungen. Der Effekt der zu geringen mentalen Anstrengung hat sich seit der Studie von Salomon (1984) auch für neuere Bildschirmmedien, wie etwa immersive Technologien wie VR, immer wieder bestätigt (Makransky, Terkildsen, et al., 2019; Schwab et al., 2018).

Abschließend kann festgehalten werden, dass die Integration von AR in die Unterrichtspraxis komplexe Anforderungen an Lehrende in Schule und Hochschule stellt. Zentrale Herausforderungen hier sind das Fehlen von Autorentools, fehlende Kompetenzen im Umgang mit der Technologie, das geringe Fortbildungsangebot und der Zeitaufwand, um AR effektiv in der Unterrichtspraxis nutzen zu können (Alalwan et al., 2020; da Silva et al., 2018).

Die Herausforderungen beim Einsatz von AR in Lehr- und Lernszenarien sind in Tabelle 2 zusammengefasst.

Tabelle 2

Herausforderungen beim Einsatz von AR für das Lehren und Lernen

Herausforderung	Beispiel(e)
Technik	Keine oder unzureichende Internetverbindung; fehlende Geräte zur Darstellung der AR-Inhalte; Mängel bei den verwendeten AR-Anwendungen.

Anwendungen	Keine echten Bildungsanwendungen; Kosten; Abstürze und Mängel bei der Entwicklung; Abhängigkeit von Unternehmen.
Usability	Schwierige bzw. nicht-intuitive Bedienung der AR-Applikation; fehlende Erfahrung im Umgang mit AR-Anwendungen.
Cognitive Load	Komplexe Lernumgebungen, die Lernende überfordern können; Usability; Geräte zur AR-Darstellung.
Ablenkung	(Starke) Emotionale Eingebundenheit kann von den Lernzielen ablenken und AR zum Mittelpunkt des Lernszenarios werden lassen.
Hedonismus	AR kann als reines Unterhaltungsmedium wahrgenommen werden, was zu geringerer mentaler Anstrengung führen kann.
Neuigkeitseffekt	Motivational-affektive Wirkung basiert auf der Neuheit der AR-Technologie und beeinflusst Lerneffekte nur kurzfristig.
Kompetenzen bei Lehrpersonen	Integration von AR in die Unterrichtspraxis ist komplex; fehlende Fortbildungsangebote und Fähigkeiten erschweren den Einsatz.

2.3 Zusammenfassung

AR kann als interessante Technologie für die Gestaltung von Lehr- und Lernszenarien bezeichnet werden. In der bisherigen Forschungsliteratur wurden die Merkmale von AR genutzt, um Lernumgebungen zu gestalten und mögliche Potentiale sowie Herausforderungen bei der Nutzung zu identifizieren. Problematisch an der bisherigen Studienlage ist, dass zumeist Vergleiche von AR-basierten Lernumgebungen mit nicht-AR Lernszenarien durchgeführt wurden. Solche Studien stehen bereits seit langer Zeit als sogenannte Medienvergleichsstudien in der Kritik, da sie zum einen Lernerfolge auf die Wirkung eines bestimmten Mediums und nicht auf das didaktische Design zurückführen (Clark, 1983, 1994; Kerres, 2020; Reeves & Reeves, 2015) und zum anderen aus forschungsmethodischer Sicht von Natur aus fehlerhaft

sind, da sie niemals dieselben Bedingungen für Experimental- und Kontrollgruppe gewährleisten können (Hastings & Tracey, 2005; Hodges et al., 2020; Surry & Ensminger, 2001).

Die Annahme der besonderen Wirkung von AR-Technologien spiegelt eine weit verbreitete Technologie-zentrierte Perspektive auf das Lehren und Lernen wider. Diese Perspektive behandelt die Frage, ob mit einer neuen, innovativen Technologie besser gelernt werden kann als mit einer anderen, traditionelleren. Dabei werden etablierte Theorien des Lehren und Lernens außen vor gelassen und die Komplexität des Lernprozesses auf den Technologieeinsatz reduziert (Clark, 1994; Hodges et al., 2020; Kerres, 2020; Mayer, 2020; Reeves & Oh, 2017; Ross et al., 2010). Für die Forschung zum Einsatz von AR für das Lehren und Lernen muss zusammenfassend festgestellt werden, dass die Frage **ob** mit AR gelernt werden kann, dominiert.

Zu diesem Schluss kommen auch Garzón, Kinshuk, et al. (2020) am Ende ihrer Metaanalyse und fordern in zukünftigen Studien zu untersuchen, **wie** Lernumgebungen mit AR gestaltet und konzipiert werden sollten. Forschung, die die Frage untersucht, wie Lernen mit einer Technologie wie AR funktioniert, gestaltet und verbessert werden kann, wird in der englischsprachigen Literatur als *learner-centred* (Mayer, 2020) oder auch *problem-oriented research perspective* (Reeves & Reeves, 2015) bezeichnet.

Im deutschsprachigen Raum findet sich diese Perspektive, die Bildungsanliegen und Lernprozesse in den Fokus des Forschungsinteresses rückt, in der von Kerres (2005, 2018, 2020) postulierten gestaltungsorientierten Mediendidaktik wieder. Die gestaltungsorientierte Mediendidaktik erforscht, wie medial-angereicherte Lernumwelten gestaltet werden können, sodass sie lernförderlich sind (Kerres, 2018). Zentral hierbei ist, dass nicht die Potentiale an sich, z.B. von AR, Lernen bewirken, sondern diese im Rahmen eines didaktischen Designs eingelöst werden und so zum Erfolg einer Lernumgebung beitragen. Eine mediendidaktische Perspektive sucht demnach nach Lösungsmöglichkeiten für Lehr- und Lernsituationen, indem erforscht wird, welche didaktischen Elemente und Methoden im Zusammenspiel mit den Potentialen einer Technologie ein Bildungsanliegen effektiv adressieren können (Kerres, 2018).

Eine zum Zeitpunkt des Verfassens dieser Arbeit intensiv diskutierte neue Lehr-Lernmethode, die unter anderem die beschriebenen Potentiale von AR einzulösen versucht (z.B. Paraschivoiu et al., 2021), stellen *Educational Escape Games* dar (Fotaris & Mastoras, 2019; Veldkamp, Daemen, et al., 2020). Diese werden im nächsten Kapitel thematisiert.

3. Escape Room Spiele

Nicholson (2015, 2018) definiert Escape Room Spiele als teambasierte Abenteuerspiele, in denen Teilnehmende eine narrative Mission innerhalb einer festgelegten Zeitspanne durch das Lösen von herausfordernden Rätseln erfüllen müssen. Meist sind die Spielerinnen und Spieler dabei in einen Raum oder mehrere zusammenhängende Räume eingesperrt, aus denen sie ausbrechen müssen. Gelingt dies innerhalb der vorgegebenen Zeit, ist das Spiel gewonnen und die Mission erfüllt. Dieses grundlegende Konzept von Escape Room Spielen basiert laut Nicholson (2015) auf sechs Vorläufern: Live-Action-Rollenspielen, digitalen *point-and-click* Spielen, Schatz- und Schnitzeljagden, interaktiven Theaterstücken, Abenteuer- und Spieleshows sowie früheren spielerischen Unterhaltungsangeboten, z.B. der Aufklärung eines simulierten Mordes während eines Besuchs im Restaurant.

Thematisch setzen viele Escape Room Spiele auf fiktive historische oder futuristische Szenarien, die die Spielerinnen und Spieler in Rollen schlüpfen lassen und sie so zum Teil einer Geschichte machen. Klassische Narrative sind unter anderen das Ausbrechen aus einem Gefängnis oder einem Kerker, das Aufklären eines Verbrechens, das Aufspüren einer verschwundenen Person, die Rettung der Welt vor ihrer Zerstörung oder die Entschärfung einer Bombe (Nicholson, 2015).

Die Rätsel in Escape Room Spielen werden als Puzzles bezeichnet, die einer simplen Spiellogik folgen: Herausforderung, Lösung, Belohnung (Wiemker et al., 2015). Wie diese Logik in einem Escape Room Spiel eingesetzt wird, variiert von Spiel zu Spiel. So kann etwa die Lösung eines Rätsels einen Code beinhalten, mit dem die Türe zum nächsten Raum mit neuen Rätseln geöffnet wird oder Informationen offenlegen, die zum Auffinden weiterer versteckter Rätsel beitragen (Veldkamp, van de Grint, et al., 2020). Diese Variationen führen zu unterschiedlichen Puzzle-Strukturen, die in Escape Room Spielen bisher identifiziert wurden. Eine offene Rätselstruktur (Open Path) erlaubt den Spielenden ein gänzlich freies Vorgehen bei der Bearbeitung der Herausforderungen, es gibt keine vorgegebene Reihenfolge, die eingehalten werden muss. Alle Materialien im Raum werden erkundet und benutzt, um die finale Herausforderung, auch als Meta-Puzzle bezeichnet, lösen zu können (Nicholson, 2015). Im Gegensatz dazu steht die lineare oder auch sequenzielle Puzzle-Organisation. Dabei müssen die gestellten Rätsel nacheinander gelöst werden. Jede Lösung führt zu einem neuen Rätsel bis die Mission erfüllt und das Spiel gewonnen ist (Wiemker et al., 2015). In der Praxis zeigt sich, dass die meisten Escape Room Spiele diese Strukturen vermischen und komplexere Organisationen von Puzzeln vorliegen. Diese Strukturen werden in der Literatur unterschiedlich bezeichnet,

z.B. in Wiemker et al. (2015) als Multi-Lineare-Puzzle-Pfade und in Nicholson (2015) als Pyramiden-basierte Puzzle-Struktur.

Unabhängig von der implementierten Struktur, können die in Escape Room Spielen verwendeten Rätsel in verschiedene Puzzle-Kategorien eingeteilt werden (Wiemker et al., 2015):

- Mentale Rätsel erfordern von den Spielerinnen und Spielern die Anwendung kognitiver Fähigkeiten, etwa das Ziehen von Schlüssen durch Deduktion, das Herstellen von Verbindungen, Kombinationsgeschick, Lesen, Schreiben, Erinnern sowie mathematisches Problemlösen.
- Physische Rätsel können das Bewegen, Werfen, Anordnen und ähnliches von physischen Objekten beinhalten sowie echte körperliche Aktivitäten oder Aufgaben verlangen, z.B. das Überwinden eines simulierten Lasergitters.
- Kombinationen aus mentalen und physischen Rätseln, z.B. wenn eine Spielerin durch das Aufwenden körperlicher Kraft einen abgedunkelten Raum erhellt, sodass die kognitive Aufgabe sichtbar wird und gelöst werden kann (Wiemker et al., 2015).

Die Spielerinnen und Spieler werden während ihrer Mission bei Bedarf von einem Game-Master (auch Spielleiter/Spielleiterin) unterstützt, der oder die Tipps und Hinweise zur Lösungsfindung für die Rätsel bereitstellen kann (Fotaris & Mastoras, 2019). Dies passiert über Audio- und Videoeinspielungen, schriftliche Hinweiszettel oder persönlich, etwa wenn Game-Master während des Spielens anwesend sind. Hilfestellungen werden meist von Personen ohne viel Erfahrung mit Escape Room Spielen benötigt, da die Rätsel im Verlauf der Spielmission immer schwieriger werden. Der Bedarf nach Unterstützung kann von Spielenden eigenständig angefragt werden, wird jedoch in vielen Fällen mit Zeitabzug bestraft. Es gibt auch Escape Room Spiele, in denen mit einer bestimmten Anzahl an frei zu verwendenden Hinweisen gestartet wird, die dann ohne Strafe eingesetzt werden können (Wiemker et al., 2015). Nach dem Ausbrechen aus dem Raum oder nach Ablauf der vorgegebenen Zeit, die in den meisten Escape Room Spielen zwischen 20 und 120 Minuten liegt (Veldkamp, van de Grint, et al., 2020), findet zusammen mit dem Game-Master eine Nachbesprechung, das *Debriefing*, statt. In diesem werden Fragen zum Spiel beantwortet sowie Lösungen für jene Rätsel erklärt, die vielleicht von der Gruppe nicht gelöst werden konnten (Nicholson, 2015).

Escape Room Spiele mit den eben beschriebenen Charakteristika kommen vor allem in der Unterhaltungs- und Freizeitbranche zum Einsatz. Weltweit steigen die Zahlen an Escape-Room-Angeboten und während der Covid-19-Pandemie haben sich neue Formate entwickelt,

etwa gänzlich digitale Escape Room Spiele, die auch von zu Hause aus Ausbruchsszenarien simulieren (Makri et al., 2021). Das Spieledesign und die Notwendigkeit, Herausforderungen durch die Anwendung vielfältiger Kompetenzen wie Kommunikation, Kollaboration und Kreativität zu begegnen und zu lösen, haben in den letzten Jahren auch Pädagoginnen und Pädagogen inspiriert, die Escape-Idee auf Bildungskontexte zu übertragen und damit neue Lernumgebungen in Schule, Hochschule und Weiterbildung zu gestalten (Fotaris & Mastoras, 2019; Sanchez & Plumettaz-Sieber, 2019; Veldkamp, Daemen, et al., 2020; Veldkamp, Knippels, et al., 2021).

3.1 Escape Games mit Bildungsabsicht

Fotaris und Mastoras (2019) definieren Escape Room Spiele mit Bildungsabsicht, auch als *Educational Escape Games* bezeichnet, als eine Unterrichtsmethode, mit der die Lernenden domänenspezifisches Wissen erwerben und Kompetenzen trainieren, indem sie kollaborative und spielerische Aktivitäten bearbeiten. Durch die Bearbeitung der Aktivitäten wird das Erfüllen eines bestimmten Zieles verfolgt, z.B. das Ausbrechen aus einem physischen Raum oder das Einbrechen in eine Kiste. Entscheidend ist zudem, dass die bereitgestellten Rätsel auf eindeutige Lernziele abgestimmt sind und eine begrenzte Zeit zur Lösung der Rätsel zur Verfügung steht.¹ Wie diese Definition zeigt, verlangt der Einsatz von Escape Room Spielen als Lehr- und Lernszenarien im Vergleich zu jenen in der Unterhaltungsbranche üblichen Formaten einige Adaptionen. Zunächst weisen Fotaris und Mastoras (2019) darauf hin, dass weder im schulischen noch im hochschulischen Unterricht Lernende in einen Raum eingesperrt werden können und darauf gewartet werden kann, dass sie aus diesem ausbrechen. Aus diesem Grund hat sich die Spielidee des physischen Ausbrechens aus einem Raum dahingehend gewandelt, dass in Educational Escape Games die Lernenden verschlossene Kisten oder Boxen aufschließen müssen (Veldkamp, Daemen, et al., 2020). Diese Idee wurde von Lehrerinnen und Lehrern entwickelt, die ihre Escape Boxen mit den für das Spiel notwendigen Materialien auf der Webseite der Initiative BreakoutEDU (Breakout Inc., 2021) sammelten und anderen zur freien Verwendung zur Verfügung stellten. Rouse (2017) beschreibt, wie hilfreich die BreakoutEDU-Community und die Online-Materialien waren, um für ihre Schülerinnen und

¹ Leicht modifizierte Übersetzung der englischen Originaldefinition durch den Autor dieser Arbeit. Die Definition lautet im Original wie folgt: "An educational escape room/game can be defined as an instructional method requiring learners to participate in collaborative playful activities explicitly designed for domain knowledge acquisition or skill development so that they can accomplish a specific goal (e.g., escape from a physical room or break into a box) by solving puzzles linked to unambiguous learning objectives in a limited amount of time." (Fotaris & Mastoras, S. 2)

Schüler ein Escape Game für den Geschichtsunterricht zu designen. In ihrem Beitrag reflektiert sie den Entwicklungsprozess und empfiehlt Lehrpersonen, zunächst die bereits verfügbaren Escape Games auf der BreakoutEDU-Homepage zu testen, um mit dieser Erfahrung im Anschluss eigene Spiele zu konzipieren. Ein weiterer Vorteil der Escape Boxen ist, dass der Materialaufwand deutlich geringer als in echten Escape Room Spielen ist. Gebraucht werden physische Kisten oder Boxen, Schlösser, Papieranleitungen, Stifte und zur Unterstützung der Geschichte digitale Materialien wie PowerPoint-Folien, Videos oder Audioeinspielungen. Alle Materialien sollten so gestaltet werden, dass sie nachhaltig verwendet werden können. Die Entwicklung von Boxen-basierten Educational Escape Games kann auch zusammen mit Schülerinnen und Schülern erfolgen (Veldkamp, Daemen, et al., 2020).

Der Einsatz von Escape Boxen ermöglicht auch, dass mehrere Teams in einem Raum, z.B. einem Klassenzimmer, spielen können. Dies ist besonders für den schulischen Unterricht wichtig, da sonst nicht alle Lernenden einer Klasse an der Unterrichtsmethode teilhaben können (Veldkamp, van de Grint, et al., 2020).

Um dennoch das Ausbrechen aus einem Raum simulieren zu können, nutzen Pädagoginnen und Pädagogen digitale Medien, die als Ergänzung zu physischen Materialien eingesetzt werden, oder entwickeln gänzlich digitale Escape Room Spiele. Estudante und Dietrich (2020) nutzten QR-Codes und AR-Elemente, um im Chemieunterricht ein traditionelles Klassenzimmer um virtuelle Charaktere ihrer entwickelten Story zu erweitern. Die Schülerinnen und Schüler interagierten mit den Charakteren, lösten Rätsel und nach jeder erfolgreichen Lösungsfindung „betreten“ sie einen neuen Raum. Am Ende war das Spiel gewonnen, wenn die Lernenden den letzten simulierten neuen Raum verließen. Wesentlich einfacher ist die Simulation verschiedener Räume oder ganzer Orte in gänzlich digitalen Educational Escape Games. In Neumann et al. (2020) wurde dies mithilfe einer Präsentationssoftware realisiert, in der durch einfache Point-and-Click Interaktionen die Lernenden an verschiedene virtuelle Orte geschickt wurden und dort die Rätsel bearbeiteten. Auch professionelle E-Learning-Plattformen eignen sich zur Erstellung digitaler Educational Escape Games, die dann noch weitere Interaktionsmöglichkeiten erlauben.

Ein weiterer wesentlicher Unterschied in Educational Escape Games zu Escape Rooms in der Unterhaltungsbranche ist die Abstimmung der Rätsel auf die zu erreichenden Lernziele. Dies wird als große Herausforderung beschrieben, bei der die folgenden Punkte berücksichtigt werden sollten (Veldkamp, Daemen, et al., 2020; Veldkamp, van de Grint, et al., 2020):

- Die vorbereiteten Rätsel dürfen weder zu schwer noch zu einfach sein: Zu anspruchsvolle Puzzles können zu Frustration führen, zu einfache hingegen als langweilig empfunden werden.
- Die Rätsel müssen auf die vorgegebenen Lernziele der Curricula abgestimmt werden.
- Die Rätsel-Formate werden durch die Spielidee stark eingeschränkt: Die Lösungen der Rätsel müssen alphabetische oder numerische Codes beinhalten, sodass Türen oder Schlösser geöffnet werden können.
- Alle Lernenden müssen am Lernprozess, hier die Bearbeitung der Rätsel, beteiligt werden, sodass auch alle die Möglichkeit haben, die Lernziele zu erreichen.
- Die Rätsel sollten so gestaltet werden, dass Lernende das Spielen des Escape Games als selbstbestimmt empfinden: Lehrende halten sich zurück und greifen nur dann in das Spiel ein, wenn Hilfe eingefordert wird.

Aufgrund dieser Anforderungen ist die Entwicklung von Educational Escape Games durch Lehrende von der Bereitschaft abhängig, entsprechend Zeit und Ressourcen aufzubringen. Dieser Umstand wird als wesentliche Herausforderung für den Einsatz von Educational Escape Games in Lehr- und Lernkontexten berichtet (Fotaris & Mastoras, 2019). Als Alternative bieten sich Escape Room Spiele an, die von Organisationen entwickelt werden und Bildungseinrichtungen als Lernangebote zur Verfügung gestellt werden. Veldkamp et al. (2021) evaluierten etwa in ihrer Studie den Einsatz eines Escape Room Spiels im Biologieunterricht, das von der Organisation „Escape The Classroom“ entwickelt wurde. Lehrpersonen können alle notwendigen Materialien über eine Webseite erwerben und diese im Anschluss im eigenen Klassenzimmer nutzen. Über das „Games Institute Austria“ können Lehrpersonen einen Escape Room Methodenkoffer erwerben, in dem Schlösser, Hinweiskarten, Reflexionsaufgaben und mehrere Spiele enthalten sind (Games Institute Austria, 2021). Zudem gibt es mehr und mehr kostenlose Angebote von Educational Escape Games, etwa zu den Themen Klimawandel (Ecomove, 2020), Digitalisierung (medien+bildung.com, 2018), Verschwörungstheorien (Kubikfoto GmbH, 2021) und Fake News (Polycular, 2020). Diese werden von außerschulischen Bildungseinrichtungen oder Technologieunternehmen entwickelt und als freie Bildungsmaterialien online zur Verfügung gestellt. Ebenso kostenlos und online verfügbar sind viele Escape Spiele, die von Lehrpersonen erstellt wurden. Bereits genannt wurde die Plattform BreakoutEDU (Breakout Inc., 2021), doch auch im deutschsprachigen Raum gibt es mittlerweile eine große Community, die ihre Spielideen und Materialien mit anderen Lehrkräften teilt (Übersicht in Rüter, 2020).

Unabhängig davon, wer die Educational Escape Games entwickelt und zur Verfügung stellt, wird mit deren Einsatz in Lehr- und Lernkontexten die Förderung vielfältiger Lernziele verbunden. Diese werden im nächsten Abschnitt anhand der bisherigen Literatur vorgestellt. Im Anschluss werden zudem Herausforderungen benannt, die über die eben beschriebenen Anforderungen bei der Entwicklung hinausgehen.

3.2 Potentiale von Educational Escape Games

Wie für andere spielerische oder spielbasierte Lernumgebungen wird auch für das Lernen mit Educational Escape Games festgestellt, dass es sich dabei um aktives, situiertes und problem-basiertes Lernen handelt. Damit werden Escape Games als (ko-)konstruktivistische Lernumgebungen ausgewiesen, in denen Lernende selbstbestimmt Wissen konstruieren, Fähigkeiten trainieren und das Gelernte auf neue Problemstellungen anwenden (Bassford et al., 2016; Franco & DeLuca, 2019; Hermanns et al., 2017; Veldkamp, Knippels, et al., 2021).

In Clarke et al. (2017) wird zum Beispiel die Entwicklung eines Escape Games beschrieben, in dem Kleingruppen gemeinsam an der Entschärfung einer fiktiven Bombe arbeiten und dabei vor allem Fähigkeiten im Bereich Kommunikation, Führung und Teamwork entwickeln. Die bereitgestellten Puzzles konnten nur kollaborativ gelöst werden und erforderten von den Teilnehmenden Austausch und gegenseitige Unterstützung. Auch, weil sich ein Teil der Gruppe in einem anderen Raum befand und Anweisungen zur Lösung der Rätsel per Laptop mitgeteilt bekam. Nach dem Spielen meldeten die Teilnehmenden zurück, dass sie viel Spaß hatten und den Escape Room als innovatives didaktisches Szenario empfanden (Clarke et al., 2017). Franco und DeLuca (2019) konzipierten ihren Escape Room zur Förderung von Fähigkeiten im Bereich der strategischen Planung und Führung im Gesundheitswesen. Die Teilnehmenden ihrer Studie mussten verschiedene Challenges meistern, unter anderem solche, die unter zeitlichem Druck Handlungsentscheidungen erforderten. Nach der Absolvierung des Spiels fand ein Debriefing statt, in dem alle Emotionen und Erlebnisse der Spielerfahrung zum Ausdruck gebracht werden konnten. Die Teilnehmenden empfanden das Escape Game als innovative Lernmethode, die ihnen neue Perspektiven auf das Lösen von Problemen eröffnete. Zudem wurde rückgemeldet, dass eine stete Weiterentwicklung des Teams während des Spielens stattfand (Franco & DeLuca, 2019). Im von Bassford et al. (2016) entwickelten Educational Escape Game *CrashEd* wurde die Anwendung technischer und mathematischer Fähigkeiten und Fertigkeiten verlangt. Darin sehen sich die Lernenden mit einer Autounfallszene konfrontiert, in der eine Person, dargestellt durch eine Schaufensterpuppe, schwer verletzt wurde. Die Aufgabe der Lernenden ist es, die genaue Unfallursache

aufzuklären, etwa die Bestimmung der Geschwindigkeit des Wagens vor dem Unfall anhand der Bremsspuren. Um das entwickelte Szenario noch realistischer zu machen, wurde das Spiel weiterentwickelt und um virtuelle Simulationen erweitert. Diese tragen dazu bei, dass das Escape Spiel als immersives Lernerlebnis wahrgenommen wurde (Bassford et al., 2016).

Das Erleben von Immersion ist ein weiteres Potential, das mit Educational Escape Games in Verbindung gebracht wird. Immersion wird definiert als kognitive und emotionale Eingebundenheit, die in Spielen zu einem erhöhten Engagement beitragen kann, sich mit den gestellten Aufgabenstellungen auseinanderzusetzen (Cheng et al., 2015; Georgiou & Kyza, 2017a). Das Immersionserleben in Escape Spielen wird von Nicholson (2018, 2016) durch das Erleben einer Geschichte aus der Ego-Perspektive erklärt. In anderen Spielen steuern die Lernenden meist einen Avatar, der stellvertretend für sie die Abenteuer erlebt und Aufgaben erfüllt. In Escape Room Spielen gibt es keinen Avatar, die Lernenden sind selbst Protagonisten des Abenteuers, sie werden regelrecht zu einem Teil der Spiel-Story. Um dies zu gewährleisten ist es notwendig, die Rätsel auf die Geschichte abzustimmen und nicht zu viele Situationen zuzulassen, in denen die Lernenden aus dem Erzählstrang herausgerissen werden (Monaghan & Nicholson, 2017). Guigon et al. (2018) halten fest, dass auch die angebotenen Interaktionsmöglichkeiten mit der Spielwelt einen Erfolgsfaktor für das Immersionserleben darstellen. So sollten Spielerinnen und Spieler etwa die Möglichkeit bekommen, die Escape Room Spielumgebung zu explorieren, Objekte zu bewegen und, wenn vorhanden, mit Personen zu kommunizieren. Zudem wird empfohlen, die Lernenden in Rollen schlüpfen zu lassen und dieses Rollen-Erleben mithilfe von Requisiten, z.B. einem Arztkittel und Handschuhen, zu verstärken (Monaghan & Nicholson, 2017). Ein Beispiel für ein immersives Educational Escape Room Szenario findet sich in Lopez-Pernas et al. (2019a, 2019b): In diesen Studien mussten Lernende unter Anwendung ihrer Programmierkenntnisse eine Web-Applikation knacken, in der die Daten für die Herstellung eines Impfstoffes versteckt waren. Zuvor war ein tödliches Virus in einem Labor ausgebrochen und der Entwickler des Impfstoffes, der als einziger den Zugang zu der Web-Applikation hatte, wurde getötet. Über eine Videobotschaft wurde den Lernenden von einem Ministeriumsmitarbeiter ihre Aufgabe mitgeteilt. Die Puzzles wurden über Plattformen bearbeitet, die die Lernenden auch in ihrem Programmierkurs nutzten. In einem Posttest wurden die Lernenden hinsichtlich des Immersionserlebens während des Spielens befragt. Es zeigt sich, dass die Teilnehmenden den Educational Escape Room als sehr immersiv wahrgenommen haben ($M = 4,3$; max. 5). Zu diesem Ergebnis kommt auch die Studie von Zhang et al. (2018), in der Studierende im Rahmen ihrer medizinischen Ausbildung aus einem Escape Room flüchten mussten. Die Teilnehmenden empfanden die Lernumgebung als

äußerst immersiv, auch, weil sie mit ähnlichen Anforderungen konfrontiert wurden wie im Klinikalltag. Zu nennen sind hier das Arbeiten im Team, gemeinsames Lösen von Aufgaben sowie die Verteilung dieser auf die Teammitglieder entsprechend ihrer Kompetenzen.

Die Förderung des Immersionserlebens wird auch in Veldkamp, Daemen, et al. (2020) als zentraler Faktor bei der Entwicklung von Escape Room Spielen mit Bildungsabsicht beschrieben. Ergänzend zum Erzählstrang empfehlen die Autorinnen und Autoren die Nutzung von Materialien, die mehrere Sinne ansprechen. So können etwa Materialien Gerüche verbreiten oder durch ihre Oberflächenbeschaffenheit den Tastsinn ansprechen. Besonders hilfreich sind digitale Medien und Technologien, die die Geschichte begleiten oder direkt in das Spiel eingebunden werden (Veldkamp, Daemen, et al., 2020). In Estudante und Dietrich (2020) wird eine solche vermischte und immersive Lernumgebung für das Fach Chemie beschrieben. Die Schülerinnen und Schüler nutzten in diesem Educational Escape Room ihre Smartphones, um AR-Inhalte in ihrem Klassenzimmer zu suchen und diese zu chemischen Elementen zusammenzufügen. Jede Lösung öffnete eine virtuelle Türe und ein neuer Raum mit neuen Rätseln wurde sichtbar. Nach erfolgreicher Absolvierung der letzten Rätsel erfolgte der Ausbruch aus dem simulierten Raum. Die Vermischung von Realität und Virtualität durch den Einsatz von AR in Escape Room Spielen kann durch die Hinzunahme realer physischer Objekte noch verstärkt werden. Dies zeigen Plecher et al. (2020) in ihrer Studie, in der sowohl zweidimensionale Papiausdrucke als auch dreidimensionale Objekte aus Holz, etwa eine Pyramidenkonstruktion, als Marker-Bilder fungieren. Nach dem Zusammenbau der Pyramide entsteht an den Außenwänden ein spezielles Bild, welches per AR anzeigt, ob die richtige Lösung gefunden wurde. Die zusätzlichen physischen Objekte wurden von den Teilnehmenden sehr wertgeschätzt, entsteht dadurch doch stärker der Eindruck sich in einem echten Escape Room Game zu befinden.

Das Gefühl, in einer echten menschlichen Zelle zu sein hatten die Lernenden in Klamma et al. (2020). Möglich macht dies eine AR-Brille, die diesen für den Biologieunterricht konzipierten Escape Room simuliert. Um aus der Zelle zu „flüchten“, müssen die Lernenden mehrere Puzzles lösen, die von einem Lehrer oder einer Lehrerin vorab vorbereitet werden. Das Spielen erfolgte hier individuell, was auch der AR-Brille geschuldet ist. Die Evaluation mit 13 Schülerinnen und Schülern ergab, dass der Escape Room als immersives und unterhaltsames Lernangebot empfunden wurde (Klamma et al., 2020). Ebenso im Inneren des menschlichen Körpers befanden sich die Lernenden in der Studie von Guo et al. (2020). Eine AR-Brille wurde dazu nicht benötigt, da die Reise durch den Körper auf große Wände projiziert wurde. Zusätzlich kamen Marker-Bilder und Tablets zum Einsatz, die die Rätsel anzeigten sowie deren

Lösung ermöglichten. Auch in dieser Studie zeigten sich die Teilnehmenden begeistert von dem AR Escape Room Game, das sie als „interaktives und unterhaltsames Lernerlebnis wahrnahmen“ (Guo et al., 2020, p. 45; Übersetzung durch den Autor dieser Arbeit). Als eine Kombination der beiden eben genannten Umsetzungen kann der in Warmelink et al. (2017) für das Training von sozialen und kooperativen Kompetenzen entwickelte Escape Room ausgewiesen werden. Das Spiel findet in einem realen Raum statt, die gesamte Einrichtung und die Rätsel werden jedoch erst mithilfe einer AR-Brille sichtbar. Gespielt wird in Kleingruppen, die zusammen die beschädigte Energieversorgung einer Weltraumkolonie reparieren müssen. Dieses AR Escape Game zeichnet vor allem die Bewegungsfreiheit in einem großen physischen Raum aus. Warmelink et al. (2017) sprechen in diesem Zusammenhang von räumlicher Immersion, die die Teilnehmenden noch stärker in die Geschichte eintauchen lässt. Die Evaluation einer Intervention mit 40 Teilnehmenden ergab, dass das Spiel als Team-Building-Maßnahme gut geeignet ist. Die Förderung von Teamarbeit ist einer der häufigsten Gründe, warum Forscherinnen und Forscher einen Educational Escape Room konzipierten und evaluierten (Veldkamp, van de Grint, et al., 2020). Pan et al. (2017) beobachteten in ihrer Studie 38 Teilnehmende eines Escape Room Spiels und kommen zu dem Schluss, dass diese Spielform viele Gelegenheiten schafft, in denen kollaborative Fähigkeiten trainiert werden können. Dieses Fazit ziehen auch Shakeri et al. (2017), die in ihrer Studie zeigen konnten, dass auch über zwei getrennte Räume hinweg an kollaborativen Puzzles gearbeitet werden kann. Positive Rückmeldungen hinsichtlich der Möglichkeit, in Escape Room Spielen mit anderen zusammenzuarbeiten, wurden auch in den Studien von Hermanns et al. (2017) und Zhang et al. (2018) von den Teilnehmenden gegeben. In Hermanns et al. (2017) wurde das gemeinsame Arbeiten und Lösen von Problemen als erinnerungswürdigster Aspekt des Spiels bezeichnet. Ähnlich verhält es sich mit einer anderen überfachlichen Kompetenz, der Kommunikation, die ebenfalls in den genannten Studien evaluiert wurde. Wie die Studien zeigen, können die in Escape Spielen angebotenen Rätsel kommunikative Ereignisse initiieren, die unter anderem das Zuhören und klare Formulieren von Informationen fördern können (Clarke et al., 2017; Pan et al., 2017; Shakeri et al., 2017).

Die Förderung von Interesse und positiven Emotionen gegenüber naturwissenschaftlich-mathematischen Fächern mithilfe eines Educational Escape Rooms wurde von Sánchez-Martín et al. (2020) nachgewiesen. In dieser Studie haben die Autorin und die Autoren für Studierende mehrere Rätsel aus dem Bereich der Mechanik vorbereitet. So musste etwa die Planung für eine Brücke angefertigt werden, die einer bestimmten Anzahl an Menschen gleichzeitig die Überquerung eines Abgrundes ermöglichen sollte. Nach der Intervention berichteten die

Teilnehmenden von positiven Emotionen, die durch das Spielen des Escape Games ausgelöst wurden. Sánchez-Martín et al. (2020) ziehen das Fazit, dass solche Spiele eine aktive Lernmethode darstellen und Lernende motivieren können. Jambhekar et al. (2020) haben einen Escape Room für Lernende der Radiologie entwickelt und mit 56 Teilnehmenden getestet. Auch hier zeigte sich, dass die Lernenden sehr zufrieden mit der Lernerfahrung waren, ihr Interesse an Radiologie positiv beeinflusst und das Spielen als motivierend empfunden wurde. Um chirurgisches Wissen zur Anwendung zu bringen haben Kinio et al. (2019) einen Escape Room für Studierende der Medizin konzipiert. Gearbeitet wurde in Teams mit vier Personen, die an mehreren Stationen fiktive Patienten versorgen mussten. Insgesamt nahmen 13 Personen an der Intervention teil, von denen 83% eine motivierende Wirkung durch das Spielen des Escape Games wahrnahmen und über 90% davon überzeugt waren, durch das Lösen der Rätsel ihr Wissen testen zu können. Die motivierende Wirkung von Educational Escape Games wurde in mehreren Studien aus dem Bereich der pharmazeutischen Bildung nachgewiesen. In Caldas et al. (2019) wurden Rückmeldungen von 30 Studierenden gesammelt, die durchgehend positiv hinsichtlich der gemachten Lernerfahrung ausfielen. Cain (2019) entwickelte einen Escape Room, der sowohl online als auch vor Ort in einem Pharmaziekurs gespielt wurde. Hier wurden Daten von insgesamt 141 Studierenden erhoben. 126 Studierende (91%) berichteten ein gesteigertes Engagement an den Lernaktivitäten im Vergleich zum klassischen Unterricht und 123 (89%) empfanden das Spielen des Spiels als freudvolle Lernaktivität.

Zu diesem Schluss kommen zwei weitere Studien aus dem Feld der pharmazeutischen Bildung, in denen die Lernenden eine gesteigerte Bereitschaft zu Lernen erlebten, sehr zufrieden mit dem Lernangebot des Escape Room waren und insgesamt eine positive Haltung gegenüber Educational Escape Games zeigten (Eukel et al., 2020; Eukel et al., 2017). Diese Ergebnisse wurden auch im Feld der Computerwissenschaften und des Informatikunterrichts repliziert. In Borrego et al. (2017) wurden Rätsel aus dem Bereich der Netzwerktechnik konzipiert und in ein Escape Game integriert. Die Lernenden mussten etwa IP-Adressen finden und Inhalte aus diesen auslesen sowie Passwörter knacken, um den Zugang zu einem Computer zu erhalten. Die Evaluation zeigte, dass die Studierenden die Lernaktivitäten als motivierend empfanden und sich ihre Bereitschaft erhöhte, weiterhin an solchen oder ähnlichen Problemstellungen zu arbeiten (Borrego et al., 2017). Einen von einem Virus befallenen Computer von diesem wieder zu befreien war die Aufgabe von Lernenden in dem Escape Game von Queiruga-Dios et al. (2020). Studierende haben dazu ihre mathematischen Kenntnisse angewandt und das Problemlösen anhand authentischer Aufgabenstellungen trainiert. Das Escape Spiel hat dazu beigetragen, dass die Lernenden dies mit einer größeren Motivation taten als in klassischen

mathematischen Lehrveranstaltungen. Dieses Ergebnis findet sich auch in Lopez-Pernas et al. (2019b), in der die 84 Teilnehmenden das Lernen mit dem Escape Room gegenüber dem Lernen im klassischen Informatikunterricht bevorzugten. Weitere Erkenntnisse aus dieser Studie sind, dass die Studierenden das Spielen mochten, es als spaßige Lehrmethode empfanden und auch in anderen Kursen spielerische Elemente begrüßen würden. Positive Effekte von Educational Escape Games auf motivational-affektive Faktoren wurden auch in anderen Fachbereichen nachgewiesen, etwa der Medienbildung (Pun, 2017), in der Ausbildung von Pflegepersonal (Gómez-Urquiza et al., 2019), in entomologischen Lehrveranstaltungen (Healy, 2019), im Physikunterricht (Vörös & Sárközi, 2017) sowie im Biologieunterricht (Mystakidis et al., 2019). In Pun (2017) wird die affektive Einstellung der Lernenden im Zuge des Spielens eines Escape Games nicht nur als Lernprozessvariable, sondern auch als Ergebnis des Lernprozesses beschrieben. In dieser Studie wurde ein Escape Game zur Bekämpfung von Desinformationen im Internet entwickelt, welches in einer Bibliothek als Lernressource eingesetzt wird. Die Teilnehmenden dieses Spiels mussten anhand von Tweets eines ehemaligen Präsidenten der USA und seriösen Webseiten Informationen über den Wahrheitsgehalt der Kurznachrichten sammeln. Der Autor hält fest, dass mit solch einer spielerischen Umgebung die Einstellung von Lernenden gegenüber dem Wahrheitsgehalt von Onlineinformationen begegnet und verändert werden kann (Pun, 2017).

Auch Franco und DeLuca (2019) beschreiben dieses Potential, das sie als die Förderung kritischen Denkens bezeichnen. Das Spielen des Escape Games unterstützt die Anwendung von Wissen auf neue Fälle und kann so zur Ausbildung von Strategien zur kritischen Überprüfung vorhandener Aussagen oder Wissensquellen beitragen. Ouariachi and Wim (2020) übertragen dieses Potential auf den Bereich der Umweltbildung, in der das Spielen von Educational Escape Rooms zu einer Einstellungsveränderung beitragen könnte. Diese Veränderung bleibt dann nicht auf die Spielewelt reduziert, sondern drückt sich auch in einem veränderten Verhalten in der echten Welt aus. Educational Escape Games stellen eine Möglichkeit dar, so eine Verhaltensveränderung zu initiieren (Veldkamp, Merx, et al., 2021).

Gekoppelt ist dieses affektive Lernziel der Einstellungsveränderung an kognitive Lernziele, die ebenfalls durch Escape Rooms adressiert werden sollen. In einem Pre-Posttest-Design haben Lopez-Pernas et al. (2019a) den Lernerfolg ihrer Teilnehmenden an dem bereits kurz skizzierten Escape Game aus dem Informatikunterricht untersucht. Sie fanden signifikante Unterschiede zwischen Pre- und Posttest mit einer moderaten bis großen Effektstärke ($d = 0.73$). Unterschiede zwischen weiblichen und männlichen Teilnehmenden wurden nicht nachgewiesen. Ebenfalls eine signifikante Verbesserung der Lernleistung berichten Eukel et al.

(2017) in ihrem Pre-Posttest-Design mit 74 Lernenden. Eine Effektstärke wird in dieser Studie nicht ausgewiesen. Eukel et al. (2017) weisen jedoch darauf hin, dass das Vorwissen als signifikanter Prädiktor für die Leistungen im Nachtest festgestellt wurde. Ein weiteres Pre-Posttest-Design wurde in Caldas et al. (2019) angewandt, um die Effektivität des entwickelten Escape Games in einer Lehrveranstaltung aus der Pharmazie zu evaluieren. Die Autorinnen fanden eine signifikante Steigerung im Post-Wissenstest bei den 30 Teilnehmenden im Vergleich zu den Resultaten aus dem Vortest. Keine Verbesserung der Lernleistung zeigte sich in Clauson et al. (2019). In dieser Studie sank die durchschnittliche Leistung von 70 Punkten aus dem Vortest auf 67 Punkte im Nachtest. Eine Signifikanztestung fand in dieser Studie nicht statt. Ebenfalls keine Überprüfung auf signifikante Unterschiede wurde in Cotner et al. (2018) durchgeführt. Die Ergebnisse zeigen jedoch, dass die Lernenden der Escape Room Gruppe exakt dieselbe Leistung in einem Posttest erzielten wie im Pretest. Im Vergleich zu einer Kontrollgruppe, die ein fallbasiertes Szenario bearbeitete, erreichten die Lernenden der Escape Room Gruppe 90,5% der möglichen Punkte im Wissenstest. Die Lernenden der Kontrollgruppe erzielten 82,1% der Punkte. Wie bereits skizziert, werden keine Angaben zu möglichen signifikanten Unterschieden zwischen den Gruppen ausgewiesen.

Mystakidis et al. (2019) evaluierten ihren virtuellen Escape Room für den Biologieunterricht mit 143 Schülerinnen und Schülern in einem Pre-Posttest-Design. Sie konnten eine Steigerung der richtigen Antworten im Posttest um 10,9% nachweisen, Signifikanzwerte oder Effektstärken werden nicht genannt. In von Kotzebue et al. (2022) wurde ein Escape Room für den Einsatz in der Sexualerziehung konzipiert und mit 84 Schülerinnen und Schülern getestet. Es zeigte sich, dass die Lernenden ihr Wissen im Posttest im Vergleich zum Vortest signifikant steigern konnten. Zu den bisher beschriebenen Potentialen, die auf das Lernen durch das Spielen von Educational Escape Games fokussieren, wird das eigenständige Gestalten von Escape Room Spielen durch Lernende unter anderem von Veldkamp, Daemen, et al. (2020) und Vicari (2020) als weiteres Potential genannt. In Veldkamp, Daemen, et al. (2020) haben Lernende gemeinsam mit Lehrenden und Forschenden Boxen für den Unterricht entwickelt, die auch von anderen Schulen im naturwissenschaftlichen Unterricht weiter genutzt werden können. In Vicari (2020) haben Schülerinnen und Schüler für das Naturhistorische Museum in New York City einen AR-basierten Escape Room konzipiert. Realisiert wurde der Escape Room mithilfe von AR-Brillen und jenen Inhalten, die vorab von den Lernenden produziert worden waren. Der Autor hält fest, dass das Designen eines AR Escape Games eine gute Möglichkeit darstellt, um vorhandenes Wissen anzuwenden und zugleich neue Erkenntnisse zu gewinnen (Vicari, 2020).

Abschließend wird noch auf ein weiteres Potential eingegangen, welches vor allem von Forschenden aus dem medizinischen Bereich immer wieder genannt wird: Arbeiten unter zeitlichem Druck. Medizinische Escape Room Spiele können demnach echte Notfälle oder kritische Situationen in Krankenhäusern oder im Operationssaal simulieren und die Lernenden unter zeitlichem Druck dazu zwingen, Entscheidungen zu treffen und Handlungen auszuführen. Die Simulation solcher Erlebnisse in geschützten Lernräumen kann sich positiv auf das Verhalten in echten Situationen auswirken. Voraussetzung dafür ist, dass die Puzzle in den Spielen komplex sind, echte Teamarbeit eingefordert wird und nach dem Spielen eine Besprechung zu den getroffenen Entscheidungen und Aktivitäten stattfindet (Clauson et al., 2019; Zhang et al., 2018).

Eine zusammenfassende Übersicht zu den Potentialen von Educational Escape Games ist in Tabelle 3 ersichtlich.

Tabelle 3

Potentiale von Educational Escape Games

Potential	Beispiel(e)
Situiertes, aktives, problem-basiertes Lernen	Lernen anhand authentischer Probleme, die in einem Kontext eingebettet sind.
Wissen anwenden	Programmierkenntnisse oder mathematische Fähigkeiten nutzen, um Rätsel zu lösen.
Immersion	Authentische und situierte Lernumgebungen zur Verfügung stellen, die emotional und kognitiv anregend sind.
Förderung von Soft Skills (z.B. Kommunikation, Teamwork, ...)	Kollaboratives Arbeiten an einem komplexen Problem, um die Aufgabenstellung zu bewältigen.
Motivational-affektive Faktoren	Durch das Spielen eines Escape Games das Interesse an einem Gegenstand fördern; die Lernenden-Beteiligung erhöhen.

Einstellungs- und Verhaltensänderung	Lernende überdenken ihre Einstellung, z.B. gegenüber dem Klimawandel, und ändern im echten Leben ihr Verhalten.
Lernerfolg	Das Bearbeiten der Rätsel erweitert das Wissen der Lernenden in einer Domäne.
Konstruieren	Lernende wenden ihr Wissen an, um eigene Escape Games zu gestalten.
Lernen unter zeitlichem Druck	Situationen müssen eingeschätzt werden und entsprechend werden schnelle Entscheidungen getroffen, die in Handlungen resultieren.

3.3 Herausforderungen beim Lernen mit Escape Games

Wie bereits skizziert, handelt es sich bei Escape Spielen und anderen spielbasierten Lernformaten um explorative und problem-basierte Lernumgebungen. Solche Lernumgebungen sind nicht frei von Kritik, da sie Lernende aufgrund der vielen Freiheitsgrade überfordern und unnötig kognitiv belasten können. Konsequenzen sind, dass gar nicht gelernt wird; ausschließlich erlernt wird, wie das Spiel zu gewinnen ist; oder nur Wissen angesammelt wird, das zwar erinnert wird, jedoch nicht auf neue Probleme angewandt werden kann (Kirschner et al., 2006; Mayer, 2014b; Sweller et al., 2007; Westera, 2015, 2019).

Hinweise für die Problematik der Überforderung wurden in mehreren Studien zu Educational Escape Games gefunden. In Clauson et al. (2019) berichtete ein Drittel der Teilnehmenden das Erleben von Stress während des Spielens des Escape Rooms. Als Auslöser gaben die Lernenden den zeitlichen Druck, den Wettkampfcharakter sowie den Erfolgsdruck an. In dieser Studie zeigte sich, dass sich das Erleben von Stress negativ auf den Lernerfolg auswirkte: Die Teilnehmenden schnitten im Posttest schlechter ab als im Vortest.

Hermanns et al. (2017) entwickelten ihr Educational Escape Game für eine Lehrveranstaltung der Pflegekräfteausbildung. Die Lernenden mussten darin einer fiktiven Figur helfen, die von einer unbekanntem Krankheit befallen war. Durch das Lösen von Rätseln und Aufgaben konnte das bereits vorhandene Wissen angewandt und zugleich neues Wissen erworben werden, um am Ende den Patienten zu retten. Wie die Evaluation zeigte, fühlten sich die 145 Teilnehmenden während des Spielens frustriert, überfordert und zu wenig unterstützt. Auch der

Druck, das Spiel in der vorgegebenen Zeit gewinnen zu müssen, wurde negativ bewertet. Hier meldeten die Teilnehmenden zurück, dass sie sich in erster Linie darauf konzentrierten, Lösungen für die gestellten Spielaufgaben zu finden und keine Kapazitäten für das Lernen neuer Inhalte zur Verfügung hatten. Als Grund nannten die Studierenden, dass ihnen das notwendige Vorwissen fehle, um die bereitgestellten Rätsel effektiv bearbeiten zu können. Das Spielen wurde so zu einem Ratespiel und nicht zu einer authentischen Lernsituation, in der Wissen und Fähigkeiten angewandt werden können. Wie wichtig das Vorwissen ist, zeigte sich auch in Eukel et al. (2017): Das Vorwissen erklärte signifikant die Verteilung der Leistung der Lernenden im Nachtest. Zwar konnten alle Lernenden in dieser Studie im Pre-Posttest-Vergleich ihre Ergebnisse steigern, stärker profitierten jedoch jene, die über mehr Wissen in der Lerndomäne, hier Diabetes, verfügt hatten. Hou und Li (2014) konzipierten ein Escape Room Spiel für das Fach Informatik, in dem die Lernenden die Bauteile klassischer Computersysteme suchen und zusammenfügen mussten. Gelang ihnen dies, wurde eine Bombe entschärft und das Spiel war gewonnen. Insgesamt 67 Lernende testeten das Spiel, ein Zuwachs hinsichtlich des Wissens über die Bauteile von Computersystemen konnte nicht gefunden werden. Hou und Li (2014) führen dies auf das fehlende Vorwissen und die geringe Vorerfahrung der Lernenden mit solchen Spielen zurück. Zudem stellten sie fest, dass die vorgegebene Zeit nicht ausreicht, um die Inhalte des Spiels vertieft zu elaborieren.

Franco und DeLuca (2019) fassen in ihrer Studie zur Implementierung eines Educational Escape Games zusammen, dass das Spiel erst eingesetzt werden kann, wenn die zentralen Konzepte und Inhalte der Lerndomäne vorhanden sind und verstanden wurden. Erst wenn diese Voraussetzungen erfüllt sind, können die Lernenden die anwendungsorientierten Aufgabenstellungen bearbeiten und von dem Escape Game profitieren. Ähnlich äußerten sich sowohl Lehrende als auch Lernende in der von Veldkamp, Knippels, et al. (2021) durchgeführten Untersuchung. Darin wurden mehrere Klassen zu ihren Erfahrungen mit einem Escape Game für den Biologieunterricht befragt. Die Mehrheit der Befragten gab an, dass Escape Room Spiele zur Überprüfung von Wissen und der Anwendung von Wissen auf neue Problemstellungen geeignet wären. Nur ein Drittel attestierte dem getesteten Escape Game das Potential, auch zum Erwerb neuen Wissens beitragen zu können. Die befragten Lehrenden begründeten dies durch die fehlende Struktur und den zeitlichen Druck, der den Lernenden das Reflektieren und Nachdenken über die Inhalte aus dem Spiel erschwert bzw. gänzlich unmöglich macht. Auch die Lernenden äußerten sich kritisch zu den Lernpotentialen des Escape Room Games, da durch den zeitlichen Druck nicht über die Inhalte nachgedacht, sondern auf das Lösen der Rätsel durch zufällig gewählte Strategien fokussiert wird. Veldkamp,

Knippels, et al. (2021) halten fest, dass das Lernen unter Zeitdruck auch die Verknüpfung der neuen Informationen mit dem Vorwissen erschwert. Als Resultat werden die Informationen aus dem Escape Spiel nicht in das Langzeitgedächtnis transferiert und wieder vergessen. Dies äußerten auch die Lernenden in der Studie von Hermanns et al. (2017), die keine Verbesserung ihres Wissens durch das Spielen des Escape Games wahrnahmen. Kritisch gegenüber dem Lernen mit einem Escape Room Spiel in einer Lehrveranstaltung zum wissenschaftlichen Arbeiten zeigten sich ebenfalls die Lernenden in Guo et al. (2017). Die Studierenden bezeichneten das Spielen zwar als freudvolle und spaßige Alternative zu traditionellen Lehrmethoden, bezweifelten jedoch die Nützlichkeit für die Verbesserung ihres Wissens und ihrer Fähigkeiten. In zwei Studien zum Einsatz von Escape Spielen im Physikunterricht zeigte sich, dass das Spielen als unterhaltsam empfunden wurde, jedoch nicht effektiv war, um grundlegende Konzepte aus der Mechanik zu erinnern oder erklären zu können, wie mechanische Phänomene entstehen (Sárközi et al., 2019; Vörös & Sárközi, 2017).

Die in den genannten Studien verwendeten Escape Spiele wurden meist als für sich alleinstehende Lernumgebungen eingesetzt. Wie die Ergebnisse aus diesen Studien zeigen, ist zu hinterfragen, ob ohne die entsprechende Einbettung in ein didaktisches Design Escape Spiele eine effektive Lehrmethode darstellen. Für Praxis und Forschung ergibt sich daraus die Herausforderung, Gelingensbedingungen zu identifizieren, sodass der Einsatz von Educational Escape Games Vorteile für die Lernenden mit sich bringt. Bisher findet sich in der Literatur dazu der Hinweis, dass nach dem Spielen eine Reflexionsphase, ähnlich dem Debriefing, stattfinden soll. In dieser Phase können die Lernenden über die Inhalte aus dem Escape Game nachdenken, über diese reflektieren und mit anderen Lernenden sowie Lehrenden über die gemachten (Lern)Erfahrungen sprechen (Sanchez & Plumettaz-Sieber, 2019).

Offen ist, wie sich diese didaktische Einbettung auf motivational-affektive Faktoren, wie das Immersionserleben, auswirkt. Wie bereits dargestellt, gilt das Erleben von Immersion in Escape Spielen als wichtige Voraussetzung, um sich intensiv mit den darin bereitgestellten Aufgabenstellungen zu befassen. Designerinnen und Designer von Educational Escape Games stehen also vor der Herausforderung, Lernziele und Spieldynamik gut aufeinander abzustimmen (Veldkamp, van de Grint, et al., 2020). In Veldkamp, Daemen, et al. (2020) wurde während des Entwicklungsprozesses einer Escape Room Box ein Fokus darauf gelegt, wie trotz der offensichtlichen Lernabsicht die Eingebundenheit in eine spannende Geschichte gewährleistet werden kann. Dazu wurden die Lernenden in den Designprozess involviert, die unter anderem die Verwendung von Videos und Rollenspiel-Elementen, etwa Kleidungsstücke und Requisiten, vorschlugen. Ein ähnliches Vorgehen wählten auch Monaghan and Nicholson

(2017), die für Lernende eines Pathologie-Kurses eine Escape Box konzipierten. Die Studierenden trugen während der Bearbeitung der Rätsel klassische Einweghandschuhe, einen medizinischen Kittel und benutzten weitere übliche Utensilien, wie sie in einem pathologischen Labor zu finden sind. Auch die entwickelten Materialien waren mit vielen Details versehen, z.B. Logos der Einrichtungen, Unterschriften von fiktiven Ärztinnen oder Ärzten und Stempelaufdrucken von realen pathologischen Instituten und Laboren. Wie Monaghan und Nicholson (2017) festhalten, ist die Gestaltung solcher detailreicher Materialien dann notwendig, wenn kein echter, physischer Raum zur Verfügung steht. Ein solcher könnte aus ihrer Sicht das Immersionserleben noch zusätzlich verstärken. Was die Studie von Monaghan und Nicholson (2017) auch zeigt ist, dass die Gestaltung von Educational Escape Games mit einem hohen zeitlichen, materiellen und organisatorischen Aufwand verbunden ist.

Der in der Studie von Clauson et al. (2019) entwickelte Escape Room fand in einem echten Raum statt, daher musste bereits früh in der Planungsphase festgelegt werden, wann das Spiel gespielt werden wird. Nur so war es möglich, den entsprechenden Raum auch zur Verfügung zu haben. In diesem Fall wurde der Termin auf den sogenannten „Dead Day“ gelegt, also jenen Tag vor den Prüfungen, an dem keine Lehrveranstaltungen an der Universität stattfanden. Zudem berichten die Autorinnen und Autoren von Kosten um 400\$, die für die Beschaffung der Materialien notwendig waren. Dieser Betrag kann jedoch nicht generalisiert werden, da andere Rätsel und Puzzles zu höheren bzw. niedrigeren Kosten führen können. Ein weiterer Faktor ist das Testen der Rätsel, wofür Zeit gebraucht und eingeplant werden muss (Franco & DeLuca, 2019). Chou et al. (2020) designten ein Educational Escape Game mit digitalen und analogen Materialien, dass die Schülerinnen und Schüler sowohl innerhalb als auch außerhalb des Schulgebäudes spielten. Am Ende ihrer Studie reflektieren die Autorinnen und Autoren über den Entwicklungsprozess und kommen zu dem Schluss, dass die Entwicklung von Escape Spielen im Team erfolgen sollte. Damit kann der Aufwand verringert und notwendige Materialienanschaffung auf mehrere Personen aufgeteilt werden. In Queiruga-Dios et al. (2020) wird die Entwicklung eines Escape Rooms zur Förderung mathematischen Problemlösens mit einem Zeitaufwand von 35-40 Stunden angegeben. In einem Gespräch mit 24 Lehrpersonen stellte sich der zeitliche Aufwand als entscheidender Faktor heraus, weshalb Escape Games nicht im eigenen Unterricht eingesetzt werden.

In Technologie-angereicherten Escape Spielen können technische Probleme auftreten, etwa wenn die vorhandenen Geräte nicht funktionieren, der Akku ausgeht, QR-Codes nicht auf die richtigen Inhalte führen oder die Internetverbindung nicht ausreicht, um AR-Elemente anzuzeigen (Chou et al., 2020; Estudante & Dietrich, 2020). Außerdem werden für bestimmte

Escape Spiele teure AR- oder VR-Brillen benötigt, die formale Bildungsinstitutionen, wie Schulen, nicht finanzieren können und deren Nutzung daher an den Besuch informeller Lernorte wie Museen gekoppelt ist (Vicari, 2020).

Eine zusammenfassende Übersicht zu den Herausforderungen von Educational Escape Games ist in Tabelle 4 ersichtlich.

Tabelle 4

Herausforderungen beim Lernen mit Escape Games

Herausforderung	Beispiel(e)
Überforderung	Viele Freiheitsgrade und die fehlende Struktur können die Lernenden kognitiv zu stark belasten.
Frustration	Fehlendes (Vor)Wissen verhindert das Lösen und Bearbeiten der Rätsel.
Zeitlicher Druck	Die vorgegebene Zeitspanne verhindert das Nachdenken und Reflektieren über den Inhalt und erzeugt lernhinderlichen Stress.
Zeitpunkt des Einsatzes/Didaktisierung	Vorbereiten der Lernenden auf das Spielen bzw. Aufbau von Vorwissen, um dieses im Spiel anzuwenden.
Balance Lernen-Spieldynamik	Lernziele und Spielaufgaben aufeinander abstimmen, sodass motivational-affektive Faktoren nicht eingebüßt werden.
Aufwand für Konzeption und Entwicklung	Das Anfertigen eigener Escape Spiele ist an zeitliche, materielle und organisatorische Ressourcen gebunden.

3.4 Zusammenfassung

Der Einsatz von Escape Room Spielen zum Zwecke des Lehrens und Lernens hat sich in den letzten Jahren zunehmend als Trend etabliert. Als Ausgangspunkt kann die Praxis ausgemacht werden, da zuallererst Pädagoginnen und Pädagogen, inspiriert von Escape Room Spielen der Freizeitbranche, eigene Escape Games mit Bildungsabsicht konzipierten und in ihren Unterricht integrierten (Fotaris & Mastoras, 2019; Sanchez & Plumettaz-Sieber, 2019; Veldkamp, van de Grint, et al., 2020). Dementsprechend zeichnet die bisherige Studienlage zum Einsatz von Escape Games in Lehr- und Lernkontexten aus, dass die Entwicklung und Erprobung der Spiele beschrieben wird, oftmals zusammen mit einer deskriptiven Bewertung des Einflusses der Intervention auf bestimmte bildungsrelevante Variablen. Als Konsequenz fehlen empirisch-valide Ergebnisse, die etwa die zuvor beschriebenen Potentiale von Educational Escape Games stützen.

Veldkamp, van de Grint, et al. (2020) demonstrieren dies am Beispiel Motivation: In den in ihrer Systematic Review inkludierten Studien kommen die meisten Autorinnen und Autoren zu dem Schluss, dass das Spielen mit Escape Games die intrinsische Motivation zu lernen fördern kann. Tatsächlich fanden Veldkamp, van de Grint, et al. (2020) in ihrer Analyse dafür keine Belege, vielmehr stellen sie fest, dass extrinsische Motivationsfaktoren, wie etwa Belohnungen, Punktesysteme oder auch Beurteilungsmechanismen, die entwickelten Escape Spiele charakterisieren. Ähnlich verhält es sich für das Potential des Immersionserlebens, das bislang als Potential beschrieben, jedoch nur in wenigen Studien auch als abhängige Variable erhoben wurde. Vergleichsstudien, inwieweit didaktische, spielerische oder technische Variationen zu unterschiedlichem Immersionserleben beim Spielen von Escape Games führen, fehlen gänzlich. Dies gilt auch für die Effektivität von Escape Room Spielen für den Lernerfolg. In den bisherigen Systematic Reviews (Makri et al., 2021; Veldkamp, van de Grint, et al., 2020) wurden insgesamt nur vier Studien identifiziert, die zumindest in einem Pre-Posttest-Design evaluierten, ob die Lernenden durch den Escape Room auch gelernt haben. Im Rahmen der eigenen Recherche für diese Arbeit wurden noch vier weitere Studien identifiziert, was zu insgesamt acht Studien führt, die eine Form von Lernerfolg gemessen haben (Caldas et al., 2019; Clauson et al., 2019; Cotner et al., 2018; Eukel et al., 2017; Hou & Li, 2014; Lopez-Pernas et al., 2019a; Mystakidis et al., 2019; von Kotzebue et al., 2022). Wie skizziert, sind die

Ergebnisse dieser Untersuchungen durchaus als kontrovers zu bezeichnen, führten die Interventionen doch auch zu schlechteren Leistungen im Posttest als im Pretest. Nur in Cotner et al. (2018) wurde ein Forschungsdesign mit Kontrollgruppe gewählt, eine detaillierte statistische Auswertung der Ergebnisse fehlt jedoch. Über den Lernerfolg in AR Escape Room Spielen liegen noch keine Daten vor. Lückenhaft ist auch die theoretische Fundierung der Studien, insbesondere zur Frage, wie mögliche Lernerfolge durch das Spielen von Escape Games zustande kommen oder verhindert werden. So schreiben etwa Ouariachi und Wim (2020), dass noch wenig über dieses neue *Edutainment* Format bekannt ist und Jaramillo Rincón und Trujillo Mejia (2020) kritisieren, dass mehr Studien unter Einbezug lerntheoretischer Annahmen notwendig sind, um Aussagen zur Lerneffektivität von Escape Spielen treffen zu können. Lerntheoretisch fundierte Studien fordern auch Fotaris und Mastoras (2019), um den Wert von Escape Spielen für das Lehren und Lernen untersuchen und beschreiben zu können. Zu diesem Schluss kommen auch Jenkin und Fairhurst (2020), Makri et al. (2021) sowie Veldkamp, van de Grint, et al. (2020), die alle in ihren Beiträgen die Evaluation von Escape Room Spielen unter Einbezug von Lehr- und Lerntheorien einfordern. Dies gilt insbesondere für jene Educational Escape Games, die Medien und Technologien zur Ausgestaltung der Spielewelt nutzen (Fotaris & Mastoras, 2019; Veldkamp, Daemen, et al., 2020).

Diese Lücken in der bisherigen Literatur zu Escape Games werden in der Folge aufgegriffen. Dazu wird im nächsten Kapitel zunächst analysiert, welche Merkmale AR Escape Spiele, eine spezifische Form Technologie-angereicherter Escape Games, aufweisen. Auf der Basis dieser Merkmale wird eine Definition für AR Escape Games formuliert und im Anschluss eine theoretische Verortung vorgenommen, sodass die potenziellen Lerneffekte von AR Escape Games untersucht und erklärt werden können.

4. AR Escape Games

AR Escape Games stellen eine Kombination der Technologie AR und der Charakteristika von Escape Spielen dar. Wie in Kapitel 2 und 3 skizziert, gilt es beim Einsatz von AR und bei der Verwendung von Escape Games zu Lehr- und Lernzwecken Herausforderungen zu berücksichtigen, sodass die vorhandenen Potentiale auch eingelöst werden können. Als Potentiale der kombinierten Nutzung können die durch AR gewährleistete Simulation des für das Spiel notwendigen Kontexts, zeitgleiche Interaktionsmöglichkeiten mit realen und virtuellen Objekten zur Lösung von Rätseln sowie motivational-affektive Faktoren, insbesondere das Erleben von Immersion, genannt werden (z.B. Georgiou & Kyza, 2021; Paraschivoiu et al., 2021; Veldkamp, Daemen, et al., 2020). Als Herausforderungen können die Überforderung der Lernenden aufgrund technischer Probleme, die mögliche ablenkende Wirkung aufgrund einer zu starken kognitiven und/oder emotionalen Belastung sowie die fehlende Überzeugung, mit dem AR Escape Game tatsächlich lernen zu können, angeführt werden (z.B. Akçayır & Akçayır, 2017; Hermanns et al., 2017; Veldkamp, Knippels, et al., 2021).

Infolgedessen müssen AR Escape Games mit Bildungsabsicht als komplexe Lernumgebungen charakterisiert werden, die verschiedene lernförderliche sowie lernhinderliche Merkmale auf sich vereinen.

Um unter Einbezug lerntheoretischer Überlegungen die möglichen Effekte von AR Escape Games in Lehr- und Lernkontexten erklären und erforschen zu können, ist es notwendig, diese Merkmale zu identifizieren, sodass im Anschluss eine Definition für AR Escape Games vorgelegt werden kann. Die Identifikation der Merkmale erfolgt anhand der bisherigen in der Literatur beschriebenen AR Escape Spiele, die in Tabelle 5 ausgewiesen werden.

Tabelle 5
Übersicht bisheriger in der Literatur beschriebener AR Escape Games

Quelle	Kurzbeschreibung
Estudante und Dietrich (2020)	Mobiles AR Escape Game für den Chemieunterricht; Thematisiert wird der Solvay-Prozess.
Guo et al. (2020)	AR Escape Game für Biologie-/Anatomieunterricht; Lernende können mithilfe eines "Raumschiffes" in das Innere des Körpers reisen.

Klamma et al. (2020)	Zwei Brillen-basierte Escape Games für den Biologie- und den Physikunterricht; Thematisiert wird das Innere einer menschlichen Zelle sowie Elektrizität.
Paraschivoiu et al. (2021)	Mobiles AR Escape Game für Medienbildung; Thematisiert werden Charakteristika von Fake News.
Plecher et al. (2020)	Mobiles AR Escape Game mit allgemeinen Rätseln zu Problemlösen; reale Objekte ergänzen das Spiel.
Warmelink et al. (2017)	Brillen-basiertes Escape Game zur Förderung von Teamwork; Brille zeigt die virtuellen Objekte in einem realen Raum an.
Wild et al. (2021)	Brillen-basiertes Escape Game für Unterrichtseinheiten zu den Themen Literatur, Poesie und Film.

Zunächst kann festgestellt werden, dass die vorliegenden AR Escape Spiele das Potential von AR zur Visualisierung von virtuellen Inhalten nutzen, um die Story zu kontextualisieren. Zum Beispiel wird in Estudante und Dietrich (2020) ein Spaziergang durch die Stadt Brüssel simuliert, der die Lernenden zur Statue des Physikers Ernest Solvay führt und in Guo et al. (2020) wird mittels AR eine Reise durch den menschlichen Körper illustriert. Hinzu kommt, dass sich die Lernenden in bestimmten Rollen wiederfinden, die jeweils an die Erfüllung einer Mission gekoppelt ist. In Warmelink et al. (2017) übernehmen die Teilnehmenden gleich mehrere Rollen mit unterschiedlichen Aufgaben, die ihnen über AR-Darstellungen mitgeteilt werden. Erst durch die Zusammenarbeit aller Rollen können die einzelnen Rätsel gelöst und am Ende die Mission gewonnen werden. Dieser soziale Aspekt wird in AR Escape Games auch über virtuelle Avatare realisiert. Zum Beispiel kommunizieren die Lernenden in Paraschivoiu et al. (2021) mit Hannah Lee May, einer Reisenden aus der Zukunft, und arbeiten mit ihr zusammen an der Lösung der Rätsel. Sowohl in Warmelink et al. (2017) als auch in Paraschivoiu et al. (2021) sieht die Mission vor, nicht nur sich selbst zu helfen, sondern für andere ein Problem zu lösen. In Warmelink et al. (2017) betrifft dies die Reparatur einer Energiequelle einer Raumstation und in Paraschivoiu et al. (2021) unterstützen die Lernenden einen Unternehmer bei der Wiederherstellung seines guten Rufs. Die beschriebenen Aspekte der Kontextualisierung der Story können zusammenfassend als *affektive und soziale* Merkmale von AR Escape Games bezeichnet werden. Die Generierung von Kontext lässt Lernende in eine soziale Situation eintauchen, die sie emotional anspricht bzw. ansprechen soll (Plass & Kaplan, 2016; Plass & Schwartz, 2014).

In allen aufgeführten AR Escape Games müssen für die Erfüllung der Mission verschiedene Rätsel und Aufgabenstellungen bearbeitet werden. In Plecher et al. (2020) kommen dabei sowohl AR-basierte als auch nicht-AR-basierte Rätsel zum Einsatz. Zum Beispiel beinhaltet ein Rätsel eine Zahlenabfolge, die klassisch mit Papier und Stift gelöst werden kann. Andere Rätsel hingegen erlauben den Lernenden direkt am Bildschirm ihres Smartphones oder Tablets Objekte zu bewegen oder von allen Seiten zu betrachten. Als weiteres Beispiel beschreiben Plecher et al. (2020) ein sogenanntes „Portal Puzzle“, bei dem die Lernenden durch Bewegen des Gerätes über das Marker-Bild jeweils eine neue Sternen-Konstellation erzeugen. Erst durch dieses Testen der verschiedenen Konstellationen wird die richtige Lösung auffindbar. Ein ähnliches Vorgehen wird in Estudante und Dietrich (2020) skizziert, etwa wenn die Lernenden zunächst mit dem Periodensystem der Elemente vertraut gemacht werden und dort jene Elemente ausfindig machen müssen, die dem Namen Solvay entsprechen. Sowohl in Plecher et al. (2020) als auch in Estudante und Dietrich (2020) folgen Lernende einem linearen Rätsel-Pfad. Anders ist dies etwa in Paraschivoiu et al. (2021) und Warmelink et al. (2017), wo jeweils mehrere Rätsel gleichzeitig bearbeitet werden können. Dabei müssen die Lernenden aufmerksam überwachen, welche Aufgaben bereits erfüllt und welche noch offen sind. Die für die Bearbeitung der Rätsel notwendigen Aktivitäten decken sich mit dem, was unter anderem Domagk et al. (2010) als *kognitive und metakognitive* Merkmale von Lernprozessen beschreiben. Die Lernende müssen etwa Inhalte erinnern und auf Problemstellungen anwenden sowie den eigenen Fortschritt überwachen, sodass die Mission innerhalb der zur Verfügung gestellten Zeit erfüllt werden kann.

Allen aufgelisteten AR Escape Spielen gemein ist, dass die Lernenden körperliche Aktivitäten ausführen müssen, um die Erfüllung der Mission voranzutreiben. Zum Beispiel werden in Paraschivoiu et al. (2021) mithilfe von AR die für die Story bedeutsamen Räume simuliert, die von den Spielenden aktiv aufgesucht werden müssen. In einem Raum befinden sich die virtuellen Gegenstände auf einem Teppich, sodass die Lernenden sich hinknien oder hinunterbeugen müssen. Auch die Lösung der Rätsel verlangt von den Lernenden in dem AR Escape Game von Paraschivoiu et al. (2021) körperliche Aktivität, etwa wenn Gegenstände durch Berühren und Ziehen von einem Ort zum anderen getragen werden müssen. In Klamma et al. (2020) werden die für das Spiel und die Rätsel benötigten virtuellen Objekte in einem physischen Raum platziert. Der Spieler oder die Spielerin bewegt sich in der Folge auf die Objekte zu, bearbeitet die Aufgabenstellung und sucht im Anschluss ein weiteres Objekt auf, indem er oder sie sich physisch zu diesem Objekt bewegt. Wie bereits skizziert, werden in Plecher et al. (2020) körperliche Aktivitäten benötigt, um eines der Rätsel lösen zu können

(siehe „Portal Puzzle“). In dem von Wild et al. (2021) konzipierten AR Escape Room wandeln die Teilnehmenden durch einen fiktionalen Traum, realisiert anhand verschiedener Zonen, die die Stationen des Traums simulieren. Die Spielenden bewegen sich nicht nur durch die Zonen physisch hindurch, sondern initiieren mit ihren Blickrichtungen das Erscheinen virtueller Objekte. So werden etwa in Zone 2 Wörter entsprechend des Blickfeldes des Spielers oder der Spielerin in den physischen Raum platziert. In Guo et al. (2020) sind es auch die veränderten Blickrichtungen, die weitere Aufgaben oder Inhalte sichtbar machen. Zum Beispiel kann ein Blick nach links ein anderes Organ des menschlichen Körpers sichtbar machen. Zudem ermöglicht die Projektion der Inhalte auf die Wände eines Raumes das (simulierte) Begehen des entsprechenden Organs. Wie dargestellt, werden physische Aktivitäten und Verhaltensweisen als bedeutsame Komponenten bei der Gestaltung von AR Escape Games angesehen. Dementsprechend lässt sich als drittes Merkmal die *physische Aktivierung* der Lernenden beim Spielen von AR Escape Games feststellen.

Zusammenfassend können die bisherigen identifizierten Merkmale als *soziale, affektive, kognitive, metakognitive und physische* Aktivitäten charakterisiert werden. Lernumgebungen, die diese Merkmale auf sich vereinen, werden von Domagk et al. (2010) sowie Plass und Schwartz (2014) als *interaktive Lernumgebungen*² bezeichnet.

Darüber hinaus gilt es zu analysieren, wie die Darstellung der Inhalte in den AR Escape Spielen gestaltet worden ist. Hier zeigt sich zunächst, dass eine kombinierte Darstellung von Texten und Bildern für die Vermittlung von Inhalten und Informationen gewählt worden ist. Zum Beispiel werden in Guo et al. (2020) meist zweidimensionale Illustrationen menschlicher Organe um gesprochenen oder geschriebenen Text ergänzt; in Estudante und Dietrich (2020) trifft dies auf die Darstellung der chemischen Elemente zu. Auch Soundeffekte werden genutzt, etwa in Paraschivoiu et al. (2021) zur Simulation von Geräuschen, die die im Spiel vorkommenden virtuellen Gegenstände in der realen Welt von sich geben würden. Zudem werden auditive Erzählungen eingesetzt, um die Lernenden in den Kontext des Spiels einzuführen und die Aufgabe(n) der Mission zu erklären. In Warmelink et al. (2017) übernimmt dies ein Roboter und in Paraschivoiu et al. (2021) der bereits erwähnte virtuelle Avatar Hannah Lee May. Zutreffend für alle aufgelisteten AR Escape Spiele ist zudem, dass die dargestellten Informationen durch Berührungen aufgerufen und/oder verändert werden können. Meist wird dies über Touch-Oberflächen auf mobilen Endgeräten wie Smartphones oder Tablets realisiert.

² Der Begriff „interaktiv“ wird in der Literatur unterschiedlich definiert. Diese Arbeit folgt der Definition von Domagk et al. (2010) sowie Plass und Schwartz (2014). Eine andere Definition von „interactive“ findet sich z.B. im ICAP Modell von Chi und Wylie (2014). Dort wird interaktives Lernen als Lernen mit anderen unter Einbezug konstruktiver Lernaktivitäten definiert.

So etwa in Plecher et al. (2020) bei den AR-basierten Rätseln und in Paraschivoiu et al. (2021), wenn die Spielenden virtuelle Gegenstände mittels Berührung aufnehmen, verschieben und mit anderen virtuellen Gegenständen kombinieren. Während diese Form einer Display-basierten taktilen Interaktion mit Spielobjekten auch in gänzlich digitalen Lernangeboten für Smartphones und Tablet-Computer möglich ist, zeichnet AR Escape Spiele die Hinzunahme physisch-realer taktiler Interaktionsmöglichkeiten aus. Plecher et al. (2020) haben etwa zwei Rätsel mit physischen Objekten in ihr Game Play integriert: Zum einen wurde eine Holzpyramide entwickelt, die von den Spielenden korrekt zusammengebaut werden muss. Zum anderen müssen die Lernenden 3D-gedruckte Statuen römischer Götter auf einem ihrem Namen entsprechenden zweidimensionalen Planeten abstellen. Das Anzeigen der Lösung erfolgt für beide Rätsel über AR. Einen Schritt weiter gehen Umsetzungen mit AR-Brillen, wie sie etwa in Warmelink et al (2017) und Klamma et al. (2020) beschrieben werden. AR-Brillen erlauben den Teilnehmenden Objekte direkt mit den Händen, meist über Gesten, zu steuern. In Warmelink et al. (2017) wird zudem ein Controller eingesetzt, der den Teilnehmenden eine Vielzahl an Interaktionsmöglichkeiten mit den im physischen Raum platzierten virtuellen Objekten gestattet. Als Fazit kann festgehalten werden, dass die Inhalte und Informationen in den beschriebenen AR Escape Games verbal und non-verbal vermittelt werden. Als verbale Informationsdarstellungen gelten geschriebene oder gesprochene Wörter (Moreno, 2006b), wie etwa die einführende Erzählung des Roboters in dem Spiel von Warmelink et al. (2017). Non-verbale Präsentationsformate umfassen bildliche Darstellungen, Musik, Geschmack, Geruch sowie taktile Reize (Moreno, 2006b). Lernumgebungen, die diese verschiedenen Präsentationsformate auf sich vereinen, werden als *multimediale Lernangebote*³ ausgewiesen (Moreno, 2006b, 2006a; Moreno & Mayer, 2007; Park et al., 2014).

Abschließend lässt sich feststellen, dass die aufgeführten AR Escape Games jene Spielelemente einsetzen, die sich auch in Computerspielen wiederfinden (Übersicht in Mayer, 2014b). Bereits erwähnt wurde das Vorhandensein einer herausfordernden Mission und einer Story, die die Spielerinnen und Spieler emotional involvieren soll. In Paraschivoiu et al. (2021) ist das Ziel der Mission die Umgestaltung einer düsteren Zukunft und in Warmelink et al. (2017) muss eine ganze Raumstation gerettet werden. Zudem lösen die Handlungen der Spielenden unmittelbare Reaktionen aus, die Konsequenzen für den weiteren Verlauf haben. Damit folgen die AR Escape Spiele einem Regelsystem, das zum Beispiel bei Lösung eines Rätsels eine Belohnung vorsieht, wie etwa das Betreten des nächsten Raumes (z.B. in Estudante & Dietrich, 2020).

³ An anderer Stelle werden solche Lernumgebungen auch als multimodale Lernumgebungen bezeichnet, siehe etwa Moreno und Mayer (2007). Jedoch weisen Moreno und Mayer (2007, p. 309) daraufhin, dass [...] *the terms* (Anmerkung durch den Verfasser: *multimedial* und *multimodal*) *can be used interchangeably*.

Zugleich bedeutet das Scheitern oder das lange Bearbeiten eines Rätsels einen Zeitverlust, der schlussendlich zum Misserfolg der Mission führen kann. Ein weiteres spielerischer Element in den AR Escape Spielen ist die Möglichkeit, Belohnungen oder Auszeichnungen zu erhalten. So können die Spielenden in Plecher et al. (2020) Zusatzpunkte durch das Absolvieren von Extramissionen erringen und in Paraschivoiu et al. (2021) werden die Punkte aus den im Spiel integrierten Multiple-Choice-Quizzes nach erfolgreichem Abschluss der Mission zusammen mit dem Zeitguthaben als Bewertung der Leistung angezeigt. Diese *spielerischen* Merkmale sind zentral für Escape Games im Allgemeinen und treffen, wie dargestellt, auf bisherige in der Literatur beschriebene AR Escape Games zu.

Auf der Basis der ausgearbeiteten Merkmale kann festgestellt werden, dass AR Escape Games

- *interaktiv* sind,
- *multimediale* Darstellungsformen beinhalten und
- *spielerische* Elemente integrieren.

Dementsprechend werden AR Escape Games in dieser Arbeit als *interaktive, multimediale Spiele* definiert, für die im nächsten Abschnitt eine lerntheoretische Einordnung vorgenommen wird.

4.1 Lernen mit AR Escape Games

Moreno und Mayer (2007) schlagen vor, interaktive, multimediale Spiele unter Einbezug der *Cognitive-Affective Theory of Learning with Media* (CATLM) zu untersuchen. Die CATLM stellt eine Erweiterung der *Cognitive Theory of Multimedia Learning* (CTML) von Mayer (2014a) um zwei Aspekte dar: (1) Zum einen integriert die CATLM motivationale, emotionale und metakognitive Faktoren, die die für bedeutsames Lernen notwendigen kognitiven Prozesse moderieren (Moreno, 2006b, 2006a, Park et al., 2014). Bedeutsames Lernen wird dabei als die aktive Konstruktion von Wissen definiert, das nicht nur erinnert oder wiedergegeben wird, sondern vor allem auf neue Probleme sowie in neuen Situationen angewandt werden kann (Fiorella & Mayer, 2015, 2016; Mayer, 2019b). Ergänzend zu diesen als kognitiv zu bezeichnenden Lernzielen des Wissenserwerb und der Anwendung des Wissens, können insbesondere multimediale Lernumgebungen mit spielerischen Elementen auch affektive Lernziele adressieren, wie etwa Einstellungsveränderungen gegenüber einem Sachverhalt oder die Förderung des Interesses an einem Lerngegenstand (Boyle et al., 2016; Lamb et al., 2018; Veldkamp, Merx, et al., 2021).

(2) Zum anderen können mithilfe der CATLM solche Technologie-angereicherten Lernumgebungen untersucht werden, die über die Darstellung von Text-Bild-Kombinationen

hinausgehen und zum Beispiel taktile oder olfaktorische Informationen für die Lernenden bereitstellen (Moreno & Mayer, 2007; Plass & Kaplan, 2016).

Die folgenden Grundannahmen zu (1), von denen drei aus der CTML übernommen wurden, bilden die Basis für die CATLM:

1) Duale Kodierung: Die erste Grundannahme basiert auf der Theorie der dualen Kodierung (Paivio, 1991), wonach die Aufnahme von Informationen zunächst im sensorischen Speicher in zwei unterschiedlichen Kanälen stattfindet. Ein Kanal nimmt visuelle Informationen auf, der andere die akustischen. Im Arbeitsgedächtnis werden diese beiden Informationsquellen zunächst als verbale und bildhafte Repräsentationen abgebildet, ehe sie integrativ mit dem Vorwissen verarbeitet werden (Scheiter, Richter, et al., 2020). Die Annahme der dualen Kodierung ist Bestandteil der CTML von Mayer (2014a, 2020).

2) Begrenzte Kapazität des Arbeitsgedächtnis: Die zweite Grundannahme stützt sich auf die Theorie der kognitiven Belastung, *Cognitive Load Theory* (CLT, Sweller, 1988; Sweller et al., 2019) und ist bereits in der CTML als Basis angeführt. Die CLT gilt als eine der umfänglichsten untersuchten Theorien im Rahmen multimedialer Lehr- und Lernumgebungen (z.B. Mutlu-Bayraktar et al., 2019). Die Theorie betont die Berücksichtigung der menschlichen kognitiven Architektur bei der Gestaltung von Lernangeboten und verweist auf die begrenzte Kapazität des Arbeitsgedächtnisses. Neue Informationen müssen in diesem verarbeitet, sortiert und organisiert werden, ohne dass es zu einer kognitiven Überforderung kommt (Sweller, 2011). Gelingt die Verarbeitung der Informationen im Arbeitsgedächtnis, werden sie in das Langzeitgedächtnis, das als unendlich großer Speicher angesehen wird, überführt und als Schemata abgespeichert. Schemata vereinen auf sich eine große Menge an Informationen, z.B. Buchstabenkombinationen (=Wörter), die bei einer neuen Aufgabe wieder abgerufen werden und zu einer Reduktion der kognitiven Belastung im Arbeitsgedächtnis führen. Aus diesem Grund verarbeiten geübte Leserinnen und Leser nicht jeden Buchstaben einzeln, sondern ganze Wörter oder Phrasen. Als Resultat stehen mehr Kapazitäten im Arbeitsgedächtnis zur Verfügung, was das Verstehen der Bedeutung eines Textes erleichtert (Sweller et al., 1998, 2019). Das Ziel von Instruktion ist demnach, die Konstruktion der Schemata bestmöglich zu unterstützen, indem die Verarbeitung neuer Informationen im Arbeitsgedächtnis erleichtert bzw. Kapazitäten dafür frei gemacht werden. Wie viele Kapazitäten frei bzw. belegt sind, ist abhängig von der intrinsischen (*intrinsic*) und der unnötigen (*extraneous*) kognitiven Belastung (Sweller, 2020). Der *Intrinsic Cognitive Load* (ICL) ist abhängig von der Interaktivität der zu lernenden Elemente. Ist diese gering, besteht die Gefahr einer kognitiven Überlastung des

Arbeitsgedächtnisses nicht. Dies trifft vor allem auf solche Lernereignisse zu, in denen Inhalte isoliert von anderen (= seriell) gelernt werden können, z.B. die Vokabeln einer Fremdsprache. Ein Beispiel für eine hohe Elementinteraktivität wäre hingegen das Anwenden der grammatikalischen Regeln beim Fremdsprachenerwerb (Sweller, 2010; Sweller & Chandler, 1994). Der ICL kann nicht direkt beeinflusst werden, weil er an die Natur der Aufgabe gebunden ist. Was jedoch verändert werden kann, ist die Expertise der Lernenden, sodass die gestellte Aufgabe leichter bewältigt werden kann. Oder die Aufgabe an sich wird verändert, z.B. indem die Elementinteraktivität, wenn möglich, verringert wird (Paas & Sweller, 2014). Der *Extraneous Cognitive Load* (ECL) wird als unnötige oder störende kognitive Belastung bezeichnet. Diese kann durch die Gestaltung der Instruktion (= Was müssen die Lernenden tun?), die Gestaltung der verwendeten Materialien (= Wie wird die zu lernende Information präsentiert?), Einflüsse der Lernumgebung (z.B. störende Geräusche oder Ablenkungen) oder auch Charakteristika der Lernenden (z.B. Angst oder geringes Selbstwertgefühl) entstehen (Choi et al., 2014; Paas & van Merriënboer, 2020). Anders als der ICL, kann der ECL direkt beeinflusst werden, etwa durch Berücksichtigung des *Split-Attention* Effekts oder des Modalitätsprinzips. Der *Split-Attention* Effekt empfiehlt, Lernmaterialien räumlich und zeitlich nahe beieinander zu präsentieren, sodass die Lernenden ihre Aufmerksamkeit nicht auf unterschiedliche Informationsquellen lenken müssen (Ayres & Sweller, 2014). Das Modalitätsprinzip besagt, dass grafische Abbildungen und kurze Texte, die simultan dargeboten werden, effektiver sind, wenn die textuellen Informationen gesprochen und nicht als geschriebener Text angezeigt werden (Low & Sweller, 2014). Weitere Cognitive Load Effekte sind der *Worked Example Effect*, *Transient Effect*, *Redundancy Effect* und der *Expertise Reversal Effect*, die alle auf Veränderungen des ECL beruhen (z.B. Kalyuga, 2014; Sweller, 2020).

Ein dritter Typ kognitiver Belastung, der *Germane Cognitive Load* (GCL), wird als lernförderlich angenommen und sollte daher aktiv angeregt werden (Moreno & Park, 2010). Inwieweit der GCL jedoch als eigener Load-Typ angesehen werden kann, wird intensiv diskutiert, da sich sowohl in der Theorie als auch in der Empirie Widersprüche zeigten (de Jong, 2010; Kalyuga, 2011; Moreno, 2010). Sweller et al. (2019) nahmen daher eine Neubewertung des Konstrukts GCL vor und schreiben, dass GCL keine eigene Belastung darstellt, sondern die Ressourcen des Arbeitsgedächtnisses bei der Reduktion von ECL zu Gunsten jener Aktivitäten, die für die Verarbeitung des ICL gebraucht werden, umverteilt werden. Dieser Prozess wird als *Germane Processing* bezeichnet (Paas & van Merriënboer, 2020). Diese Annahme wurde bereits empirisch überprüft: Klepsch et al. (2017) fanden eine stärkere Evidenz bei der

Überprüfung verschiedener Cognitive Load Effekte für die dreigeteilte Unterscheidung der Cognitive Load Typen. Zudem ist es durchaus möglich, dass Lernende durch den gezielten Einsatz von Prompts, zum Beispiel Lernstrategien wie das Selbsterklären (Bisra et al., 2018), mehr kognitive Anstrengung und Lernbereitschaft aufbringen als durch den ICL induziert und dadurch zusätzliche, lernwirksame Prozesse angeregt werden (Klepsch & Seufert, 2020; Schnotz & Kürschner, 2007).

3) Lernen als aktive Konstruktion von Wissen: Die dritte Grundannahme, ebenso bereits in der CTML verankert, basiert auf der *Generative Learning Theory* (GLT; Theorie des generativen Lernens) (Wittrock, 1974, 1989, 1992, 2010), in der Lernen nicht als Informationsverarbeitung, sondern als aktive Konstruktion von Wissen unter Einbezug des Vorwissens verstanden wird. Dabei werden sowohl die kognitiven Prozesse betrachtet, die aufgrund der Gestaltung der Lernmaterialien oder der verwendeten didaktischen Methode initiiert werden als auch jene, die durch die von den Lernenden ausgeführten Aktivitäten, z.B. Lernstrategien wie das Zusammenfassen oder Zeichnen, angeregt werden (Fiorella & Mayer, 2016). Wie sich gezeigt hat, kann der Einsatz von Lernstrategien Lernende dazu motivieren, eine stärkere mentale Anstrengung aufzubringen, sodass Wissen nicht nur abgespeichert, sondern auch verstanden und somit in neuen Situationen anwendbar wird (Fiorella & Mayer, 2015; Wittrock, 1989).

Die Annahme der aktiven Konstruktion von Wissen spiegelt sich in dem von Mayer (2014a, 2020) formulierten Selektions-Organisations-Integrationsmodell (SOI-Modell) wider: Zunächst werden verbale und bildhafte Informationen über die Sinneskanäle (Ohren und Augen) aufgenommen und im sensorischen Speicher gehalten. Mittels Aufmerksamkeitsprozessen erfolgt nun der erste Schritt, die Selektion (S) relevanter Informationen und deren Übertragung in das Arbeitsgedächtnis. Dort erfolgt die Organisation (O) der Informationen sowie die Integration (I) mit dem Vorwissen. Im SOI-Modell wird dieser Vorgang linear abgebildet, in der Realität handelt es sich dabei jedoch um einen iterativen Prozess, der wiederum von der (Lern-)Bereitschaft der Lernenden abhängt (Mayer, 2017).

4) Affektive/Motivationale Faktoren beeinflussen die kognitiven Prozesse: Die erste in der CATLM angenommene Erweiterung der CTML betrifft die Annahme, dass affektive Faktoren die kognitiven Prozesse moderieren (Moreno, 2006b, 2006a). Als affektive Faktoren werden in CATLM Forschungsarbeiten Motivation, Emotion, Stimmung sowie das Interesse berücksichtigt (Plass et al., 2020; Stark et al., 2018; Um et al., 2012). Der Einfluss der affektiven Faktoren auf die notwendigen kognitiven Prozesse hat sich in der bisherigen Forschung als kontrovers herausgestellt: So konnten etwa Um et al. (2012) zeigen, dass sich die Förderung

positiver Emotionen in einer multimedialen Lernumgebung positiv auf die Lernleistung der Teilnehmenden auswirkte. Dieses Ergebnis konnte in den Studien von Mayer und Estrella (2014) sowie Park et al. (2015) bestätigt werden. In Sung und Mayer (2012) hingegen wirkte sich die höhere Zufriedenheit der Teilnehmenden mit einer um Grafiken angereicherten multimedialen Lernumgebung nicht positiv auf die Lernleistung aus. Ähnliche Ergebnisse berichten Parong und Mayer (2020, 2021) für das Lernen in immersiven virtuellen Realitäten. In beiden Studien zeigte sich, dass die hoch-immersiven Lernumgebungen als überfordernd und ablenkend empfunden wurden und in der Konsequenz im Vergleich zu Kontrollgruppen signifikant weniger gelernt wurde. Plass und Kalyuga (2019) weisen darauf hin, dass affektive Faktoren den ECL erhöhen können und in der Folge effektives Lernen beeinträchtigt wird. Zugleich stellen sie fest, dass noch weitere Forschung notwendig ist, um den Einfluss affektiver Faktoren auf die kognitive Verarbeitung und folglich die Auswirkungen auf unterschiedliche Lernziele besser zu verstehen.

5) Metakognition/Selbstregulierung beeinflusst affektive und kognitive Prozesse: Als zweite Erweiterung der CATLM wird von Moreno (2006b, 2006a) der Einfluss metakognitiver Strategien sowohl auf die kognitiven Prozesse als auch auf das affektive Erleben ausgewiesen. Als metakognitive Strategien werden jene Fähigkeiten ausgewiesen, die den Lernenden während des Lernprozesses dabei helfen, das eigene Lernverhalten einzuschätzen, den Prozess zu überwachen sowie Wissen über effektive kognitive und metakognitive Strategien zu besitzen und diese Strategien anwenden zu können (Azevedo, 2014; Winne & Azevedo, 2014). Metakognitive Strategien sind vor allem dann notwendig, wenn in Lernumgebungen selbstreguliert gelernt werden soll. Dies trifft etwa für fallbasierte und problemorientierte Lernumgebungen zu. Um die Lernenden in solchen komplexen Lernumgebungen nicht kognitiv oder affektiv zu überfordern, können Unterstützungsmaßnahmen in der Form metakognitiver Prompts integriert werden (z.B. Zumbach, Ortler, et al., 2020). In Zumbach, Rammerstorfer, et al. (2020) wurden während des Lernens mit einem digitalen Simulationsspiel mehrere solcher Prompts eingeblendet, die sowohl metakognitive Strategien aktivierten (z.B. die Planung für das weitere Vorgehen im Spiel) als auch die Anwendung kognitiver Strategien (z.B. das Anfertigen von Zusammenfassungen auf papierbasierten Begleitmaterialien) initiierten. In der bisherigen Literatur hat sich wiederkehrend gezeigt, dass metakognitive und kognitive Strategien die Lernleistung positiv beeinflussen können. Dennoch gibt es auch Hinweise, wonach das Hinzufügen von Prompts die kognitive Belastung unnötig erhöhen sowie die emotional-motivationale Wirkung eines Lernangebotes negativ beeinflussen kann. Diese

Zusammenhänge gilt es in zukünftigen Forschungsarbeiten weiter zu untersuchen (Azevedo, 2014).

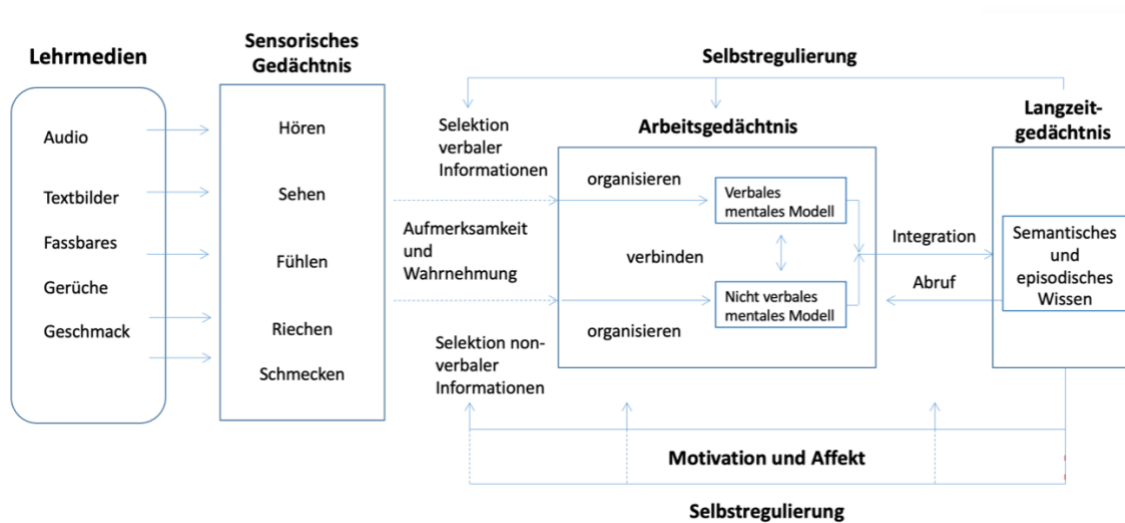
6) Lernercharakteristika beeinflussen den Lernprozess: Während in der CTML einzig das Vorwissen als Einflussfaktor auf Seiten der Lernenden angenommen wird (z.B. *Expertise Reversal Principle* des multimedialen Lernens nach Kalyuga, 2014), werden in der CATLM noch weitere Charakteristika der Lernenden, etwa Persönlichkeitsmerkmale oder kognitive Lernvoraussetzungen, als Einflussfaktoren berücksichtigt (Moreno & Mayer, 2007; Stark et al., 2018). Song et al. (2016) konnten etwa zeigen, dass die Fähigkeit, das eigene Lernen regulieren zu können, sich positiv auf die Lernleistung auswirkt. Parong et al. (2020) berichten, dass räumliches Wissen und Vorstellungsvermögen das Lernen mit immersiven Technologien, wie etwa Virtual Reality Anwendungen, beeinflussen kann. Auch das Arbeitsgedächtnis an sich kann als Einflussfaktor ausgemacht werden, da sich hier individuelle Unterschiede bei Lernenden hinsichtlich der Kapazitätsgrenze gezeigt haben (Wiley et al., 2014).

Für den zweiten Aspekt (2) zeigt sich in der CATLM, dass Lehrmedien und Bildungstechnologien Reize beinhalten können, die nicht ausschließlich über Augen und Ohren aufgenommen werden. Moreno und Mayer (2007; auch Moreno, 2006a; Park et al., 2014) nennen hier taktile, olfaktorische und gustatorische Reize, die im sensorischen Gedächtnis entsprechend als Gerüche, Geschmäcker sowie Empfindungen verarbeitet werden. Ein Beispiel hierfür ist das Bewegen von Objekten in virtuellen Welten mithilfe von Controllern oder Handschuhen (z.B. Moreno, 2006b).

Eine Übersicht mit einer integrierten Darstellung der aufgezeigten Grundannahmen wird in Abbildung 6 präsentiert. Lernen lässt sich auf der Basis dieses Modells wie folgt beschreiben (Moreno & Mayer, 2007): Lehrmedien und Bildungstechnologien beinhalten verbale (gesprochene oder geschriebene Wörter) und nicht-verbale Informationen (z.B. Soundeffekte, Bilder, Gerüche, Geschmäcker, Fassbares), von denen zunächst die relevanten durch den Prozess der Selektion in das Arbeitsgedächtnis übertragen werden. Im Arbeitsgedächtnis werden die verbalen und nicht-verbalen Informationen unter Einbezug des Vorwissens (Integration) zu einem mentalen Modell zusammengefügt (Organisation). Die beschriebenen Faktoren Affekt und Motivation, Metakognition/Selbstregulierung sowie die Charakteristika der Lernenden beeinflussen die Selektion, Organisation und Integration. Metakognition/Selbstregulierung wirkt zudem auf motivationale und affektive Faktoren.

Abbildung 6

Das Modell der CATLM, basierend auf Moreno (2006b, 2006a) sowie Park et al. (2014)



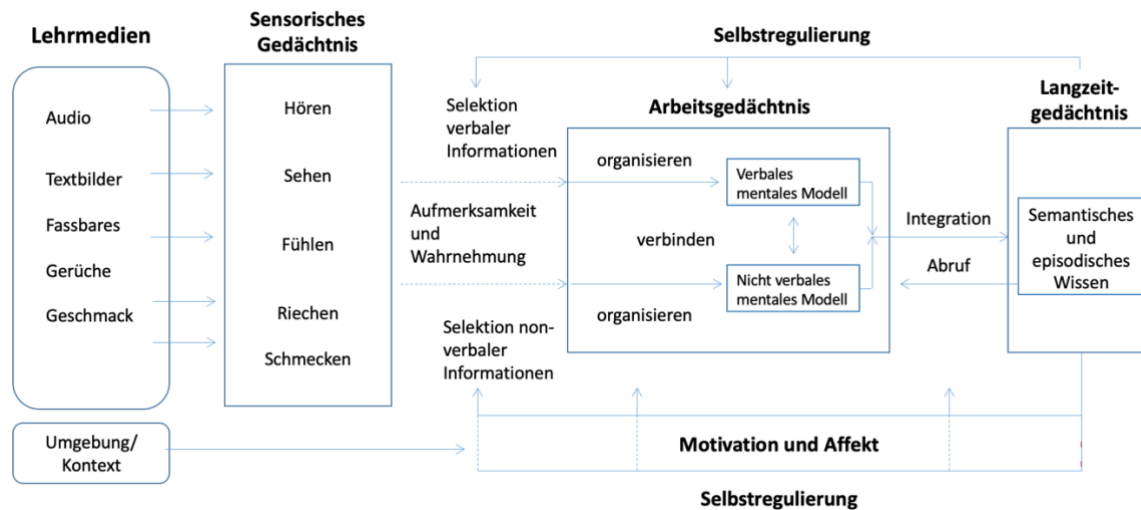
Die CATLM bietet eine theoretisch und empirisch robuste Grundlage für die Erforschung des Lernens mit AR Escape Spielen. Das Modell berücksichtigt die Art der Informationsdarstellung, den Einfluss affektiver, motivationaler und metakognitiver Faktoren sowie die Bedeutung solcher Stimuli, die über das Sehen und Hören hinausgehen. Jedoch problematisch am Lernmodell der CATLM ist, dass zwischen den einflussnehmenden ergänzten Faktoren (Motivation, Affekt, Metakognition/Selbstregulation) und den Charakteristika der Lehrmedien an sich keine Verbindung angenommen wird.

Wie in Abbildung 6 zu erkennen, wirken die in den Lehrmedien realisierten Darstellungsmodalitäten ausschließlich auf die kognitiven Prozesse im Arbeitsgedächtnis. Dieser Umstand ist problematisch, da AR Escape Spiele stets mithilfe einer spannenden Geschichte und Aufgabenstellung Lernende in eine bestimmte Situation versetzen wollen. Es wird ein spezifischer Kontext (auch als Umgebung bezeichnet, etwa in Plass und Kaplan, 2016) erzeugt, der die Spielenden emotional involviert und mitreißt. Als Konsequenz muss angenommen werden, dass dieser in AR Escape Spielen simulierte Kontext nicht nur die kognitiven Prozesse adressiert, sondern auch einen Einfluss auf die affektiven und motivationalen Faktoren ausübt. Zu diesem Schluss kommen auch Plass und Kaplan (2016), die feststellen, dass Technologie-angereicherte Lernumgebungen spezifische Emotionen und Stimmungen bei den Lernenden auslösen können. Daher ist es notwendig, den Kontext an sich als Einflussfaktor zu berücksichtigen, der direkt auf die affektiven und motivationalen Faktoren wirken kann. In der Folge nimmt der Kontext wiederum Einfluss auf die kognitiven Prozesse

und somit auf die Lerneffekte (Plass & Kaplan, 2016). In Abbildung 7 wird das erweiterte Modell der CATLM dargestellt.

Abbildung 7

Erweitertes Modell der CATLM, basierend auf Moreno (2006b, 2006a) sowie Plass und Kaplan (2016)



Das in Abbildung 7 präsentierte erweiterte und adaptierte Modell der CATLM ermöglicht die Untersuchung der Frage, welche Designelemente in (multimedialen) Lernumgebungen motivationale und affektive Faktoren beeinflussen und welche Rolle diese Elemente in der Folge für die Lernleistung haben (Plass & Kaplan, 2016). Designelemente können sowohl die Darstellungsform betreffen (z.B. Farben) als auch spezifische Variationen des Kontexts. Hierzu zählen Variationen der Interaktionsmöglichkeiten der Lernenden mit der jeweiligen Lernumgebung. Zum Beispiel wird für digitale Spiele angenommen, dass das Verhalten der Spielenden einen Einfluss auf Affekt und Motivation ausübt (Plass & Kaplan, 2016).

Wie im vorherigen Abschnitt dargestellt, gewähren AR Escape Spiele Lernenden eine Vielzahl an Interaktionsmöglichkeiten mit der Lernumgebung. Unter Einbezug des adaptierten Modells der CATLM von Plass und Kaplan (2016) kann nun überprüft werden, ob Variationen der Umgebung eines AR Escape Spiels Veränderungen im motivationalen/affektiven Empfinden nach sich ziehen und in der Folge kognitive Prozesse positiv oder negativ beeinflusst werden. Ein Konstrukt, das in der Literatur zu AR, Escape Spielen und AR Escape Spielen immer wieder als potentieller Einflussfaktor genannt wird, ist das Erleben von Immersion (z.B. Klamma et al., 2020; Monaghan & Nicholson, 2017; Nicholson, 2018; Veldkamp, van de Grint, et al., 2020). Eine detaillierte Diskussion des Immersionsbegriffs erfolgt im nächsten Abschnitt.

4.2 Immersion

Der Begriff Immersion lässt sich auf das lateinische Wort *Immersio*, das Eintauchen, zurückführen, welches im 15. Jahrhundert aus dem Verb *Immergere* (eintauchen) abgeleitet wurde. Die Anwendung des Begriffs findet sich in verschiedenen Kontexten wieder, etwa als Vorgang des Eintauchens eines Körpers in eine Flüssigkeit (z.B. während des Taufens); als Zustand tiefer mentaler Eingebundenheit in eine Sache; als Methode des Fremdsprachenlernens sowie als Beschreibung des Verschwindens bzw. Überdeckens eines Planeten durch einen anderen Himmelskörper (Mühlhoff & Schütz, 2019a; Oxford Dictionary, 2021b). Weitere Felder, die unter anderem den Begriff der Immersion zur Beschreibung der emotionalen und mentalen Eingebundenheit verwenden, sind die Film- und Literaturwissenschaft (Jacobs & Willems, 2018; Schlochtermeyer et al., 2015). Im englischen Sprachraum wird vor allem das Verb *immerse* oder *be immersed* alltäglich verwendet, um etwa zum Ausdruck zu bringen, in eine Aufgabe vertieft zu sein (Oxford Dictionary, 2021a). Im deutschen Sprachraum wird der Begriff der Immersion vor allem mit dem Eintauchen in virtuelle Welten mithilfe von Computersystemen und brillenbasierten Vorrichtungen assoziiert (z.B. Dörner et al., 2019). Ein Gebrauch des Immersionsbegriffs im Alltag kann nicht festgestellt werden, vielmehr handelt es sich um einen Fachbegriff, der zur Beschreibung spezifischer „immersiver“ Technologien herangezogen wird (Beck, 2019; Kerres et al., 2022). Wie diese kurzen Ausführungen zeigen, gibt es durchaus Unterschiede hinsichtlich des Verständnisses des Immersionsbegriffs. Dies zeigt sich auch in der internationalen Literatur, weshalb nicht von einem Konsens oder einer einheitlichen Definition des Begriffs Immersion ausgegangen werden kann (Dörner et al., 2019; Georgiou & Kyza, 2017a; Nilsson et al., 2016; Schlochtermeyer et al., 2015). Konsequenterweise ist es notwendig, dass dieser Arbeit zugrundeliegende Verständnis von Immersion darzulegen. Dazu wird zunächst zwischen zwei verschiedenen Perspektiven, einer technologischen und einer psychologischen, differenziert. Im Anschluss werden bisherige empirische Befunde zum Zusammenhang von Immersion und Lernen zusammengefasst und Methoden vorgestellt, wie Immersion gemessen werden kann.

4.2.1 Immersion als Merkmal von (Bildungs)Technologien

Wird Immersion als Merkmal von Technologien ausgewiesen, kann von einer technologischen Perspektive auf den Immersionsbegriff gesprochen werden. Diese Perspektive definiert Immersion als objektiv-messbare Parameter eines Computersystems, die dazu beitragen, eine Illusion der Realität zu erzeugen (Cummings & Bailenson, 2016; Slater & Wilbur, 1997). Nach Slater und Wilbur (1997) zeichnet immersive Systeme aus, dass die reale Welt möglichst

gänzlich ausgeblendet wird, so viele Sinneseindrücke wie möglich über das System angesprochen werden, die computersimulierte Welt die Nutzerinnen und Nutzer vollständig umgibt und die Darstellung der virtuellen Welt realistisch, etwa hinsichtlich Auflösung, Farben, Geräusche etc., ist (auch Slater & Sanchez-Vives, 2016). Dieses Verständnis von Immersion hat seine Ursprünge in der Forschung zu Virtual Reality (VR), wurde jedoch mittlerweile auf andere (neue) Technologien übertragen. Zum Beispiel werden auf Computerbildschirmen dargestellte virtuelle Welten ebenso als immersiv bezeichnet wie AR-Anwendungen (Merchant et al., 2014; Radu, 2014). Unterschieden wird zwischen verschiedenen Immersionsgraden, die wiederum eng an die verwendeten Technologien gekoppelt sind. So können virtuelle Welten auf Computerbildschirmen (geringe Immersion) die zuvor skizzierten Merkmale immersiver Systeme (Slater & Wilbur, 1997) weniger umfassend erfüllen als etwa die Darstellung derselben Welt mithilfe einer VR-Brille (hohe Immersion). Parong (2021) unterscheidet gering-immersive AR-Darstellungen, wenn abgerufen über Smartphones, von hoch-immersiven AR-Darstellungen, die über AR-Brillen zugänglich sind.

Die in diesem Abschnitt diskutierte technologische Perspektive verwendet den Begriff Immersion, um Technologien bestimmte Merkmale zuzuschreiben. Diese Merkmale beziehen sich auf das technische System, sodass unter anderem auch die Bezeichnungen physikalische Immersion (Sherman & Craig, 2003) sowie System-Immersion (Slater, 1999) in der Literatur zu finden sind. Es wird angenommen, dass entsprechend gestaltete immersive Systeme bei Nutzerinnen und Nutzern das Gefühl des Präsent-sein, *Presence*, auslösen können. *Presence* wird im Gegensatz zur Immersion als psychologisches Konstrukt definiert, welches bei Nutzerinnen und Nutzern dazu führt, dass sie die durch das System simulierte Welt als realen Ort empfinden (Ortsillusion) und die virtuell stattfindenden Handlungen und Ereignisse als real wahrnehmen (Plausibilitätsillusion) (Slater, 2009; Spanlang et al., 2007). Obgleich dieser technologisch-geprägte Zusammenhang von Immersion und *Presence* insbesondere in der Forschung zu VR hohe Resonanz erfahren hat und erfährt, blieb dieses Verständnis nicht frei von Kritik. Witmer und Singer (1998) zum Beispiel charakterisieren Immersion als psychologischen Zustand einer Person, sich selbst als Teil einer Umwelt wahrzunehmen und mit dieser zu interagieren. Diese Definition von Immersion entspricht in Teilen dem was Slater (1999) *Presence* nennt. Gander (1999) zeigt in seinem Aufsatz, dass Immersion ein mentales Phänomen ist und eigentlich einen Gefühlszustand darstellt. Demnach ist das Erleben von Immersion nicht a priori an Technikmerkmale gebunden, sondern an Emotionen und Aufmerksamkeitsprozesse. Sherman und Craig (2003) weisen darauf hin, dass Immersion ein gänzlich mentaler Zustand sein kann. Sie verwenden mentale Immersion und *Presence*

synonym und halten fest, dass das Auslösen mentaler Immersion/Presence nicht an ein bestimmtes Medium bzw. an eine spezifische Technologie gebunden ist. Cummings und Bailenson (2016) schließlich weisen in ihrer Metaanalyse nach, dass die technologischen Merkmale eines Systems (Immersion) einen mittleren Effekt auf das Erleben von Presence ausüben. Andere Faktoren, wie Persönlichkeitsmerkmale, Emotion und Kognition, müssen demnach als bedeutsame weitere Einflussfaktoren angenommen werden (Hofer, 2019).

4.2.2 Immersion als kognitive und emotionale Eingebundenheit

Aus psychologischer Perspektive wird Immersion als die kognitive und emotionale Eingebundenheit in eine Situation definiert (Brown & Cairns, 2004; Dede, 2009; Georgiou & Kyza, 2017a, 2018). Autorinnen und Autoren sprechen in diesem Zusammenhang vom Erleben von Immersion bzw. dem Immersionserleben, welches mehr oder weniger intensiv wahrgenommen werden kann. Diese Annahme wurde erstmals im Feld der Spieleforschung von Brown und Cairns (2004) postuliert. In einer Interviewstudie haben die Autorin und der Autor drei unterschiedlich intensive Stufen des Immersionserlebens extrahiert: Engagement, Engrossment und Total Immersion. Engagement (= Beteiligung) ist die erste Stufe des Immersionserlebens und gekennzeichnet durch den Willen, Zeit, Anstrengung und Aufmerksamkeit für die Situation, hier im Kontext von (digitalen) Spielen, aufzubringen. Die zweite Stufe wird als Engrossment (= Ergriffenheit) bezeichnet. Diese Phase ist von einer intensiven emotionalen Ergriffenheit gekennzeichnet. Die höchste Stufe des Immersionserlebens ist Total Immersion (= vollständiges Eintauchen/Versinken), die von Brown und Cairns (2004) mit dem im vorherigen Abschnitt skizzierten Presence-Begriff gleichgesetzt wird. Die Spielenden fühlen sich vollständig mit dem Spiel verbunden und alle Handlungen und Empfindungen basieren auf den durch das Spielen erlebten Eindrücken.

Georgiou und Kyza (2017, 2018) konzipierten für ihre Forschungsstudien im Bereich Lernen mit AR/AR-Spielen eine Weiterentwicklung des Stufenmodell des Immersionserlebens. Dies war notwendig, zum einen um nicht ausschließlich spielerische Lernumgebungen hinsichtlich des Immersionserlebens beforschen zu können und zum anderen, da AR Umgebungen sich in wesentlichen Merkmalen von gänzlich digitalen Spielen unterscheiden. Georgiou und Kyza (2017) nennen hier die vermischte Darstellung realer und virtueller Objekte sowie die direkte Interaktion der Nutzerinnen und Nutzer mit den Objekten. Letztgenanntes ist ein wesentlicher Unterschied zu digitalen Spielen, in denen die Interaktionen meist von Avataren ausgeführt werden. Das Stufenmodell von Georgiou und Kyza (2017, 2018) besteht aus den bereits in Brown und Cairns (2004) genannten drei Immersionsstufen mit leichten Modifikationen:

Engagement (= Beteiligung, Eingebundenheit) ist die erste Stufe des Immersionserlebens. Lernende erreichen diese Stufe, wenn sie die Aktivitäten der AR-basierten Lernumgebung mögen und die Bedienung der AR-Anwendung als benutzerfreundlich wahrnehmen.

Gelingt dies, können Lernende die zweite Immersionsstufe, Engrossment (= Ergriffenheit, Vertieftheit), erreichen. Diese Stufe zeichnet aus, dass die Lernenden emotional in den Lernprozess involviert sind und ihre ganze Aufmerksamkeit auf das Arbeiten in der AR-Lernumgebung lenken.

Die höchste Stufe des Immersionserlebens, Total Immersion, wird als das vollständige Eintauchen/Versinken in die Lernumgebung definiert. Hier erleben die Lernenden das Gefühl, vollständig in der AR-angereicherten Lernumgebung zu sein, sie übernehmen z.B. Gefühle von Protagonisten, blenden die Realität aus und empfinden die gestellten Lernaufgaben als herausfordernd, aber lösbar (Georgiou & Kyza, 2017, 2018). Im Unterschied zu Brown und Cairns (2004) definieren Georgiou und Kyza (2017, 2018) Total Immersion nicht ausschließlich als Presence, sondern als Kombination aus Presence und Flow-Erleben.

Im Gegensatz zum technologischen Verständnis von Immersion, wird das unterschiedlich intensive Immersionserleben nicht ausschließlich auf Technikmerkmale, sondern auf das Zusammenwirken verschiedener Faktoren zurückgeführt. Mühlhoff und Schütz (2019a, 2019b) nennen als Beispiel das Genre des immersiven Theaters: Zuschauerinnen und Zuschauer nehmen die Handlung in solchen Stücken nicht mehr nur über Augen und Ohren wahr, sondern werden dazu aufgefordert, sich körperlich zu betätigen, an Requisiten zu riechen, Gegenstände zu ertasten sowie Gespräche mit anderen Zusehenden oder den beteiligten Künstlerinnen und Künstlern zu führen. Ein hohes Immersionserleben entsteht nach Mühlhoff und Schütz (2019a, 2019b) dann, wenn Menschen möglichst ganzheitlich aktiv an der Situation teilhaben. Als zweites Beispiel können Rollenspiele genannt werden: In solchen Spielen schlüpfen die beteiligten Personen in Rollen und erleben eine Geschichte, jeweils aus der Perspektive der entsprechenden Rolle. Spielende werden dabei angeregt, emotionale Erlebnisse der Rollen anzunehmen, physisch aktiv zu sein und sich entsprechend der Rollenbeschreibung zu verhalten (Gallagher & Lindgren, 2015). Bewegungen nehmen dabei eine zentrale Funktion ein, da mit diesen die natürliche Kontrolle über eine Situation verbunden wird und folglich eine stärkere Identifikation mit der entsprechenden Figur/Rolle stattfindet (Pasch et al., 2009).

Auch eine Geschichte an sich kann bereits das Erleben von Immersion begünstigen: Jacobs und Willems (2018) zeigen dies anhand der Harry-Potter-Bücher. Leserinnen und Leser berichteten in Experimenten von einer tiefen Versunkenheit in die Geschichte und einer starken Identifikation mit den Emotionen, Bedürfnissen und Ängsten der Protagonistinnen und

Protagonisten der Bücher. Dies bestätigt auch die bereits von Gander (1999) aufgestellte Hypothese, wonach eine durchdachte Geschichte bedeutsamer für das Immersionsgefühl ist als die eingesetzte Technologie. Doch auch das psychologische Konstrukt des Erlebens von Immersion wird nicht gänzlich als unabhängig des Technologieeinsatzes angesehen: Zum Beispiel verweisen Georgiou und Kyza (2017, 2018) auf das Potential von AR zur Gestaltung immersiver Lernarrangements und auch digitalen Spielen wird ein hohes Potential zugeschrieben, die intensiveren Stufen des Immersionserlebens bei Lernenden auslösen zu können (Cheng et al., 2015, 2017; Jennett et al., 2008).

Als Erklärung wird darauf verwiesen, dass Technologien zu anderen Wechselwirkungen zwischen den beteiligten Personen und der Umwelt beitragen können. Zum Beispiel beschreiben Gallagher und Lindgren (2015) mehrere Studien, in denen große AR-Installationen zu intensiverer körperlicher Aktivität und in der Folge einem höheren Immersionserleben führten im Vergleich zu nicht-AR Arrangements und Johnson-Glenberg et al. (2014) erkennen in der Größe der Displays eine Einflussgröße auf das Erleben von Immersion.

4.2.3 Immersion und Lernen

Die beiden dargestellten Perspektiven mit unterschiedlichem Verständnis zur Bedeutung von Immersion führen dazu, dass verschiedene Forschungszugänge hinsichtlich des Zusammenhangs von Immersion und Lernerfolgen in der Literatur identifiziert werden können. Ein erster Zugang untersucht, ob sich mehr oder weniger immersive Informationsdarstellungen unterschiedlich auf das Lernen auswirken. Dieser Zugang sieht vor, dass eine Brillen-basierte VR-Anwendung mit einer Desktop-Anwendung verglichen wird. Die VR-Anwendung wird als hoch-immersiv eingestuft, die Desktop-Anwendung als gering-immersiv (Parong, 2021). Zum Beispiel lernten in Parong und Mayer (2018, Experiment 1) Teilnehmende in der Experimentalgruppe mit einer VR-Anwendung, die Teilnehmenden der Kontrollgruppe mit folienbasierten Darstellungen derselben Informationen. Presence oder die zuvor beschriebenen Stufen des Immersionserlebens wurden nicht erhoben. Was bleibt ist ein Medienvergleich, der der VR-Anwendung eine ablenkende Wirkung attestiert, die die kognitiven Prozesse stört und daher zu schlechteren Lernleistungen führt im Vergleich zu den klassischen Präsentationsfolien. Dieser Zugang zur Rolle von Immersion in Lehr- und Lernkontexten untersucht die Frage, ob mit sogenannten „immersiven Technologien“ gelernt werden kann und entspricht der präsentierten technologischen Perspektive.

Der zweite Zugang fokussiert den Einfluss der Stufen des Immersionserlebens auf den Lernprozess und untersucht, wie Lernumgebungen zu gestalten sind, sodass Lernende von den

verschiedenen Immersionsstufen profitieren können und nicht überfordert werden. Wie bereits in Kapitel 2 aufgezeigt, versteht sich diese Arbeit als mediendidaktische Arbeit, in der Wirkungen von Technologien kritisch betrachtet werden (vergleiche Zusammenfassung in Kapitel 2). Daher werden in der Folge solche Studien zusammenfassend berichtet, die der psychologischen Perspektive entsprechen und die Rolle von Engagement, Engrossment und/oder Total Immersion/Presence während des Lernens berücksichtigen und zur Erklärung von Ergebnissen heranziehen.

Die erste Immersionsstufe, Engagement, wird bereits von Brown und Cairns (2004) als potenziell bedeutsam für Lehr- und Lernkontexte ausgewiesen. Cheng et al. (2015) können diese Annahme bestätigen: Sie beschreiben in ihrer Studie den Einsatz eines digitalen Lernspiels im naturwissenschaftlichen Unterricht und untersuchen, inwieweit die verschiedenen Immersionsstufen mit den Lernergebnissen zusammenhängen. Wie sich zeigte, korreliert das Erleben von Engagement signifikant positiv mit den Ergebnissen der Lernenden in einem Wissenstest nach dem Spielen. In einer weiteren Studie bestätigten Cheng et al. (2017) diesen Befund. Erneut zeigte sich, dass ein hohes Erleben von Engagement mit einem höheren Lernerfolg nach dem Spielen eines naturwissenschaftlichen Lernspiels zusammenhängt. In Georgiou und Kyza (2018) haben 135 Schülerinnen und Schüler in Partnerarbeit an einem problembasierten Fall aus der Umweltbildung gearbeitet. Dazu haben die Teilnehmenden im Rahmen eines Schulausflugs verschiedene Bereiche eines Sees aufgesucht, an denen über eine AR App Informationen, Hinweise und Lernaufgaben präsentiert wurden. Das Ziel der Unterrichtseinheit war es, das Rätsel des Verschwindens der am See ursprünglich ansässigen Enten aufzuklären. Die Darstellung der AR Inhalte erfolgte auf einem Tablet anhand von GPS-Daten. Die Ergebnisse der Studie zeigen, dass die Lernleistung, hier konzeptionelles Verstehen naturwissenschaftlicher Inhalte, signifikant positiv mit der Immersionsstufe Engagement korreliert. Die Stärke des Zusammenhangs wird als moderat ausgewiesen.

Auch für die zweite Immersionsstufe, Engrossment, halten Brown und Cairns (2004) fest, dass diese Form der Eingebundenheit positive Effekte auf die Lernleistung haben könnte. Georgiou und Kyza (2018) konnten dies in der bereits skizzierten Studie beim Lernen mit AR während eines Schulausflugs nachweisen. Die Lernleistung korrelierte signifikant mit dem Erleben von Engrossment. Die Stärke des Zusammenhangs wird allerdings als schwach eingestuft. In Cheng et al. (2015) sowie Cheng et al. (2017) korrelierte die Immersionsstufe Engrossment zwar positiv mit der Lernleistung, jedoch nicht signifikant. Eine zusätzlich durchgeführte Cluster-Analyse in Cheng et al. (2017) zeigte, dass höhere Engrossment-Werte die Spielleistung positiv beeinflussten, zugleich aber die Lernleistung reduzierten. Gegenteiliges fanden Georgiou und

Kyza (2018), die ebenfalls eine Cluster-Analyse durchführten. In dieser Studie erzielten die Lernenden mit einem höheren Erleben von Engrossment bessere Werte bei einem Verstehens-Test als jene Lernende, die geringere Werte für die Immersionsstufe Engrossment berichteten. Hinsichtlich möglicher Effekte des Erlebens der höchsten Immersionsstufe, Total Immersion/Presence, während des Lernprozesses werden von Brown und Cairns (2004) keine Aussagen formuliert. In Cheng et al. (2015) fand sich kein Zusammenhang zwischen Total Immersion und der Leistung der Lernenden im Wissensnachtest. In der Cluster-Analyse von Cheng et al. (2017) stellte sich heraus, dass auch das Erleben von Total Immersion die Lernleistung reduzierte und nur die Spielleistung positiv adressierte. Lernende, die ein geringeres Erleben von Total Immersion empfanden, zeigten eine signifikant bessere Lernleistung. Makransky et al. (2019) untersuchten das Lernen mit einer virtuellen Laborsimulation unter Einbezug des Erlebens von Presence. Eine Gruppe von Lernenden absolvierte die Lerneinheit mithilfe einer VR-Darstellung der Laborsimulation, die Kontrollgruppe übte am klassischen Desktopcomputer. Die Lernenden der VR-Bedingung berichteten ein signifikant höheres Erleben von Presence, das in der Folge zu einer schlechteren Leistung bei Wissens- und Anwendungstests führte. Zusätzlich konnte gezeigt werden, dass die Lernenden der VR-Simulation einer signifikant höheren kognitiven Belastung ausgesetzt waren als die Vergleichsgruppe. Auch Schrader und Bastiaens (2012) wiesen nach, dass das Erleben von Presence negative Effekte auf die Lernleistung haben kann.

Demgegenüber stehen die Studien von Georgiou und Kyza, in denen jeweils positive Zusammenhänge zwischen Total Immersion/Presence und Lernleistungen nachgewiesen wurden (Georgiou & Kyza, 2018, 2021). In Georgiou und Kyza (2018) zeigte sich dies anhand einer Cluster-Analyse, in der jene Lernende mit dem höheren Erleben von Total Immersion auch bessere Lernergebnisse erzielten. In Georgiou und Kyza (2021) wurden zwei AR-Lerngruppen miteinander verglichen, die unterschiedlich stark in den Lernkontext involviert wurden. Jene Gruppe, die eine starke kontextuelle Involviertheit erlebte, berichtete ein signifikant höheres Erleben von Total Immersion und schnitt bei einem anschließend durchgeführten Lerntest besser ab als jene Gruppe, die weniger stark in den Lernkontext involviert wurde. Generell kommen Georgiou und Kyza in ihren Studien zum Schluss, dass ein hohes Erleben von Immersion positive Effekte auf die Lernleistung ausübt (Georgiou & Kyza, 2017a, 2018, 2021, 2017c, 2017b). Wie oben dargestellt, fanden andere Forscherinnen und Forscher widersprüchlichere Zusammenhänge von Total Immersion und Lernleistungen, weshalb als Konsequenz stärker von einer den Lernerfolg verringerten Wirkung eines zu hohen Erlebens von Total Immersion/Presence ausgegangen werden muss (Makransky, 2021;

Makransky & Petersen, 2021; Mayer, 2020; Moreno & Mayer, 2001). Einschränkend muss festgehalten werden, dass sich diese Aussagen auf den Erwerb von Wissen sowie deren Anwendung beziehen (Parong, 2021). Für Lernziele jenseits der kognitiven Dimension zeichnet die bisherige Studienlage ein anderes Bild. Makransky, Borre-Gude, et al. (2019), Makransky et al. (2020) sowie Makransky, Terkildsen, et al. (2019) konnten in einer Reihe von Studien nachweisen, dass das Immersionserleben positiv auf die Förderung affektiver Lernziele, wie etwa Interesse, Motivation, Selbstwirksamkeit, wirkt. Ebendies zeigt sich in den Studien von Georgiou und Kyza (2018, 2021), in denen die Lernenden mit einem hohen Erleben von Immersion höhere Motivationswerte berichteten als Lernende mit einem geringen Erleben von Immersion. In den Studien von Cheng et al. (2015, 2017) wurde gezeigt, dass das Empfinden der höheren Immersionsstufen positiv mit der Leistung im Spiel korreliert. Den Zusammenhang von Presence und positiven Emotionen konnten unter anderem Dengel und Mägdefrau (2019) sowie Riva et al. (2007) nachweisen. Peck et al. (2013) untersuchten in ihrer Studie, ob das Erleben von Presence rassistische Vorurteile abbauen kann. Dazu haben die Autorinnen und Autoren eine VR-Anwendung kreiert, in der Teilnehmende in den Körper einer Person mit dunkler oder heller Hautfarbe versetzt wurden. Es konnte gezeigt werden, dass ein hohes Erleben von Presence stärker zur Empfindung in dem jeweiligen Körper zu sein führte und dies in der Folge die implizit rassistischen Vorurteile verringern konnte. Shin (2018) nutzte eine VR-Simulation über Fluchterfahrungen von Kindern, um den Zusammenhang von Presence und Empathie zu ergründen. Wie sich zeigte, korrelieren Presence und Empathie und die Intensität des Presence-Erlebens beeinflusst in der Folge die Bereitschaft, sich in die Lage der geflüchteten Kinder hineinzusetzen.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass die erste Stufe des Immersionserlebens, Engagement, sich wiederkehrend als positiver Einflussfaktor auf kognitive Lernleistungen herausgestellt hat (z.B. Cheng et al., 2017; Georgiou & Kyza, 2018). Weniger klar ist das Bild für die zweite Immersionsstufe: Engrossment erwies sich in manchen Studien als positiver Einflussfaktor (z.B. Georgiou & Kyza, 2018), in anderen hingegen zeigte sich kein oder ein negativer Zusammenhang (z.B. Cheng et al., 2017). Das Erleben der höchsten Immersionsstufe, Total Immersion/Presence, hat sich in der Mehrzahl der Studien als ablenkender Einflussfaktor herausgestellt. In der Folge wurden die für bedeutsames Lernen notwendigen kognitiven Prozesse gestört und schlechtere Lernleistungen erzielt (Übersicht in Mayer, 2020).

Anders verhält es sich für die Förderung affektiver Lernziele. Hier scheint es einen Konsens unter Forscherinnen und Forschern zu geben: Ein hohes Erleben von Immersion/Presence kann

zu veränderten Einstellungen beitragen, das Interesse sowie die Motivation fördern oder auch positive Emotionen auslösen (Übersicht in Makransky, 2021).

4.2.4 Immersionserleben messen

Um das Immersionserleben zu messen, haben Forscherinnen und Forscher subjektive und objektive Erhebungsverfahren eingesetzt. Der Großteil der publizierten Studien misst das Erleben von Immersion mithilfe von Fragebögen, die von den Studienteilnehmenden nach der Intervention beantwortet werden. Georgiou und Kyza (2017) fassen in ihrem Beitrag vorhandene Fragebögen zusammen: Jennett et al. (2008) entwickelten auf der Basis des Stufenmodells des Immersionserlebens von Brown und Cairns (2004) den *Immersive Experiences Questionnaire*. Qin et al. (2009) fokussierten in ihrem Fragebogen den Faktor Narration und konzipierten den *Game Narrative Questionnaire*.

Cheng et al. (2015) nutzten erneut die drei Immersionsstufen von Brown und Cairns (2004) sowie die Weiterentwicklung von Jennett et al. (2008) und entwickelten den *Game Immersion Questionnaire*, der von Georgiou und Kyza (2017) als bisher zuverlässigstes Instrument zur Erfassung der drei Immersionsstufen eingestuft wird.

Georgiou und Kyza (2017) schließlich stellten fest, dass sich AR-basierte Lernumgebungen wesentlich von gänzlich digitalen Spielen/Lernkontexten unterscheiden. Aus diesem Grund haben sie nicht nur das Stufenmodell des Immersionserlebens weiterentwickelt, sondern auch einen eigenen Fragebogen zur Messung der drei Stufen in AR-basierten Lernumgebungen konzipiert und validiert. Der finale Fragebogen, *Augmented Reality Immersion (ARI) Questionnaire*, misst anhand von 21 Items die drei Immersionsstufen, die sich aus den sechs Subskalen Interesse, Benutzerfreundlichkeit, emotionale Eingebundenheit, Aufmerksamkeit, Presence und Flow zusammensetzen. Tabelle 6 gibt einen Überblick über die Immersionsstufen, die jeweils zugehörigen Subskalen sowie eine Beschreibung der Skalen.

Tabelle 6

Die drei Skalen mit Subskalen aus dem ARI Fragebogen von Georgiou und Kyza (2017a)

Immersionstufe	Subskalen	Beschreibung
Engagement	Benutzerfreundlichkeit Interesse	Bedienung der AR-Anwendung. Interesse an der Lernaktivität.

Engrossment	Emotionale Eingebundenheit Aufmerksamkeit	Emotionale Bindung zur Lernaktivität. Die Aktivitäten der AR Lernumgebung stehen im Fokus der Aufmerksamkeit.
Total Immersion	Presence Flow	Das Gefühl, die AR Umgebung als Realität wahrzunehmen. Vollständiges Aufgehen in der Lernaktivität.

Objektive Verfahren zur Messung des Immersionserlebens nutzen körperliche Reaktionen der Teilnehmenden als Indikatoren für eine intensive Involviertheit in die jeweilige Situation. Slater et al. (2006) simulierten etwa das Milgram-Experiment mithilfe einer VR-Simulation und erfassten sowohl Reaktionen der Haut, z.B. den Austritt von Schweiß, als auch die Herzfrequenz. Es zeigte sich, dass das Interagieren mit offensichtlich virtuellen Personen intensive körperliche Reaktionen bei den Probandinnen und Probanden auslöste. Terkildsen und Makransky (2019) ergänzten in ihrer Studie zum Erleben von Presence während des Spielens eines VR-Horrorspiels die Messung der Hautreaktionen noch um EEG-Messungen. Auf der Basis von Selbsteinschätzungen wurden zwei Gruppen gebildet, die sich hinsichtlich der körperlichen Reaktionen signifikant voneinander unterschieden. Terkildsen und Makransky (2019) schließen daraus, dass beide Parameter als Prädiktoren für das Erleben von Presence herangezogen werden können. Ein höheres subjektives Empfinden von Presence spiegelte sich auch in intensiveren körperlichen Reaktionen wider.

4.3 Zusammenfassung

In diesem Kapitel wurden die Merkmale von AR Escape Games zunächst identifiziert und im Anschluss zur Ausformulierung einer Definition herangezogen. Wie sich gezeigt hat, weisen AR Escape Games Merkmale interaktiver Lernumgebungen auf, nutzen multimediale Formen der Informationsdarstellungen und integrieren klassische Spielelemente. Als Konsequenz werden in dieser Arbeit AR Escape Games als interaktive, multimediale Spiele definiert. Anhand dieser Definition wird eine Beforschung von AR Escape Games unter Einbezug des von Plass und Kaplan (2016) postulierten erweiterten Modells der CATLM (Moreno & Mayer, 2007; Moreno, 2006b, 2006a) vorgeschlagen. Das erweiterte Modell sieht vor, dass Merkmale einer Lernumgebung nicht nur die kognitiven Prozesse beeinflussen, sondern auch die in der CATLM als moderierend ausgemachten affektiven und motivationalen Faktoren adressieren.

Wie Plass und Kaplan (2016) festhalten, ist dieser Umstand besonders für spielerische und Technologie-angereicherte Lernangebote zu berücksichtigen, da diese Kontextfaktoren zu spezifischen Stimmungen und Emotionen führen können. Für AR Escape Games wurde insbesondere das Erleben von Immersion, definiert als kognitive und emotionale Eingebundenheit in eine Situation (z.B. Dede, 2009; Georgiou & Kyza, 2017a), als bedeutsamer Einflussfaktor ausgemacht (z.B. Klamma et al., 2020; Nicholson, 2018; Veldkamp, van de Grint, et al., 2020).

Auf der Basis einer Analyse bisheriger Untersuchungen zum Zusammenhang von Lernleistung und Immersionserleben kann jedoch nicht von einer ausschließlich positiven Wirkung des Immersionserleben beim Lernen ausgegangen werden. Vielmehr hat sich gezeigt, dass ein geringeres Erleben von Immersion (Engagement) an positive Lernleistungen geknüpft ist (z.B. Studien von Georgiou & Kyza, 2017a, 2018), ein zu hohes Erleben (Total Immersion/Presence) von Lernenden hingegen als ablenkend empfunden wurde und Lernergebnisse negativ beeinflusst hat (z.B. Cheng et al., 2017; Makransky et al., 2020). Wie Cheng et al. (2015, 2017) sowie Georgiou und Kyza (2018, 2021) jedoch festhalten, sind Studien zum Einfluss der verschiedenen Immersionsstufen auf Lernleistungen noch selten, mehr Forschung ist notwendig. Daher überrascht es nicht, dass in bisherigen Studien zu Escape Spielen und AR Escape Spielen eine mögliche ablenkende Wirkung des Erlebens von Immersion während des Flüchtens aus den (simulierten) Räumen noch nicht thematisiert bzw. empirisch untersucht wurde. Generell fehlen Untersuchungen, die mögliche Effekte und Einflussfaktoren beim Lernen mit AR Escape Games anhand einer empirisch und theoretisch fundierten Theorie wie der CATLM überprüfen (z.B. Jaramillo Rincón & Trujillo Mejia, 2020). Diese Arbeit greift diese Lücke auf und untersucht das Lernen mit einem AR Escape Game unter Berücksichtigung der CATLM sowie der kontroversen Wirkung der verschiedenen Stufen des Immersionserlebens auf die für bedeutsames Lernen notwendigen kognitiven Prozesse. Eine detaillierte Formulierung des eigenen Forschungsvorhabens sowie der offenen Forschungsfragen wird im nächsten Kapitel dargestellt.

5. Offene Forschungsfragen

AR Escape Games stellen ein neues Phänomen interaktiver, multimedialer Spiele dar, für die in der bisherigen Literatur noch keine Evidenzen hinsichtlich der Lerneffektivität vorliegen. Die bisher publizierten Studien zu AR Escape Games beschreiben ausschließlich die Entwicklung und das Design solcher Spiele (z.B. Estudante & Dietrich, 2020), Ergebnisse zur Benutzerfreundlichkeit (z.B. Guo et al., 2020) und Auswirkungen des AR Escape Games auf das Erleben von Immersion (z.B. Klamma et al., 2020) sowie die Spielerfahrung (z.B. Plecher et al., 2020). Etwas allgemeiner kann zudem festgestellt werden, dass die bisherige Studienlage zu den Lerneffekten von Escape Spielen gering ist: Veldkamp et al. (2020) fanden vier Studien mit einem Pre-Posttest-Design und im Rahmen der Recherche dieser Arbeit konnten weitere vier Studien identifiziert werden, die eine Form von Lernerfolg erhoben haben. Basierend auf diesen bisherigen Studien ist die Lerneffektivität von Escape Room Spielen als kontrovers auszuweisen: Lernende waren überfordert und zeigten im Nachtest schlechtere Leistungen als im Vortest (Clauson et al., 2019; Hermanns et al., 2017).

Darüber hinaus zweifeln sowohl Lehrende als auch Lernende an der Nützlichkeit von Escape Spielen für den Erwerb von Wissen und Fähigkeiten (Veldkamp, Knippels, et al., 2021). Das Erleben von Immersion während des Spielens von (AR) Escape Spielen wurde in den bisherigen Studien ausschließlich als ein das Lernen positiv beeinflussender Faktor angesehen, der möglichst erhöht werden sollte (Lopez-Pernas et al., 2019a, 2019b; Monaghan & Nicholson, 2017). Eine kritische Auseinandersetzung mit der möglichen ablenkenden Wirkung eines zu intensiven Erlebens von Immersion, wie etwa gezeigt für digitale Spiele (z.B. Cheng et al., 2017)) und VR-Anwendungen (z.B. Makransky et al., 2020), fehlt. Diese kritische Auseinandersetzung fehlt auch in der AR-Literatur. Zum Beispiel kommen Georgiou und Kyza (2017a, 2018, 2021) in ihren Studien zum Schluss, dass AR-angereicherte Lernumgebungen so gestaltet werden müssen, sodass ein möglichst hohes Erleben von Immersion erfolgen kann. Die Förderung von Immersion durch AR wird auch in Metaanalysen und systematischen Literaturarbeiten als lernförderlicher Aspekt der realitätserweiternden Technologie stilisiert (z.B. Akçayır & Akçayır, 2017; Radu, 2014).

Weiter lassen sich methodische Limitationen in den bisherigen Studien feststellen: Zum einen betrifft dies die Literatur zu AR-basierten Lernumgebungen, in der bislang das Paradigma der Medienvergleichsstudien (Bluemke & Zumbach, 2019; Kerres, 2020; Zumbach et al., 2022) dominiert. Folglich werden positive wie negative Lerneffekte auf den Einsatz der Technologie AR zurückgeführt, nicht etwa auf die Gestaltung der Lernumgebung, der Darstellungsform oder

den Einsatz einer spezifischen Unterrichtsmethode (z.B. kooperatives Lernen; Garzón, Kinshuk, et al., 2020). Zum anderen zeigt sich in der Literatur zu Escape Spielen, dass noch keine Vergleichsstudien vorliegen, die etwa die Auswirkungen didaktischer Variationen auf die Lernleistung adressieren (Makri et al., 2021; Veldkamp, van de Grint, et al., 2020); und jene Studien, die Lerneffekte gemessen haben, keine theoretische Fundierung vornahmen, sodass die positiven sowie negativen Effekte nicht erklärt werden konnten (z.B. Jaramillo Rincón & Trujillo Mejia, 2020).

Das Ziel dieser Arbeit ist es, diese Forschungslücken aufzugreifen und die empirische Befundlage hinsichtlich der beim Spielen von AR Escape Games auftretenden Lerneffekte zu erweitern und zu untersuchen, welchen Einfluss didaktische Variationen auf die Lernleistung sowie das Immersionserleben ausüben. Dazu wurden drei Studien durchgeführt, die eine mediendidaktische Perspektive auf das Lernen mit AR Escape Games widerspiegeln. Wie in der Zusammenfassung in Kapitel 2 skizziert, schreibt diese Perspektive nicht einer spezifischen Technologie Wirkungen beim Lernen zu, sondern erkennt in der Gestaltung der Lernumgebung den bedeutendsten Einflussfaktor für gelingende oder misslingende Lernprozesse (Übersicht in Kerres, 2018). Wie dargestellt, nutzen AR Escape Games die Potentiale der Technologie AR, um möglichst immersive Lernerfahrungen für Lernende zu gewährleisten (z.B. Klamma et al., 2020).

Eine kritische Auseinandersetzung mit dem Immersionserleben, unter Einbezug der drei verschiedenen intensiven Immersionsstufen, fand bislang nicht statt. Diese Auseinandersetzung ist jedoch notwendig, haben sich die Immersionsstufen doch als unterschiedlich bedeutsam für gelingende Lernprozesse herausgestellt (z.B. Cheng et al., 2017; Georgiou & Kyza, 2018). Um der in der Literatur genannten Forderung einer theoretisch fundierten Forschung zu (AR) Escape Games gerecht zu werden (Jaramillo Rincón & Trujillo Mejia, 2020) und diese Wirkungen der verschiedenen Stufen des Immersionserlebens zu untersuchen, wurde in dieser Arbeit zunächst eine Definition von AR Escape Games entwickelt und in der Folge als theoretischer Rahmen auf das Modell der CATLM (Moreno, 2006a; Park et al., 2014) sowie die Erweiterung des Modells durch Plass und Kaplan (2016) verwiesen (Kapitel 4). Unter Einbezug des von Plass und Kaplan (2016) postulierten Modells kann die lernförderliche oder ablenkende Wirkung des Immersionserlebens untersucht und erklärt werden: Die Gestaltung der Lernumgebung beeinflusst nicht nur die für bedeutsames Lernen notwendigen kognitiven Prozesse der Selektion, Organisation und Integration, sondern übt einen Einfluss auf die in der CATLM beschriebenen Moderatorvariablen, etwa Affekt, Emotion, Stimmung, Motivation, aus, die in der Folge ebenso auf die kognitiven Prozesse einwirken. Wie sich in der bisherigen

Literatur gezeigt hat, können diese Variablen sowohl kognitive Prozesse verstärken als auch behindern (z.B. Um et al., Plass & Kalyuga, 2019). Dieser Umstand trifft auch auf das Erleben von Immersion, definiert als kognitive und emotionale Eingebundenheit zu. Einschränkend wurde festgestellt, dass diese Zusammenhänge von Immersionserleben und Lernerfolgen sowie -misserfolgen für kognitive Lernziele nachgewiesen wurden. Für Lernziele, die der affektiven Lernzieldimension zugeschrieben werden können, etwa Motivation, Einstellungsveränderungen oder Selbstwirksamkeit, zeigt sich in der Literatur ein anderes Bild: Bisherige Studien konnten zeigen, dass ein hohes Erleben von Immersion positiv auf affektive Lernzieldimensionen wirkt (z.B. Makransky, 2021). Dies spiegelt sich auch in den Veröffentlichungen zu Escape Games/AR Escape Games wider: Autorinnen und Autoren halten fest, dass insbesondere Lernziele jenseits der kognitiven Dimension mithilfe von Escape Games adressiert werden sollen, etwa Einstellungs- oder Verhaltensänderungen (Ouariachi & Wim, 2020; Veldkamp, Merx, et al., 2021) sowie die Förderung von Motivation und Interesse (Veldkamp, van de Grint, et al., 2020). Konsequenterweise ist es geboten, in einer Arbeit zu den Lerneffekten von AR Escape Games kognitive und affektive Lernzieldimensionen zu berücksichtigen. Hinsichtlich der kognitiven Lernziele orientiert sich diese Arbeit an den Studien von Mayer (2002, 2020) und Fiorella und Mayer (2015, 2016), die das Erinnern von Wissen und die Anwendung des Wissens auf Problemstellungen als zentrale Lernziele für Bildungsprozesse im 21. Jahrhundert ansehen. Werden diese beiden kognitiven Lernzieldimensionen erfolgreich gefördert, findet bedeutsames Lernen statt (Fiorella & Mayer, 2015, 2016).

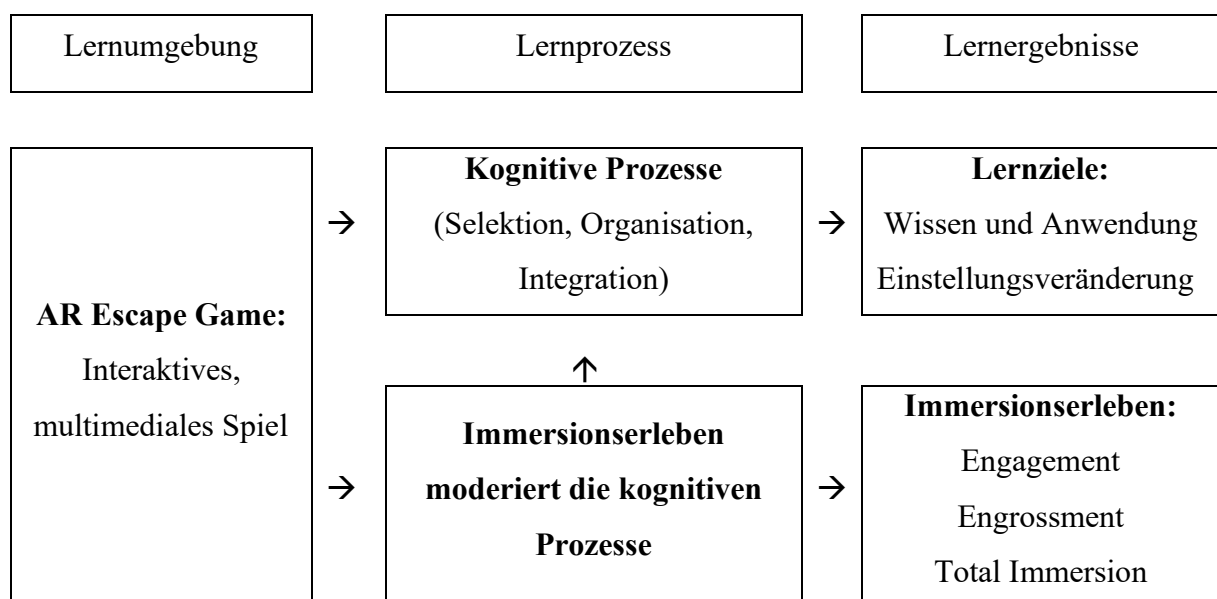
Als affektive Lernzieldimension wird in dieser Arbeit die Einstellungsveränderung thematisiert. Dieses Ziel findet sich in der Literatur zu Escape Games wiederkehrend: So schreiben etwa Veldkamp, Merx, et al. (2021), dass Escape Games gut dazu geeignet sind, kritische Themen des 21. Jahrhunderts, etwa Klimawandel, spannend zu vermitteln und dabei auch die Einstellungen der Lernenden sowie ihr Verhalten verändern können. Dieses Potential von Escape Games erkennen auch Ouariachi und Wim (2020). Sie schreiben, dass mithilfe von Escape Games Inhalte über den vom Menschen verursachten Klimawandel interessant dargestellt werden können und unter anderem Falschbehauptungen mit solchen Spielen entgegengetreten werden kann. Paraschivoiu et al. (2021) schließlich entwickelten ein AR Escape Spiel, das Schülerinnen und Schüler dabei helfen soll, Falschinformationen im Netz identifizieren zu können und so zu einer kritischeren Haltung gegenüber Informationen im Netz beitragen soll. Letztgenanntes wird in dieser Arbeit als affektives Lernziel adressiert.

In Abbildung 8 ist das für diese Arbeit leitende, adaptierte Modell der erweiterten CATLM (Plass & Kaplan, 2016) abgebildet: Ganz links zu finden ist die Lernumgebung, in diesem Fall ein AR Escape Game, das als interaktives, multimediales Spiel definiert wird. Die Merkmale dieser Lernumgebung (z.B. Informationsdarstellung, Lernaktivitäten) beeinflussen die kognitiven Prozesse der Selektion, Organisation und Integration (mittlere Spalte: Lernprozess). Finden diese Prozesse erfolgreich statt, kann bedeutsames Lernen gefördert werden. Als Lernleistung zeigt sich, dass die Lernenden Wissen sowohl erinnern als auch auf ein Problem anwenden können (rechte Spalte). Zudem wird erwartet, dass das untersuchte AR Escape Game das affektive Lernziel der Einstellungsveränderung adressieren kann (rechte Spalte).

Wie in der CATLM postuliert, moderieren affektive und motivationale Faktoren, hier das Immersionserleben, die kognitiven Prozesse (mittlere Spalte). Das Immersionserleben wiederum wird beeinflusst von der Lernumgebung bzw. den Merkmalen, die diese Lernumgebung auf sich vereint. Im Fall eines AR Escape Games sind dies unter anderem jene Merkmale, die das Immersionserleben erhöhen sollen, z.B. die emotional ansprechende Story, kognitiv herausfordernde Rätsel sowie körperliche Aktivitäten, die die Mission vorantreiben und zu einer stärkeren Identifikation mit der simulierten Spielwelt beitragen. Werden diese Merkmale variiert, verändert sich das Immersionserleben. Dies zeigt sich anhand der von den Lernenden berichteten Werten hinsichtlich der Wahrnehmung der drei unterschiedlich intensiven Immersionsstufen (rechte Spalte).

Abbildung 8

Das für diese Arbeit leitende Modell; basierend auf dem Modell der CATLM sowie der Erweiterung durch Plass und Kaplan (2016)



In Studie 1 dieser Arbeit wird das adaptierte Modell aus Abbildung 8 herangezogen und überprüft, ob mit dem in dieser Arbeit eingesetzten AR Escape Game die definierten Lernziele gefördert werden können sowie das Lernen mit dem Spiel als immersiv empfunden wird. Studie 1 adressiert damit eine zentrale Lücke in der Literatur: Es liegen zum Zeitpunkt des Verfassens dieser Arbeit noch keine Studien zur Effektivität von AR Escape Spielen vor. Zudem erweitert Studie 1 die allgemeine Studienlage zur Effektivität von Escape Spielen. Als Forschungsdesign wurde in Studie 1 ein Vortest-Nachtest-Design ohne Kontrollgruppe gewählt. Forschungsdesigns ohne Kontrollgruppe sind nicht frei von Kritik, können jedoch eingesetzt werden, um eine (multimediale) Lernumgebung oder ein Lernspiel einem ersten Feldtest hinsichtlich der Lerneffektivität zu unterziehen (Mayer, 2014b). Das in dieser Arbeit verwendete AR Escape Game wurde bislang so einem Test nicht unterzogen, was eine erste Überprüfung notwendig macht. Da in der bisherigen Literatur zu (AR) Escape Games darauf hingewiesen wurde, kognitive und affektive Lernziele durch den Einsatz solcher Spiele zu fördern (Fotaris & Mastoras, 2019; Veldkamp, van de Grint, et al., 2020) werden in Studie 1 dieser Arbeit diese beiden Lernzieldimensionen berücksichtigt. Zudem werden die drei unterschiedlich intensiven Immersionsstufen erfasst, sodass die gefundenen Effekte unter Einbezug des Immersionserlebens diskutiert werden können. Die Forschungsfrage in Studie 1 lautet:

Können mit einem AR Escape Game sowohl kognitive Lernziele als auch ein affektives Lernziel gefördert werden und welchen Effekt hat das Lernen mit einem AR Escape Spiel auf die drei Stufen des Immersionserlebens?

In Studie 2 und 3 dieser Arbeit wird das Immersionserleben als kritischer Faktor beim Lernen mit AR Escape Games thematisiert. Als Orientierung dient hierbei die Perspektive der gestaltungsorientierten Mediendidaktik, die, wie bereits skizziert, erforscht, wie Lernumgebungen gestaltet werden können, sodass sie lernförderlich sind. Das Ziel in Studie 2 und 3 dieser Arbeit ist daher, dass Immersionserleben mithilfe von didaktischen Variationen zu beeinflussen, sodass erklärt werden kann, wie das Lernen mit AR Escape Games effektiv gestaltet werden kann. Als didaktische Variationen werden in dieser Arbeit bewusste Veränderungen einer Lernumgebung definiert. In Anlehnung an Mayer (2014b) können insbesondere bei Spielen zwei Formen didaktischer Variationen unterschieden werden: Die erste Variation, bezeichnet als *Value-Subtracted*, sieht vor, einen ursprünglich im Spiel

verankerten Mechanismus wegzunehmen bzw. zu subtrahieren. Mayer (2014b) nennt eine Reihe von Mechanismen, die weggenommen werden können, z.B. gesprochene Texte werden nur als geschriebene Texte angezeigt oder ein ursprünglich für VR-Brillen designedes Spiel wird an einem Desktop-Computer gespielt. Die zweite Variation, bezeichnet als *Value-Added*, sieht vor, dass ein Spiel um didaktische Elemente erweitert wird. Auch hier nennt Mayer (2014b) eine Reihe von Möglichkeiten, z.B. das Hinzufügen von Lernstrategien während des Spielens oder das Durchführen von zusätzlichen Lernaktivitäten nach dem Spielen sowie Veränderungen, die direkt in einem Spiel realisiert werden, z.B. Veränderungen der Stimme bei virtuellen Avataren. Studie 2 und 3 dieser Arbeit adressieren damit die bisher in der Literatur noch nicht thematisierte Frage (Makri et al., 2021; Veldkamp, van de Grint, et al., 2020), wie das Lernen mit (AR) Escape Games mithilfe von didaktischen Elementen und Variationen verbessert werden kann.

In Studie 2 dieser Arbeit wird die körperliche Involviertheit der Lernenden während des Spielens eines AR Escape Games reduziert (*Value-Subtracted* Ansatz). Dazu wurden für diese Arbeit vorhandene Marker-Bilder modifiziert, sodass die Lernenden während der Bearbeitung der Rätsel sitzen mussten. Die körperliche Involviertheit gilt als wichtiger Faktor für das Erleben von Immersion (z.B. Georgiou et al., 2019; Johnson-Glenberg et al., 2014; Mühlhoff & Schütz, 2019b). Insbesondere für multimediale Lernumgebungen und Spiele wird angenommen, dass körper-basierte Handlungen ein natürlicheres Gefühl erzeugen, Kontrolle über die simulierte Welt zu haben, was in der Folge zu einer intensiveren Involviertheit beiträgt (Bianchi-Berthouze, 2013; Pasch et al., 2009). Eine ausführliche Darstellung von Befunden zum Zusammenspiel körperlicher Involviertheit und Immersionserleben erfolgt in Kapitel 7. Theoretisch lässt sich der Zusammenhang von Immersion und Bewegung folgendermaßen erklären: Bewegung und Affekt beeinflussen sich gegenseitig und dementsprechend führen Variationen bei der körperlichen Involviertheit zu Veränderungen im affektiven Empfinden (Domagk et al., 2010; Plass & Schwartz, 2014). In Studie 2 wurde eine randomisierte Feldstudie mit Experimental- und Kontrollgruppe durchgeführt. Folgende Forschungsfrage wird in Studie 2 untersucht:

Welchen Einfluss hat die Variation der körperlichen Involviertheit beim Lernen mit einem AR Escape Spiel auf kognitive Lernziele, ein affektives Lernziel sowie die drei Stufen des Immersionserlebens?

In Studie 3 dieser Arbeit wird das Lernen mit einem AR Escape Game mit einer generativen Lernstrategie kombiniert. Generative Lernstrategien sind von Lernenden ausgeführte Aktivitäten, die zu einer intensiveren Auseinandersetzung mit den Inhalten einer Lernumgebung beitragen und somit die kognitiven Prozesse im SOI-Modell anregen (Brod, 2020; Fiorella & Mayer, 2015). In Studie 3 dieser Arbeit wenden die Lernenden nach dem Spielen mit dem AR Escape Game die Lernstrategie des Zusammenfassens in eigenen Worten an (*Value-Added* Ansatz). Die Strategie des Zusammenfassens hat sich in vielen Studien als effektiv zur Förderung bedeutsamen Lernens herausgestellt, da sie Lernende dabei unterstützt, die zentralen Inhalte einer Lernumgebung auszuwählen sowie Organisations- und Integrationsprozesse anregt (Fiorella & Mayer, 2015, 2016). Andererseits handelt es sich bei dem Hinzufügen von Lernstrategien während oder nach dem Lernen mit Spielen um ein didaktisches Element, welches von Lernenden auch als solches wahrgenommen wird. In der Folge kann diese Didaktisierung eines Spiels zu affektiven und/oder motivationalen Einbußen und in der Folge schlechteren Lernleistungen führen (z.B. Filsecker & Kerres, 2014; Kerres, 2018; Pilegard & Mayer, 2016). Theoretisch kann dies folgendermaßen erklärt werden: Das Hinzufügen der Lernstrategie des Zusammenfassens stellt eine Variation der kognitiven Involviertheit der Lernenden dar und diese Variation beeinflusst die affektive Eingebundenheit (Domagk et al., 2010; Plass & Schwartz, 2014). Durchgeführt wurde ein randomisiertes Feldexperiment mit einer Kontrollgruppe und einer Experimentalgruppe. Studie 3 untersucht die folgende Forschungsfrage:

Welchen Einfluss hat das Hinzufügen der Lernstrategie des Zusammenfassens beim Lernen mit einem AR Escape Spiel auf kognitive Lernziele, ein affektives Lernziel sowie die drei Stufen des Immersionserlebens?

Eine detaillierte Beschreibung der Studien samt Hypothesen erfolgt in den nächsten drei Kapiteln dieser Arbeit.

6. Studie 1 – Effekte eines AR Escape Games auf die Lernleistung und das Immersionserleben

In der verfügbaren Literatur zum Einsatz von Escape Room Spielen zum Zwecke des Lehrens und Lernens sind Ergebnisse zu Lerneffekten bisher kaum untersucht worden, speziell für AR Escape Games liegen bislang keine Daten vor (Fotaris & Mastoras, 2019; Makri et al., 2021; Veldkamp, van de Grint, et al., 2020). Studie 1 dieser Arbeit greift diese Forschungslücke auf und liefert erste Ergebnisse zu den Lerneffekten eines AR Escape Games.

Folgende Forschungsfrage wird in Studie 1 dieser Arbeit untersucht:

Können mit einem AR Escape Game sowohl kognitive als auch ein affektives Lernziel gefördert werden und welchen Effekt hat das Lernen mit einem AR Escape Spiel auf die drei Stufen des Immersionserlebens?

Im nächsten Abschnitt wird zunächst das verwendete AR Escape Game, *Escape Fake*, vorgestellt. Im Anschluss werden das methodische Vorgehen und die Ergebnisse der Untersuchung dargestellt. Eine Diskussion der Ergebnisse unter Einbezug der bereits präsentierten theoretischen Annahmen sowie eine Zusammenfassung mit den Implikationen der Ergebnisse runden Studie 1 dieser Arbeit ab.

6.1 AR Escape Game – Escape Fake

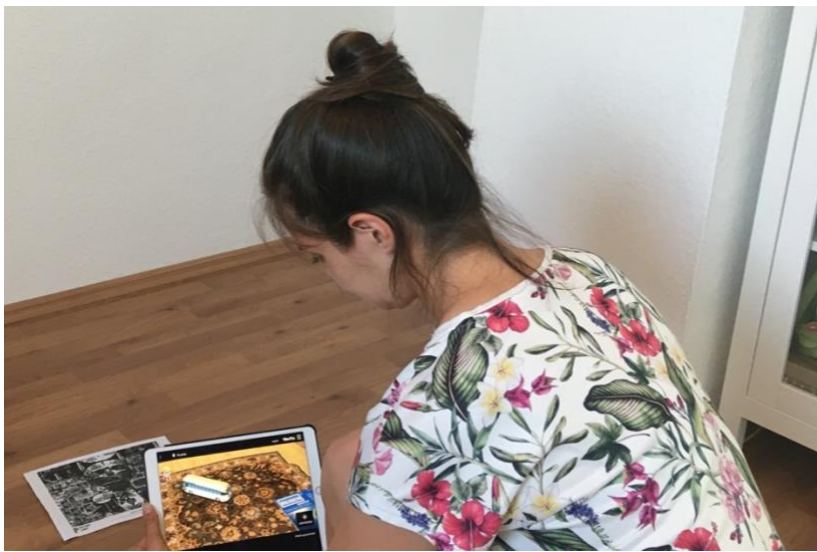
6.1.1 Beschreibung des Spiels

Das AR Escape Game *Escape Fake* wurde vom österreichischen Technologie-Start-Up *Polycular* entwickelt. Dank einer Unterstützung der *Advocate Europe* Stiftung stehen alle für das Spielen notwendigen Materialien als freie Bildungsressourcen online in deutscher und englischer Sprache zur Verfügung (Polycular, 2020). Technologisch setzt das Spiel auf den Marker-basierten AR-Typ. Dies bedeutet, dass Nutzerinnen und Nutzer zunächst über die Homepage escapefake.org das kostenlose Marker-Set herunterladen, dieses ausdrucken und entsprechend der Raumgröße die fünf DIN-A4 großen Marker im Raum platzieren (die Marker stehen als Anhang A zur Verfügung). Jeder Marker beinhaltet virtuelle Informationen, die mithilfe der *Escape-Fake-App* sichtbar werden. Die App steht sowohl für iOS als auch Android zur Verfügung.

Empfohlen wird, vier Marker an der Wand zu befestigen und einen auf den Boden zu legen. So aufgebaut, simulieren die Marker verschiedene Räume, z.B. ein Büro oder ein Wohnzimmer, mit diversen untersuchbaren und manipulierbaren Gegenständen. Um das Spiel zu gewinnen, müssen die in jedem Raum versteckten Rätsel geknackt werden. Abbildung 9 zeigt den Boden-Marker, der sich auf dem Display eines mobilen Endgerätes bei geöffneter App in einen Teppich verwandelt auf dem ein Spielzeug-Bully sowie ein blätterbares Magazin liegen.

Abbildung 9

Boden-Marker aus dem EscapeFake Spiel mit AR-Objekten



Anmerkung. Dieses Bild wurde vom Verfasser dieser Arbeit aufgenommen.

Durch das Antippen der Objekte mit den Fingern wird ein Chatbot aktiviert, der den jeweiligen Gegenstand beschreibt und Hinweise liefert, was die Spielerinnen und Spieler mit diesem tun können. Durch Ziehen und Ablegen können die Gegenstände in einem Inventar gesammelt und später an einem dafür vorgesehenen Ort mit anderen Objekten kombiniert werden. Durch dieses Ziehen und Ablegen werden in der Folge auch die Rätsel gelöst, z.B. kann in einer virtuellen Szene ein Hammer auf eine Vase gezogen werden, um diese zu zerbrechen und den Inhalt freizulegen. Nach jeder erfolgreichen Rätsellösung wird ein Multiple-Choice-Quiz freigeschaltet, das von den Spielerinnen und Spielern vor dem nächsten Rätsel bearbeitet werden muss. Werden die Fragen richtig beantwortet, können Punkte gewonnen werden, die am Ende zusammen mit der benötigten Zeit einen Gesamtscore ergeben. Maximal stehen den Spielerinnen und Spielern 25 Minuten zur Verfügung, um erfolgreich aus dem Escape Room „auszubrechen“ (Paraschivoiu et al., 2021).

In der Escape-Fake-App stehen zwei Escape Room Spiele zur Verfügung, die Marker bleiben für beide gleich. In dieser Arbeit wurde nur das erste Spiel untersucht, daher beziehen sich die nachfolgenden Beschreibungen auf dieses.

Im ersten Spiel erhalten die Lernenden zunächst eine Freundschaftsanfrage von Hannah Lee May, die sich als *Reverse History Hacker* vorstellt. Sie erzählt von einer nicht allzu weit in der Zukunft liegenden Welt, in der nicht mehr zwischen wahren und falschen Informationen unterschieden werden kann. Besonders die Verbreitung von politisch motivierten Fake News hat dazu geführt, dass Menschenrechte verletzt werden, Familien auseinanderbrechen und Wahlen als manipuliert gelten. Um diese zerrüttete Zukunft zu verhindern, bittet Hannah Lee May die Spielerinnen und Spieler um Hilfe. Die Zukunft kann gerettet werden, wenn bereits jetzt die Verbreitung von Fake News bekämpft wird, etwa durch das Erlangen von Wissen und Fähigkeiten, wie Fake News gestaltet und als solche identifiziert werden können. Am Ende entscheiden die Spielerinnen und Spieler, ob sie Hannah bei dieser Aufgabe helfen möchten oder nicht. Lautet die Antwort *Ja*, beginnt das Spiel (Paraschivoiu et al., 2021).

Die erste Geschichte mit dem Titel *The Bus Situation* konfrontiert die Lernenden mit einem Bild eines Reisebusses, um den sich viele Menschen versammelt haben. In einem Posting in den sozialen Netzwerken wird das Bild mit *Busfahrer in flagranti auf Italien Ausflug als Schlepper entlarvt!* betitelt. Der Leiter des betroffenen Busunternehmens ist verzweifelt, sind diese Anschuldigungen doch frei erfunden. Die Aufgabe der Lernenden ist es, dem Busunternehmer zu helfen und den Schwindel aufzuklären. Die bereits erwähnten Marker versetzten die Spielerinnen und Spieler dabei in unterschiedliche räumliche Situationen. Jeder Raum beinhaltet Gegenstände, die bei der Herstellung des Rufs des Busunternehmers helfen. Werden alle Rätsel erfolgreich gelöst, ist der erste Escape Room absolviert und die Lernenden sind sozusagen aus dem simulierten Raum „ausgebrochen“. Im Anschluss erhalten die Lernenden eine Zusammenfassung ihrer Leistung, die aus dem noch ausstehenden Zeitguthaben und den erzielten Punkten in den Multiple-Choice-Quizen besteht. Danach beginnt, wenn gewünscht, der zweite Escape Room. Ansonsten kann das Spiel verlassen und die App geschlossen werden.

6.1.2 Lernziele

Nach Paraschivoiu et al. (2021) adressiert Escape Fake sowohl kognitive als auch affektive Lernziele. Auf Seiten der kognitiven Lernziele werden Wissen über das Aussehen und die Gestaltung von Fake News sowie das Anwenden dieses Wissens zur Elaboration von potenziellen Falschinformationen, kritisches Denken und logisches Schlussfolgern

ausgewiesen. Zudem werden freie Online-Tools vorgestellt, die bei der Überprüfung von Informationen, die nicht offensichtlich als falsch erkannt werden können, unterstützen können, etwa die *Revers-Image Search* (z.B. Illinois University Library, 2020). Als affektive Lernziele werden vor allem motivationale und emotionale Ziele adressiert, etwa eine Steigerung des Interesses an dem Thema, das Erleben von Flow während des Spielens sowie das immersive Erleben einer authentischen Lernsituation.

6.1.3 Lerninhalte

Inhaltlich behandelt *Escape Fake* ein Thema, das von Forscherinnen und Forschern, politischen Institutionen und Pädagoginnen und Pädagogen als eine der größten Herausforderungen im 21. Jahrhundert bezeichnet wird: Die Bekämpfung der gezielten Verbreitung von Falschinformationen, Mythen- und Verschwörungstheorien, die in der Folge gesamtgesellschaftliche Auswirkungen auf das Zusammenleben und politische Entscheidungsprozesse haben können (Allcott & Gentzkow, 2017; Ciampaglia, 2018; Lewandowsky et al., 2017; Scheibenzuber et al., 2021; van der Linden, Leiserowitz, et al., 2017; van der Linden, Maibach, et al., 2017). Besonders deutlich wurde die Problematik der Verbreitung von Falschnachrichten erneut durch die weltweite Covid19-Pandemie, in der vor allem in den sozialen Medien verbreitete Verschwörungstheorien Angst und Misstrauen in Politik und Wissenschaft geschürt haben (Hua & Shaw, 2020). Die Weltgesundheitsorganisation *WHO* spricht in diesem Zusammenhang nicht nur von einer weltweiten gesundheitlichen Pandemie, sondern zusätzlich von einer Informations-basierten Pandemie, einer *Infodemic* (World Health Organization, 2020).

Der Erwerb von Wissen und Fertigkeiten, die bei der Identifizierung von Fake News unterstützen und damit ihre Verbreitung verhindern können, wird von der Politik zunehmend als integraler Bestandteil der Lehrpläne in Schulen und Hochschulen eingefordert (Carretero et al., 2017; Fraillon et al., 2019). Kirschner und Stoyanov (2018) beschreiben diese Fähigkeit als *Information Problem-Solving*, andere Autorinnen und Autoren sprechen von *Information Literacy*, *Digital Literacy* oder, vor allem im deutschsprachigen Raum, von kritischer Informations- und Medienkompetenz (Baron, 2019; Eshet-Alkalai, 2012; Fraillon et al., 2019; Schiefner-Rohs, 2012). Den Begriffen gemein ist, dass Menschen in der digital geprägten Welt mit Handlungsoptionen ausgestattet werden müssen, sodass sie aktiv an der Gestaltung dieser Welt teilhaben können (Baron, 2019; Kerres, 2020). Das kritische Hinterfragen von Informationen, vor allem aus den sozialen Netzwerken, ist hier zentral und wird als wichtigste Kompetenz für das 21. Jahrhundert ausgewiesen (Carretero et al., 2017; Fraillon et al., 2019).

Escape Fake adressiert dieses Thema und wurde von den Entwicklerinnen und Entwicklern auch gezielt dafür konzipiert, in der Fake-News-Erziehung eingesetzt zu werden (Paraschivoiu et al., 2021; Polycular, 2020).

6.3 Methode

Escape Fake wurde als Lernspiel konzipiert und entwickelt. Das Spiel weist die in Kapitel 4 identifizierten Merkmale von AR Escape Games auf. Eine Übersicht zu den Merkmalen und der Umsetzung in Escape Fake ist in Tabelle 7 dargestellt. Damit entspricht Escape Fake der in dieser Arbeit vorgeschlagenen Definition von AR Escape Spielen: Escape Fake kann als interaktives, multimediales Spiel ausgewiesen werden und dementsprechend anhand des in dieser Arbeit entwickelten adaptierten Modells der CATLM untersucht werden.

Tabelle 7

Merkmale von AR Escape Games und die Umsetzung in Escape Fake

Merkmals	Umsetzung in Escape Fake
<u>Interaktivität:</u>	
affektive & soziale Elemente	<ul style="list-style-type: none"> • Futuristische und spannende Story, die die Lernenden als Teil der Lösung für ein die ganze Welt betreffendes Problem ausmacht. • Hannah Lee May agiert als soziale Partnerin und der Busfahrer gibt den Lernenden das Gefühl, für eine andere Person etwas Gutes tun zu können.
kognitive & metakognitive Elemente	<ul style="list-style-type: none"> • Rätsel und Multiple-Choice-Quizze sowie Monitoring des eigenen Fortschritts.
körperliche Elemente	<ul style="list-style-type: none"> • Die simulierten Räume müssen durch aktive körperliche Aktivität aufgesucht und untersucht werden; auch intensivere Ganzkörperbewegungen werden initiiert (z.B. das Hinknien, um den Teppich zu untersuchen)
<u>Multimedia</u>	
Text	<ul style="list-style-type: none"> • Erzählungen

Audio	• Videos
Bilder	• Schriftliche Texte
Fassbares	• Beweg- und veränderbare virtuelle Objekte

Spielemente

Herausfordernde Mission	• Ruf des Busunternehmers wiederherstellen und zugleich die Zukunft positiv beeinflussen.
	•
Feedback	• Handlungen der Spielenden haben unmittelbare Auswirkungen auf das weitere Spielgeschehen.
	•
Regeln	• Multiple-Choice-Quizze müssen bearbeitet werden.
	•
Belohnungen	• Punkte werden sowohl für die Quizze als auch ein schnelles Erfüllen der Mission vergeben.

Bisher wurde eine Studie zu Escape Fake publiziert. In Paraschivoiu et al. (2021) wird das Spiel beschrieben und im Feld getestet. Erhoben wurden in dieser Studie jedoch nur motivationale Faktoren sowie die Einschätzung der Teilnehmenden, ob mithilfe des Spiels gelernt werden kann. Die Teilnehmenden an der Studie zeigten sich diesbezüglich zuversichtlich, empfanden das Spiel auch als motivierend sowie als immersive Spielerfahrung. Eine Überprüfung hinsichtlich kognitiver Lernziele sowie für das affektive Lernziel der Einstellungsveränderung hat bisher nicht stattgefunden. Aufgrund des durchdachten Designs und der Intention der Entwicklerinnen und Entwickler, Escape Fake für den Fake News Unterricht zu konzipieren, kann von einer positiven Wirkung des Spiels auf die genannten Lernleistungen ausgegangen werden. In Paraschivoiu et al. (2021) wurde das Spiel von den Lernenden als immersiv eingestuft, daher wird auch in Studie 1 dieser Arbeit davon ausgegangen, dass alle drei Immersionsstufen hohe Zustimmungswerte durch die Lernenden erfahren werden.

6.3.1 Stichprobe und Design

Um die Effekte von Escape Fake auf die Lernleistung und das Immersionserleben zu untersuchen, wurde ein Vortest-Nachtest-Design entwickelt und an einem deutschen Gymnasium im September 2020 während der regulären Unterrichtszeit durchgeführt. Insgesamt nahmen 28 Lernende, 14 Schülerinnen und 14 Schüler, mit einem Durchschnittsalter

von 14,71 Jahren ($SD = 1,88$) an der Untersuchung teil. Die Erhebungsinstrumente wurden mithilfe von SoSci Survey (Leiner, 2019) als Onlinefragebogen gestaltet.

6.3.2 Materialien

AR Escape Game

Als AR Escape Game diente das bereits beschriebene Spiel Escape Fake. Die fünf Marker-Bilder wurden in mehrfacher Ausführung vor der Durchführung der Untersuchung im Format DIN-A4 ausgedruckt und in die Schule mitgebracht. Aufgrund der zum Zeitpunkt der Erhebung geltenden Covid19-Hygienemaßnahmen, wurden alle Marker-Bilder laminiert, sodass nach jedem Gebrauch eine Reinigung der Bilder erfolgen konnte. Grundsätzlich war ein Berühren der Bilder jedoch nicht notwendig. Ebenso bereitgestellt wurden Tablet-Computer (iPads), auf denen die Escape-Fake-App bereits installiert war. Auch die Tablet-Computer wurden von einer Schutzhülle umgeben, sodass die Displays, auf denen die meisten Interaktionen mit den Fingern ausgeführt wurden, nach jedem Gebrauch mit Desinfektionsmittel gereinigt werden konnten. Das Spiel kann ohne bestehende Internetverbindung gespielt werden. Eine W-Lan-Verbindung wurde sicherheitshalber dennoch vorab auf allen Tablet-Computern hergestellt.

Test zur Erfassung des Wissenserwerbs

Um den Wissenserwerb zu erfassen, wurde ein aus acht Fragen bestehender Test mit jeweils vier Antwortmöglichkeiten konzipiert. Richtig war jeweils nur eine der vier Antwortmöglichkeiten. Wurde die Frage richtig beantwortet, gab es einen Punkt. Insgesamt konnten acht Punkte erzielt werden. Im Vortest konnten die Lernenden zusätzlich zu den vier Antwortmöglichkeiten die Option „Weiß ich noch nicht“ auswählen. Der Test wurde basierend auf den in Escape Fake vermittelten Inhalten gestaltet. Eine Beispielfrage lautet: *Was ist ein Hybrid-Fake? – **Eine Kombination aus echten und falschen Informationen**; Eine Fake News über Hybrid-Fahrzeuge; Eine Information, die sowohl online als auch offline zur Verfügung steht; Eine Fake-Nachricht, die offline entstanden ist und erst später den Weg ins Internet fand* (Fettmarkierung = richtige Antwort). Der gesamte Test für den Wissenserwerb steht als Anhang B zur Verfügung.

Anwendung des Wissens

Um die Anwendung des Wissens zu überprüfen, wurde ein im Feld der Fake-News Forschung gängiges Testformat aufgegriffen und für diese Studie adaptiert. Dieses Format sieht vor, dass Lernende mit konstruierten Postings aus den diversen sozialen Medien konfrontiert werden und

diese auf einer Likert-Skala hinsichtlich ihrer Zuverlässigkeit eingeschätzt werden müssen (siehe dazu Roozenbeek & van der Linden, 2019a, 2019b).

Für diese Untersuchung wurde auf vorhandene simulierte Postings zurückgegriffen, die freundlicherweise von der Redaktion handysektor.de (2017) zur Wiederverwendung zur Verfügung gestellt wurden (Anhang C). Die Lernenden haben die Postings auf einer 7-stufigen Skala von 1 = nicht zuverlässig bis 7 = sehr zuverlässig vor und nach der Intervention eingeschätzt. Abbildung 10 zeigt ein Beispiel-Posting der Evaluationsaufgabe. Alle Postings sind als Anhang D verfügbar.

Abbildung 10

Beispiel-Posting der Anwendungsaufgabe in Studie 1



Einstellung gegenüber Online-Informationen

Als Einstellungsvariable wurde für diese Untersuchung die Einstellung der Schülerinnen und Schüler hinsichtlich der Notwendigkeit, Informationen aus den sozialen Medien eigenständig auf Richtigkeit zu überprüfen, festgelegt. Da das verwendete AR Escape Room Spiel Wissen und Fertigkeiten zum Umgang mit Falschnachrichten im Netz vermittelt, bietet sich die Erhebung dieser spezifischen Einstellungsvariable an. Die Erhebung erfolgte anhand einer modifizierten Version der von Nee (2019) entwickelten *Information Verification Scale* (IV) (Anhang E). Die Skala besteht aus fünf Items, die jeweils auf einer 7-stufigen Skala von 1 = nie bis 7 = immer beantwortet werden. Ein Beispielitem lautet: *Ich denke sorgfältig über die gefundene Nachricht nach* (Vortest Cronbachs $\alpha = 0,72$, Nachtest Cronbachs $\alpha = 0,82$).

Immersionserleben

Zur Erfassung der drei Stufen des Immersionserlebens wurde auf das bereits beschriebene Instrument von Georgiou und Kyza (2017a) zurückgegriffen. Der *Augmented Reality Immersion Questionnaire* (ARI, Anhang F) wurde speziell für die Erhebung des Immersionserlebens in AR-basierten Lernumgebungen entwickelt und bietet sich daher für den Einsatz im Rahmen einer Studie zu einem AR Escape Game an. Das in dieser Arbeit genutzte und leicht modifizierte Instrument besteht aus 21 Items, die die drei Stufen des Immersionserlebens, Engagement, Engrossment und Total Immersion, erheben. Die Skala Engagement ergibt sich aus acht Items, z.B. „Es war einfach für mich, das AR Escape Room Spiel zu nutzen“, Cronbachs $\alpha = 0,60$. Die Skala Engrossment besteht aus sechs Items, z.B. „Ich habe ohne große Ablenkung lernen können“, Cronbachs $\alpha = 0,75$. Die Skala Total Immersion setzt sich aus sieben Items zusammen, z.B. „Während dem Spielen habe ich jegliches Zeitgefühl verloren“, Cronbachs $\alpha = 0,87$. Die Items werden über eine Likert-Skala von 1 = stimme gar nicht zu bis 7 = stimme ganz zu beantwortet.

6.3.3 Ablauf

Die Untersuchung wurde an einem deutschen Gymnasium an mehreren Tagen im September 2020 unter Berücksichtigung der für Schulen aufgrund von Covid-19 vorgeschriebenen Hygienemaßnahmen durchgeführt. Mehrere Lehrpersonen haben sich bereiterklärt, das Thema Fake News im Rahmen ihres Unterrichts mithilfe des AR Escape Room Spiels zu thematisieren. Die Erhebung fand in der schuleigenen Aula statt. Der Versuchsleiter hat die Räumlichkeiten vorab vorbereitet. Die Marker-Bilder wurden an freien Stellen der Wände angeklebt und die Tablet-Computer sowie ein Zettel mit Informationen zur Teilnahme (Anhang G) und dem Ablauf der Untersuchung auf Tischen bereitgelegt.

Zunächst wurden die Schülerinnen und Schüler begrüßt, der Versuchsleiter stellte sich kurz vor und die Erklärung zum Datenschutz wurde vorgelesen. Zudem wurden alle Anwesenden darüber informiert, dass die Teilnahme an der Untersuchung vollständig freiwillig erfolgt und jederzeit abgebrochen werden kann und darf. Die Nicht-Teilnahme oder der Abbruch hätte auch keine Auswirkungen auf schulische Angelegenheiten gehabt, z.B. Notengebung. Alle Teilnehmenden waren mit diesen Bedingungen einverstanden, niemand lehnte eine Teilnahme ab und niemand hat während der Untersuchung abgebrochen.

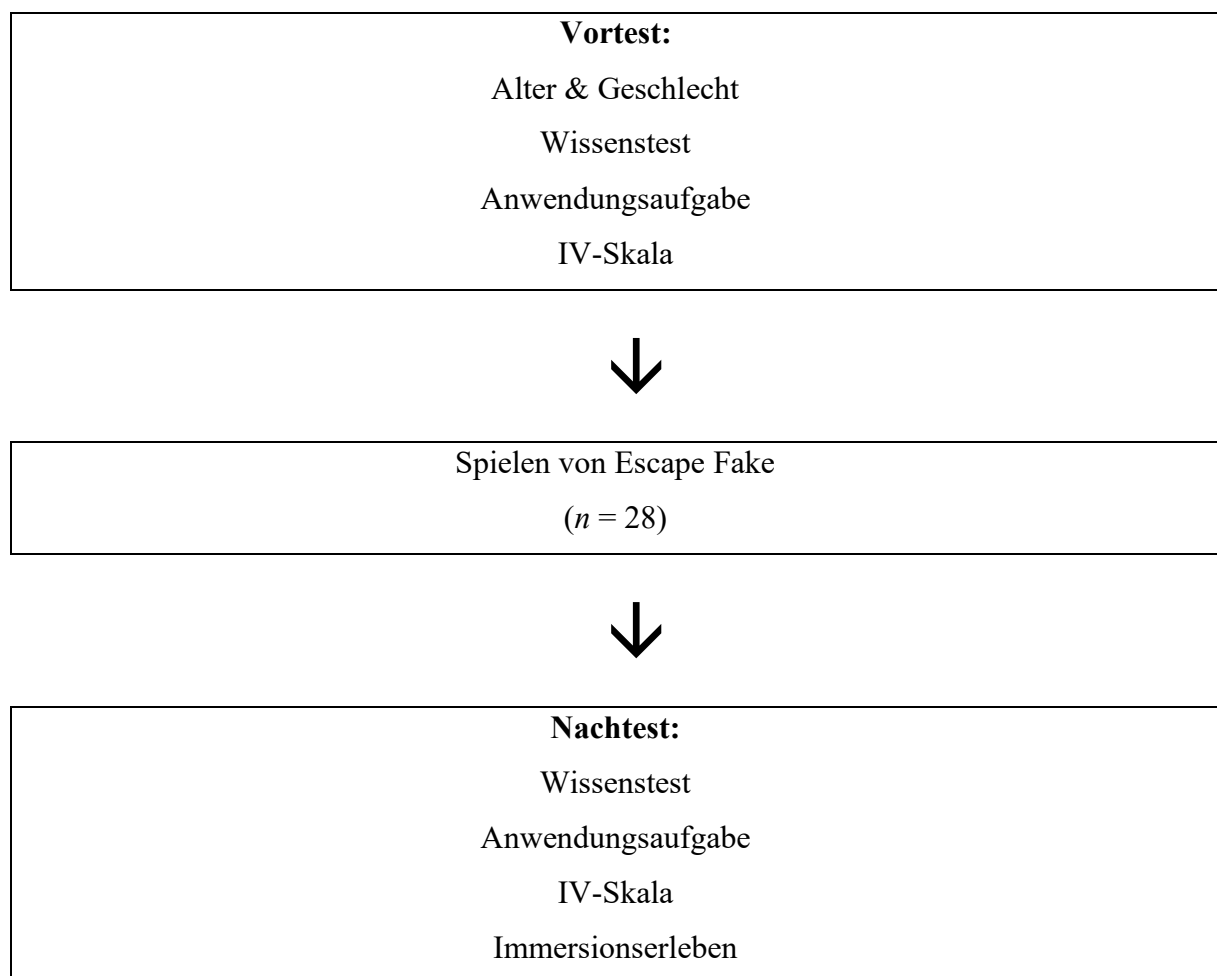
Um das Spiel spielen zu können, gab es eine kurze Einführung zur Steuerung.

Nach dieser Einführung haben die Teilnehmenden am Tablet den Vortest ausgefüllt. Die entsprechende Seite im Internet wurde ebenfalls in der Vorbereitung vom Versuchsleiter bereits

geöffnet. Der Vortest enthielt den Wissenstests, die IV-Skala, die Anwendungsaufgabe sowie Fragen zu Geschlecht und Alter der Lernenden. Nach Abschluss des Vortests spielten die Schülerinnen und Schüler das Escape Room Spiel Escape Fake. Teilnehmende, die das Spiel erfolgreich beendeten oder deren Zeitguthaben von 25 Minuten abgelaufen war, meldeten dies per Handzeichen an. Der Versuchsleiter händigte dann einen weiteren Zettel aus, mit dem die Teilnehmenden per URL oder QR-Code den Nachtest auf dem Tablet-Computer aufrufen und ausfüllen konnten. Dieser beinhaltete erneut den Wissenstest, die IV-Skala, die Anwendungsaufgabe sowie neu die Items zur Erfassung des Immersionserlebens. Die Dauer der gesamten Untersuchung entspricht in etwa zwei Unterrichtseinheiten (90 Minuten). Abbildung 11 fasst den Ablauf grafisch zusammen.

Abbildung 11

Grafische Darstellung zum Ablauf der Untersuchung in Studie 1



6.4 Ergebnisse

6.4.1 Datenaufbereitung

Die Einzelitems der IV-Skala und zu den drei Stufen des Immersionserleben wurden zu den jeweiligen Skalen durch Bildung des arithmetischen Mittels aggregiert. Im Wissenstest wurde jede richtige Frage mit einem Punkt honoriert, maximal waren acht Punkte zu erzielen. Die Punkte wurden in einer Skala summiert. Die Werte aus der Anwendungsaufgabe wurden umcodiert, sodass hohe Werte eine erfolgreiche Lösung der Aufgabe repräsentieren. Dies war notwendig, da drei der vier Posts Falschnachrichten darstellten und niedrige Werte (= diese Quelle ist nicht zuverlässig) somit als richtige Einschätzung einzustufen sind. Eine Überprüfung der Variablen auf Normalverteilung ergab mit Ausnahme des Wissens im Nachtest keine statistisch signifikante Abweichung von der Normalverteilung, Kolmogorov-Smirnov-Test: Vortest Wissen ($Z = 1,12, p = 0,17$), Nachtest Wissen ($Z = 1,50, p = 0,02$), Vortest IV ($Z = 0,68, p = 0,74$), Nachtest IV ($Z = 0,67, p = 0,77$), Vortest Evaluation ($Z = 0,80, p = 0,55$), Nachtest Evaluation ($Z = 0,77, p = 0,60$).

6.4.2 Deskriptive Statistik

In Tabelle 8 sind die deskriptiven Ergebnisse für die erhobenen Variablen aus dem Vortest und dem Nachtest ersichtlich. Wie erkennbar, haben alle Lernenden vom Spielen des Escape Fake Games profitiert und ihre Leistungen im Nachtest steigern können.

Das Immersionserleben wurde in dieser Studie anhand der drei hierarchischen Immersionsstufen Engagement, Engrossment und Total Immersion nur im Nachtest erhoben. Für die Stufe des Engagement berichten die Lernenden mit $M = 5,70$ ($SD = 0,78$) einen Wert, der etwa in Georgiou und Kyza (2018) als hoch eingestuft wird. Für die Immersionsstufe des Engrossment berichten die Schülerinnen und Schüler mit $M = 5,59$ ($SD = 1,14$) ebenfalls einen für diese Immersionsstufe hohen Wert (Georgiou & Kyza, 2018). Ähnlich verhält es sich mit der empfundenen Total Immersion, die von den in dieser Studie beteiligten Lernenden mit $M = 4,45$ ($SD = 1,36$) ebenfalls als hoch ausgewiesen wird, ähnlich den Werten der AR-Lernumgebung in Georgiou und Kyza (2018).

Tabelle 8*Deskriptive Statistik der erhobenen Variablen aus Studie 1*

Variable	Vortest		Nachtest	
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
Wissen	3,61	2,10	6,04	2,12
Anwendung	5,62	0,73	5,84	0,59
Einstellung IV	4,51	1,16	4,97	1,24
Engagement			5,70	0,78
Engrossment			5,59	1,14
Total Immersion			4,45	1,36

6.4.3 Effekte von Escape Fake im Vortest-Nachtest-Vergleich

Um zu überprüfen, ob sich die Lernenden im Nachtest gegenüber dem Vortest verbessert haben, wurde eine MANOVA mit Messwiederholung gerechnet. Als abhängige Variablen wurden die Ergebnisse der Lernenden aus dem Wissenstest, der Anwendungsaufgabe sowie der IV-Skala aus dem Vor- und Nachtest für die Analyse der Messwertwiederholung herangezogen. Der multivariate Vergleich zeigt einen signifikanten Haupteffekt für alle drei Variablen, $F(3, 25) = 22,57, p < 0,001, n_p^2 = 0,73$. Eine univariate Analyse zeigte für alle drei abhängigen Variablen signifikante Unterschiede zwischen Vor- und Nachtest (Übersicht in Tabelle 9).

Alle Lernenden haben sich hinsichtlich ihres Wissens zu Fake News im Nachtest ($M = 6,04, SD = 2,12$) im Vergleich zum Vortest ($M = 3,61, SD = 2,10$) signifikant verbessern können, $F(1, 27) = 50,18, p < 0,001, n_p^2 = 0,65$. Es wird geschlussfolgert, dass das Spielen von Escape Fake mit einer großen Effektstärke das Wissen zu Fake News erweitern kann.

Dies zeigte sich auch für die Anwendung des Wissens: Die Schülerinnen und Schüler konnten nach dem Lernen mit Escape Fake ($M = 5,84, SD = 0,59$) simulierte Postings aus den sozialen Netzwerken signifikant besser hinsichtlich ihrem Wahrheits- oder Falschheitsgehalt evaluieren als davor ($M = 5,62, SD = 0,73$), $F(1, 27) = 4,22, p < 0,05, n_p^2 = 0,14$, einseitige Testung. Der Effekt von Escape Fake auf die Anwendung des Wissens auf eine Evaluationsaufgabe ist groß. Auch die Werte in der IV-Skala haben sich bei allen Lernenden im Nachtest ($M = 4,97, SD = 1,24$) im Vergleich zum Vortest ($M = 4,51, SD = 1,16$) signifikant verbessert, $F(1, 27) = 7,99, p < 0,01, n_p^2 = 0,23$. Die Lernenden zeigen nach dem Spielen mit Escape Fake eine andere Einstellung hinsichtlich der Notwendigkeit, Online-Informationen eigenständig auf Richtigkeit zu überprüfen. Die Effektstärke ist erneut groß.

Tabelle 9*Ergebnisse der univariaten Analyse mit Messwiederholung*

Variable	Vortest		Nachtest		$F(1, 27)$	p	n_p^2
	M	SD	M	SD			
Wissen	3,61	2,10	6,04	2,12	50,18	0,000	0,65
Anwendung	5,62	0,73	5,84	0,59	4,22	0,025	0,14
Einstellung IV	4,51	1,16	4,97	1,24	7,99	0,009	0,23

6.5 Diskussion

In Studie 1 dieser Arbeit wurde untersucht, welche Effekte das AR Escape Game Escape Fake auf die Lernleistung und das Immersionserleben ausübt. Wie die Ergebnisse der Studie zeigen, haben sich die Lernenden im Wissens-Nachtest signifikant verbessert, die Effektstärke ist groß. Dieses Ergebnis deckt sich mit anderen Escape-Room-Studien, in denen eine signifikante Verbesserung bei einem Leistungsnachweis in einem Vortest-Nachtest-Design festgestellt wurde (Caldas et al., 2019; Eukel et al., 2017; Lopez-Pernas et al., 2019a). Die große und pädagogisch relevante Effektstärke zeigt, dass das von vielen Autorinnen und Autoren angenommene Bildungspotential von Escape Room Spielen auch empirisch haltbar ist.

Im Gegensatz zu den in Veldkamp, Knippels, et al. (2021) berichteten Einschätzungen von Lehrenden und Lernenden, kann auch Wissen mithilfe von solchen Spielen erworben werden. Zudem konnte nachgewiesen werden, dass die Lernenden im Nachtest besser in der Lage waren, falsche von wahren Nachrichten zu unterscheiden. Das Spielen von Escape Fake hat also auch eine positive Wirkung auf die Anwendung des erworbenen Wissens auf eine Problemstellung, die Effektstärke ist groß. Es wird festgehalten, dass Escape Fake in der Lage ist, die für bedeutsames Lernen notwendigen kognitiven Prozesse zu adressieren, sodass Wissen sowohl erinnert als auch angewandt werden kann. Als Erklärung können die in Escape Fake realisierten Merkmale interaktiver, multimedialer Spiele ausgemacht werden: Die Lernenden haben sich sowohl körperlich als auch kognitiv beteiligt und die Story hat die Lernenden auch affektiv in die Lernumgebung eintauchen lassen. Obwohl die Werte auf allen drei Immersionsstufen als hoch auszuweisen sind, hat das Erleben von Immersion in dieser Studie keine negativen Auswirkungen auf die Lernleistung ausgeübt. Ein weiterer interessanter Aspekt an Escape Fake ist die soziale Eingebundenheit der Lernenden in die Story: Zum einen arbeiten die Lernenden mit dem Chatbot Hannah Lee May zusammen, zum anderen werden sie sozial eingebunden, da sie einer anderen Person hilfreich zur Seite stehen. Die Relevanz sozialer

Aspekte für kognitive Prozesse wird bereits in der CTML von Mayer (2014a) als auch in der CATLM von Moreno und Mayer (2007) betont. Ganz aktuell betonen auch Schneider et al. (2021) die Bedeutsamkeit sozialer Aspekte im Rahmen multimedialer Lernangebote. Hannah Lee May kommt in Escape Fake noch eine weitere Rolle zu: Wie Paraschivoiu et al. (2021) beschreiben, fungiert der Chatbot als Game-Master, der den Lernenden Tipps für die Lösung der Rätsel bereitstellt. Damit wird in Escape Fake eine Art der Zusammenarbeit simuliert, die bei Lernende gar nicht erst das Gefühl der Überforderung aufkommen lässt. Dies kann als wesentlicher Unterschied zu anderen Lernspielen ausgemacht werden, in denen Lernende mit komplexen und herausfordernden Aufgabenstellungen allein gelassen werden. Folglich findet eine kognitive Überlastung statt und bedeutsames Lernen wird verhindert (Westera, 2015, 2019).

Bereits Moreno und Mayer (2007) weisen darauf hin, dass Lernprozesse in Simulationen und Spielen durch virtuelle Avatare oder pädagogische Agenten/Agentinnen unterstützt werden sollten. In der CTML und der CATLM wird dies als das Prinzip des geführt-entdeckenden Lernens (*Guided Discovery Learning*) diskutiert (de Jong & Lazonder, 2014). In Escape Fake wurde dieses Prinzip erfolgreich verankert, sodass bedeutsames Lernen stattfinden konnte. Das aktive Manipulieren und das Hantieren mit den virtuellen Gegenständen, um anspruchsvolle Rätsel zu lösen, entspricht zudem was Mayer (2020) eine effektive und aktive Instruktion bezeichnet: Es findet sowohl eine körperliche als auch eine mentale Aktivierung der Lernenden statt. Das Manipulieren von Objekten stellt dabei eine Form einer generativen Lernaktivität dar (Grabowski, 2004). Die integrierten Quizze ermöglichen den Lernenden darüber nachzudenken, was sie eben gelernt haben. Bei falschen Antworten gibt es zudem die Möglichkeit, das Quiz zu wiederholen. Diese Form des Selbsttestens von Wissen kann sich positiv auf den Wissenserwerb auswirken (z.B. Moreira et al., 2019). Damit kann auch die Problematik der fehlenden Zeit für vertieftes Nachdenken über die Inhalte, wie etwa von den Lehrenden in Veldkamp, Knippels, et al. (2021) kritisiert, entschärft werden. In Escape Fake stoppt die Zeit während der Bearbeitung der Quizze. Der Zeitdruck, der sich in anderen Studien zu Escape Spielen als lernhinderlich herausstellte (Hermanns et al., 2017; Veldkamp, Knippels, et al., 2021), fällt in diesem Moment weg.

Für die affektive Lernzieldimension der Einstellungsveränderung konnte ebenfalls eine signifikante Veränderung bei den Lernenden nachgewiesen werden. Dies bedeutet, dass die Schülerinnen und Schüler nach dem Spielen von Escape Fake die Relevanz der eigenständigen Überprüfung von Online-Informationen als bedeutsamer anerkennen als zuvor. Dieses Ergebnis bestätigt die Annahmen von Ouariachi und Wim (2020) sowie Veldkamp, Merx, et al. (2021),

wonach Escape Spiele zu Einstellungs- und Verhaltensänderungen beitragen können. Als Erklärung kann die intensive Eingebundenheit in die Geschichte herangezogen werden. Die Schülerinnen und Schüler wurden im Spiel Zeuge davon, welche negativen Konsequenzen die Verbreitung von Fake News auf Individuen oder deren berufliche Existenz haben kann. Diese emotional-affektive Eingebundenheit spiegelt sich auch in den drei Stufen zum Immersionserleben wider: Die Immersionsstufen Engagement und Engrossment wurden von den Lernenden nach dem Spielen von Escape Fake als hoch eingeschätzt. Dies bedeutet, dass die Lernenden die Bedienung der Anwendung als benutzerfreundlich empfanden, sie Interesse an der Lernaktivität hatten, sich emotional eingebunden fühlten und ihre Aufmerksamkeit auf die Aktivitäten des AR Escape Games lenken konnten. Auch die höchste Immersionsstufe, die Total Immersion, wurde von den Lernenden dieser Studie mit einem hohen Wert bedacht: Dies bedeutet, dass die Lernenden während des Spielens von Escape Fake vollständig in die simulierte Umwelt versunken waren und in der Bearbeitung der Aktivitäten aufgingen (Georgiou & Kyza, 2017a, 2018). Dies deckt sich mit theoretischen Einschätzungen als auch empirischen Befunden zu AR-basierten Lernumgebungen und Escape Spielen mit Bildungsabsicht, in denen diese als immersive Lernräume angenommen und ausgewiesen werden (z.B. Dede, 2009; Georgiou & Kyza, 2018; Jambhekar et al., 2020; Salar et al., 2020; Warmelink et al., 2017). Wie bereits erwähnt, hatte das immersive Erleben keine negativen Folgen für die kognitiven Prozesse und wirkte positiv auf das affektive Lernziel der Einstellungsveränderung.

6.6 Limitationen und offene Forschungsfragen

Studie 1 dieser Arbeit hat unersucht, ob mit dem AR Escape Game Escape Fake gelernt werden kann. Dazu wurde ein Vortest-Nachtest-Design ohne Kontrollgruppe durchgeführt. Studiendesigns ohne Kontrollgruppe sind problematisch, da die Aussagekraft der Ergebnisse eingeschränkt ist (Mayer, 2014b). Die fehlende Kontrollgruppe wird in dieser Studie damit begründet, dass vor weiteren Untersuchungen mit multimedialen Lernangeboten eine erste Evaluation hinsichtlich der Effektivität oder Ineffektivität dieser vorgenommen werden muss. Zu diesem Schluss kommt auch Mayer (2014b), insbesondere wenn es um die Erforschung der Lerneffekte von Spielen geht. Da in Paraschivoiu et al. (2021) keine Lerneffekte berichtet werden, war eine erste Evaluation des Spiels unumgänglich. In der Folge kann nun untersucht werden, welche Auswirkungen didaktische Variationen auf das Lernen mit Escape Fake haben. Weitere Limitationen von Studie 1 dieser Arbeit betreffen die relativ kleine Stichprobe sowie eine fehlende spätere Messung der Lernleistung. In einer zukünftigen Studie sollte das Escape

Fake Spiel unter Einbezug einer größeren Stichprobe erneut überprüft werden. Ebenso sollte eine Erhebung der Lernleistung zu einem späteren Zeitpunkt erneut durchgeführt werden. Ein weiterer limitierender Aspekt in Studie 1 ist die geringe interne Konsistenz der Skala Engagement (Cronbachs $\alpha = 0,60$). In den Studien von Georgiou und Kyza (2017a, 2018) hatte sich die Skala als reliabel erwiesen. Jedoch muss angemerkt werden, dass in den Georgiou und Kyza Studien die Stichprobengröße deutlich höher war als in Studie 1 dieser Arbeit. Ein Zusammenhang mit der Stichprobengröße muss daher angenommen werden. Für die weiteren Studien dieser Arbeit ergibt sich, dass die Anzahl der teilnehmenden Lernenden erhöht werden muss. Auch wenn Studie 1 dieser Arbeit einen Beitrag zur Forschungslücke hinsichtlich der Lerneffektivität von AR Escape Spielen beitragen kann, ist die Studie dahingehend limitiert, dass keine Kontrollgruppe inkludiert wurde. Dieser Aspekt wird in Studie 2 und 3 dieser Arbeit aufgegriffen.

6.7 Zusammenfassung

Das AR Escape Game Escape Fake hat sich als effektives Bildungsmedium für bedeutsames Lernen herausgestellt. Die beteiligten Lernenden konnten ihr Wissen über Fake News erweitern und simulierte Postings aus sozialen Netzwerken entsprechend als Falschnachricht oder wahre Information einschätzen. Zudem wurde nachgewiesen, dass das Spielen von Escape Fake auch das affektive Lernziel der Einstellungsveränderung adressieren kann. Die Lernenden in dieser Studie zeigen im Nachtest eine kritischere Haltung gegenüber der Notwendigkeit, Informationen aus den sozialen Netzwerken einer eigenen Überprüfung zu unterziehen. Desweiteren fühlten sich die Lernenden emotional mit der Geschichte des Spiels verbunden, konnten ihre Aufmerksamkeit auf die Lernaktivitäten lenken und fühlten sich in das Spiel versunken. Diese Ergebnisse zeigen, dass mithilfe des in Studie 1 untersuchten AR Escape Games Escape Fake gelernt werden kann und sowohl kognitive als auch affektive Lernziele durch dessen Einsatz adressiert werden können. Studie 1 dieser Arbeit trägt damit zu der bisher noch ungeklärten Frage bei, ob mit einem AR Escape Game gelernt werden kann. Zudem erweitert Studie 1 empirische Erkenntnisse hinsichtlich der Lerneffektivität von Escape Spielen. Nicht beantwortet wurde in Studie 1 dieser Arbeit die Frage, wie das Lernen mit Escape Fake noch verbessert werden kann. Insbesondere das Erleben von Total Immersion hat sich in der bisherigen Literatur als kritischer Faktor für effektives Lernen erwiesen (z.B. Cheng et al., 2017; Makransky, Terkildsen, et al., 2019). In den beiden Folgestudien dieser Arbeit werden daher didaktische Variationen getestet, die das höchste Immersionserleben reduzieren und in der Folge das Lernen mit Escape Fake verbessern sollen.

7. Studie 2 – Einfluss der Variation der körperlichen Involviertheit auf die Lernleistung und das Immersionserleben beim Lernen mit einem AR Escape Game

Nachdem in Studie 1 dieser Arbeit gezeigt werden konnte, dass mit dem AR Escape Game Escape Fake gelernt werden kann, wird in Studie 2 dieser Arbeit untersucht, ob das Lernen mit Escape Fake verbessert werden kann. Die Relevanz dieser Frage ergibt sich aufgrund der bisherigen kontroversen empirischen Befunde zum Zusammenhang von kognitiven Lernleistungen und dem Erleben von Immersion (z.B. Cheng et al., 2017; Makransky, Terkildsen, et al., 2019). Wie in Kapitel 4 ausführlich dargestellt, hat sich bisher nur die niedrigste Immersionsstufe, Engagement, wiederkehrend als positiv für Lernerfolge herausgestellt (Georgiou & Kyza, 2017a, 2018). Für die zweite Immersionsstufe, Engrossment, liegen bislang noch die wenigsten Daten vor. In den vorhandenen Studien wird sowohl ein positiver als auch negativer Zusammenhang von Engrossment und Lernleistungen berichtet (Cheng et al., 2017; Georgiou & Kyza, 2018). Klarer ist die Studienlage für das Erleben der höchsten Immersionsstufe, Total Immersion/Presence, welche sich in der Mehrzahl der Studien als ablenkend und in der Folge als lernhinderlich herausgestellt hat (z.B. Makransky, Terkildsen, et al., 2019). Wie bereits skizziert (siehe Kapitel 4), zeigt sich für die Förderung affektiver Lernziele Gegenteiliges: Ein hohes Erleben von Immersion hat sich als positiver Einflussfaktor erwiesen (Übersicht in Makransky, 2021).

Ein wesentlicher Faktor für das Erleben von Immersion in spielerischen Lernumgebungen ist die körperliche Eingebundenheit (Bianchi-Berthouze, 2013; Georgiou et al., 2019; Mühlhoff & Schütz, 2019b). Es wird angenommen, dass Bewegungen und physische Aktivitäten dafür sorgen, dass die Handlungs- und Interaktionsmöglichkeiten als natürlicher und vielfältiger empfunden werden im Vergleich zu Steuerungsmöglichkeiten, die mit Maus, Tastatur und anderen traditionellen Eingabegeräten ausgeführt werden (Bianchi-Berthouze, 2013; Pasch et al., 2009). Bewegungen führen zudem dazu, dass sich Lernende stärker in die Rolle einer Spielfigur versetzen können, da die Erlebnisse dieser Figur folglich aus der Egoperspektive erlebt werden (Gallagher & Lindgren, 2015; Nicholson, 2018) und eine intensivere Verbundenheit mit der Spielwelt entsteht (Coppi et al., 2014; Lindley et al., 2008). Lindgren et al. (2016) konnten dies in ihrer Studie zu einer Mixed-Reality-Simulation zum Erlernen

physikalischer Zusammenhänge demonstrieren. Insgesamt nahmen 113 Schülerinnen und Schüler an der Studie teil, die in einem Universitätslabor durchgeführt wurde. Eine Gruppe von Lernenden agierte in der Mixed-Reality-Simulation *MEteor*, eine zweite Gruppe lernte über dieselben Inhalte per Desktop-Computer. Die Mixed-Reality-Gruppe nutzte für das Erlernen von Planetenbahnen Ganz- und Teilkörperbewegungen, die direkte Auswirkungen auf eine am Boden simulierte Planetenumlaufbahn hatten. Die Kontrollgruppe führte dieselben Lernaktivitäten aus, steuerte diese jedoch per Maus und Tastatur. Wie sich zeigte, fühlte sich die Mixed-Reality-Gruppe stärker in die Lernumgebung involviert.

Lindgren et al. (2019) konnten diese Ergebnisse in einer weiteren Studie replizieren. Darin wurde eine über Gesten gesteuerte Plattform untersucht und mit einer Lernumgebung ohne körperliche Aktivitäten verglichen. Es zeigte sich, dass die über Gesten gesteuerte Lernumgebung zu einer stärkeren emotionalen Involviertheit beitrug im Vergleich zur Kontrollbedingung. In Georgiou et al. (2019) lernten 44 Grundschul Kinder mit einem Computerspiel über gesunde Ernährung. Eine Gruppe nutzte dabei die klassische Desktop-basierte Version, die andere Gruppe eine Version, die mithilfe von Ganzkörperbewegungen von den Kindern gesteuert und bedient wurde. Das Immersionserleben wurde mittels den Skalen aus dem ARI-Fragebogen (Georgiou & Kyza, 2017a) erhoben. Anders als vorhergesagt fanden sich keine signifikanten Unterschiede für eine der drei Immersionsstufen. Ein signifikanter Unterschied wurde für die Subskala Benutzerfreundlichkeit identifiziert. Hier berichteten die Lernenden der Desktop-Variante deutlich höhere Werte. Auch insgesamt zeigt sich, dass die Desktop-Gruppe die Skala Engagement höher bewertete als die Ganzkörper-Gruppe. Für Engrossment zeigten sich fast keine Unterschiede und Total Immersion wurde wiederum in der am Desktop sitzenden Gruppe der Lernenden weniger intensiv empfunden. Georgiou et al. (2019) kommen zu dem Schluss, dass bisherige Befunde zum Einfluss von körperlicher Involviertheit auf das Immersionserleben in Laborsituationen nachgewiesen wurden. Ihre Studie wurde im Feld durchgeführt, daher konnten die bisherigen Erkenntnisse nicht repliziert werden. Grundsätzlich halten Georgiou et al. (2019) fest, dass empirische Studien zum Einfluss von Ganzkörperbewegungen auf die drei unterschiedlich intensiven Immersionsstufen noch selten sind und mehr Forschung in diesem Bereich notwendig ist.

Studie 2 dieser Arbeit greift diesen Aufruf auf und modifiziert die physische Involviertheit als bewusste didaktische Variation beim Lernen mit dem Escape Fake AR Escape Game. Es wird angenommen, dass diese bewusste Herbeiführung einer geringeren körperlichen Involviertheit die drei Stufen des Immersionserlebens beeinflusst und sich in der Folge Unterschiede zwischen den Gruppen für kognitive und affektive Lernziele zeigen.

Ob diese Annahme zutrifft, wird in Studie 2 dieser Arbeit empirisch untersucht. Im nächsten Abschnitt wird zunächst die Forschungsfrage mit den zu überprüfenden Hypothesen im Detail dargestellt. Im Anschluss werden das methodische Vorgehen und die Ergebnisse präsentiert. Den Abschluss von Studie 2 bilden die Diskussion der Ergebnisse, Limitationen und offene Fragen sowie eine Zusammenfassung mit Implikationen für das weitere Forschungsvorhaben.

7.1 Forschungsfrage und Hypothesen

Das Ziel von Studie 2 dieser Arbeit ist zu untersuchen, ob durch die Variation der körperlichen Involviertheit das Lernen mit dem AR Escape Game Escape Fake verbessert werden kann. Die konkrete Forschungsfrage lautet:

Welchen Einfluss hat die Variation der körperlichen Involviertheit beim Lernen mit einem AR Escape Spiel auf kognitive Lernziele, ein affektives Lernziel sowie die drei Stufen des Immersionserlebens?

Folgende Hypothesen werden mithilfe eines randomisierten Feldexperiments überprüft:

Hypothese 1 – Wissenserwerb: Die Variation der körperlichen Involviertheit reduziert das als kritisch für den Lernerfolg nachgewiesene Erleben von Total Immersion und fördert zugleich die beiden weniger intensiven und lernförderlichen Stufen des Immersionserlebens (Engagement, Engrossment), wie etwa in Georgiou et al. (2019). Als Konsequenz werden die für bedeutsames Lernen notwendigen kognitiven Prozesse der Selektion, Organisation und Integration nicht gestört und die Konstruktion von Wissen kann effektiv stattfinden. Dies deckt sich mit den Annahmen der modifizierten CATLM (Plass & Kaplan, 2016), wonach Affekt die kognitiven Prozesse moderiert. Hypothese 1 lautet daher wie folgt:

H1: Das Lernen mit dem AR Escape Game mit geringerer physischer Involviertheit ist besser in der Lage, die für bedeutsames Lernen notwendigen kognitiven Prozess zu fördern, sodass die Lernenden der Experimentalgruppe sich mehr Wissen aneignen als die Lernenden einer Kontrollgruppe, die das Spiel mit stärkerer physischer Involviertheit spielen.

Hypothese 2 – Anwendung des Wissens: Die Variation der körperlichen Involviertheit reduziert das lernhinderliche Erleben von Total Immersion und fördert zugleich die beiden weniger intensiven und lernförderlichen Stufen des Immersionserlebens (Engagement, Engrossment),

wie z.B. in Georgiou et al. (2019). Als Konsequenz werden die für bedeutsames Lernen notwendigen kognitiven Prozesse der Selektion, Organisation und Integration nicht gestört und die Konstruktion von Wissen kann effektiv stattfinden. Dies deckt sich mit den Annahmen der modifizierten CATLM (Plass & Kaplan, 2016), wonach Affekt die kognitiven Prozesse moderiert. Hypothese 2 lautet daher wie folgt:

H2: Das Lernen mit dem AR Escape Game mit geringerer physischer Involviertheit ist besser in der Lage, die für bedeutsames Lernen notwendigen kognitiven Prozess zu fördern, sodass die Lernenden der Experimentalgruppe eine bessere Leistung bei der Anwendung des Wissens auf eine Evaluationsaufgabe demonstrieren als die Lernenden einer Kontrollgruppe, die das Spiel mit stärkerer physischer Involviertheit spielen.

Hypothese 3 – Auswirkungen der Intervention auf das affektive Lernziel der Einstellungsveränderung: Für affektive Lernziele hat sich insbesondere das Erleben von Total Immersion/Presence als förderlich herausgestellt (z.B. Makransky, 2021). Da die Intervention darauf abzielt, dieses hohe Erleben von Immersion zu reduzieren, muss von einer negativen Konsequenz für das Lernziel der Einstellungsveränderung ausgegangen werden. Hypothese 3 lautet demnach wie folgt:

H3: Das Lernen mit dem AR Escape Game mit geringerer physischer Involviertheit reduziert das Erleben der höchsten Immersionsstufe, sodass die Lernenden der Experimentalgruppe eine weniger starke Einstellung gegenüber der Notwendigkeit, Online-Informationen selbständig zu überprüfen, berichten als die Lernenden einer Kontrollgruppe, die das Spiel mit stärkerer physischer Involviertheit spielen.

Hypothesen 4, 5 und 6 – Immersionserleben: Körperliche Involviertheit wird als zentraler Faktor für das Erleben von Immersion ausgewiesen (Bianchi-Berthouze, 2013; Georgiou et al., 2019; Mühlhoff & Schütz, 2019b). Wie weiter oben ausführlich skizziert, sorgt Bewegung für ein stärkeres Erleben der Spielwelt, mehr Kontrolle und eine intensivere Involviertheit in den generierten Kontext (Coppi et al., 2014). Die meisten dieser Studien zielten dabei auf die Erhebung von Total Immersion/Presence ab, für die beiden weniger intensiven Immersionsstufen, Engagement und Engrossment, scheint die körperliche Involviertheit weniger bedeutsam zu sein. In Georgiou et al. (2019) wiederum hat sich gezeigt, dass Lernende ohne Ausführung von Körperbewegungen das Engagement als intensiver wahrnahmen und die

Immersionsstufe Engrossment als in etwa gleich intensiv wie jene Lernenden, die Ganzkörperbewegungen während des Spielens ausführten. Weiter gilt es anzumerken, dass das Erleben von Engagement und Engrossment in der bisherigen Literatur als lernförderlich in multimedialen Lernumgebungen nachgewiesen wurde (Cheng et al., 2015, 2017; Georgiou & Kyza, 2017a, 2018). In Studie 2 dieser Arbeit wird mit der Reduktion der körperlichen Involviertheit das Ziel verfolgt, die für bedeutsames Lernen notwendigen kognitiven Prozesse anzuregen. Eine negative Konsequenz für das Engagement und das Engrossment wird daher nicht erwartet. Wichtig ist an dieser Stelle anzumerken, dass Theorien zur Bedeutsamkeit körperlicher Bewegungen während des Lernprozesses, etwa die Theorie der Embodied Cognition (Wilson & Foglia, 2017), dieser Annahme entgegenstehen. Jedoch hat die bisherige Forschung zu Bewegungen gezeigt, dass Teilkörperbewegungen, etwa Gesten, die Lernleistung steigern können (Mavilidi et al., 2015; Sepp et al., 2019; Toumpaniari et al., 2015). Für Ganzkörperbewegungen liegen solche Erkenntnisse noch nicht vor. Zum Beispiel haben Scheiter, Brucker, et al. (2020) keinen Effekt bei der Variation von Ganzkörperbewegungen beim Erlernen von Inhalten aus der Biologie nachweisen können. In Studie 2 dieser Arbeit werden nicht die Teilkörperbewegungen variiert, die etwa notwendig sind, um digitale Objekte mit kleinen Berührungsgesten zu verschieben, zu sammeln und miteinander zu kombinieren, sondern die Bewegung des ganzen Körpers. Folglich werden die folgenden Hypothesen für das Erleben der drei Immersionsstufen getestet:

H4: Das Lernen mit dem AR Escape Game mit geringerer physischer Involviertheit lässt die Lernenden der Experimentalgruppe ein höheres Engagement erleben als die Lernenden einer Kontrollgruppe, die das Spiel mit stärkerer physischer Involviertheit spielen.

H5: Das Lernen mit dem AR Escape Game mit geringerer physischer Involviertheit lässt die Lernenden der Experimentalgruppe ein höheres oder zumindest gleich hohes Engrossment erleben als die Lernenden einer Kontrollgruppe, die das Spiel mit stärkerer physischer Involviertheit spielen.

H6: Das Lernen mit dem AR Escape Game mit geringerer physischer Involviertheit lässt die Lernenden der Experimentalgruppe eine geringere Total Immersion erleben als die Lernenden einer Kontrollgruppe, die das Spiel mit stärkerer physischer Involviertheit spielen.



7.2 Methode

7.2.1 Stichprobe und Design

An Studie 2 dieser Arbeit nahmen insgesamt 82 Lernende, 41 Schülerinnen und 41 Schüler, mit einem Durchschnittsalter von 16,13 Jahren ($SD = 1,37$) teil. Mithilfe der Software G*Power (z.B. Faul et al., 2007) wurde vorab die Mindestanzahl an Teilnehmenden berechnet. Dabei wurde eine durchschnittliche Effektstärke von 0.16 angestrebt, der Alphafehler mit 0.05 und die Teststärke mit 0.95 festgelegt. Diese Analyse führte zu einer Mindestteilnehmendenanzahl von 52. Um zu untersuchen, welchen Einfluss die Variation der physischen Involviertheit auf die Lernleistung und das Immersionserleben hat, wurde ein randomisiertes Feldexperiment konzipiert und durchgeführt. Die unabhängige Variable ist die Variation der physischen Involviertheit: Die Experimentalgruppe ($n = 42$) lernte mit dem Escape Fake Spiel in einer sitzenden Position, um das Escape Game nicht als hoch-immersive Lernumgebung erleben zu können. Die Kontrollgruppe ($n = 40$) spielte das Escape Fake Spiel im Stehen und musste zum Aufsuchen der simulierten Räumlichkeiten physisch aktiv werden. In Tabelle 10 findet sich eine Übersicht für das durchgeführte Forschungsdesign, das nach Mayer (2014b) dem *Value-Subtracted* Ansatz entspricht: Die Basisversion eines Spiels wird in der Experimentalgruppe anders gespielt als ursprünglich vorgesehen. Die Erhebung der Daten erfolgte wie in Studie 1 über einen mithilfe von SoSci Survey (Leiner, 2019) gestalteten Onlinefragebogen.

Tabelle 10

Das Forschungsdesign von Studie 2 im Überblick

Experimentalgruppe ($n = 42$) mit geringer physischer Involviertheit – sitzend	Kontrollgruppe ($n = 40$) mit hoher physischer Involviertheit – bewegend
	

7.2.2 Materialien

AR Escape Game

In Studie 2 dieser Arbeit wurde das bereits beschriebene und in Studie 1 untersuchte AR Escape Game Escape Fake eingesetzt (Marker-Bilder als Anhang A verfügbar). Für die Experimentalgruppe wurden die Marker-Bilder nach Rücksprache mit dem Polycular-Team verkleinert (siehe Abbildung 12; alle verkleinerten Marker-Bilder sind als Anhang H verfügbar). So konnte sichergestellt werden, dass die Teilnehmenden während des Spielens auch im Sitzen alle Inhalte einsehen können. Die verkleinerten Marker wurden nicht an den Wänden oder am Boden platziert, sondern lagen auf den in der Aula vorbereiteten Tischen. Aufgrund der Covid19-Hygienemaßnahmen wurden auch die verkleinerten Marker einzeln laminiert, sodass eine Reinigung nach jedem Gebrauch möglich war. In diesem Fall war das notwendig, da die Lernenden die Marker aufheben und vor die Kameras der Tablet-Computer halten mussten. Die Tablet-Computer (iPads) mit der vorinstallierten Escape-Fake-App wurden wieder vom Versuchsleiter mitgebracht und zur Verfügung gestellt.

Abbildung 12

Beispiel für ein verkleinertes Marker-Bild



Test zur Erfassung des Wissenserwerbs

Um den Wissenserwerb der Lernenden in Studie 2 zu erfassen, wurde der gleiche Test wie in Studie 1 verwendet (Anhang B). Bei diesem Test konnten die Lernenden maximal acht Punkte erzielen. Eine Beispielfrage lautet: *Was ist ein Hybrid-Fake? – **Eine Kombination aus echten und falschen Informationen**; Eine Fake News über Hybrid-Fahrzeuge; Eine Information, die sowohl online als auch offline zur Verfügung steht; Eine Fake-Nachricht, die offline entstanden ist und erst später den Weg ins Internet fand* (Fettmarkierung = richtige Antwort).

Anwendung des Wissens

Die Anwendung des Wissens wurde erneut mithilfe von vier simulierten Postings aus den sozialen Medien gemessen. Abbildung 13 zeigt ein Beispiel-Posting der Evaluationsaufgabe. Alle Postings sind als Anhang D verfügbar.

Abbildung 13

Beispiel-Posting der Anwendungsaufgabe in Studie 2



Einstellung gegenüber Online-Informationen

Als Einstellungsvariable wurde für diese Untersuchung die Einstellung der Schülerinnen und Schüler hinsichtlich der Notwendigkeit, Informationen aus den sozialen Medien eigenständig auf Richtigkeit zu überprüfen, festgelegt. Da das verwendete AR Escape Room Spiel Wissen und Fertigkeiten zum Umgang mit Falschnachrichten im Netz vermittelt, bietet sich die Erhebung dieser spezifischen Einstellungsvariable an. Die Erhebung erfolgte in Studie 2 erneut anhand der modifizierten Version der von Nee (2019) entwickelten *Information Verification Scale* (IV) (Anhang E). Die Skala besteht aus fünf Items, die jeweils auf einer 7-stufigen Skala von 1 = nie bis 7 = immer beantwortet werden. Ein Beispielitem lautet: *Ich denke sorgfältig über die gefundene Nachricht nach* (Vortest Cronbachs $\alpha = 0,81$, Nachtest Cronbachs $\alpha = 0,82$).

Immersionserleben

Zur Erhebung des Immersionserlebens wurde erneut auf die modifizierte Version des von Georgiou und Kyza (2017a) entwickelten *Augmented Reality Immersion Questionnaire* (ARI, Anhang F) zurückgegriffen: Immersionsstufe Engagement Cronbachs $\alpha = 0,77$ (8 Items; z.B.

„Es war einfach für mich, dass AR Escape Room Spiel zu nutzen“); Immersionsstufe Engrossment Cronbachs $\alpha = 0,73$ (6 Items; z.B. „Ich habe ohne große Ablenkung lernen können“); Immersionsstufe Total Immersion Cronbachs $\alpha = 0,75$ (7 Items; „Während dem Spielen habe ich jegliches Zeitgefühl verloren“). Die Items werden über eine Likert-Skala von 1 = stimme gar nicht zu bis 7 = stimme ganz zu beantwortet.

7.2.3 Ablauf

Die Erhebungen für Studie 2 dieser Arbeit wurden an einem deutschen Gymnasium an mehreren Tagen im September unter Berücksichtigung der für Schulen aufgrund der Covid-19 vorgeschriebenen Hygienemaßnahmen durchgeführt. Mehrere Klassenlehrer und -lehrerinnen hatten sich bereit erklärt, dass Thema Fake News mithilfe des Escape Fake Spiels zu thematisieren. Die Erhebungen fanden erneut in der Aula, die vorab vom Versuchsleiter vorbereitet wurde, statt. Abbildung 14 zeigt einen Blick in die Aula mit den vorbereiteten Tischen. Für die Kontrollgruppe wurden die A4-Marker-Bilder so platziert, dass die Lernenden durch Bewegung die virtuellen Räume aufsuchen mussten.

Abbildung 14

Blick in die vorbereitete Aula



Anmerkung. Das Bild wurde vom Verfasser dieser Arbeit aufgenommen.

Für die Experimentalgruppe wurden die verkleinerten Marker-Bilder zusammen mit den Tablet-Computern und dem Informationszettel auf vorab aufgestellten Tischen bereitgelegt (Abbildung 15).

Beim Betreten der Aula setzten sich die Schülerinnen und Schüler zufällig an einen der vorbereiteten Tische. Auf allen Tischen lagen die Informationszettel mit den Informationen zum Ablauf der Untersuchung, der Einverständniserklärung zur Teilnahme sowie einem Code, der die Lernenden zu einer der beiden Bedingungen zuteilte.

Zunächst wurden die Schülerinnen und Schüler begrüßt, der Versuchsleiter stellte sich kurz vor und die Erklärung zum Datenschutz wurde vorgelesen. Zudem wurden alle Anwesenden darüber informiert, dass die Teilnahme am Experiment vollständig freiwillig erfolgt und jederzeit abgebrochen werden kann und darf. Die Nicht-Teilnahme oder der Abbruch hätte auch keine Auswirkungen auf schulische Angelegenheiten gehabt, z.B. Notengebung. Alle Teilnehmenden waren mit diesen Bedingungen einverstanden, niemand lehnte eine Teilnahme ab und niemand hat während des Experiments abgebrochen. Zwei Schülerinnen und ein Schüler befanden sich noch am Beginn ihres Deutschkurses, für sie war das Verstehen der Fragebogen-Items zu schwierig. Da das *Escape Fake* Spiel auch als englische Version zur Verfügung steht, haben diese Jugendlichen das Spiel auf englisch gespielt, jedoch keine Fragebögen ausgefüllt.

Abbildung 15

Die vorbereiteten Tische mit Tablet-Computern, verkleinerten Marker-Bildern und den Zetteln mit den Informationen zum Ablauf der Untersuchung



Anmerkung. Das Bild wurde vom Verfasser dieser Arbeit aufgenommen.

Um das Spiel spielen zu können, gab es eine kurze Einführung zur Steuerung. Im Anschluss wurden die Schülerinnen und Schüler darauf hingewiesen, was in der jeweiligen Bedingung nach dem Ausfüllen des Vortests passieren wird und an welche Regeln sie sich halten mussten.

So mussten etwa jene Lernenden mit dem Buchstaben „A“ auf ihrem Zettel nach dem Ausfüllen aufstehen, zu den Markern gehen und das Escape Room Spiel stehend absolvieren. Teilnehmende mit einem „B“ hingegeben konnten sitzen bleiben und direkt am Tisch das Spiel starten.

Nach dieser Einführung haben die Teilnehmenden am Tablet den Vortest ausgefüllt. Die entsprechende Seite im Internet wurde ebenfalls in der Vorbereitung vom Versuchsleiter geöffnet. Der Vortest enthielt den Wissenstest, die IV-Skala, die Anwendungsaufgabe sowie Fragen zu Geschlecht und Alter der Lernenden. Ein weiteres Feld mit der Bezeichnung „Code“ diente dazu, den auf dem Zettel stehenden Code, bestehend aus einem Buchstaben und einer Zahl, einzutragen (z.B. B44). Derselbe Code wurde dann auch im Nachtest verwendet, um dort auf die erneute Erhebung der allgemeinen Daten verzichten zu können.

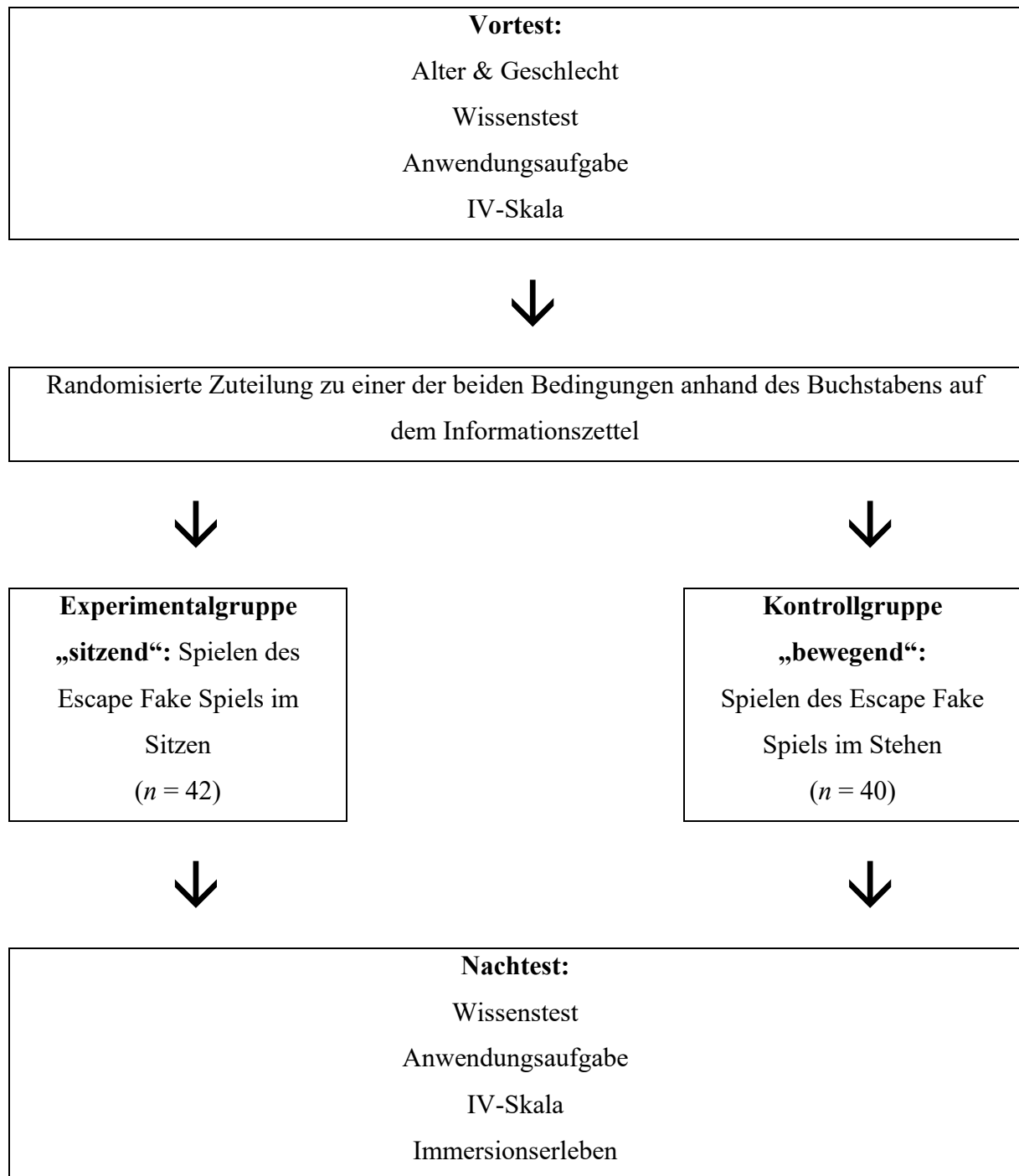
Nach Abschluss des Vortests hat der Versuchsleiter den Zettel an sich genommen und die Teilnehmenden der Kontrollgruppe zu den im Raum platzierten Markern geführt sowie die Teilnehmenden der Experimentalgruppe gebeten, das Spiel mit den am Tisch liegenden verkleinerten Markern zu beginnen.

Teilnehmende, die das Spiel erfolgreich beendeten oder deren Zeitguthaben von 25 Minuten abgelaufen war, meldeten dies per Handzeichen an. Der Versuchsleiter händigte dann einen weiteren Zettel aus, mit dem die Teilnehmenden per URL oder QR-Code den Nachtest aufrufen und ausfüllen konnten. Dieser beinhaltete neben einem Feld für die erneute Eingabe des Codes die Instrumente aus dem Vortest sowie neu den Fragebogen zum Immersionserleben.

Die Dauer der gesamten Untersuchung entspricht in etwa zwei Unterrichtseinheiten (90 Minuten). Abbildung 16 fasst den Ablauf grafisch zusammen.

Abbildung 16

Grafische Darstellung zum Ablauf der Untersuchung in Studie 2



7.3 Ergebnisse

7.3.1 Datenaufbereitung

Die Aufbereitung der Daten erfolgte wie in Studie 1. Die beiden Gruppen wurden mit 1 = sitzend und 2 = bewegend kodiert.

Eine Überprüfung der Variablen auf Normalverteilung ergab mit Ausnahme des Wissens im Vortest und im Nachtest keine statistisch signifikante Abweichung von der Normalverteilung, Kolmogorov-Smirnov-Test: Vortest Wissen ($Z = 1,62, p = 0,01$), Nachtest Wissen ($Z = 2,36, p < 0,00$), Vortest IV ($Z = 0,92, p = 0,36$), Nachtest IV ($Z = 0,56, p = 0,91$), Vortest Evaluation ($Z = 1,21, p = 0,11$), Nachtest Evaluation ($Z = 1,02, p = 0,25$), Engagement ($Z = 1,04, p = 0,23$), Engrossment ($Z = 0,66, p = 0,78$), Total Immersion ($Z = 0,53, p = 0,94$).

7.3.2 Deskriptive Statistik

In Tabelle 11 sind die Mittelwerte mit Standardabweichung aller erhobenen Variablen für jede Bedingung dargestellt. Wie ersichtlich, haben sich alle Lernenden beim Wissen zu Fake News und der Bereitschaft, Online-Informationen zu überprüfen, verbessern können. Keine Verbesserung zeigt sich für die Leistung der Lernenden in der Anwendungsaufgabe. In beiden Gruppen schneiden die Lernenden hier geringfügig schlechter im Nachtest ab als im Vortest. Für die beiden unteren Immersionsstufen, das Engagement und das Engrossment, berichten die Lernenden der sitzenden Bedingung höhere Werte als die Lernenden der stehenden Bedingung. Wie in Tabelle 11 auch erkennbar, empfanden die Lernenden beider Gruppen ein ähnlich hohes Erleben von Total Immersion, der höchsten Stufe im Immersionskontinuum.

Tabelle 11

Mittelwerte mit Standardabweichung der in Studie 2 erhobenen Variablen

	Sitzend ($n = 42$)		Bewegend ($n = 40$)	
	Vortest	Nachtest	Vortest	Nachtest
	$M (SD)$	$M (SD)$	$M (SD)$	$M (SD)$
Wissen	4,64 (1,79)	6,57 (1,67)	4,05 (1,62)	6,50 (1,55)
Anwendung	5,88 (0,68)	5,76 (0,74)	5,79 (0,47)	5,71 (0,49)
Einstellung IV	3,96 (1,27)	4,31 (1,19)	4,11 (1,26)	4,52 (1,26)
Engagement		5,57 (1,01)		5,23 (0,98)
Engrossment		5,06 (1,10)		4,61 (1,01)
Total Immersion		3,72 (1,13)		3,73 (0,94)

7.3.3 Vortest-Nachtest Vergleich

Zunächst wird überprüft, ob die in Studie 1 gefundenen Ergebnisse zur Effektivität von Escape Fake im Vor-Nachtest-Vergleich repliziert werden konnten. Dazu wurde eine MANOVA mit Messwiederholung gerechnet. Als abhängige Variablen wurden die Ergebnisse der Lernenden aus dem Wissenstest, der IV-Skala sowie der Anwendungsaufgabe aus dem Vor- und Nachtest für die Analyse der Messwertwiederholung herangezogen.

Der multivariate Vergleich zeigt einen signifikanten Haupteffekt, $F(3, 78) = 38,22, p < 0,001, n_p^2 = 0,60$. Eine univariate Analyse bestätigt für das Wissen ($F(3, 78) = 108,10, p < 0,001, n_p^2 = 0,58$) und die IV-Skala ($F(3, 78) = 6,61, p = 0,012, n_p^2 = 0,08$) signifikante Unterschiede mit einer großen Effektstärke für das Wissen und einer mittleren Effektstärke für die Ergebnisse in der IV-Skala zwischen Vor- und Nachtest. Kein Effekt wurde in Studie 2 hinsichtlich der Anwendung des Wissens gefunden, $F(3, 78) = 1,74, p = 0,19, n_p^2 = 0,02$.

7.3.4 Testung der Hypothesen

Um die Hypothesen 1, 2 und 3 von Studie 2 zu testen wurde eine MANCOVA mit den Nachtest-Ergebnissen der abhängigen Variablen Wissen, Anwendung und IV gerechnet. Als Kovariaten wurden die Vortest-Ergebnisse des Wissenstests, der IV-Skala und der Anwendungsaufgabe herangezogen. Als unabhängige Variable wurde die Bedingung, sitzend oder bewegend, definiert.

Bei den Kovariaten zeigt sich ein signifikanter Einfluss des Vorwissens ($F(3, 75) = 4,22, p = 0,008, n_p^2 = 0,15$), der sowohl für das Wissen im Nachtest ($F(1, 77) = 9,20, p = 0,003, n_p^2 = 0,11$) als auch die Leistung in der Nachtest-Anwendungsaufgabe ($F(1, 77) = 5,08, p = 0,027, n_p^2 = 0,06$) signifikant ist. Das Ergebnis aus dem Nachtest-Wissen korreliert signifikant mit dem Vortest-Wissen, $r = 0,34, p = 0,002$, und den Ergebnissen in der Nachtest-Anwendungsaufgabe, $r = 0,27, p = 0,014$.

Zudem erweist sich der Wert der Vortest-IV als signifikanter Einflussfaktor ($F(3, 75) = 6,95, p < 0,001, n_p^2 = 0,22$), allerdings ausschließlich für die Skala Nachtest-IV ($F(1, 77) = 22,03, p < 0,001, n_p^2 = 0,19$). Die beiden Werte korrelieren signifikant, $r = 0,42, p < 0,001$.

Der multivariate Vergleich für beide Bedingungen zeigt keinen signifikanten Haupteffekt, $F(3, 75) = 0,08, p = 0,97, n_p^2 = 0,003$. Die univariate Analyse bestätigt diesen Befund (Übersicht in Tabelle 12). Hypothese 1 muss demnach verworfen werden. Die Variation der physischen Involviertheit hatte keinen signifikanten Einfluss auf den Wissenserwerb, $F(1, 77) = 0,14, p > 0,05, n_p^2 = 0,002$. Beide Gruppen haben vom Spielen des Escape Fake Spiels hinsichtlich ihres Erwerbs von Wissen zu Fake News profitieren können. Die Werte in Tabelle 11 spiegeln dies

auch wider: Die Lernenden in beiden Gruppen erreichen mit Mittelwerten um 6,50 eine hohe Punktezahl im Nach-Wissenstest. Insgesamt konnten acht Punkte erreicht werden.

Auch Hypothese 2 muss verworfen werden. Die Variation der physischen Involviertheit hatte keinen Effekt auf die Anwendung des Wissens, $F(1, 77) = 0,08, p > 0,05, n_p^2 = 0,001$. In beiden Gruppen konnten die Lernenden die simulierten Postings als potenzielle Falschnachrichten oder wahre Nachrichten identifizieren.

Die Variation der physischen Involviertheit hatte auch keinen signifikanten Einfluss auf die Einstellung der Lernenden gegenüber der Notwendigkeit, Online-Informationen zu evaluieren, $F(1, 77) = 0,12, p > 0,05, n_p^2 = 0,002$. Beide Gruppen von Lernenden berichten unabhängig der Bedingung nach dem Lernen mit Escape Fake eine kritischere Einstellung hinsichtlich der Notwendigkeit, Online-Informationen auf ihren Wahrheitsgehalt hin zu überprüfen. Hypothese 3 muss verworfen werden. Eine Betrachtung der Werte in Tabelle 11 und 12 zeigt, dass tendenziell die Lernenden der Bewegend-Gruppe mit $M = 4,52$ ($SD = 1,26$) höhere Werte für die IV-Skala berichten als die sitzenden Lernenden der Experimentalgruppe ($M = 4,31, SD = 1,19$).

Um die Hypothesen 4, 5 und 6 von Studie 2 zu testen, wurde eine MANOVA mit den Ergebnissen aus den drei Immersionsstufen, Engagement, Engrossment und Total Immersion, als abhängige Variablen gerechnet. Als unabhängige Variable wurde erneut die Bedingung definiert. Der multivariate Test zeigt, dass kein signifikanter Haupteffekt vorliegt, $F(3, 78) = 1,99, p = 0,12, n_p^2 = 0,07$. Die univariate Analyse legt dar, dass sich die Lernenden der beiden Bedingungen hinsichtlich der Immersionsstufe Engagement nicht signifikant voneinander unterscheiden, $F(1, 80) = 2,44, p > 0,05, n_p^2 = 0,03$. Damit muss Hypothese 4 verworfen werden. Wie die Ergebnisse der univariaten Analyse für die Immersionsstufe Engrossment zeigen, unterscheiden sich die beiden Gruppen signifikant in ihrem Erleben dieser Immersionsstufe, $F(1, 80) = 3,68, p < 0,05, n_p^2 = 0,04$, einseitige Testung. Hypothese 5 kann demnach angenommen werden: Die Lernenden der sitzenden Bedingung ($M = 5,06, SD = 1,10$) empfanden ein signifikant höheres Erleben der Immersionsstufe Engrossment im Vergleich zu den Lernenden der stehenden Bedingung ($M = 4,61, SD = 1,01$). Die Effektstärke kann als klein bis mittel ausgewiesen werden.

Hypothese 6 muss verworfen werden. Die Variation der physischen Involviertheit hatte keinen Einfluss auf das Erleben von Total Immersion. Die Lernenden beider Bedingungen berichten hier ähnlich hohe Werte, $F(1, 80) = 0,002, p > 0,05, n_p^2 < 0,001$. Es konnte kein Effekt nachgewiesen werden.

Tabelle 12*Ergebnisse der MANCOVA und MANOVA für die sitzende und bewegend Bedingung*

Variable	Sitzend (n = 42)		Bewegend (n = 40)		F(1, 77)	p	np ²
	M	SD	M	SD			
Wissen	6,57	1,67	6,50	1,55	0,14	0,705	0,002
Anwendung	5,76	0,74	5,79	0,49	0,08	0,784	0,001
Einstellung IV	4,31	1,19	4,52	1,26	0,12	0,726	0,002
Engagement	5,57	1,01	5,23	0,98	2,44	0,122	0,030
Engrossment	5,06	1,10	4,61	1,01	3,68	0,030	0,044
Total Immersion	3,72	1,13	3,73	0,94	0,00	0,962	0,000

7.4 Diskussion

In Studie 2 dieser Arbeit wurde untersucht, wie sich die Variation der physischen Involviertheit beim Lernen mit dem Escape Fake AR Escape Room Game auf die Lernleistung und das Immersionserleben auswirkt. Es wurde angenommen, dass die Reduktion der Bewegung die für bedeutsames Lernen notwendigen kognitiven Prozesse besser unterstützt und konsequenterweise diese Bedingung zu besseren kognitiven Lernleistungen führt. Begründet wurde diese Annahme unter Einbezug eines modifizierten Modells der CATLM: Das Immersionserleben moderiert das Lernen mit dem AR Escape Game Escape Fake und die Variation der physischen Involviertheit beeinflusst dieses Erleben.

Das Ziel war, durch die Variation der physischen Involviertheit die in der bisherigen Literatur als lernhinderlich ausgewiesene höchste Immersionsstufe, Total Immersion/Presence, zu reduzieren und zugleich die beiden weniger intensiven und lernförderlichen Immersionsstufen, Engagement und Engrossment, hoch zu halten. Konsequenterweise wurde in Hypothese 1 und 2 angenommen, dass sich Vorteile für die Lernenden einer sitzenden Bedingung hinsichtlich der kognitiven Lernziele des Wissenserwerbs und der Anwendung des Wissens auf eine Aufgabenstellung zeigen. Wie die Ergebnisse aus Studie 2 dieser Arbeit zeigen, muss sowohl Hypothese 1 als auch Hypothese 2 verworfen werden. Die Lernenden in beiden Bedingungen zeigen ähnlich hohe Leistungen, sowohl im Wissenstest als auch in der Anwendungsaufgabe. Zunächst können diese Ergebnisse anhand des fehlenden Effekts der Bedingung auf das Erleben von Total Immersion erklärt werden: Anders als in der Literatur berichtet (Bianchi-Berthouze, 2013; Georgiou et al., 2019; Mühlhoff & Schütz, 2019b; Pasch et al., 2009), hatte die physische

Involviertheit während des Lernens mit dem AR Escape Game Escape Fake keinen Einfluss auf das Erleben der höchsten Immersionsstufe. Dieses Ergebnis überrascht, da in der sitzenden Bedingung ein wesentliches Merkmal von (AR) Escape Spielen weggenommen wurde: das physische Aufsuchen und Erleben von Räumen, die die Story kontextualisieren und das Gefühl simulieren sollen, einen echten Escape Room zu spielen. Da sich keine Unterschiede für das als lernhinderlich angenommene höchste Erleben von Immersion eingestellt haben, wurden die Lernenden in beiden Bedingungen nicht in ihren für bedeutsames Lernen notwendigen kognitiven Prozessen gestört und demnach haben alle Lernenden vom Spielen von Escape Fake profitieren können. Ein Grund für den fehlenden Effekt der physischen Involviertheit auf die höchste Stufe des Immersionserlebens kann in der Form der Bewegungen ausgemacht werden. In Escape Fake dienen die Bewegungen ausschließlich dazu, das Aufsuchen von Räumen zu simulieren. Grundsätzlich können die Räume auch ohne diese Bewegungen „aufgesucht“ werden, wie etwa in der sitzenden Gruppe demonstriert: Hier nutzten die Lernenden ihre Hände, um die Marker-Bilder vor die Kamera der Tablet-Computer zu halten und so den Raum „zu sich zu holen“. In Lindgren et al. (2016) und auch Glenberg et al. (2014) waren die von den Lernenden ausgeführten Ganzkörperbewegungen auf die Lerninhalte und Lernaufgaben abgestimmt. Diese Kongruenz aus körperlicher Aktivität und Lernaktivität/-inhalt kann das Erleben von Immersion verstärken. Auch der von Georgiou et al. (2019) genannte Aspekt, wonach Effekte der körperlichen Involviertheit auf das Immersionserleben bisher in Laborstudien und nicht in Feldstudien nachgewiesen werden konnten, kann in Studie 2 dieser Arbeit eine Rolle spielen. Durchgeführt wurde eine randomisierte Feldstudie, weshalb weitere Einflussfaktoren der Umgebung, sowie der durch den schulischen Kontext ausgelösten Situation, auf das Erleben von Immersion während des Spielens von Escape Fake nicht kontrolliert werden konnten.

Als weitere Erklärung der Ergebnisse für die kognitiven Lernleistungen können die Werte für die als lernförderlich ausgewiesene erste Immersionsstufe, Engagement, herangezogen werden: Die Lernenden in beiden Gruppen berichten für die Stufe Engagement hohe Werte mit keinen signifikanten Unterschieden. Dies bedeutet, dass alle Lernenden das Spielen von Escape Fake als benutzerfreundlich und interessant erlebt haben. Dieses Erleben hat sich positiv auf die kognitiven Prozesse der Selektion, Organisation und Integration ausgewirkt, weshalb beide Gruppen von Lernenden starke Leistungen im Wissenstest und den Anwendungsaufgaben demonstrierten. Es soll nicht unerwähnt bleiben, dass die deskriptiven Daten zunächst Hypothese 4 stützen. Die Lernenden der sitzenden Bedingung berichten höhere Werte für Engagement als die Lernenden der stehenden Bedingung. Die Unterschiede erwiesen sich

jedoch nicht als statistisch signifikant. Dieses Ergebnis deckt sich mit dem Befund in Georgiou et al. (2019), wo ebenfalls Lernende einer sitzenden Bedingung das Engagement höher bewerteten als Lernende einer stehenden Bedingung. Die leichten Vorteile für das Engagement in der sitzenden Bedingung können anhand des Game-Plays von Escape Fake erklärt werden: Das Aufsuchen der verschiedenen Räume verlangt in der stehenden Situation viel Geduld, da immer wieder über Versuch und Irrtum herausgefunden werden muss, welcher Raum sich hinter welchem Marker-Bild verbirgt. Der Aufwand, diese Suche zu betreiben, ist in der stehenden Bedingung höher als in der sitzenden Bedingung. In der sitzenden Position können die Marker-Bilder in die Hand genommen werden und relativ einfach und zügig vor die Kamera des Tablet-Computers gehalten werden. So ist eine schnellere Suche der Räume möglich, was als Erklärung für die höhere Benutzerfreundlichkeit des Spiels im Sitzen geltend gemacht werden kann. Diese hat sich ganz offensichtlich auch positiv auf das Interesse an den Inhalten und dem Spiel ausgewirkt und in der Folge zu einem höher wahrgenommenen Engagement beigetragen.

Deutlicher fällt das Ergebnis für die zweite Immersionsstufe, Engrossment, aus: Die Lernenden der sitzenden Bedingung berichten hier deutlich höhere Werte als die Lernenden der stehenden Bedingung. Die Unterschiede haben sich auch als statistisch signifikant erwiesen und die Stärke des Effekts ($n_p^2 = 0,04$) kann als klein bis mittel eingestuft werden. Dies bedeutet, dass sich die sitzenden Lernenden emotional stärker in das Spiel hineinversetzt fühlten als die stehenden Lernenden. Hier scheint die von Paraschivoiu et al. (2021) entwickelte Story auch ohne intensive Bewegungsausführungen ausreichend gewesen zu sein, um ein Gefühl der Beteiligung zu erzeugen. Auch die sozialen Merkmale des Escape Fake Spiels, die Zusammenarbeit mit Hannah Lee May und die Übernahme der Verantwortung für den Leiter des Busunternehmens, können als Faktoren für dieses Empfinden genannt werden.

Der bereits geschilderte geringere Aufwand in der sitzenden Bedingung, die einzelnen Räume immer wieder in den Marker-Bildern zu suchen und in der Folge aufzusuchen, hat sich auch positiv auf die Aufmerksamkeitsfokussierung ausgewirkt, sodass insgesamt das Engrossment in der sitzenden Bedingung signifikant stärker empfunden wurde als in der stehenden Kontrollbedingung. Interessant ist, dass die höheren Werte für Engagement und Engrossment offensichtlich nicht dazu geführt haben, die für bedeutsames Lernen notwendigen kognitiven Prozesse in einem solchen Maße anzuregen, sodass sich signifikante Unterschiede in den kognitiven Lernzielen nachweisen hätten lassen. Ein Blick in Tabelle 12 zeigt, dass Unterschiede zugunsten der sitzenden Lernenden ausgemacht werden können, diese sind jedoch klein und wie bereits dargestellt, nicht statistisch signifikant.

Anders als für die kognitiven Lernziele, wurde für das in dieser Arbeit untersuchte affektive Lernziel, die Einstellung gegenüber Online-Informationen, angenommen, dass die Lernenden der stehenden Bedingung höhere Werte in der IV-Skala rückmelden. Die deskriptiven Daten stützen zunächst diese Hypothese (H3), der Unterschied erwies sich jedoch nicht als statistisch signifikant. Das Ergebnis kann unter Einbezug der Werte für das Erleben der höchsten Immersionsstufe, Total Immersion, erklärt werden: Es wurde angenommen, dass ein intensiveres Erleben von Immersion das affektive Lernziel stärker adressiert als ein geringeres Empfinden von Immersion. Für das Erleben von Total Immersion wurde in Studie 2 dieser Arbeit kein Effekt der Variation der physischen Involviertheit beim Lernen mit Escape Fake gefunden. Dementsprechend waren die Lernenden in etwa gleich stark in das Escape Spiel versunken und in der Folge wirkte sich die Bedingung nicht signifikant auf die Förderung des affektiven Lernziels aus.

Auf der Basis der gefundenen Daten muss festgelegt werden, dass das Ziel von Studie 2 nur teilweise erreicht wurde. Das Ziel war, das Escape Fake Spiel zu verbessern, indem mithilfe der verkleinerten Marker-Bilder das Erleben von Total Immersion verringert wird und in der Folge die kognitive Lernleistung steigt. Wie berichtet, fanden sich keine Unterschiede zwischen den Gruppen bei einem Nach-Wissenstest sowie den Anwendungsaufgaben und auch beim Erleben von Total Immersion fanden sich keine Unterschiede. Die Variation der physischen Involviertheit hatte keinen Einfluss auf die Total Immersion und in der Folge auch keinen Einfluss auf die kognitive Lernleistung. Als Folge hatte das Lernen mit den verkleinerten Marker-Bildern auch keine negativen Konsequenzen für das affektive Lernziel. Auf der Basis dieser Ergebnisse kann festgestellt werden, dass die in dieser Arbeit entwickelten verkleinerten Marker-Bilder sowohl zur Förderung kognitiver als auch affektiver Lernziele beitragen können. Für die Praxis ist diese Erkenntnis relevant, da in der Unterrichts- und Lehrpraxis kognitive und affektive Lernziele nicht separiert behandelt werden. Lehrpersonen können das Escape Fake Spiel nutzen, um grundlegende Informationen zum Erkennen von Fake News zu vermitteln und Konsequenzen mit den Schülerinnen und Schülern für das eigene Handeln und Verhalten in sozialen Netzwerken zu diskutieren. Die verkleinerten Marker-Bilder ermöglichen zudem den Einsatz von Escape Fake in kleineren Unterrichtsräumen, da ein aufhängen der A4-Marker nicht notwendig ist. In Studie 2 dieser Arbeit hat sich zudem herausgestellt, dass die verkleinerten Marker-Bilder Vorteile hinsichtlich dem Erleben der zweiten Immersionsstufe, Engrossment, mit sich bringen. Dies bedeutet, dass sich das Spielen von Escape Fake im Sitzen als emotional anregender herausgestellt hat, bei gleichzeitig stärkerer Fokussierung der Aufmerksamkeit auf die in Escape Fake vermittelten Inhalte.

7.5 Limitationen und offene Fragen

Eine Limitation dieser Studie ist der fehlende Effekt der Variation der physischen Involviertheit auf die Total Immersion. Hier zeigten beide Gruppen ähnlich hohe Werte, die Bedingung hatte keinen Einfluss auf die Total Immersion. Dieses Ergebnis ist überraschend und deckt sich nicht mit anderen Studien, die die Intensität von Bewegungen als zentrales Element für das Empfinden eines hohen Immersionserlebens ausweisen (z.B. Bianchi-Berthouze, 2013; Georgiou et al., 2019; Mühlhoff & Schütz, 2019b; Pasch et al., 2009). Als mögliche Erklärung hierfür wurde bereits die fehlende Kongruenz von Bewegung und Aufgaben im Escape Fake Spiel erwähnt. Werden für die Bearbeitung von Aufgaben in immersiven Lernumgebungen klare, auf die Lernziele abgestimmte Bewegungen benötigt, beeinflusst dies das Immersionserleben (Johnson-Glenberg et al., 2014). Dies ist in Escape Fake nicht der Fall, somit war die von Paraschivoiu et al. (2021) entwickelte Geschichte sowie das Game-Play ausreichend, um sowohl im Sitzen als auch im Stehen Total Immersion zu erleben.

Eine weitere Limitation liegt im Design der Studie: Wie bereits in Georgiou et al. (2019) festgestellt, wurden bisherige Befunde zum Einfluss von Bewegungen und Immersionserleben in kontrollierten Laborsettings nachgewiesen, in Feldstudien konnte dieser Effekt nicht repliziert werden. In Studie 2 dieser Arbeit wurde eine randomisierte Feldstudie durchgeführt, sodass mögliche andere Einflussfaktoren unabhängig der Bedingung nicht kontrolliert werden konnten. Ein zukünftiges Forschungsvorhaben sollte die Studie im Labor replizieren. Als mögliche Störvariable kann die Platzierung der für Escape Fake notwendigen Marker-Bilder genannt werden. In dieser Studie wurden die Marker-Bilder zwar in einiger Entfernung zueinander aufgehängt, jedoch befanden sich alle Marker im gleichen Raum, nämlich der Aula der Schule. In einer zukünftigen Forschungsarbeit könnten die Marker-Bilder noch weiter voneinander entfernt platziert werden, sodass die Intensität der physischen Aktivierung gesteigert wird. Zudem sollten die Marker-Bilder auf mehrere Räume verteilt werden, sodass der Eindruck des Aufsuchens unterschiedlicher Räumlichkeiten auch durch die reale Welt noch verstärkt wird. Noch intensiver könnte das empfinden der verschiedenen Räume werden, wenn das Design aus Georgiou & Kyza (2021) aufgegriffen wird: In dieser Studie wurden die Marker-Bilder eines AR-Spiels entweder in einem Raum platziert, der nichts mit den Inhalten auf dem Marker zu tun hatte, oder aber in einem solchen Raum platziert, dessen reale Funktion sich mit den Inhalten auf dem Marker deckte. Für Escape Fake würde dies bedeuten, dass der Büro-Marker in einem Büro-ähnlichen Raum platziert werden sollte oder der Boden-Marker mit dem Teppich in einem Raum, der am ehesten einem Wohnzimmer entspricht. Diese Platzierung der Marker-Bilder könnte dafür sorgen, dass die stehende Bedingung ein

intensiveres Erleben von Immersion empfindet und dann wiederum wäre ein Vergleich mit einer sitzenden Bedingung interessant.

Eine weitere Limitation betrifft die Erhebung des Immersionserlebens: Wie bereits Cheng et al. (2015) feststellen, ist die Erhebung mittels Fragebogen nach der Spiel- bzw. Lernerfahrung kein optimales Verfahren, um das Immersionserleben zu erheben. Das Abfragen während des Spielens bzw. Lernens ist jedoch auch kein adäquates Mittel, da davon ausgegangen werden muss, dass so ein Eingriff das Immersionserleben wesentlich beeinflusst. Terklidsen und Makransky (2019) haben als Alternative EEG-Messungen sowie Messungen körperlicher Reaktionen, etwa auf der Haut, vorgeschlagen. In einer zukünftigen Forschungsarbeit sollte dies aufgegriffen werden und zusätzlich zur Messung mittels Fragebogen das Immersionserleben anhand objektiver Parameter gemessen werden. Cheng et al. (2015) schlagen auch vor, dass Verhaltensdaten Aussagen über das Immersionserleben mitteilen könnten. Hier fehlt jedoch bisher eine theoretische Grundlage, welche Verhaltensweisen genau für bzw. gegen das Erleben von Immersion sprechen.

Auch die Messung der kognitiven Lernziele kann in einer zukünftigen Studie noch erweitert werden. Zum Beispiel könnte der Wissenstest noch um offene Fragen ergänzt und die Anwendungsaufgaben in schwierige und leichtere Aufgaben unterteilt werden. Es wäre durchaus möglich, dass herausfordernde Aufgaben von jenen Lernenden, die ein höheres Engagement und Engrossment empfinden, besser gelöst werden können. Zudem wäre in einer zukünftigen Studie zu explorieren, inwieweit die Effekte von Escape Fake auf kognitive und affektive Lernziele langfristig wirken. Ebenfalls in einer zukünftigen Studie könnten Messinstrumente zur Erfassung kognitiver Prozesse herangezogen werden. Zum Beispiel könnten die drei Typen der kognitiven Belastung erfasst werden und exploriert werden, welche Immersionsstufe welchen *Cognitive Load* wie beeinflusst.

7.6 Zusammenfassung

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass das Escape Fake Spiel sich sowohl im Sitzen mit verkleinerten Marker-Bildern als auch im Stehen mit den von Polycular (2020) zur Verfügung gestellten DIN-A4 Marker-Bildern als effektives Lernmedium herausgestellt hat. Die Variation der physischen Involviertheit hatte keinen Einfluss auf das Erleben von Total Immersion und in der Folge auch keine ablenkende Wirkung, sodass die Lernenden beider Gruppen sowohl für kognitive Lernziele als auch das in dieser Arbeit adressierte affektive Lernziel hohe Lernleistungen mit keinen signifikanten Unterschieden zeigten.

Ein Einfluss der didaktischen Variation der physischen Involviertheit konnte für die Immersionsstufe Engrossment nachgewiesen werden. Als Konsequenz kann auch die Verwendung der verkleinerten Marker-Bilder und das Spielen von Escape Fake im Sitzen empfohlen werden.

8. Studie 3 – Einfluss der Lernstrategie des Zusammenfassens auf die Lernleistung und das Immersionserleben beim Lernen mit einem AR Escape Game

In Studie 3 dieser Arbeit wird untersucht, ob durch das Hinzufügen der Lernstrategie des Zusammenfassens das Immersionserleben reduziert werden kann, sodass in der Folge erfolgreicher mit dem AR Escape Game Escape Fake gelernt werden kann. Wie bereits ausführlich in der Einleitung zu Studie 2 sowie in Kapitel 4.3 dieser Arbeit dargestellt, stellt sich diese Frage aufgrund der bisher kontroversen Studienlage zum Zusammenhang von kognitiven Lernleistungen und dem Erleben von Immersion. Anders verhält es sich für affektive Lernziele, deren Förderung von einem hohen Erleben von Immersion profitieren kann (Überblick in Kapitel 4.3 sowie Kapitel 7 dieser Arbeit).

Die Lernstrategie des Zusammenfassens gehört zu einer Reihe von Lernaktivitäten, die in der Literatur auch als generative Lernstrategien bezeichnet werden (Fiorella & Mayer, 2015, 2016). Generative Lernstrategien werden definiert als von Lernenden ausgeführte Aktivitäten, die die für bedeutsames Lernen notwendigen kognitiven Prozesse unterstützen und anregen (Fiorella & Mayer, 2015, 2016). In der Folge erschaffen Lernende „*something meaningful that goes beyond the information provided by an instructor*“ (Brod, 2020, p. 2). Die Effektivität von Lernstrategien liegt in der *Generative Learning Theory* (GLT) begründet, in der Lernen als aktiver Konstruktionsprozess von Wissen und nicht als Aufnahme von Informationen verstanden wird (Wittrock, 1974, 1989, 1992, 2010). Die GLT ist eine Grundannahme in der CTML von Mayer (2014a, 2019b) und ebenso Teil der Annahmen in der CATLM (Moreno, 2006a; Park et al., 2014). Die Bedeutsamkeit generativer Lernstrategien in multimedialen Lernumgebungen spiegelt sich auch im *Generative Activity Principle* (Fiorella & Mayer, 2021) wider. Das Prinzip besagt, dass der Einsatz generativer Lernstrategien die Förderung der im SOI-Modell beschriebenen notwendigen kognitiven Prozesse der Selektion, Organisation und Integration unterstützen kann. Zusätzlich wird angenommen, dass Lernende durch den Einsatz generativer Lernstrategien dazu motiviert werden, sich intensiver mit den dargebotenen Inhalten auseinanderzusetzen. Als Konsequenz wird das vermittelte Wissen erinnert und kann zur Lösung neuer Probleme herangezogen werden; das heißt, der Einsatz generativer Lernstrategien kann zur Förderung bedeutsamen Lernens beitragen (Fiorella & Mayer, 2015).

In der Literatur wird eine Vielzahl an Lernstrategien beschrieben, die sich in empirischen Untersuchungen als effektiv für bedeutsames Lernen herausgestellt haben. Dazu zählen unter anderen das Zusammenfassen von Inhalten in eigenen Worten, das Anfertigen von Zeichnungen oder Mind-Maps, das Selbsterklären, das Selbsttesten, das Produzieren eigener Lernartefakte sowie das Manipulieren von Objekten (Übersicht z.B. in Brod, 2020; Fiorella & Mayer, 2016; Grabowski, 2004).

Für eine lange Zeit wurde die Effektivität von Lernstrategien anhand von Text-basierten Lernmaterialien untersucht (Fiorella & Mayer, 2021). Seit einigen Jahren wird deren Einfluss auch in als immersiv ausgewiesenen und spielerischen Lernumgebungen thematisiert. Zum Beispiel nutzten Parong und Mayer (2018, Experiment 2) die Lernstrategie des Zusammenfassens, um das Lernen mit einer VR-Simulation zu didaktisieren. In der Kontrollgruppe lernten Studierende mit einer VR-Brille und einer entsprechenden Simulation über die Funktionen der Zelle im menschlichen Körper. Die Experimentalgruppe lernte mit derselben Simulation, jedoch nahmen die Studierenden in dieser Bedingung die VR-Brille insgesamt sechs Mal ab und fertigten während dieser Zeit außerhalb der VR-Simulation eine Zusammenfassung der gesehenen Inhalte an. Wie sich zeigte, lernten die Studierenden der Experimentalgruppe signifikant mehr. Parong und Mayer (2018) schlussfolgern, dass das Hinzufügen der Lernstrategie des Zusammenfassens den Fokus der Lernenden effektiver auf die Auseinandersetzung mit den Inhalten lenken konnte, sodass die VR-Simulation nicht als überfordernd und ablenkend empfunden wurde (wie etwa in Parong & Mayer, 2018, Experiment 1). Ein weiteres Ergebnis in Parong und Mayer (2018) ist, dass das Hinzufügen der Lernstrategie des Zusammenfassens keine negativen Auswirkungen auf affektive Faktoren ausübte. So gaben etwa die Lernenden beider Gruppen an, dass das Lernen mit VR interessant und motivierend war. Makransky et al. (2020, Experiment 2) erweiterten das Lernen mit einer VR-Anwendung im naturwissenschaftlichen Unterricht um die Lernstrategie des *Enactment*. Diese Erweiterung sah vor, dass die Lernenden nach der VR-Erfahrung die in der Simulation gesehenen Experimente mit realen Objekten nachstellten. Keine Effekte wurden für den Erwerb deklarativen Wissens nachgewiesen. Effekte fanden sich für den Erwerb prozeduralen Wissens und bei einer Aufgabe, die die Anwendung des Wissens verlangte. Ebenso zeigte sich in Makransky et al. (2020), dass das Presence-Erleben durch das Hinzufügen der Lernstrategie verringert wurde. Pilegard und Mayer (2016) ergänzten das Lernen mit einem digitalen Abenteuerspiel um die Lernstrategie des Selbsterklärens. Über zwei Experimente hinweg demonstrierten die Autorin und der Autor, dass das Selbsterklären das Lernen mit dem in der Studie verwendeten Spiel signifikant verbessern kann. Als Kontrollgruppen dienten jeweils

Lernende, die keine zusätzliche Lernstrategie während des Spielens ausführten. Zudem zeigte sich in Pilegard und Mayer (2016), dass die Didaktisierung die emotionale Eingebundenheit in die Story des Spiels nicht negativ beeinflusste. Wu et al. (2018) entwickelten eine AR-Lernanwendung, in der Lernende direkt am Bildschirm eines Tabletcomputers dazu aufgefordert wurden, die erlernten Inhalte in eigenen Worten zusammenzufassen. Lernende einer Kontrollgruppe nutzten dieselbe AR-Anwendung, jedoch ohne die Strategie des Zusammenfassens. Wie sich herausstellte, zeigten die Lernenden der Bedingung mit Lernstrategie eine signifikant bessere Leistung bei einem im Anschluss durchgeführten Wissenstest. Ebenso zeigte sich, dass das Hinzufügen der Lernstrategie keine negativen Auswirkungen hinsichtlich der Zufriedenheit der Lernenden mit der Lerneinheit hatte. In zusätzlich durchgeführten Interviews berichteten die Lernenden der Experimentalgruppe, dass die Lernstrategie ihnen dabei half, sich besser auf die Lerninhalte fokussieren zu können. Die Lernenden der Kontrollgruppe hingegen fühlten sich von den vielen Eindrücken der AR-basierten Lernumgebung abgelenkt.

Inwieweit das Hinzufügen von Lernstrategien das Lernen mit AR-basierten und anderen Escape Spielen beeinflusst, wurde bislang nicht erforscht. Dies liegt zum einen daran, dass generell noch wenige Studien Lerneffekte von Escape Spielen untersuchten (Makri et al., 2021; Veldkamp, van de Grint, et al., 2020). Zum anderen liegen bis auf eine Studie (Cotner et al., 2018) keine Vergleichsstudien zum Zeitpunkt des Verfassens dieser Arbeit vor. Studie 3 dieser Arbeit greift diese Lücke auf. Fiorella und Mayer (2021) fordern zudem, dass mehr Studien unter Einbezug generativer Lernstrategien im Bereich des multimedialen und spielerischen Lernens notwendig sind. Eine wesentliche Herausforderung bezüglich des Hinzufügens von Lernstrategien beim Lernen mit Escape Games stellt der solche Spiele charakterisierende zeitliche Druck dar (Nicholson, 2018). Das Hinzufügen von Lernstrategien während des Spielens ist somit fast nicht möglich, da dadurch die Chancen der erfolgreichen Erfüllung der Mission, die an eine bestimmte Zeitvorgabe gekoppelt ist, entscheidend beeinträchtigt werden. Eine in dieser Arbeit erprobte Lösung für diese Herausforderung ist das Hinzufügen der Lernstrategie nach dem Spielen. In der Literatur werden verschiedene Lernstrategien ausgewiesen, die nicht nur während, sondern auch nach Lernphasen zum Einsatz kommen können, etwa das Selbsttesten und das Zusammenfassen in eigenen Worten (Fiorella & Mayer, 2015, 2016). In Studie 3 dieser Arbeit wird auf die Strategie des Zusammenfassens in eigenen Worten zurückgegriffen. Die Lernstrategie des Zusammenfassens ist relativ leicht in der Praxis einsetzbar. Die Effektstärke der Strategie wird als mittel ($d = 0,50$) ausgewiesen (Fiorella & Mayer, 2015).

Wenden Lernende die Strategie des Zusammenfassens an, konstruieren sie eine schriftliche Zusammenfassung der Inhalte in ihren eigenen Worten. Das Zusammenfassen kann während, z.B. wenn in einer Vorlesung die Studierenden mitschreiben, oder nach einer instruktionalen Phase stattfinden (Fiorella & Mayer, 2016). Theoretisch kann der Effekt des Zusammenfassens anhand des SOI-Modells erklärt werden: Die Aktivität unterstützt die Lernenden zunächst bei der Auswahl (Selektion) der relevanten Informationen, die in der Folge für das Anfertigen der Zusammenfassung in eigenen Worten untereinander (Organisation) und unter Einbezug des Vorwissens (Integration) miteinander verknüpft werden. Als Resultat entsteht neues Wissen, das aktiv von den Lernenden generiert wurde.

In Studie 3 dieser Arbeit wird angenommen, dass das Ausführen der generativen Lernstrategie des Zusammenfassens nach dem Spielen von Escape Fake zu besseren Lernleistungen führt und sich außerdem unterschiedlich auf die drei Immersionsstufen Engagement, Engrossment und Total Immersion auswirkt. Eine ausführliche Formulierung der in Studie 3 zu überprüfenden Hypothesen wird im nächsten Abschnitt dargestellt. Im Anschluss werden das methodische Vorgehen und die Ergebnisse präsentiert. Den Abschluss von Studie 3 bilden die Diskussion der Ergebnisse, Limitationen und offene Fragen sowie eine Zusammenfassung.

8.1 Forschungsfrage und Hypothesen

Das Ziel von Studie 3 dieser Arbeit ist zu untersuchen, ob durch das Hinzufügen der Lernstrategie des Zusammenfassens das Lernen mit dem AR Escape Room Game Escape Fake verbessert werden kann. Die Forschungsfrage lautet:

Welchen Einfluss hat das Hinzufügen der Lernstrategie des Zusammenfassens beim Lernen mit einem AR Escape Spiel auf kognitive Lernziele, ein affektives Lernziel sowie die drei Stufen des Immersionserlebens?

Folgende Hypothesen werden mithilfe eines randomisierten Feldexperiments überprüft:

Hypothese 1 – Wissenserwerb: Das Ausführen der generativen Lernstrategie des Zusammenfassens nach dem Spielen von Escape Fake unterstützt die für bedeutsames Lernen notwendigen kognitiven Prozesse (Fiorella & Mayer, 2015, 2016). Zugleich werden die Lernenden durch diese Didaktisierung aus dem Spielerlebnis gerissen (z.B. von Kotzebue et al., 2022), die höchste Stufe des Immersionserlebens, Total Immersion, wird reduziert. Der Einfluss von generativen Lernstrategien auf die höchste Stufe des Immersionserlebens hat sich

z.B. in Makransky et al. (2020) gezeigt. Dementsprechend sind die Lernenden stärker auf die in Escape Fake vermittelten Inhalte fokussiert, als auf die Story des Spiels. Hypothese 1 lautet daher wie folgt:

H1: Jene Lernende, die mit Escape Fake und der Lernstrategie des Zusammenfassens lernen, eignen sich mehr Wissen an als Lernende einer Kontrollgruppe, die das Spiel ohne zusätzliche Lernstrategie spielen.

Hypothese 2 – Anwendung des Wissens: Das Ausführen der generativen Lernstrategie des Zusammenfassens nach dem Spielen von Escape Fake unterstützt die für bedeutsames Lernen notwendigen kognitiven Prozesse (Fiorella & Mayer, 2015, 2016). Zugleich werden die Lernenden durch diese Didaktisierung aus dem Spielerlebnis gerissen (z.B. von Kotzebue et al., 2022), die höchste Stufe des Immersionserlebens, Total Immersion, wird reduziert. Der Einfluss von generativen Lernstrategien auf die höchste Stufe des Immersionserlebens hat sich z.B. in Makransky et al. (2020) gezeigt. Dementsprechend sind die Lernenden stärker auf die in Escape Fake vermittelten Inhalte fokussiert, als auf die Story des Spiels. Hypothese 2 lautet daher wie folgt:

H2: Jene Lernende, die mit Escape Fake und der Lernstrategie des Zusammenfassens lernen, zeigen eine bessere Leistung bei der Anwendung ihres Wissens als Lernende einer Kontrollgruppe, die das Spiel ohne zusätzliche Lernstrategie spielen.

Hypothese 3 – Auswirkungen der Intervention auf das affektive Lernziel der Einstellungsveränderung: Eine eindeutige Hypothese für das affektive Lernziel aufzustellen gestaltet sich als schwierig. Zum einen hat sich in einigen Studien gezeigt, dass das Hinzufügen von generativen Lernstrategien keine negativen Auswirkungen auf affektive Lernziele ausübte (z.B. Parong & Mayer, 2018; Pilegard & Mayer, 2016; von Kotzebue et al., 2022; Wu et al., 2018). Zum anderen wurde in Studie 2 argumentiert, dass insbesondere das Erleben von Total Immersion/Presence affektive Lernziele fördern kann (z.B. Makransky, 2021). Da angenommen wird, dass das Hinzufügen der Lernstrategie Total Immersion reduzieren wird, könnten sich negative Effekte hinsichtlich des Lernziels der Einstellungsveränderung ergeben. Für die Auswirkungen der Intervention auf das affektive Lernziel der Einstellungsveränderung wird aufgrund dieser Befundlage ergänzend zu einer ersten Hypothese eine Alternativhypothese formuliert. Dies gestaltet sich wie folgt:

H3: Wenn das Hinzufügen der generativen Lernstrategie des Zusammenfassens das Erleben von Total Immersion reduziert, zeigen die Lernenden der Experimentalgruppe (Lernende mit Lernstrategie) eine weniger kritische Einstellung gegenüber Online-Informationen als die Lernenden der Experimentalgruppe.

H3a: Als alternative Hypothese zu H3 wird auf der Basis der Befunde zur Förderung affektiver Lernziele beim Einsatz von generativen Lernstrategien angenommen, dass das Hinzufügen der Lernstrategie keine negativen Auswirkungen auf die Förderung der Einstellung gegenüber Online-Informationen nach sich ziehen wird.

Hypothesen 4, 5 und 6 – Immersionserleben: Anders als für die in Studie 2 variierte physische Involviertheit liegen für das Hinzufügen generativer Lernstrategien noch keine Befunde für die Immersionsstufen Engagement und Engrossment vor. In der Studie von von Kotzebue et al. (2022) wurde das Lernen mit einem digitalen Escape Game um Lernstrategien erweitert und es wurde auch auf den ARI-Fragebogen von Georgiou und Kyza (2017a) zurückgegriffen, eine Differenzierung zwischen den Immersionsstufen wurde jedoch nicht vorgenommen. Unterschiede im Immersionserleben zeigten sich in von Kotzebue et al. (2022) nicht. Grundsätzlich wird jedoch festgestellt, dass der Einsatz generativer Lernstrategien Lernprozesse verstärken kann (Fiorella & Mayer, 2015, 2016). Dementsprechend muss angenommen werden, dass die bisher als lernförderlich erwiesene Immersionsstufe Engagement (Cheng et al., 2017; Georgiou & Kyza, 2017a, 2018) durch die Hinzunahme einer Lernstrategie positiv beeinflusst wird. Ähnlich verhält es sich für die Immersionsstufe Engrossment: Diese Stufe zeichnet aus, dass sich die Lernenden auf die Aufgaben der Lernumgebung fokussieren können (Georgiou & Kyza, 2017a). Da generative Lernstrategien eine Art *Scaffold* darstellen (z.B. von Kotzebue et al., 2022), die also Lernende dabei unterstützen, die relevanten Informationen auszuwählen, zu organisieren sowie mit ihrem Vorwissen in Verbindung zu bringen (Fiorella & Mayer, 2016), sollte auch das Engrossment durch die Hinzunahme einer Lernstrategie positiv beeinflusst werden. Anders verhält es sich für die höchste Immersionsstufe Total Immersion: Für diese Stufe des Immersionserlebens wird angenommen, dass das Hinzufügen der Lernstrategie eine Reduktion bewirkt, wie etwa in Makransky et al. (2020). Grundsätzlich muss jedoch auch für diese Stufe festgehalten werden, dass die Studienlage gering ist und diese Arbeit somit einen Teil zu dieser bisher wenig untersuchten Frage beiträgt. Die folgenden Hypothesen werden getestet:

H4: Das Lernen mit dem AR Escape Game und der Lernstrategie des Zusammenfassens lässt die Lernenden der Experimentalgruppe ein höheres Engagement erleben als die Lernenden einer Kontrollgruppe, die das Spiel ohne Hinzunahme einer Lernstrategie spielen.

H5: Das Lernen mit dem AR Escape Game und der Lernstrategie des Zusammenfassens lässt die Lernenden der Experimentalgruppe ein höheres Engagement erleben als die Lernenden einer Kontrollgruppe, die das Spiel ohne Hinzunahme einer Lernstrategie spielen.

H6: Das Lernen mit dem AR Escape Game und der Lernstrategie des Zusammenfassens lässt die Lernenden der Experimentalgruppe eine geringere Total Immersion erleben als die Lernenden einer Kontrollgruppe, die das Spiel ohne Hinzunahme einer Lernstrategie spielen.

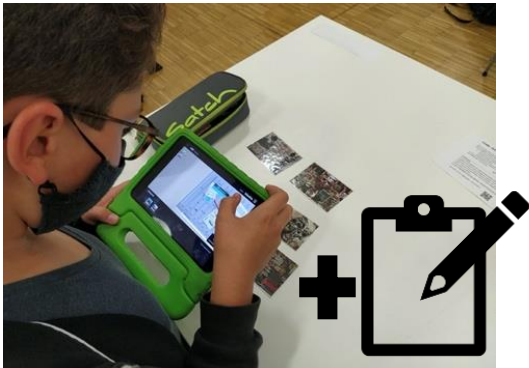

8.2 Methode

8.2.1 Stichprobe und Design

An Studie 3 dieser Arbeit nahmen insgesamt 54 Lernende, 19 Schülerinnen und 35 Schüler, mit einem Durchschnittsalter von $M = 14,20$ Jahren ($SD = 1,83$) teil. Mithilfe der Software G*Power (z.B. Faul et al., 2007) wurde vorab die Mindestanzahl an Teilnehmenden berechnet. Dabei wurde eine durchschnittliche Effektstärke von 0.16 angestrebt, der Alphafehler mit 0.05 und die Teststärke mit 0.95 festgelegt. Diese Analyse führte zu einer Mindestteilnehmendenanzahl von 52. Um zu untersuchen, welchen Einfluss das Hinzufügen der generativen Lernstrategie des Zusammenfassens auf das Lernen mit Escape Fake hat, wurde ein randomisiertes Feldexperiment durchgeführt. Die unabhängige Variable betrifft die Didaktisierung: In der Experimentalgruppe EF+ ($n = 26$) lernten die Schülerinnen und Schüler mit dem Escape Fake Spiel und fassten danach die Inhalte in ihren eigenen Worten schriftlich zusammen. In der Kontrollgruppe EF ($n = 28$) lernten die Schülerinnen und Schüler nur mit dem Escape Fake Spiel ohne weitere Didaktisierung. Eine Übersicht für das Forschungsdesign ist in Tabelle 13 abgebildet, das nach Mayer (2014b, 2019a) dem *Value-Added* Ansatz entspricht: Zwei Gruppen lernen mit demselben Spiel, wobei nur in der Experimentalgruppe ein instruktionales Element hinzugefügt wird. Die Erhebung der Daten erfolgte wie in Studie 1 und 2 über einen mithilfe von SoSci Survey (Leiner, 2019) gestalteten Onlinefragebogen.

Tabelle 13

Das Forschungsdesign in Studie 3 im Überblick

Experimentalgruppe ($n = 26$) mit Lernstrategie (EF+)	Kontrollgruppe ($n = 28$) ohne Lernstrategie (EF)
	

8.2.2 Materialien

AR Escape Game

In Studie 3 dieser Arbeit wurde das bereits beschriebene und in Studie 1 und 2 untersuchte AR Escape Game Escape Fake eingesetzt. Zum Einsatz kamen in dieser Studie die verkleinerten, für Studie 2 gestalteten, Marker (Anhang H). Diese lagen für die Lernenden vorbereitet auf den in der Aula aufgestellten Tischen. Die Tablet-Computer (iPads) mit der vorinstallierten Escape-Fake-App wurden wieder vom Versuchsleiter mitgebracht und zur Verfügung gestellt.

Stimulus für das Zusammenfassen in eigenen Worten

Für die generative Lernstrategie des Zusammenfassens in eigenen Worten wurde für Studie 3 ein Stimulus konzipiert, der in Abbildung 17 zu sehen ist (siehe auch Anhang I). Dieser wurde den Lernenden der Experimentalgruppe nach der Absolvierung des Escape Fake Spiels ausgehändigt. Die Schülerinnen und Schüler konnten den Zettel beidseitig beschreiben.

Abbildung 17

Stimulus für das Zusammenfassen

Bitte fasse die für dich wichtigsten Informationen und Erkenntnisse aus dem Escape Fake Spiel zusammen. Bitte verwende Vor- und Rückseite. **Code:**

Test zur Erfassung des Wissenserwerbs

Um den Wissenserwerb der Lernenden in Studie 3 zu erfassen, wurde der gleiche Test wie in Studie 1 und 2 dieser Arbeit verwendet (Anhang B). Bei diesem Test konnten die Lernenden maximal acht Punkte erzielen. Eine Beispielfrage lautet: *Was ist ein Hybrid-Fake? – **Eine Kombination aus echten und falschen Informationen**; Eine Fake News über Hybrid-Fahrzeuge; Eine Information, die sowohl online als auch offline zur Verfügung steht; Eine Fake-Nachricht, die offline entstanden ist und erst später den Weg ins Internet fand* (Fettmarkierung = richtige Antwort).

Anwendung des Wissens

Die Anwendung des Wissens wurde erneut mithilfe von vier simulierten Postings aus den sozialen Medien gemessen. Abbildung 18 zeigt ein Beispiel-Posting der Evaluationsaufgabe. Alle Postings sind als Anhang D verfügbar.

Abbildung 18

Beispiel-Posting der Anwendungsaufgabe in Studie 3



Einstellung gegenüber Online-Informationen

Als Einstellungsvariable wurde für diese Untersuchung die Einstellung der Schülerinnen und Schüler hinsichtlich der Notwendigkeit, Informationen aus den sozialen Medien eigenständig auf Richtigkeit zu überprüfen, festgelegt. Da das verwendete AR Escape Room Spiel Wissen und Fertigkeiten zum Umgang mit Falschnachrichten im Netz vermittelt, bietet sich die Erhebung dieser spezifischen Einstellungsvariable an. Die Erhebung erfolgte in Studie 2 erneut

anhand der modifizierten Version der von Nee (2019) entwickelten *Information Verification Scale* (IV) (Anhang E). Die Skala besteht aus fünf Items, die jeweils auf einer 7-stufigen Skala von 1 = nie bis 7 = immer beantwortet werden. Ein Beispielitem lautet: *Ich denke sorgfältig über die gefundene Nachricht nach* (Vortest Cronbachs $\alpha = 0,81$, Nachtest Cronbachs $\alpha = 0,81$).

Immersionserleben

Zur Erhebung des Immersionserlebens wurde erneut auf die modifizierte Version des von Georgiou und Kyza (2017a) entwickelten *Augmented Reality Immersion Questionnaire* (ARI, Anhang F) zurückgegriffen: Immersionsstufe Engagement Cronbachs $\alpha = 0,83$ (8 Items; z.B. „Es war einfach für mich, dass AR Escape Room Spiel zu nutzen“); Immersionsstufe Engrossment Cronbachs $\alpha = 0,83$ (6 Items; z.B. „Ich habe ohne große Ablenkung lernen können“); Immersionsstufe Total Immersion Cronbachs $\alpha = 0,83$ (7 Items; „Während dem Spielen habe ich jegliches Zeitgefühl verloren“). Die Items werden über eine Likert-Skala von 1 = stimme gar nicht zu bis 7 = stimme ganz zu beantwortet.

8.2.3 Ablauf

Die Erhebungen für Studie 3 dieser Arbeit wurden an einem deutschen Gymnasium an mehreren Tagen im September 2020 unter Berücksichtigung der Covid-19-Hygienemaßnahmen durchgeführt. Erneut hatten sich mehrere Klassenlehrer und -lehrerinnen dazu bereit erklärt, dass Thema Fake News mithilfe des Escape Fake Spiels zu thematisieren. Die Erhebungen fanden erneut in der Schulaula statt, die vorab vom Versuchsleiter vorbereitet wurde. Auf den Tischen wurden die verkleinerten Marker-Bilder, die Tablet-Computer sowie ein Zettel mit Informationen zum Ablauf der Intervention platziert. Die Schülerinnen und Schüler setzten sich nach dem Betreten der Aula zufällig an einen Tisch und wurden so entweder der Experimental- oder der Kontrollbedingung zugeteilt. Ein Buchstabe zeigte dies an. Zunächst wurden die Schülerinnen und Schüler begrüßt, der Versuchsleiter stellte sich kurz vor und die Erklärung zum Datenschutz wurde vorgelesen. Zudem wurden alle Anwesenden darüber informiert, dass die Teilnahme am Experiment vollständig freiwillig erfolgt und jederzeit abgebrochen werden kann und darf. Die Nicht-Teilnahme oder der Abbruch hätte auch keine Auswirkungen auf schulische Angelegenheiten gehabt, z.B. Notengebung. Alle Teilnehmenden waren mit diesen Bedingungen einverstanden, niemand lehnte eine Teilnahme ab und niemand hat während des Experiments abgebrochen.

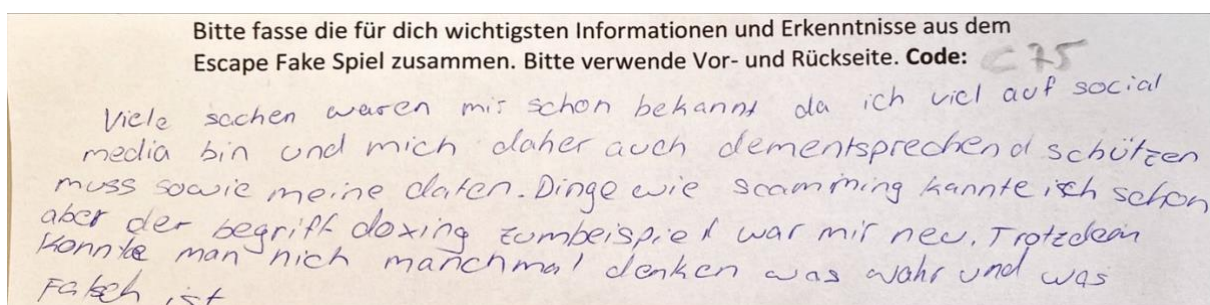
Um das Spiel spielen zu können, gab es eine kurze Einführung zur Steuerung. Im Anschluss wurden die Schülerinnen und Schüler darauf hingewiesen, was in der jeweiligen Bedingung nach dem Ausfüllen des Vortests passieren wird und an welche Regeln sie sich halten mussten. Nach dieser Einführung haben die Teilnehmenden am Tablet den Vortest ausgefüllt. Die entsprechende Seite im Internet wurde ebenfalls in der Vorbereitung vom Versuchsleiter bereits geöffnet. Der Vortest enthielt den Wissenstest, die IV-Skala, die Anwendungsaufgabe sowie Fragen zu Geschlecht und Alter der Lernenden. Ein weiteres Feld mit der Bezeichnung „Code“ diente dazu, den auf dem Zettel stehenden Code, bestehend aus einem Buchstaben und einer Zahl, einzutragen (z.B. B44). Derselbe Code wurde dann auch im Nachtest verwendet, um dort auf die erneute Erhebung der allgemeinen Daten verzichten zu können.

Nach Abschluss des Vortests hat der Versuchsleiter den Zettel an sich genommen und die Teilnehmenden beider Gruppen gebeten, das Spiel mit den am Tisch liegenden verkleinerten Markern zu beginnen.

Teilnehmende, die das Spiel erfolgreich beendeten oder deren Zeitguthaben von 25 Minuten abgelaufen war, meldeten dies per Handzeichen an. Den Teilnehmenden der Kontrollbedingung händigte der Versuchsleiter dann einen weiteren Zettel aus, mit dem die Teilnehmenden per URL oder QR-Code den Nachtest aufrufen und ausfüllen konnten. Dieser beinhaltete neben einem Feld für die erneute Eingabe des Codes die Instrumente aus dem Vortest sowie neu den Fragebogen zum Immersionserleben. Den Lernenden der Experimentalbedingung wurde nach Abschluss des Spiels der Stimulus für das Zusammenfassen der Inhalte in eigenen Worten ausgehändigt. Die Lernenden hatten 10 Minuten Zeit, die Zusammenfassung anzufertigen. Abbildung 19 zeigt ein Beispiel einer finalen Zusammenfassung. Nach 10 Minuten nahm der Studienleiter den Zettel mit der schriftlichen Zusammenfassung an sich und händigte auch den Lernenden der Experimentalgruppe den Zettel mit URL bzw. QR-Code zum Aufrufen des Nachtests aus.

Abbildung 19

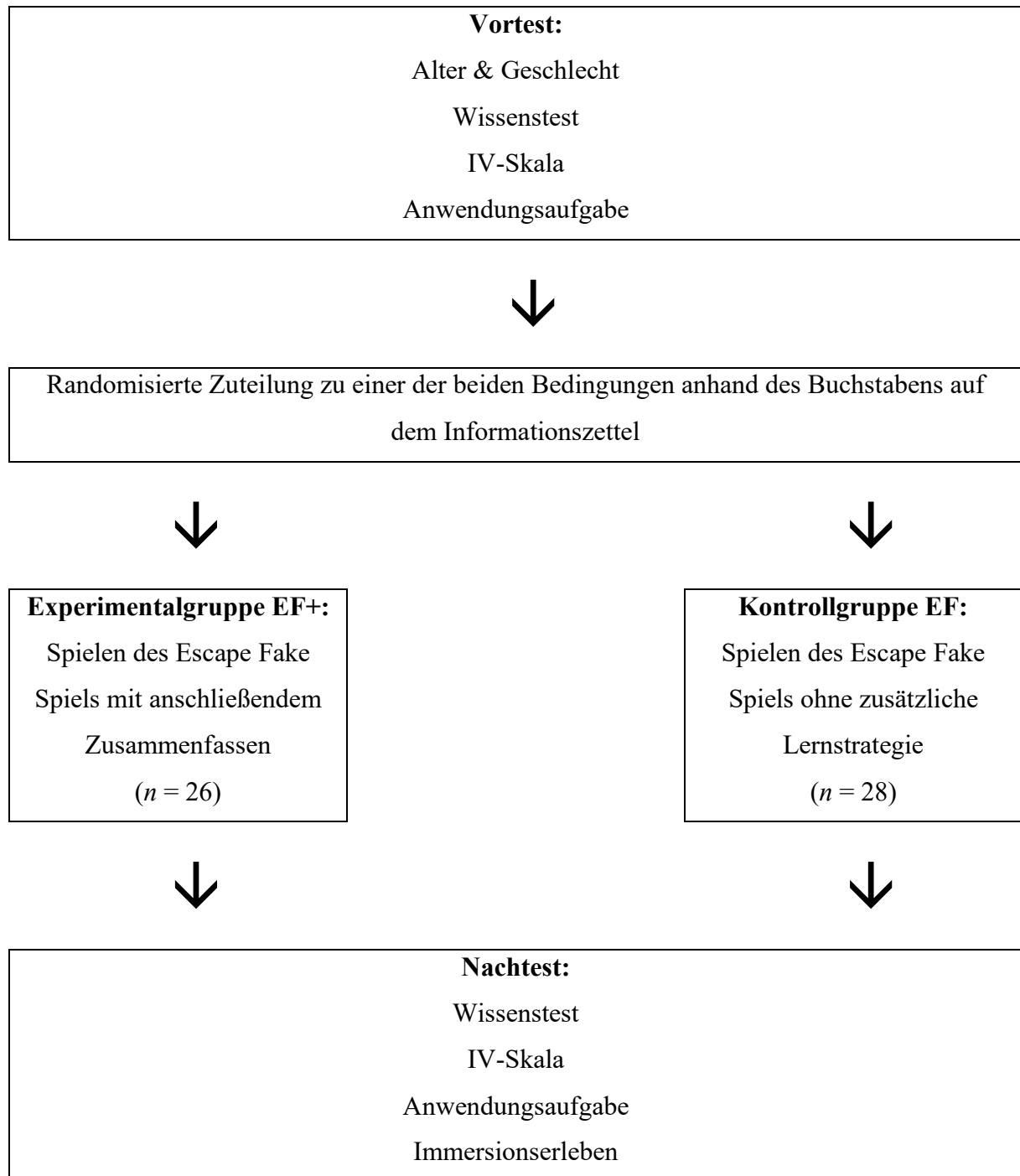
Beispiel für eine Zusammenfassung auf dem vorbereiteten Ausdruck



Die Dauer der gesamten Untersuchung entspricht in etwa zwei Unterrichtseinheiten (90 Minuten). Abbildung 20 fasst den Ablauf grafisch zusammen.

Abbildung 20

Grafische Darstellung zum Ablauf der Untersuchung in Studie 3



8.3 Ergebnisse

8.3.1 Datenaufbereitung

Die Aufbereitung der Daten erfolgte wie in Studie 1 und 2. Die zwei Gruppen wurden mit 1 = EF+ und 2 = EF kodiert.

Eine Überprüfung der Variablen auf Normalverteilung ergab keine statistisch signifikante Abweichung von der Normalverteilung, Kolmogorov-Smirnov-Test: Vortest Wissen ($Z = 0,95$, $p = 0,33$), Nachtest Wissen ($Z = 1,37$, $p = 0,05$), Vortest IV ($Z = 0,90$, $p = 0,39$), Nachtest IV ($Z = 0,82$, $p = 0,52$), Vortest Evaluation ($Z = 0,91$, $p = 0,38$), Nachtest Evaluation ($Z = 0,88$, $p = 0,42$), Engagement ($Z = 1,15$, $p = 0,14$), Engrossment ($Z = 0,82$, $p = 0,51$), Total Immersion ($Z = 0,74$, $p = 0,65$).

8.3.2 Deskriptive Statistik

In Tabelle 12 sind die Mittelwerte mit Standardabweichung aller erhobenen Variablen für jede Bedingung dargestellt. Wie ersichtlich, haben sich alle Lernenden beim Wissen zu Fake News, der Bereitschaft, Online-Informationen zu überprüfen, und der Anwendungsaufgabe verbessern können. Unterschiede zwischen den beiden Bedingungen zeigen sich nur für die Variablen Anwendungsaufgabe (Nachtest) und das Erleben von Total Immersion. Bei den anderen Variablen zeigen die Lernenden beider Gruppen ähnliche Werte.

Tabelle 14

Mittelwerte mit Standardabweichung der in Studie 3 erhobenen Variablen für jede Bedingung

	EF+ ($n = 26$)		EF ($n = 28$)	
	Vortest	Nachtest	Vortest	Nachtest
	$M (SD)$	$M (SD)$	$M (SD)$	$M (SD)$
Wissen	3,27 (1,89)	5,00 (2,30)	3,29 (1,92)	5,50 (2,15)
Anwendung	5,68 (0,80)	5,98 (0,66)	5,47 (0,85)	5,55 (0,95)
Einstellung IV	4,05 (1,59)	4,67 (1,42)	4,24 (1,32)	4,63 (1,27)
Engagement		5,50 (1,16)		5,59 (1,09)
Engrossment		5,12 (1,29)		5,16 (1,17)
Total Immersion		3,71 (1,01)		4,34 (1,32)

8.3.3 Vortest-Nachtest Vergleich

Zunächst wird überprüft, ob die in Studie 1 und 2 gefundenen Ergebnisse zur Effektivität von Escape Fake im Vor-Nachtest-Vergleich repliziert werden konnten. Dazu wurde eine MANOVA mit Messwertwiederholung berechnet. Als abhängige Variablen wurden die Ergebnisse der Lernenden aus dem Wissenstest, der IV-Skala sowie der Evaluationsaufgabe aus dem Vor- und Nachtest für die Analyse der Messwertwiederholung herangezogen. Der multivariate Vergleich zeigt einen signifikanten Haupteffekt, $F(3, 51) = 31,13, p < 0,001, n_p^2 = 0,65$.

Eine univariate Analyse legt für alle drei abhängigen Variablen signifikante Unterschiede zwischen Vor- und Nachtest offen. Demnach haben sich alle Lernenden hinsichtlich ihres Wissens zu Fake News verbessern können, $F(1, 53) = 51,79, p < 0,001, n_p^2 = 0,49$.

Ebenso konnten die Schülerinnen und Schüler nach dem Lernen mit Escape Fake simulierte Postings aus den sozialen Netzwerken signifikant besser hinsichtlich ihrem Wahrheits- oder Falschheitsgehalt evaluieren als davor, $F(1, 53) = 4,87, p = 0,03, n_p^2 = 0,08$.

Auch die Werte in der IV-Skala haben sich bei allen Lernenden signifikant verbessert, $F(1, 53) = 12,84, p = 0,001, n_p^2 = 0,20$.

8.3.4 Testung der Hypothesen

Um die Hypothesen 1, 2 und 3 von Studie 3 zu testen wurde eine MANCOVA mit den Nachtest-Ergebnissen der abhängigen Variablen Wissen, Anwendung und IV gerechnet. Als Kovariaten wurden die Vortest-Ergebnisse des Wissenstests, der Anwendungsaufgabe sowie der IV-Skala herangezogen. Als unabhängige Variable wurde die Bedingung, EF+ oder EF, definiert.

Bei den Kovariaten zeigt sich ein signifikanter Einfluss des Vorwissens ($F(3, 47) = 5,61, p = 0,002, n_p^2 = 0,26$), dieser ist jedoch nur für das Wissen im Nachtest signifikant, $F(1, 49) = 15,53, p < 0,001, n_p^2 = 0,24$). Das Ergebnis aus dem Nachtest-Wissen korreliert signifikant mit dem Ergebnis aus dem Vortest-Wissen, $r = 0,52, p < 0,001$.

Ebenso erweisen sich die Werte der Anwendungsaufgabe im Vortest als signifikante Einflussgröße ($F(3, 47) = 18,93, p < 0,001, n_p^2 = 0,55$), allerdings nur signifikant für die Leistung in der Anwendungsaufgabe im Nachtest, $F(1, 49) = 48,60, p < 0,001, n_p^2 = 0,50$). Das Ergebnis aus dem Nachtest-Anwendung korreliert signifikant mit dem Anwendungsergebnis aus dem Vortest, $r = 0,73, p < 0,001$.

Auch die Kovariate Vortest-IV erweist sich als signifikante Einflussgröße, ($F(3, 47) = 21,61, p < 0,001, n_p^2 = 0,58$), jedoch ausschließlich für die Ergebnisse in der Skala Nachtest-IV, $F(1,$

49) = 54,14, $p < 0,001$, $n_p^2 = 0,53$). Die beiden Werte korrelieren signifikant, $r = 0,73$, $p < 0,001$.

Der multivariate Vergleich über beide Bedingungen zeigt keinen signifikanten Haupteffekt, $F(3, 47) = 1,58$, $p = 0,21$, $n_p^2 = 0,09$. Die univariate Analyse bestätigt diesen Befund für das Wissen, $F(1, 49) = 0,69$, $p > 0,05$, $n_p^2 = 0,01$. Hypothese 1 muss demnach verworfen werden. Das Hinzufügen der Lernstrategie des Zusammenfassens hatte keinen signifikanten Einfluss auf den Wissenserwerb. Beide Gruppen haben vom Spielen des Escape Fake Spiels hinsichtlich ihres Erwerbes von Wissen zu Fake News unabhängig der Bedingung profitieren können.

Ein signifikanter Effekt der Lernstrategie des Zusammenfassens zeigt sich für die Leistung in der Anwendungsaufgabe, $F(1, 49) = 3,41$, $p < 0,05$, $n_p^2 = 0,07$, einseitige Testung. Hypothese 2 hat sich bestätigt: Die Kombination aus generativer Lernstrategie und Spielen des Escape Fake Games hat zu einer signifikant besseren Leistung bei der Anwendung des Wissens im Nachtest geführt.

Hypothese 3 muss verworfen werden und die Alternativhypothese 3a kann angenommen werden. Das Hinzufügen der Lernstrategie des Zusammenfassens hatte keinen negativen Effekt auf die Einstellung der Lernenden, Online-Informationen zu evaluieren, $F(1, 49) = 0,27$, $p > 0,05$, $n_p^2 = 0,006$. Beide Gruppen von Lernenden konnten ihre Bereitschaft steigern und berichten unabhängig der Bedingung nach dem Lernen mit Escape Fake eine kritischere Einstellung gegenüber Online-Informationen.

Um die Hypothesen 4, 5 und 6 von Studie 3 zu testen, wurde eine MANOVA mit den Ergebnissen aus den drei Immersionsstufen, Engagement, Engrossment und Total Immersion, als abhängige Variablen gerechnet. Als unabhängige Variable wurde erneut die Bedingung definiert. Der multivariate Test zeigt, dass kein signifikanter Haupteffekt vorliegt, $F(3, 50) = 2,18$, $p = 0,10$, $n_p^2 = 0,12$.

Die univariate Analyse legt dar, dass sich die Lernenden der beiden Bedingungen hinsichtlich der Immersionsstufe Engagement nicht signifikant voneinander unterscheiden, $F(1, 52) = 0,09$, $p > 0,05$, $n_p^2 = 0,002$. Damit muss Hypothese 4 verworfen werden. Das Hinzufügen der Lernstrategie des Zusammenfassens hat das Erleben von Engagement nicht signifikant erhöht. Wie die Ergebnisse der univariaten Analyse für die Immersionsstufe Engrossment zeigen, unterscheiden sich die beiden Gruppen ebenso nicht signifikant in ihrem Empfinden dieser Immersionsstufe, $F(1, 52) = 0,02$, $p > 0,05$, $n_p^2 < 0,001$. Hypothese 5 muss demnach verworfen werden: Das Hinzufügen der Lernstrategie des Zusammenfassens hat das Erleben von Engrossment nicht signifikant steigern können.

Ein signifikanter Einfluss der generativen Lernstrategie des Zusammenfassens auf das Erleben von Total Immersion kann nachgewiesen werden, $F(1, 52) = 3,79, p < 0,05, \eta_p^2 = 0,07$, einseitige Testung. Die Lernenden der Bedingung mit Lernstrategie ($M = 3,71, SD = 1,01$) empfanden ein signifikant geringeres Erleben der höchsten Immersionsstufe Total Immersion im Vergleich zu den Lernenden der Bedingung ohne Lernstrategie ($M = 4,34, SD = 1,32$). Hypothese 6 kann demnach angenommen werden. Das Hinzufügen der Lernstrategie des Zusammenfassens kann das Erleben von Total Immersion signifikant reduzieren.

Tabelle 15

Ergebnisse der MANCOVA und MANOVA für die beiden Bedingungen

Variable	EF+		EF		$F(1, 49)$	p	η_p^2
	$(n = 26)$		$(n = 28)$				
	M	SD	M	SD			
Wissen	5,00	2,30	5,50	2,15	0,69	0,409	0,014
Anwendung	5,98	0,66	5,55	0,95	3,41	0,035	0,065
Einstellung IV	4,67	1,42	4,63	1,27	0,27	0,604	0,006
Engagement	5,50	1,16	5,59	1,09	0,09	0,761	0,002
Engrossment	5,12	1,29	5,16	1,17	0,02	0,893	0,000
Total Immersion	3,71	1,01	4,34	1,32	3,79	0,035	0,068

8.4 Diskussion

In Studie 3 dieser Arbeit wurde das Lernen mit dem AR Escape Game Escape Fake didaktisiert, indem nach dem Spielen die generative Lernstrategie des Zusammenfassens in der Experimentalgruppe initiiert wurde. Es wurde angenommen, dass damit das Lernen mit Escape Fake verbessert werden kann.

In Hypothese 1 wurde angenommen, dass das Hinzufügen der Lernstrategie des Zusammenfassens nach dem Spielen von Escape Fake zu einem höheren Wissenswerb beiträgt als wenn das Spiel ohne zusätzliche Didaktisierung gespielt wird. Die Ergebnisse der Studie bestätigen diese Annahme nicht: Beide Gruppen erzielen eine ähnlich hohe Leistung im Wissens-Nachtest, es wurden keine Unterschiede festgestellt. Das Ergebnis kann anhand der Erkenntnisse von Studie 1 und 2 dieser Arbeit erklärt werden: Wie sich herausgestellt hat, ist das Escape Fake Spiel ein effektives Bildungsmedium, das den Erwerb von Wissen zu Fake News fördert. Erklärt wurde dies unter anderem durch das *Guided Discovery Learning* Prinzip

des multimedialen Lernens (de Jong & Lazonder, 2014): Die pädagogische Agentin Hannah Lee May fungiert als Game-Master und bietet den Lernenden genug Unterstützung, sodass keine kognitive Überforderung während des Lernens mit Escape Fake auftritt. Die für den Wissenserwerb notwendigen kognitiven Prozesse aus dem SOI-Modell werden nicht gestört und das Erlernen neuer Inhalte ermöglicht. Der fehlende Effekt der Strategie des Zusammenfassens auf den Wissenserwerb kann auch unter Einbezug der GLT erklärt werden: Die Strategie des Zusammenfassens lässt sich zwar leicht in die Praxis integrieren, ohne entsprechendes Training kann die Strategie jedoch nicht ihr volles Potential entfalten (Fiorella & Mayer, 2015, 2016). Es wäre also durchaus möglich, dass sich der Effekt nachweisen lässt, wenn die Lernenden zuvor ein Training erhalten, wie effektive Zusammenfassungen anzufertigen sind.

Bei der Anwendung des Wissens, Hypothese 2, hat sich gezeigt, dass das Hinzufügen der Lernstrategie des Zusammenfassens zu einer signifikanten Verbesserung der Leistung beigetragen hat. Die gefundene Effektstärke entspricht einem pädagogisch-relevantem Effekt. Dies bedeutet, dass die Lernenden der Experimentalbedingung EF+ besser in der Lage sind, Postings aus den sozialen Medien hinsichtlich ihrer Vertrauenswürdigkeit einzustufen. Diese Anwendung des Wissens auf Problemstellungen ist der Kern bedeutsamen Lernens: Bedeutsames Lernen ist demonstriert, wenn Lernende sowohl Inhalte erinnern als auch anwenden können (Fiorella & Mayer, 2015; Mayer, 2020). In dieser Studie konnte gezeigt werden, dass die Kombination aus Escape Fake und der Lernstrategie des Zusammenfassens beides adressieren kann. Die Lernenden der Experimentalbedingung konnten die gleiche Erinnerungsleistung erzielen wie die Lernenden der Kontrollbedingung und bei der Anwendung des Wissens schnitten die Lernenden der Experimentalbedingung signifikant besser ab als jene Lernende, die keine Lernstrategie nach dem Spielen mit Escape Fake ausführten. Dieses Ergebnis stützt die Annahme, wonach das Hinzufügen generativer Lernstrategien das Lernen mit multimedialen Lernangeboten und Spielen verbessern kann (Fiorella & Mayer, 2021; Pilegard & Mayer, 2016). In dieser Studie wurde dieser Effekt zudem ein erstes Mal für das Lernen mit einem AR Escape Game demonstriert. Das Ergebnis stützt auch die Annahmen der GLT, wonach die Ausführung von Lernaktivitäten positiv auf die Lernleistung wirkt (Fiorella & Mayer, 2015; Wittrock, 1989).

In Hypothese 3 wurde angenommen, dass das Hinzufügen der Lernstrategie des Zusammenfassens möglicherweise negative Konsequenzen für das affektive Lernziel der Einstellungsveränderung nach sich ziehen könnte. Als Voraussetzung wurde die Reduktion der Total Immersion genannt. Nun hat sich in Studie 3 gezeigt, dass das Hinzufügen einer

Lernstrategie die Total Immersion signifikant reduzieren kann, zugleich haben sich keine negativen Folgen für das affektive Lernziel eingestellt. Alternativhypothese 3a wird daher angenommen: Das Hinzufügen der Lernstrategie des Zusammenfassens hat sich nicht negativ auf die Einstellung der Lernenden ausgewirkt. Die beiden Gruppen unterscheiden sich nicht signifikant voneinander. Dieses Ergebnis deckt sich mit anderen Studien, die ebenfalls keine negativen Konsequenzen für affektive Lernziele bei einer vorgenommenen Didaktisierung fanden (z.B. Parong & Mayer, 2018; Pilegard & Mayer, 2016). Das Ergebnis stellt auch einen kritischen Beitrag zur Annahme dar, wonach insbesondere ein hohes Erleben von Immersion affektive Lernziele besser adressieren kann als ein geringeres Erleben von Immersion (z.B. Makransky, 2021).

Die Hypothesen 4 und 5 zum Erleben der zwei weniger intensiven Immersionsstufen Engagement und Engrossment haben sich nicht bestätigt. Das Hinzufügen der Lernstrategie des Zusammenfassens hat die beiden als lernförderlich angenommenen Immersionsstufen nicht zusätzlich erhöhen können. Die Lernenden in beiden Gruppen fühlten sich emotional eingebunden, konnten ihre Aufmerksamkeit auf die Lernaktivitäten richten und waren interessiert an den Lehrinhalten. Zum einen hinterfragt dieses Ergebnis die Annahme der GLT, wonach das Hinzufügen von Lernstrategien den Fokus der Lernenden auf die Lerninhalte verstärken kann (Fiorella & Mayer, 2015). Zum anderen können die Ergebnisse für die Immersionsstufen Engagement und Engrossment auch dahingehend positiv interpretiert werden, dass die Didaktisierung des Escape Fake Spiels sich nicht negativ auf das emotionale Erleben auswirkte. Das z.B. in Filsecker und Kerres (2014) geäußerte Bedenken, wonach die bewusste Didaktisierung von Spielen emotionale sowie motivationale Einbußen und in der Folge schlechtere Lernleistungen nach sich ziehen könnte, hat sich nicht bestätigt. Wie bereits dargestellt, zeigten sich für den Wissenserwerb keine Unterschiede und bei der Anwendung des Wissens zeigten sich signifikante Vorteile für die Lernenden, die nach dem Escape Fake Spiel zusätzlich die Lernstrategie des Zusammenfassens anwandten.

Hypothese 6 hat sich bestätigt: Die Lernenden der Experimentalbedingung wurden nach dem Spielen von Escape Fake aus der Spielumgebung gerissen und fühlten sich weniger stark in das Spiel involviert als die Lernenden der Kontrollgruppe. Dieses Ergebnis deckt sich unter anderem mit den Befunden in Makransky et al. (2020). Die generative Lernstrategie des Zusammenfassens kann die Total Immersion reduzieren und zugleich die Anwendung des Wissens verbessern. Zudem fanden sich keine negativen Auswirkungen der Reduktion der Total Immersion für den Wissenserwerb sowie das affektive Lernziel der Einstellung gegenüber Online-Informationen. Dieses Ergebnis zeigt, dass der Zusammenhang der verschiedenen

Immersionsstufen und der Lernleistung durchaus komplexer ist als etwa von Georgiou und Kyza (2017a, 2018, 2021) postuliert: Der Autor und die Autorin empfehlen etwa, Lernumgebungen so zu gestalten, sodass Lernende ein möglichst hohes Erleben von Immersion wahrnehmen. In Studie 3 dieser Arbeit wurde diese Annahme kritisch beleuchtet, indem auf die CATLM (Moreno, 2006a, Park et al., 2014) verwiesen wurde. In einer Reihe von Studien hat sich gezeigt, dass eine zu starke emotionale Involviertheit, wie es Total Immersion darstellt, ablenken und die für bedeutsames Lernen notwendigen kognitiven Prozesse (auch) stören kann (Übersicht in Schrader et al., 2021). Einschränkend muss festgehalten werden, dass sich in dieser Studie nur ein Effekt für die Anwendung des Wissens zeigte. Die Reduktion der Total Immersion hatte keinen Effekt auf den Wissenserwerb. Hier gilt es in zukünftigen Studien noch im Detail zu untersuchen, wie die verschiedenen Immersionsstufen mit der Förderung welcher Lernziele zusammenhängen.

Auf der Basis der Befunde in Studie 3 dieser Arbeit kann für den praktischen Einsatz von Escape Fake empfohlen werden, das Spiel um die generative Lernstrategie des Zusammenfassens zu ergänzen. Die Lernenden werden trotz der Didaktisierung das Spiel als eine emotional-anregende Lernmöglichkeit empfinden. Inwieweit andere in der Literatur beschriebene generative Lernstrategien (z.B. in Fiorella & Mayer, 2016) Auswirkungen auf das Lernen mit Escape Fake haben, gilt es in zukünftigen Studien zu explorieren.

8.5 Limitationen und offene Fragen

Eine Limitation von Studie 3 dieser Arbeit betrifft die relativ kleine Stichprobe, weshalb die Ergebnisse dieser Untersuchung nicht generalisiert werden können. Zumindest konnte die von Mayer (2014b, 2020) vorgeschlagene Mindestanzahl von 25 Teilnehmenden pro Bedingung eingehalten werden. Weitere Studien sind notwendig, um die Robustheit der gefundenen Effekte zu untersuchen. So wäre etwa denkbar, dass andere Lernstrategien zu anderen Ergebnissen führen. Dies hat sich etwa für das Erlernen naturwissenschaftlicher Inhalte herausgestellt, das besser mithilfe der Lernstrategie des Zeichnens als der Strategie des schriftlichen Zusammenfassens unterstützt werden kann (z.B. Leopold & Leutner, 2012). Gänzlich offen ist, wie das Lernen mit und durch Escape Spiele während des Spielens noch verbessert werden kann. Aufgrund des Game-Plays mit vorgegebener Zeit ist es schwierig, generative Lernstrategien währenddessen ausführen zu lassen. Hier könnten vor allem Designer und Designerinnen von Escape Spielen neue Wege, auch technologische, explorieren, wie dies realisiert werden könnte. In AR Escape Spielen könnten solche Strategien etwa von pädagogischen Agentinnen und Agenten eingefordert werden. Wichtig ist, dass dann auch die

Zeit gestoppt wird, da sonst ein Grundgedanke von Escape Spielen, das schnelle Ausbrechen aus einem Raum, verloren gehen könnte. Als Konsequenz könnten sich motivationale Einbußen einstellen. Es gilt also weiterhin zu Erforschen, wie eine Balance aus Spiel und Lernen in Escape Spielen aussehen kann (z.B. Veldkamp, Daemen, et al., 2020).

Auch offen geblieben ist, ob sich die Effekte längerfristig nachweisen lassen. Dazu sollte in zukünftigen Studien die Lernleistung zu einem späteren Zeitpunkt erneut gemessen werden. Eine Erweiterung der Erhebungsinstrumente wäre auch denkbar, etwa eine Aufteilung der Anwendungsaufgaben nach Schwierigkeitsgrad.

Neben den generativen Lernstrategien ließen sich noch weitere Didaktisierungen und ihre Effekte auf das Lernen mit Escape Fake oder andere (AR/VR) Escape Room Spiele untersuchen. So wäre durchaus vorstellbar, dass das Lernen mit Escape Spielen durch eine vorgelagerte Instruktionsphase vorbereitet und dadurch verbessert werden kann. Dies würde sowohl dem Pre-Training-Prinzip der CTML (Mayer & Pilegard, 2014) als auch den Annahmen der Theorie des produktiven Scheiterns (Kapur, 2008, 2015) entsprechen. Eine erste Untersuchung an unserem Lab hat gezeigt, dass eine expositorisch-angelegte Vorbereitungsphase die kognitive Belastung verringert und in der Folge zu besserem Lernen mit einem digitalen Escape Game führt (Buchner et al., submitted). Weitere Studien hierzu sind erforderlich, um noch detaillierter die Gründe für diesen Effekt erklären zu können. Andere didaktische Variationen betreffen soziale Faktoren des Lernens. So wäre etwa denkbar, dass individuelles oder kollaboratives Lernen zu unterschiedlichen Effekten beim Lernen mit Escape Spielen führt. Auch offen ist, wie sich solche Variationen auf die verschiedenen Stufen des Immersionserlebens auswirken. Weiter wurde Studie 3 im Feld durchgeführt. Eine zukünftige Studie sollte das Experiment unter kontrollierten Bedingungen replizieren. Wie bereits skizziert, sollte in einer Folgestudie untersucht werden, welchen Einfluss ein Training der Strategie des Zusammenfassens auf das Lernen mit Escape Fake und der nachgelagerten Lernaktivität ausübt. Hier wäre anzunehmen, dass das Training die Lernleistung zugunsten jener Lernenden, die trainiert haben und nach dem Spielen von Escape Fake eine Zusammenfassung anfertigen, noch weiter erhöht (z.B. Fiorella & Mayer, 2016).

8.6 Zusammenfassung

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass das Lernen mit Escape Fake und der zusätzlich initiierten Lernstrategie des Zusammenfassens zur Förderung bedeutsamen Lernens beitragen kann. Lernende, die diese Kombination durchliefen, erwarben sich nicht nur neues Wissen, sondern waren auch besser in der Lage, dieses auf eine Problemstellung anzuwenden.

Die Didaktisierung hatte keine negativen Folgen für die lernförderlichen Immersionsstufen des Engagement und des Engrossment. Die Total Immersion, als potentieller lernhinderlicher Faktor, konnte durch den Einsatz der Lernstrategie des Zusammenfassens verringert werden, was sich in der Folge positiv auf die Lernleistung auswirkte. Für die Praxis kann auf der Grundlage dieser Ergebnisse die Kombination von Escape Fake und der generativen Lernstrategie des Zusammenfassens empfohlen werden.

9. Gesamtdiskussion und Implikationen

In dieser Arbeit wurden drei Studien vorgestellt, in denen die Effekte eines AR Escape Games auf den Lernerfolg und das Immersionserleben exploriert wurden. Solche Spiele stellen eine Kombination aus den technologischen Eigenschaften von AR und den Charakteristika von Escape Spielen dar. Wie dargestellt, werden mit AR und Escape Spielen sowohl Potentiale als auch Herausforderungen verbunden (z.B. Akçayır & Akçayır, 2017; Veldkamp, van de Grint, et al., 2020). Dementsprechend gilt es aus einer mediendidaktischen Perspektive heraus zu untersuchen, unter welchen Bedingungen AR Escape Games die Lernleistung positiv beeinflussen können und mögliche negative Einflussfaktoren zu identifizieren. Um diese Forderung aufzugreifen, wurde zunächst eine lerntheoretische Einordnung vorgenommen, mit deren Hilfe auftretende Effekte beim Lernen mit AR Escape Games erklärt werden können. Dies war notwendig, da in der bisherigen Literatur keine ausreichend theoretische Verortung vorgenommen wurde (Fotaris & Mastoras, 2019; Jaramillo Rincón & Trujillo Mejia, 2020; Veldkamp, van de Grint, et al., 2020).

In dieser Arbeit werden AR Escape Games, auf der Basis einer Analyse von Merkmalen bisheriger in der Literatur beschriebener AR Escape Games, als interaktive, multimediale Spiele definiert, die unter Einbezug der Annahmen der CATLM (Moreno, 2006a; Park et al., 2014) sowie der von Plass und Kaplan (2016) vorgeschlagenen Erweiterungen des Modells untersucht werden können. In dem Modell werden unter anderem Affekt, Motivation und Metakognition als moderierende Faktoren für die für bedeutsames Lernen notwendigen kognitiven Prozesse der Selektion, Organisation und Integration angesehen. Sowohl für AR-basierte Lernumgebungen als auch Escape Spiele wurde das Erleben von Immersion, als eine Form der emotionalen und kognitiven Eingebundenheit, als lernrelevanter Faktor ausgewiesen (z.B. Georgiou & Kyza, 2017a, 2021; Lopez-Pernas et al., 2019b; Monaghan & Nicholson, 2017). Demgegenüber stehen Studien die zeigen konnten, dass eine zu starke emotionale Involviertheit negativ für die Lernleistung sein kann (z.B. Schrader et al., 2021; Um et al., 2012) und ein hohes Erleben von Immersion von den Lerninhalten ablenkt und in der Folge effektives Lernen verhindert (z.B. Cheng et al., 2017; Makransky, Terkildsen, et al., 2019; Zumbach et al., 2022). Dies zeigt sich auch in der bisherigen Literatur zum Einsatz von Escape Games in Lehr- und Lernkontexten: Lehrende und Lernende zweifeln an der Effektivität von Escape Spielen für den Erwerb von Wissen und Kompetenzen (Veldkamp, Knippels, et al., 2021); Lernende fühlen sich aufgrund der Spielcharakteristika überfordert und unter Druck gesetzt (z.B. Clauson et al., 2019; Hermanns et al., 2017); Lernende profitieren nicht vom Lernen mit

Escape Spielen (z.B. Clauson et al., 2019; Hou & Li, 2014; Vörös & Sárközi, 2017). Einschränkend muss festgehalten werden, dass die bisherige Studienlage gering ist und die Forschung zu den Effekten von Escape Spielen noch am Anfang steht (Fotaris & Mastoras, 2019; Makri et al., 2021; Veldkamp, van de Grint, et al., 2020). Diese Arbeit erweitert mit den drei durchgeführten Untersuchungen diese Studienlage und kann zudem Empfehlungen aussprechen, wie das Lernen mit AR Escape Spielen verbessert werden kann.

In Studie 1 wurde zunächst überprüft, ob mit dem für diese Arbeit herangezogenen AR Escape Game, Escape Fake, gelernt werden kann. Dies hat sich sowohl für den Erwerb von Wissen, die Anwendung des Wissens auf eine Problemaufgabe als auch das affektive Lernziel der Einstellung gegenüber Online-Informationen bestätigt. Die Lernenden empfanden das Spielen mit Escape Fake auch als immersives Erlebnis. In Studie 2 wurde der Versuch unternommen, den Lernerfolg mit dem in dieser Arbeit eingesetzten AR Escape Spiel, Escape Fake, zu verbessern, indem durch die Variation der Bewegungsintensität eine Reduktion der höchsten Immersionsstufe, der Total Immersion, erreicht werden sollte. Dieses Ziel wurde nicht erreicht. Einzig für die Immersionsstufe Engrossment fand sich ein signifikanter Unterschied zugunsten der sitzenden Lernenden. Ein Einfluss der Bewegungsvariation auf den Lernerfolg zeigte sich nicht. In Studie 3 lernte eine Gruppe von Schülerinnen und Schülern mit Escape Fake und fasste danach die Inhalte in eigenen Worten zusammen. Im Vergleich mit einer Gruppe von Schülerinnen und Schülern, die nur das Spiel spielten, schnittenn die Lernenden der Gruppe mit Lernstrategie des Zusammenfassens bei der Anwendungsaufgabe signifikant besser ab. Beim Wissenserwerb und der Einstellung zeigten sich keine Unterschiede. Die höchste Immersionsstufe, die Total Immersion, konnte signifikant reduziert werden. Keine Unterschiede zeigten sich für die beiden anderen Immersionsstufen.

Zusammengefasst ergeben sich anhand der gefundenen Ergebnisse über die drei Studien hinweg verschiedene Implikationen, die in diesem Kapitel aufgeschlüsselt nach theoretischen, empirischen und praktischen Implikationen nun vorgestellt werden. Zudem werden Implikationen für die Gestaltung anderer AR Escape Room Spiele diskutiert und Ideen präsentiert, wie die Potentiale der Technologie AR noch effektiver eingelöst werden könnten.

9.1 Theoretische Implikationen

Über alle drei Studien hinweg hat sich gezeigt, dass die Kombination aus AR und Escape Game Charakteristika von den Schülerinnen und Schülern als interessantes und emotional anregendes Lernangebot wahrgenommen wurde. Die Lernenden fühlten sich zudem in den Kontext des Spiels hineinversetzt und die Handhabung der AR-Technologie wurde nicht als zusätzliche

Belastung empfunden. Dieses Ergebnis deckt sich mit den in der Literatur bisher getroffenen Annahmen, wonach AR-basierte Spielumgebungen Lernende in anregende (Lern-)Situationen versetzen können (Dede, 2009; Georgiou & Kyza, 2018; Kyza & Georgiou, 2018). Wie die Studien in dieser Arbeit gezeigt haben, können solche Spielumgebungen auch Lernprozesse erfolgreich initiieren, sodass sich positive Effekte für verschiedene Lernziele ergeben. Wesentlich dafür waren in dieser Arbeit die in Escape Fake umgesetzten lernförderlichen Prinzipien. So fungiert etwa der Chatbot Hannah Lee May in Escape Fake als eine Art *Scaffold*, der die Lernenden bei der Erfüllung der Mission unterstützt (Paraschivoiu et al., 2021). Dies unterscheidet Escape Fake, sowie andere Escape Room Spiele, von anderen Spielformaten, die meist zu wenig oder gar keine Unterstützungsmechanismen in das Game-Play integrieren. In der Folge wird das Spielen zwar genossen, gelernt wird jedoch nicht (Westera, 2015). AR scheint hier eine gute Möglichkeit zu sein, Unterstützungsmaßnahmen direkt in die Spielstory zu integrieren und keinen zu starken Bruch zwischen Spielwelt und (externen) bewussten Unterstützungsmaßnahmen hervorzurufen. Ähnliches gilt für die in Escape Fake eingesetzten Multiple-Choice-Quizze, die nicht zu einer Abwertung des Spiels durch die Lernenden geführt haben. Solche Quizze stellen bereits eine Form der Didaktisierung dar, die sich negativ auf das Spielerlebnis und in der Folge auf die Lernleistung auswirken könnte (z.B. Filsecker & Kerres, 2014). Dies hat sich in den drei Studien dieser Arbeit nicht gezeigt. Auf der Basis der Befunde dieser Arbeit kann für die zukünftige Gestaltung von AR Escape Spielen empfohlen werden, sich an dem Design von Escape Fake zu orientieren: Das Spiel hat sich als effektiv für die Lernleistung herausgestellt und wurde von den Lernenden auch als immersives Lernangebot wahrgenommen.

Die Ergebnisse von Studie 2 dieser Arbeit hinterfragen die Rolle der physischen Involviertheit beim Lernen mit AR Escape Games: Wie die in Kapitel 4 dieser Arbeit präsentierte Analyse bisheriger AR Escape Games offenbart, ist die körperliche Aktivierung der Lernenden beim Spielen ein zentrales Element. Körperlicher Aktivität werden dabei gleich mehrere positive Wirkungen zugesprochen: Zum einen soll die physische Involviertheit das Immersionserleben erhöhen, etwa weil eine stärkere Identifikation der Spielenden mit der Spielrolle entsteht sowie die Steuerung von Aktivitäten mit dem Körper als natürlicher empfunden wird als wenn die Steuerung über klassische Eingabegeräte wie Maus oder Tastatur erfolgt (Bianchi-Berthouze, 2013; Coppi et al., 2014; Pasch et al., 2009). Zum anderen stellt das körperliche Ausleben einer Rolle in Spielen eine Form des enaktiven Lernens dar (Gallagher & Lindgren, 2015), welchem auf der Basis der *Embodied Cognition Theory* (Wilson & Foglia, 2017) positive Effekte für die Lernleistung zugesprochen werden. In Studie 2 haben sich beide Annahmen nicht bestätigt. Für

das Erleben von Immersion hat sich gezeigt, dass die Stufen Engagement und Engrossment höher von den Lernenden der sitzenden Bedingung wahrgenommen wurden. Für Engrossment waren die Unterschiede zwischen den Gruppen signifikant. Keine Effekte zeigten sich für die höchste Immersionsstufe Total Immersion. Die Ergebnisse decken sich mit jenen in Georgiou et al. (2019). Eine genannte Erklärung ist, dass sich die Effekte von Bewegungsausführungen auf das Immersionserleben bisher nur in Laborstudien zeigten, nicht in Feldstudien. Diese Limitation muss auch in dieser Arbeit für Studie 2 berücksichtigt werden. Grundsätzlich sollte jedoch auch hinterfragt werden, ob die physische Involviertheit tatsächlich das Erleben von Immersion beeinflusst oder ob etwa schon eine spannende Story, wie in Escape Fake gegeben, ausreicht, um auch im Sitzen eine immersive Erfahrung zu gewährleisten. Dies würde das Ergebnis für die Immersionsstufe Engrossment in Studie 2 dieser Arbeit erklären: Die Handlung, die Figuren und das Design von Escape Fake wurden bereits so durchdacht gestaltet, sodass Spielende in die konzipierte Spielwelt, unabhängig der physischen Involviertheit, eintauchen können. Das simulierte Aufsuchen der Räume ist ein Zusatz, der jedoch nicht zwingend notwendig zu sein scheint. In Studie 2 dieser Arbeit hat sich gezeigt, dass der Fokus auf die Lerninhalte für die sitzenden Lernenden leichter zu richten war. Die emotionale Eingebundenheit hatte darunter nicht gelitten. Zukünftige Studien sind notwendig, um den Zusammenhang von Immersionserleben und Bewegungsausführungen noch besser verstehen zu können. In so einer Studie könnte zum Beispiel zusätzlich zur physischen Aktivität ein bestimmtes Element der Spielstory manipuliert werden. Dann ließen sich gefundene Effekte entsprechend auf die jeweilige Variation zurückführen. Zudem sollte untersucht werden, welchen Einfluss inhaltlich notwendige Bewegungen auf das Immersionserleben nehmen.

Für mögliche Lerneffekte wurde dieser Zusammenhang bereits intensiv erforscht: Die Kongruenz der Bewegungsausführungen mit dem Inhalt bzw. den Lernaufgaben ist entscheidend für den Nachweis positiver Effekte von Bewegungen auf Lernleistungen (Fiorella, 2021; Johnson-Glenberg et al., 2014; Lindgren et al., 2016). Bisherige Studien konnten zeigen, dass insbesondere Teilkörperbewegungen, etwa Gesten oder Zeigeaktivitäten, kognitive Prozesse anregen und die unnötige kognitive Belastung reduzieren können (Sepp et al., 2019). Für Ganzkörperbewegungen liegt dieser Nachweis noch nicht vor (z.B. Scheiter, Brucker, et al., 2020). Die in Studie 2 dieser Arbeit variierte Bewegungsform muss als Ganzkörperbewegung ausgewiesen werden. Das erklärt unter anderem die nicht gefundenen Effekte. Hier muss auch das Design von Escape Fake kritisiert werden: Das Initiieren von Bewegungen durch die A4-Marker dient in erster Linie der Simulation der Räume, die eben charakteristisch für das Genre Escape Game sind (z.B. Nicholson, 2018). Wie in Studie 2 dieser

Arbeit gezeigt, stellt diese Simulation von Räumlichkeiten weder für das Erleben von Immersion noch die Förderung kognitiver und affektiver Lernziele eine Notwendigkeit dar. Zukünftige AR Escape Games können von diesen Ergebnissen profitieren und eine stärkere Verschränkung von Bewegungen/physischen Aktivitäten mit den Rätseln oder auch den Inhalten des jeweiligen Spiels vornehmen und in das Gameplay integrieren. Studie 2 dieser Arbeit stützt damit die Annahme, wonach Bewegungen und Inhalt/Lernaufgaben aufeinander abgestimmt werden sollen. Erfolgt dies, können Lernenden von ausgeführten physischen Aktivitäten profitieren (Fiorella, 2021; Johnson-Glenberg et al., 2014; Lindgren et al., 2016). Die Ergebnisse dieser Arbeit können teilweise die Annahmen der erweiterten CATLM (Plass & Kaplan, 2016) belegen.

In Studie 3 hatte das Hinzufügen der Lernstrategie des Zusammenfassens, als eine bewusst herbeigeführte Veränderung der Lernumgebung, Auswirkungen auf das Erleben der höchsten Immersionsstufe Total Immersion. In der Folge zeigten die Lernenden der Experimentalbedingung signifikant bessere Leistungen bei einer Anwendungsaufgabe. Auf der Grundlage bisheriger Literatur kann geschlussfolgert werden, dass das reduzierte Erleben dieser Immersionsstufe positiv auf die für bedeutsames Lernen notwendigen kognitiven Prozesse der Selektion, Organisation und Integration wirkte. Dies deckt sich mit den Annahmen von Mayer (2020) und Kolleginnen und Kollegen, die in einem hohen Erleben von Immersion nicht per se Potentiale oder Vorteile für effektiveres Lernen erkennen (Makransky, 2021; Makransky, Terkildsen, et al., 2019; Mayer, 2020; Parong & Mayer, 2021).

In Studie 2 dieser Arbeit erlebten die Lernenden der Experimentalbedingung (sitzende Bedingung) die Immersionsstufe Engrossment signifikant intensiver als die stehende Kontrollbedingung. Ein Effekt des Erlebens dieser Immersionsstufe auf die Lernleistung zeigte sich jedoch nicht. Um diese Ergebnisse erklären zu können, ist eine detaillierte Betrachtung der in dieser Arbeit gefolgten Definition des Immersionserleben sowie der Items im ARI-Fragebogen von Georgiou und Kyza (2017a) notwendig. Immersion wird von Georgiou und Kyza (2017a, 2018) als emotionale und kognitive Involviertheit während eines Lernprozesses definiert. Je höher die Immersion, desto besser für das Lernen; z.B., weil mit dem Erleben von Immersion motivationale Vorteile verbunden werden (Georgiou & Kyza, 2018). Diese Definition stützt sich auf die von Brown und Cairns (2004) postulierte Annahme, wonach das Erleben von Immersion in Stufen abläuft. Diese Annahme wurde von anderen Forschenden immer wieder aufgegriffen, erweitert und anhand der Formulierung von Fragebogenitems messbar gemacht (Cheng et al., 2015; Jennett et al., 2008). Die von Brown und Cairns (2004) formulierte hierarchische Struktur des Immersionserlebens beruht auf den Ergebnissen von

Interviews mit sieben Spielenden. Eine detaillierte theoretische Verortung oder Verknüpfung mit anderen Theorien aus verwandten Feldern, etwa Emotion oder Motivation, fehlt. Jennett et al. (2008) greifen diesen Umstand auf und verknüpfen das Immersionserleben mit der Flow-Theorie (z.B. Csikszentmihalyi et al., 2005), was in der Folge von Cheng et al. (2015) sowie Georgiou und Kyza (2017a) aufgegriffen wird und in den entwickelten Fragebögen Berücksichtigung findet. Für Georgiou und Kyza (2017a) ist das Erleben von Flow an das höchste Erleben von Immersion geknüpft. Daher kombinieren sie in ihrem Modell das Konstrukt Flow mit dem Konstrukt Presence.

Letztgenanntes wurde von Brown und Cairns (2004) als höchste Stufe des Immersionserlebens ausgewiesen. Weiter zeigt sich in den Arbeiten von Georgiou und Kyza (2017a), dass diese Kombination auf einem Kompromiss beruht, da die Unterscheidung zwischen Flow und Presence „[...] adds an unnecessary level of complexity to current research [...]“ (Georgiou & Kyza, 2017a, S. 26). Interessanterweise verzichten Georgiou und Kyza (2021) in ihrer aktuellen Studie wieder auf dieses kombinierte Verständnis und berichten sowohl Flow- als auch Presence-Werte. Eine Erfassung der beiden unteren Immersionsstufen Engagement und Engrossment fehlt gänzlich. Zudem fällt auf, dass in den Studien von Georgiou und Kyza (Georgiou et al., 2019; Georgiou & Kyza, 2017a, 2018, 2017c) Erkenntnisse, die einen negativen Zusammenhang von Lernen und einem hohen Erleben von Immersion nahelegen, nicht thematisiert oder falsch zitiert werden. So verweisen Georgiou und Kyza (2021, S. 13) etwa auf die Studie von Schrader und Bastiaens (2012), um auf den positiven Effekt von Immersion (hier: Virtuelle Präsenz) auf Lernleistungen hinzuweisen. In der Studie von Schrader und Bastiaens (2012) zeigte sich jedoch, dass die Lernenden der Kontrollbedingung, die weniger Immersion erlebten, signifikant bessere Lernleistungen zeigten:

“In a comparison of both groups, findings demonstrate that the high-immersive gaming environment results in stronger virtual presence with significant differences in overall cognitive load. This has a dissatisfactory impact on learning since learners in the control condition descriptively demonstrated better performance in the learning outcome test than learners in the experimental condition.” (Schrader & Bastiaens, 2012, S. 654).

Wie diese Ausführungen zeigen, finden sich durchaus Widersprüche sowie unkritische Annahmen in der von Georgiou und Kyza (2017a) postulierten Definition von Immersion. Dies spiegelt sich auch in dem ARI-Fragebogen wider: Die drei Immersionsstufen vereinen auf sich meist Items, die auf verschiedenen Theorien beruhen. Zum Beispiel finden sich in der Stufe Engagement Items aus der Forschung zur Benutzerfreundlichkeit von technischen Systemen (z.B. Venkatesh & Davis, 2000) und Items, die aus Theorien aus dem Feld der

Interessensforschung stammen (z.B. Krapp, 2005). Ähnliches gilt für die Stufe Engrossment, die auf sich Konstrukte aus der Emotions- und Aufmerksamkeitsforschung vereint (z.B. Pekrun, 2006). Dieses wenig ausdifferenzierte Verständnis von Immersion macht es schwierig, Lerneffekte auf das Erleben von Immersion zurückführen zu können. In der gegenwärtigen Ausformulierung muss das Verständnis von Immersion, wie es Georgiou und Kyza (2017a, 2018) postulieren, als ein *Umbrella Term* ausgewiesen werden: Das Erleben von Immersion vereint auf sich viele verschiedene, das Lernen beeinflussende, Aspekte und in der Folge wird angenommen, dass die Förderung möglichst vieler dieser Aspekte Lernleistungen positiv beeinflusst. Wie in dieser Arbeit gezeigt, ist der Zusammenhang der im Immersionserleben aufgegriffenen Konstrukte komplexer als etwa von Georgiou und Kyza (2017a) angenommen. Eine kritische und theoretisch fundierte Auseinandersetzung mit dem Erleben von Immersion erscheint dringend erforderlich. Zukünftige Arbeiten sollten hier bereits vorliegende theoretische Annahmen aufgreifen und das Erleben von Immersion von anderen Theorien, insbesondere aus dem Feld der Emotions- und Motivationsforschung, abgrenzen; oder unter Einbezug der Theorien aus diesen Feldern die Annahmen in ein Modell des Immersionserlebens überführen, das verdeutlicht, ob und wann das Erleben von Immersion motiviert, emotional einbindet oder kognitiv überfordert bzw. lernrelevante kognitive Prozesse anregt.

Eine weitere theoretische Implikation liefert diese Arbeit für die Theorie des generativen Lernens (GLT) sowie die Annahme, wonach generative Lernaktivitäten das Lernen in multimedialen und spielerischen Umgebungen verbessern können (Fiorella & Mayer, 2021; Wittrock, 1989): Durch die Hinzunahme der generativen Strategie des Zusammenfassens in eigenen Worten konnte das Lernen verbessert werden. Insbesondere für die Förderung der Anwendung des Wissens hat sich das Zusammenfassen erneut als effektive Lernaktivität herausgestellt. Dies konnte bisher für klassische multimediale Lehr- und Lernmaterialien sowie digitale Spiele nachgewiesen werden (z.B. Fiorella & Mayer, 2012; Pilegard & Mayer, 2016; Ponce et al., 2020). In Studie 3 dieser Arbeit wurde nun der Nachweis erbracht, dass auch das Lernen mit einem AR Escape Spiele durch das Zusammenfassen in eigene Worte verbessert werden kann. Ebenfalls bestätigt haben sich die Befunde von Parong und Mayer (2018, Experiment 2), wonach durch das Hinzufügen einer Lernstrategie keine motivationalen oder affektiven Einbußen zu befürchten sind. Sowohl das Engagement als auch das Engrossment wurden durch die Didaktisierung nicht negativ beeinflusst.

9.2 Empirische Implikationen

Die in dieser Arbeit durchgeführten Studien erweitern die bisherige empirisch Befundlage zum Lernen mit AR-basierten Lernumgebungen sowie Escape Spielen. Im Bereich des AR-basierten Lehrens und Lernens wurden bislang vor allem klassische Medienvergleichsstudien durchgeführt (Buchner et al., 2021; Garzón, Kinshuk, et al., 2020; Zumbach et al., 2022). Solche Studien spiegeln eine Technologie-zentrierte Perspektive auf das Lehren und Lernen wider. Sie stehen schon seit langer Zeit in der Kritik, da sie Lerneffekte auf die Wirkung der Technologie reduzieren und weder das didaktische Design noch die Eigenschaften der Lernenden als weitere Einflussfaktoren berücksichtigen (Kerres, 2020; Mishra et al., 2009; Reeves & Reeves, 2015; Surry & Ensminger, 2001). In Studie 2 und 3 dieser Arbeit wurde eine Lernenden-zentrierte Perspektive (Mayer, 2020) eingenommen und das Lernen mit einem AR Escape Game anhand didaktischer Variationen untersucht. In Studie 2 wurde ein *Value-Subtracted* Forschungsdesign durchgeführt und in Studie 3 ein *Value-Added* Forschungsdesign. Diese Forschungsdesigns können sowohl Theorie als auch Praxis informieren, da sie die Frage untersuchen, wie mit einer bestimmten Technologie, einem Lernarrangement oder einem Lehrmaterial effektiv gelernt werden kann (Mayer, 2019a, 2020).

Als Resultat lassen sich Prinzipien ableiten, die die Praxis informieren können. Zudem erlauben solche Studien die Überprüfung von theoretischen Annahmen und tragen somit auch zur Theorieentwicklung bei (Mayer, 2020). Der Fokus in dieser Arbeit lag auf der Variation der Gestaltung der Lernumgebung (AR Escape Game). Zum einen wurde die körperliche Involviertheit variiert, zum anderen wurde nach dem Spielen das Anwenden einer generativen Lernstrategie initiiert. Inwieweit andere didaktische Variationen, etwa andere Lernstrategien oder die Zusammenarbeit mehrerer Lernender während des Spielens, Auswirkungen auf die Lernleistung und das Immersionserleben haben, gilt es in zukünftigen Studien zu untersuchen. Ebenfalls offengeblieben ist, welchen Einfluss die Merkmale der Lernenden beim Lernen mit dem Escape Fake AR Escape Game ausüben. Diese Fragestellung wurde nicht explizit thematisiert. Ein Blick in die Ergebnisse zu den Kovariaten zeigt jedoch, dass das Vorwissen eine wichtige Rolle beim Lernen mit AR Escape Games spielen dürfte. Dies hatten bereits andere Studien zu Escape Spielen (z.B. Eukel et al., 2017) sowie allgemeiner Studien zum Lernen mit multimedialen und spielerischen Lernangeboten gezeigt (z.B. Conley et al., 2020; Kalyuga, 2014). Ebenfalls einen Einfluss auf das Lernen mit AR-basierten Escape Games oder anderen AR-basierten Lernumgebungen dürfte die Vorerfahrung der Lernenden mit der Technologie haben. Dies zeigte sich etwa in der Studie von Akçayır et al. (2016). Zukünftige

Forschungsarbeiten könnten diese Vorerfahrung mit AR thematisieren und explorieren, ob sich Unterschiede zeigen.

Die empirische Studienlage zum Lernen mit Escape Spielen wird durch alle drei in dieser Arbeit durchgeführten Studien erweitert. Studie 1 nutzte ein Vortest-Nachtest-Design, um grundsätzlich zu überprüfen, ob mit dem Escape Fake Spiel gelernt werden kann. Dies war notwendig, da bisher erst eine Studie zu Escape Fake vorlag und in dieser keine Lernergebnisse berichtet werden (Paraschivoiu et al., 2021). Zudem empfiehlt Mayer (2014b) Lernspiele vor weiteren Untersuchungen einem Feldtest zu unterziehen. Eine weitere Beforschung eines Spiels, welches gar nicht dafür geeignet ist, Lernprozesse zu initiieren, würde sich nicht lohnen. In Studie 1 dieser Arbeit hat sich das Escape Fake Game als effektive Lernumgebung herausgestellt. Die beteiligten Lernenden haben neues Wissen zu Fake News erworben und waren im Nachtest besser in der Lage, falsche Postings von echten zu unterscheiden. Zudem zeigten sie eine signifikant kritischere Haltung gegenüber Online-Informationen. In Studie 2 und 3 dieser Arbeit konnten die Ergebnisse aus Studie 1 weitestgehend repliziert werden. Einzig in Studie 2 demonstrierten die Lernenden nach dem Spielen von Escape Fake keine bessere Leistung bei den Anwendungsaufgaben. Dies kann auf der Basis der Ergebnisse im Vortest erklärt werden: Die Lernenden in Studie 2 waren bereits vor der Intervention sehr gut in der Lage, die in dieser Arbeit verwendeten simulierten Postings richtig zu charakterisieren. Für diese Lernenden erwiesen sich die verwendeten Postings als zu einfach. In einer zukünftigen Studie sollten daher andere, zusätzliche Postings verwendet werden, die, z.B. schwieriger einzuschätzen sind als die in dieser Arbeit verwendeten. Weiter wird die Befundlage zum Lernen mit Escape Spielen dahingehend erweitert, als dass konkrete Empfehlungen für den Praxiseinsatz abgeleitet werden können. Eine ausführliche Darstellung dieser Empfehlungen erfolgt im nächsten Abschnitt.

9.3 Implikationen für die Praxis

Das AR Escape Game Escape Fake wurde entwickelt, um eines der dringlichsten Bildungsanliegen des 21. Jahrhunderts, die Bekämpfung der Verbreitung von Fake News, adressieren zu können (Paraschivoiu et al., 2021; Polycular, 2020). Wie wichtig es ist, Lernende auf die digital geprägte Welt vorzubereiten und ihnen Fähigkeiten an die Hand zu geben, sodass sie die im Internet und den sozialen Medien gefundenen Informationen hinsichtlich ihrer Richtigkeit einschätzen können, hat aktuell die Covid-19 Pandemie erneut gezeigt (Hua & Shaw, 2020; World Health Organization, 2020). Die wichtigste Erkenntnis dieser Arbeit ist daher, dass das Escape Fake Spiel eine effektive und emotional-anregende offene

Bildungsressource darstellt, die eine Komponente einer erfolgreichen Fake-News-Erziehung ausmachen kann. Insgesamt hat sich das Spiel über alle drei Studien hinweg als förderlich für den Wissenserwerb sowie die Anwendung des Wissens herausgestellt. Zudem kann das Spielen von Escape Fake dazu beitragen, eine kritischere Einstellung gegenüber dem Wahrheitsgehalt von Online-Informationen einzunehmen. Folglich kann das Escape Fake Spiel als Bildungsressource für den Einsatz in der Fake-News-Erziehung empfohlen werden. Während des Spielens können Lernende ihr Wissen erweitern, ein Verständnis gegenüber Online-Informationen entwickeln, welches ihre Bereitschaft zur Überprüfung dieser steigert und zudem Fähigkeiten trainieren, die sie bei der Bewertung von Postings aus den sozialen Netzwerken unterstützen.

Ergänzend zu dieser generellen Empfehlung können anhand der Ergebnisse aus den Studien 2 und 3 weitere, detailliertere Empfehlungen für die Praxis ausgesprochen werden.

Zunächst betrifft dies die Bewegungsintensität: Das Escape Fake Spiel hat sich sowohl im Sitzen als auch im Stehen als effektiv für den Lernerfolg herausgestellt. Jedoch wurde nachgewiesen, dass das Spielen im Sitzen den Fokus auf die Inhalte stärken kann und zugleich keine negativen Konsequenzen für die emotionale Eingebundenheit in das Spiel auftreten. Daraus ergeben sich nun mehrere Möglichkeiten wie Praktikerinnen und Praktiker diese Information für den Einsatz im Unterricht nutzen können. Zum einen erlauben die in dieser Arbeit dargelegten Ergebnisse den Einsatz der verkleinerten Marker-Bilder, da damit identische Lernerfolge zu erwarten sind und zugleich das Engrossment höher wahrgenommen wird. Zusätzlich hat der Einsatz der verkleinerten Marker-Bilder auch einen praktischen Nutzen. Durch die kleinen Marker wird kein großer Raum oder das gesamte Klassenzimmer benötigt, um das Spiel einsetzen zu können. Lehrerinnen und Lehrer können Escape Fake somit leichter in ihren Unterrichtsalltag integrieren. Interessant werden die verkleinerten Marker-Bilder auch, wenn es um den Einsatz des Spiels im Heimunterricht geht. Nicht alle Lernenden können zuhause die A4-Marker auf Wänden befestigen und einen ganzen Raum als Escape Room nutzen.

Die kleinen Marker-Bilder können diese Problematik entschärfen und ein Spielen von Escape Fake am Schreibtisch gewährleisten. Sollte es erneut zu Pandemie-bedingten Schulschließungen kommen, wäre somit der Einsatz im Rahmen der Home-Fake-News-Erziehung realisierbar. Ein weiterer Aspekt betrifft die Voraussetzungen der Schülerinnen und Schüler. Zwar wurde in dieser Arbeit nicht explizit untersucht, ob Lernende mit hohem Vorwissen stärker vom Spielen des Escape Fake Spiels profitieren oder nicht, jedoch hat sich das Vorwissen in anderen Escape Room Studien als Einflussgröße herausgestellt (z.B. Eukel et

al., 2017; Hou & Li, 2014). Somit kann als Empfehlung ausgesprochen werden, dass Lernende mit geringerem Vorwissen besser in ihrem Lernprozess unterstützt werden, wenn sie die verkleinerten Marker-Bilder verwenden. Damit wird bei diesen Lernenden eine Fokussierung auf die Lerninhalte, weniger auf die aufregende Story, erreicht. Für Lernende mit höherem Vorwissen ist die Gefahr der Ablenkung deutlich geringer (Kirschner et al., 2006; Sweller et al., 2007), sodass diese bei Bedarf auch die A4-Marker verwenden können. Eine weitere Möglichkeit ist, die Schülerinnen und Schüler selbstbestimmt entscheiden zu lassen, welches Marker-Set sie verwenden wollen. So hat sich etwa als Beobachtung im Rahmen der Erhebung für Studie 2 dieser Arbeit gezeigt, dass manche Lernende der stehenden Bedingung das Spielen im Sitzen bevorzugt hätten. Ein Einfluss des Alters auf die Bereitschaft im Stehen zu lernen, muss ergänzend in Betracht gezogen werden.

Als zweite, detailliertere Empfehlung zum Einsatz von Escape Fake in der Unterrichtspraxis kann die Ergänzung/Erweiterung des Spiels um zusätzliche didaktische Elemente ausgesprochen werden. In Studie 3 dieser Arbeit hat sich gezeigt, dass insbesondere die Anwendung des Wissens durch die Hinzunahme einer generativen Lernstrategie verbessert werden kann. Wissen auf Problemstellungen oder Aufgaben anzuwenden, ist ein bedeutsames Lernziel, konkret auch in der Fake-News-Erziehung. So hat sich in Studie 3 herausgestellt, dass die Lernenden nach dem Spielen plus dem Zusammenfassen Postings aus den sozialen Netzwerken besser hinsichtlich ihres Wahrheitsgehalts einstufen können. Das Zusammenfassen in eigenen Worten stellt nur eine Möglichkeit dar, generatives Lernen zu veranlassen. Andere Möglichkeiten sind das Diskutieren der Erkenntnisse aus dem Spiel mit anderen Lernenden oder das Anfertigen eines Leitfadens, wie Fake News im Internet erkannt werden können. Auch bereits gut untersuchte Lernstrategien, etwa das Zeichnen oder Konstruieren von Mind-Maps (Fiorella & Mayer, 2016), könnten sich positiv auf den Lernerfolg auswirken.

Um hier klare Aussagen treffen zu können, sind weitere Studien notwendig, in denen die genannten Lernstrategien und -aktivitäten nach dem Spielen von Escape Fake mit den Schülerinnen und Schülern durchgeführt werden. Generell kann festgehalten werden, dass die Einbettung von Escape Fake in ein längerfristiges didaktisches Design sicherlich den Lernerfolg aufseiten der Schülerinnen und Schüler noch verstärken wird. Um dieser Annahme nachzugehen, wäre die Durchführung Design-basierter Forschungsstudien anzuraten, in denen gemeinsam mit der Praxis didaktische Designs oder ganze Workshop-Formate zur Fake-News-Erziehung konzipiert, entwickelt und erprobt werden. Für Escape Fake stellt sich in solchen größeren Designs die Frage, an welcher Stelle im Design das Spiel am effektivsten zur Förderung der Lernziele beitragen kann.

9.4 Implikationen für die Gestaltung von AR Escape Spielen

Wie sich in dieser Arbeit gezeigt hat, stellen AR Escape Spiele eine effektive und emotional-anregende Bildungsresource zur Förderung bedeutsamen Lernens dar. Voraussetzung dabei ist, dass die Spiele lernförderlich gestaltet sind. Einige solcher lernförderlicher Charakteristika konnten im Rahmen der drei Studien identifiziert werden, die im Folgenden zusammenfassend skizziert werden. Andere lernförderliche Mechanismen wurden bislang nicht in Escape Fake oder anderen Escape Room Spielen realisiert, wie etwa das Involvieren der Lernenden in generative Lernaktivitäten während des Spielens. Ideen, wie auch solche Mechanismen in AR Escape Spielen umgesetzt werden könnten, werden ergänzend zu den bereits vorhandenen Charakteristika vorgestellt.

Die Erweiterung von Raum und Bewegung durch AR

Wie in Studie 1 gezeigt, haben die Lernenden Escape Fake als ein immersives Bildungsmedium wahrgenommen. AR spielt hierbei eine wichtige Rolle, trägt die Technologie doch zur Erweiterung der Räumlichkeit bei. In Escape Fake wurden die Spielerinnen und Spieler über die Marker-Bilder in verschiedene Räumlichkeiten des Busunternehmers geführt. Durch das Platzieren der Marker an unterschiedlichen Stellen wurde zudem das Gefühl induziert, die Räume „echt“ aufsuchen zu müssen. Damit gelingt es AR Escape Spielen eine Simulation physischer Escape Spiele vorzunehmen. Der Vorteil ist, dass AR Escape Games unabhängig von Ort und Zeit gespielt werden können. Für den schulischen Unterricht entfällt damit die Herausforderung, den Ausflug zu einem Escape Room organisieren zu müssen.

Wie bedeutsam gute Lernangebote unabhängig von Ort und Zeit sind, hat sich auch während der Covid-19-bedingten Schulschließungen gezeigt. Echte Escape Rooms waren in diesen Zeiten geschlossen und konnten nicht besucht werden. AR Escape Spiele bleiben auch in solchen Zeiten spielbar. Wie skizziert, stehen jedoch nicht allen Lernenden große Räumlichkeiten für die Marker-Bilder zur Verfügung. Als Lösung haben sich die in dieser Arbeit entwickelten verkleinerten Marker-Bilder als effektive Alternative erwiesen. Zukünftige Entwicklungen von AR Escape Spielen sollten beim Einsatz der bild-basierten AR diese Möglichkeit von Beginn an mit-berücksichtigen und kleinere Marker-Sets über ihre Kanäle zur Verfügung stellen. Auch der schulischen Praxis kann damit geholfen werden, da auch hier nicht immer ausreichend große Räumlichkeiten zur Verfügung stehen.

Eine interessante Weiterentwicklung AR-basierter Escape Spiele stellt die Entwicklung dieser auf der Basis anderer AR-Typen dar. Ein Beispiel: Mithilfe der Marker-losen AR-Technologie lassen sich nicht nur ganze Räume oder Gebäude simulieren, etwa das Äußere einer Burg, die

durch Bewegung betreten und im Anschluss von innen betrachtet werden kann (Abbildung 21), sondern der aktuell echte Raum kann um virtuelle Artefakte erweitert werden (Abbildung 22). Für Escape Spiele ergeben sich damit neue Möglichkeiten, etwa das Platzieren von Rätseln an unterschiedlichen Stellen im Raum. Die Lernenden würden dann ihren Raum nicht wirklich verlassen, sondern die Rätsel als Teil ihrer Umgebung wahrnehmen. Werden z.B. drei Rätsel in Raum A gelöst, dann muss der Raum gewechselt werden und im neuen Raum werden neue Rätsel angezeigt. Damit kann auch das Ausbrechen aus einem Raum, wie in Escape Spielen vorgesehen, noch realitätsnäher simuliert werden.

Abbildung 21

Simulation eines virtuellen Raumes in der physischen Umgebung



Anmerkung. Die Bilder wurden vom Verfasser dieser Arbeit angefertigt. Links wird die Burg von außen dargestellt. Durch physische Bewegung auf die virtuelle Darstellung zu wird rechts der Innenhof der Burg betreten. Anwendung: Areeka-Applikation – Ritter & Burgen.

Abbildung 22

Die Erweiterung des realen Raumes um ein virtuelles Objekt



Anmerkung. Die Bilder wurden vom Verfasser dieser Arbeit angefertigt. Anwendung: Areeka-Applikation – Elektro Motor.

Als Problematik bleibt natürlich bestehen, dass wiederum Räume zur Verfügung stehen müssen. Grundsätzlich ließe sich mit der Markerless-AR-Technologie auch ein gesamter Escape Room in nur einem Raum realisieren.

Ein weiterer Vorteil einer solchen Weiterentwicklung wäre, dass Bewegungen eine stärkere Rolle zugesprochen würde. So müssten sich die Lernenden aktiv im Raum umsehen, die bereitgestellten Rätsel in Form virtueller Objekte aufsuchen und zur Lösung der Rätsel Bewegungen ausführen. Nicht alle Rätsel müssen so gestaltet sein, wie sich jedoch gezeigt hat, fehlt es etwa in Escape Fake an der Kongruenz von Aktivitäten und Bewegungen. Eine mögliche Bewegungsaufgabe wäre, eine virtuelle Wasserflasche von A nach B zu balancieren. Die Lernenden müssten dann ihre Geschwindigkeit so anpassen, dass das (virtuelle) Wasser nicht herabtropft. Damit ließen sich mathematische Rätsel gestalten, etwa in einem Escape Game für den Physikunterricht.

Auch in bild-basierten AR Escape Spielen gibt es Möglichkeiten, Rätsel mit Bewegungsausführungen zu kombinieren. Eine Variante ist, dass die Marker-Bilder Teil eines Rätsels sind und wie ein Puzzle zusammengesetzt werden müssen. Denkbar wäre auch, zusätzliche Marker in das Spiel aufzunehmen, die keine Räume, sondern virtuelle Gegenstände simulieren. Diese Gegenstände könnten dann von Raum zu Raum getragen werden, um dort erneut zur Lösung spezifischer Rätsel eingesetzt zu werden. Ähnlich wie mit dem Merge-Cube (vgl. Kapitel 2 dieser Arbeit), könnten diese zusätzlichen Marker nicht nur zweidimensionale Bilder sein, sondern faltbare Objekte, die von den Lernenden dann nicht nur am Display eines mobilen Gerätes, sondern physisch bewegt werden müssen.

AR-basierte Unterstützungsmechanismen für das explorativ-spielerische Game-Play

Escape Spiele sind komplex, verlangen sie doch von den Lernenden die Anwendung einer Vielzahl an Kompetenzen zur Lösung der Rätsel (z.B. Wiemker et al., 2015). Solche Lernumgebungen können schnell zu einer Überforderung der Lernenden führen (Kirschner et al., 2006), weshalb Mechanismen zur Unterstützung der Lernenden eingesetzt werden sollten (Hmelo-Silver et al., 2007).

In Escape Fake übernimmt eine pädagogische Agentin in der Form eines Chatbots, Hannah Lee May, diese Funktion. Sie unterstützt die Lernenden bei der Rätsellösungsfindung und steht als Partnerin dem Spieler/der Spielerin zur Seite. Wie sich herausgestellt hat, kann diese Scaffold-Funktion von Hannah Lee May (Paraschivoiu et al., 2021) die explorativ angelegte Lernumgebung von Escape Fake in eine geführte explorativ-spielerische Lernumgebung transformieren (de Jong & Lazonder, 2014). Als Resultat haben sich starke Effekte auf den

Lernerfolg durch das Spielen des Spiels nachweisen lassen. Zukünftige AR Escape Spiele sollten diesen Umstand berücksichtigen und ebenfalls pädagogische Agentinnen oder Agenten als *Scaffold* in ihren Spielen nutzen. Der Effekt könnte noch verstärkt werden, wenn diese Figur nicht nur passiv Hinweise liefern würde, sondern regelrecht zum Teammitglied bei der Bearbeitung der Rätsel des Escape Games wird. So wäre etwa denkbar, dass einige der Rätsel nur durch Kooperation oder Kollaboration mit der unterstützenden Figur lösbar sind. Technisch ließe sich dies relativ einfach durch eine komplexere Chatfunktion umsetzen, wie sie auf Webseiten von Unternehmen genutzt wird.

Ein Beispiel: Hannah Lee May könnte für den Spieler oder die Spielerin nach Antworten für knifflige, scheinbar unlösbare Aufgaben suchen. Dazu wird eine Frage an sie per Chat gestellt. Hannah Lee May erkennt die Frage, nutzt ihre interne Datenbank, um die Frage zu beantworten, oder startet eine Internetsuche, sodass sie im Anschluss eine mögliche Lösung für die Antwort anbieten kann.

Technisch anspruchsvollere Wege ließen sich mit der bild-basierten AR über einen eigenen Marker umsetzen. Dieser Marker stellt die unterstützende Figur dar, z.B. als dreidimensionale Darstellung. In einem Raum muss nun ein Rätsel zusammen mit der Figur gelöst werden. Dazu wird der Marker mit der Darstellung der unterstützenden Figur mit dem Marker, der das Rätsel beinhaltet, kombiniert. Erst dann kann das Rätsel gelöst werden. Bei Entwicklungen mit der Marker-losen AR könnte eine unterstützende Figur per Knopfdruck aufgerufen und im Raum platziert werden. So könnten Spielerinnen und Spieler gezielt um Hilfe bitten und es käme zu keiner Unterbrechung des Spielflusses. Zudem bietet sich mit Markerless AR die Möglichkeit, in individuellen Spielsettings stets einen virtuellen Partner bzw. eine virtuelle Partnerin an der Seite zu haben. Diese Figur steht ebenso im realen Raum wie die virtuellen Objekte, die die Szenarie des Escape Games darstellen (Abbildung 23). Spannend wäre in diesem Zusammenhang zu untersuchen, wie sich die soziale Dimension des Immersionserlebens dabei ausdrückt und in der Folge das Lernen in solchen AR Escape Spielen beeinflusst.

Abbildung 23

Virtueller Partner steht im physischen Raum



Anmerkung. Sowohl das Bild als auch das AR-Element wurden vom Verfasser dieser Arbeit angefertigt. Zur Erstellung des AR-Partners wurde die Anwendung *Reality Composer* verwendet.

Game-Play und didaktische Elemente mithilfe von AR fusionieren

Für Entwicklerinnen und Entwickler von AR Escape Spielen bieten sich verschiedene Möglichkeiten an, wie sie Lehr- und Lernziele in das Game-Play integrieren können. In Escape Fake passiert dies durch die Multiple-Choice-Quizze, die Wissen zur Problematik von Fake News vermitteln, sowie Interaktionen in der Spielwelt, etwa wenn am Computer des Busunternehmers eine *Reverse Image Search* durchgeführt wird. Die Quizze lassen die Lernenden kurzfristig aus der Spiel-Story aussteigen und es kommt zu einer Unterbrechung des Game-Play. Eine Möglichkeit, diesen Unterbruch zu beheben, ist die Darstellung der Quizze als AR-Elemente. Zum Beispiel könnten nach der erfolgreichen Lösung eines Rätsels mehrere Schlösser als virtuelle Objekte erscheinen. Oberhalb der Schlösser wird schriftlich die Frage wiedergegeben, die Antwortmöglichkeiten sind an den Schlössern zu finden. Durch einen Klick auf das entsprechende Schloss, wird dieses geöffnet und die Spielenden betreten den nächsten Raum (Abbildung 24). Möglich wäre auch, dass das erwählte Schloss oder auch eine Türe oder ein anderer Durchgang physisch durchschritten werden muss und in der Folge eine Rückmeldung angezeigt wird, ob die Wahl richtig oder falsch war. Damit wäre auch wieder eine Kongruenz von Lernzielen und Bewegung hergestellt.

Abbildung 24

Multiple-Choice-Quiz wird als AR-Element dargestellt



Anmerkung. Sowohl das Bild als auch das AR-Element wurden vom Verfasser dieser Arbeit angefertigt. Zur Erstellung des AR-Quizzes wurde die Anwendung *Reality Composer* verwendet.

Eine andere Variante wäre, dass die Quizze mit der virtuellen Unterstützungsfigur kombiniert werden. In *Escape Fake* könnte demnach Hannah Lee May die Fragen im Chat stellen und die Lernenden beantworten diese in einem simulierten Dialog. Bei falschen Antworten kann Hannah Lee May zudem Hinweise darauf geben, warum die Auswahl nicht zutreffend ist.

Hinsichtlich der Interaktionen wurde in *Escape Fake* bereits gute Arbeit geleistet. Zukünftige AR Escape Spiele können sich an den realisierten Interaktionsmöglichkeiten zur Erreichung der Lernziele orientieren. Einzig die Anzahl an auf die Lernziele abgestimmte Interaktionen ließe sich noch erweitern, sodass die Effekte auf das Verstehen der Inhalte und die Wissensanwendung noch verstärkt werden könnten. Etwas einfacher sind solche Interaktionen in AR Escape Spielen mit naturwissenschaftlichen Inhalten umzusetzen. So kann etwa in einem AR Escape Game für den Chemieunterricht mit virtuellen Substanzen experimentiert werden und durch die Kombination verschiedener Marker-Bilder könnten chemische Elemente generiert werden.

Wesentlich schwieriger ist die Einbettung generativer Lernstrategien, sodass das Game-Play durch diese nicht negativ beeinflusst wird. Wie sich in Studie 3 dieser Arbeit gezeigt hat, können solche Strategien wesentlich zur Förderung der Anwendung des erworbenen Wissens beitragen. Entwicklerinnen und Entwickler von Escape Games sollten sich deshalb mit der Frage beschäftigen, wie solche Lernaktivitäten als integrale Bestandteile des Spiels platziert werden können. Eine Idee hierzu ist, dass der Spieler oder die Spielerin über einen Button eine Art Tagebuch oder Portfolio aufrufen kann. Dort können Zusammenfassungen niedergeschrieben, Zeichnungen von komplexen Inhalten angefertigt oder Mind-Maps erstellt und jederzeit erweitert werden. Wie Lim und Lim (2020) gezeigt haben, kann mithilfe von AR

gezeichnet werden. Eine Integration dieser Funktion im Rahmen eines AR Escape Games wäre eine spannende Erweiterung bisheriger Umsetzungen. Eine weitere Möglichkeit besteht erneut in der Kombination der generativen Lernaktivität mit der virtuellen Unterstützungsfigur. So könnte etwa in Escape Fake Hannah Lee May von den Spielerinnen und Spielern einfordern, eine Zusammenfassung des letzten Rätsels sowie der Inhalte aus dem Multiple-Choice-Quiz schriftlich in den Chat zu posten. Wenn die virtuelle Unterstützungsfigur, wie beschrieben, in einem Markerless AR Escape Room als Partner bzw. Partnerin auftritt, könnten die erworbenen Inhalte auch in einem Gespräch an eben diese virtuelle Figur weitergegeben werden (Abbildung 25) und eine Form der generativen Lernstrategie des Lernen durch Lehren oder Erklären (Fiorella & Mayer, 2016) simulieren.

Abbildung 25

Virtueller Partner hört sich die Zusammenfassung an



Anmerkung. Sowohl das Bild als auch das AR-Element wurden vom Verfasser dieser Arbeit angefertigt. Zur Erstellung des AR-Partners wurde die Anwendung *Reality Composer* verwendet.

Bei all diesen Ideen zur Fusionierung von Game-Play und didaktischen Elementen gilt es zu berücksichtigen, dass die ablaufende Zeit angehalten werden muss. Passiert dies nicht, bleibt das Risiko bestehen, dass die Lernenden das Spiel-Ziel, das Ausbrechen aus dem Raum in der vorgegebenen Zeit, über die Lernziele stellen. Als Konsequenz erleben sie zeitlichen Druck, der das vertiefte Nachdenken über die zu erlernenden Inhalte verhindert (z.B. Hermanns et al., 2017; Veldkamp, Knippels, et al., 2021).

10. Zusammenfassung und Fazit

In dieser Arbeit wurden drei Studien durchgeführt, die sich mit der Lerneffektivität eines AR Escape Room Spieles befassen. Empirische Untersuchungen dazu wurden bislang nicht durchgeführt. Generell hat sich gezeigt, dass die Erforschung der potentiellen Lerneffekte von Escape Room Spielen mit Bildungsabsicht noch am Beginn steht, so fehlten etwa theoretisch-fundierte Untersuchungen (z.B. Jaramillo Rincón & Trujillo Mejia, 2020) sowie Vergleichsstudien, die etwa den Einfluss didaktischer Elemente auf den Lernerfolg und motivational-affektive Faktoren explorierten (z.B. Makri et al., 2021; Veldkamp, van de Grint, et al., 2020). Mit dieser Arbeit wurden diese Forschungslücken adressiert und als Ergebnis können erste Aussagen zur Effektivität eines AR Escape Spieles getroffen werden, die auf der Grundlage einer empirisch und theoretisch fundierten Theorie, der CATLM (Moreno, 2006a; Park et al., 2016; Plass & Kaplan, 2016) begründet liegen.

In Studie 1 konnte gezeigt werden, dass das AR Escape Spiel Escape Fake eine effektive Bildungsressource darstellt: Das Spiel trägt zum Erwerb von Wissen über Fake News bei und fördert sowohl die kritischere Einstellung gegenüber Online-Informationen als auch die Anwendung des Wissens auf Problemstellungen. Erklärt wurden die Effekte anhand der im Spiel realisierten Merkmale, die eine Überforderung der Lernenden während des Spielens verhindern. So finden sich im Spiel etwa soziale Aspekte, die motivierend wirken (Mayer, 2014c), sowie Scaffolding-Elemente (wie der Chatbot Hannah Lee May), die die Lernenden in der an sich kognitiv herausfordernden explorativ-spielerischen Lernumgebung unterstützen (de Jong & Lazonder, 2014; Hmelo-Silver et al., 2007).

In Studie 2 dieser Arbeit wurde argumentiert, dass eine geringere physische Involviertheit in das Gameplay, induziert durch verkleinerte Marker-Bilder, das Eintauchen der Lernenden in die Spielewelt von Escape Fake verringern und dadurch das Immersionserleben reduziert werden kann. In der Folge sollte sich ein besserer Lernerfolg für jene Lernende einstellen, die ein geringeres Empfinden der höchsten Immersionsstufe, der Total Immersion, erlebten. Eine Reduktion der Total Immersion konnte mithilfe dieser Variation nicht erzielt werden, weshalb sich in der Folge auch keine Unterschiede hinsichtlich des Lernerfolgs zwischen der Experimental- und der Kontrollgruppe zeigten.

Signifikante Unterschiede zugunsten der sitzenden Bedingung fanden sich für die Immersionsstufe Engrossment. Konsequenterweise kann der Einsatz der in dieser Arbeit entwickelten verkleinerten Marker-Bilder (Anhang H) empfohlen werden: Diese führen zu identischen Lernerfolgen, stärken den Fokus auf die Lerninhalte und gewährleisten dennoch

eine emotionale Involviertheit in das Spiel. Zudem erlauben die kleinen Marker-Bilder eine leichtere Integration des Escape Fake Spiels in den Unterrichtsalltag, da kein großer Raum benötigt wird. Ergänzend kann festgehalten werden, dass mithilfe der kleinen Marker-Bilder das Spiel auch dann zuhause gespielt werden kann, wenn keine Räumlichkeiten zur Verfügung stehen sollten.

In der dritten Studie wurde zur Reduktion des Immersionserlebens das Spielen von Escape Fake in ein didaktisches Design eingebettet. Die Lernenden der Experimentalgruppe spielten zunächst das Spiel und fassten im Anschluss die zentralen Inhalte in eigenen Worten schriftlich zusammen. Es wurde angenommen, dass sich dadurch das Erleben der höchsten Immersionsstufe, der Total Immersion, reduziert und sich dies positiv auf den Lernerfolg auswirkt.

Wie sich herausstellte, traf diese Annahme zu: Die Lernenden mit der Lernstrategie des Zusammenfassens empfanden ein signifikant geringeres Erleben von Total Immersion und zeigten bei der Anwendung des Wissens eine signifikant bessere Leistung als die Lernenden der Kontrollgruppe. Das Hinzufügen der Lernstrategie wirkte sich nicht negativ auf die beiden lernförderlichen Immersionsstufen, das Engagement und das Engrossment, aus. Effekte für den Wissenserwerb oder das affektive Lernziel der Einstellung gegenüber Online-Informationen fanden sich keine. Da für bedeutsames Lernen besonders die Anwendung des Wissens das zentrale Lernziel darstellt (Fiorella & Mayer, 2015), kann der Einsatz von Escape Fake zusammen mit der generativen Lernstrategie des Zusammenfassens empfohlen werden. Auch, weil sich keine motivationalen oder emotionalen Einbußen hinsichtlich der beiden lernförderlichen Immersionsstufen gezeigt haben.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass diese Arbeit den Forschungsstand bezüglich des Lehrens und Lernens mit AR Escape Spielen in den folgenden Punkten erweitern konnte:

- Theoretisch-fundierte Überprüfung der Effekte eines AR Escape Spiels (unter Einbezug der CATLM).
- Nachweis, dass AR Escape Spiele bedeutsames Lernen fördern können.
- Evidenz dafür, dass mehr Immersion nicht gleichbedeutend mit besserem Lernen ist.
- Hinweise, wonach die Rolle von Bewegung in Escape Spielen anders gedacht werden sollte: Mehr Bewegung führte nicht zu einem stärkeren Erleben von Immersion; für die Immersionsstufe Engrossment wurden Vorteile für die sitzenden Bedingung identifiziert.

- Die generative Lernstrategie des Zusammenfassens kann das Immersionserleben reduzieren und beeinflusst dabei die lernförderlichen Immersionsstufen nicht negativ. Als Konsequenz zeigen sich Vorteile für die Lernenden mit Ausführung der Lernstrategie, insbesondere bei der Wissensanwendung.

Auf der Basis der Befunde dieser Arbeit stellen sich neue Forschungsfragen, denen es in zukünftigen Studien nachzugehen gilt. So stellt sich etwa die Frage, welche anderen generativen Lernaktivitäten das Lernen mit Escape Spielen wie beeinflussen? Welche Auswirkungen hat die Integration von Bewegungsaufgaben, im Sinne einer Kongruenz von Bewegung und Lernzielen, auf den Lernerfolg und das Immersionserleben? Zudem sollten Merkmale der Lernenden in den Fokus von Studien genommen werden, etwa das Geschlecht oder das Vorwissen der Lernenden. Um die Effekte von AR Escape Spielen wie Escape Fake noch besser zu verstehen, wären längerfristige Studien wünschenswert.

So könnten etwa gemeinsam mit der Praxis größere didaktische Designs als das in Studie 3 vorgestellte konzipiert werden und über einen längeren Zeitraum an Schulen implementiert werden. Gänzlich offen ist die Frage, zu welchem Zeitpunkt in einem didaktischen Design Escape Spiele Vorteile für die Lernenden bringen. Auch diese Frage sollten in der Zukunft exploriert werden.

Das Lehren und Lernen mit AR Escape Spielen ist ein relativ neues Forschungsfeld, das sicherlich früher als später viel Aufmerksamkeit in der internationalen Literatur bekommen wird. In dieser Arbeit wurde eine Möglichkeit vorgestellt, wie Untersuchungen zu solchen Spielen theoretisch fundiert durchgeführt werden können. Zudem wurde aufgezeigt, wie unabhängig von Medienvergleichsstudien Untersuchungen zur Effektivität von AR Escape Spielen konzipiert werden können. In dieser Arbeit wurde dabei auf *Value-Subtracted* und *Value-Added* Studiendesigns zurückgegriffen, die sowohl die Praxis als auch die Theorie informieren können (Mayer, 2014b, 2020). Zukünftige Studien können sich an dieser Arbeit ein Beispiel nehmen und mit ähnlichen Designs sowohl Theorie als auch Praxis hinsichtlich der Potentiale und Herausforderungen beim Lernen mit AR Escape Games informieren.

Literatur

- Akçayır, M., & Akçayır, G. (2017). Advantages and challenges associated with augmented reality for education: A systematic review of the literature. *Educational Research Review, 20*, 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2016.11.002>
- Akçayır, M., Akçayır, G., Pektaş, H. M., & Ocak, M. A. (2016). Augmented reality in science laboratories: The effects of augmented reality on university students' laboratory skills and attitudes toward science laboratories. *Computers in Human Behavior, 57*, 334–342. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2015.12.054>
- Alalwan, N., Cheng, L., Al-Samarraie, H., Yousef, R., Ibrahim Alzahrani, A., & Sarsam, S. M. (2020). Challenges and Prospects of Virtual Reality and Augmented Reality Utilization among Primary School Teachers: A Developing Country Perspective. *Studies in Educational Evaluation, 66*, 100876. <https://doi.org/10.1016/j.stueduc.2020.100876>
- Allcott, H., & Gentzkow, M. (2017). Social Media and Fake News in the 2016 Election. *Journal of Economic Perspectives, 31*(2), 211–236. <https://doi.org/10.1257/jep.31.2.211>
- Allert, H., & Richter, C. (2017). Kultur der Digitalität statt digitaler Bildungsrevolution. *Pädagogische Rundschau, 71*, 19–32.
- Alrashidi, M., Almohammadi, K., Gardner, M., & Callaghan, V. (2017). Making the Invisible Visible: Real-Time Feedback for Embedded Computing Learning Activity Using Pedagogical Virtual Machine with Augmented Reality. In L. T. De Paolis, P. Bourdot, & A. Mongelli (Eds.), *Augmented Reality, Virtual Reality, and Computer Graphics. AVR 2017. Lecture Notes in Computer Science* (Vol. 10324, pp. 339–355). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-60922-5_27
- Altmeyer, K., Kapp, S., Thees, M., Malone, S., Kuhn, J., & Brünken, R. (2020). The use of augmented reality to foster conceptual knowledge acquisition in STEM laboratory courses—Theoretical background and empirical results. *British Journal of Educational Technology, 51*(1), 1–15. <https://doi.org/10.1111/bjet.12900>
- Areka. (2020). *WebAR Areka Studio—Create your own experience*. <https://beta-studio.areka.net/#/>
- Arici, F., Yildirim, P., Caliklar, Ş., & Yilmaz, R. M. (2019). Research trends in the use of augmented reality in science education: Content and bibliometric mapping analysis. *Computers & Education, 142*, 103647. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103647>
- Arth, C., Grasset, R., Gruber, L., Langlotz, T., Mulloni, A., & Wagner, D. (2015). The History of Mobile Augmented Reality. *ArXiv:1505.01319 [Cs]*. <http://arxiv.org/abs/1505.01319>
- Ayres, P., & Sweller, J. (2014). The Split-Attention Principle in Multimedia Learning. In R. E. Mayer (Ed.), *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (Second Edition, pp. 206–226). Cambridge University Press.
- Azevedo, R. (2014). Multimedia Learning of Metacognitive Strategies. In R. E. Mayer (Ed.), *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (Second Edition, pp. 647–672). Cambridge University Press.
- Azuma, R. (1997). A Survey of Augmented Reality. *Teleoperators and Virtual Environments, 6*, 355–385.
- Azuma, R., Bailiot, Y., Behringer, R., Feiner, S., Julier, S., & MacIntyre, B. (2001). Recent advances in augmented reality. *IEEE Computer Graphics and Applications, 21*(6), 34–47. <https://doi.org/10.1109/38.963459>

- Bacca, J., Baldiris, S., Fabregat, R., Graf, S., & Kinshuk. (2014). Augmented Reality Trends in Education: A Systematic Review of Research and Applications. *Educational Technology & Society, 17*(4), 133–149.
- Bacca, J., Baldiris, S., Fabregat, R., & Kinshuk. (2019). Framework for designing motivational augmented reality applications in vocational education and training. *Australasian Journal of Educational Technology, 35*(3).
<https://doi.org/10.14742/ajet.4182>
- Bakri, F., Sumardani, D., & Mulyati, D. (2019). The augmented reality application for simulating electromotive force concept. *Journal of Physics: Conference Series, 1402*, 066039. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1402/6/066039>
- Bamodu, O., & Ye, X. (2013). Virtual Reality and Virtual Reality System Components. *Proceedings of the 2nd International Conference On Systems Engineering and Modeling, 4921–4924*.
- Baran, B., Yecan, E., Kaptan, B., & Paşayığıt, O. (2019). Using augmented reality to teach fifth grade students about electrical circuits. *Education and Information Technologies*.
<https://doi.org/10.1007/s10639-019-10001-9>
- Baron, R. J. (2019). Digital Literacy. In R. Hobbs & P. Mihailidis (Eds.), *The International Encyclopedia of Media Literacy* (1st ed.). Wiley.
<https://doi.org/10.1002/9781118978238>
- Bassford, M. L., Crisp, A., O’Sullivan, A., Bacon, J., & Fowler, M. (2016). CrashEd – A live immersive, learning experience embedding STEM subjects in a realistic, interactive crime scene. *Research in Learning Technology, 24*(1), 30089.
<https://doi.org/10.3402/rlt.v24.30089>
- Baumeister, J., Ssin, S. Y., ElSayed, N. A. M., Dorrian, J., Webb, D. P., Walsh, J. A., Simon, T. M., Irlitti, A., Smith, R. T., Kohler, M., & Thomas, B. H. (2017). Cognitive Cost of Using Augmented Reality Displays. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, 23*(11), 2378–2388.
<https://doi.org/10.1109/TVCG.2017.2735098>
- Beck, D. (2019). Augmented and Virtual Reality in Education: Immersive Learning Research. *Journal of Educational Computing Research, 57*(7), 1619–1625.
<https://doi.org/10.1177/0735633119854035>
- Beyoglu, D., Hursen, C., & Nasiboglu, A. (2020). Use of mixed reality applications in teaching of science. *Education and Information Technologies*.
<https://doi.org/10.1007/s10639-020-10166-8>
- Bhagat, K. K., Liou, W.-K., Spector, M. J., & Chang, C.-Y. (2019). To use augmented reality or not in formative assessment: A comparative study. *Interactive Learning Environments, 27*(5–6), 830–840. <https://doi.org/10.1080/10494820.2018.1489857>
- Bianchi-Berthouze, N. (2013). Understanding the Role of Body Movement in Player Engagement. *Human-Computer Interaction, 28*(1), 40–75.
<https://doi.org/10.1080/07370024.2012.688468>
- Billinghurst, M., Kato, H., & Poupyrev, I. (2001). The MagicBook-Moving Seamlessly between Reality and Virtuality. *IEEE Computer Graphics and Applications, 21*(1), 6–9. <https://doi.org/10.1109/38.920621>
- Bisra, K., Liu, Q., Nesbit, J. C., Salimi, F., & Winne, P. H. (2018). Inducing Self-Explanation: A Meta-Analysis. *Educational Psychology Review, 30*(3), 703–725.
<https://doi.org/10.1007/s10648-018-9434-x>
- Bluemke, M., & Zumbach, J. (2019). Enter the matrix: Does self-activation really matter for aggressiveness after violence exposure? *Psychology of Popular Media Culture, 8*(4), 444–453. <https://doi.org/10.1037/ppm0000198>

- Borrego, C., Fernández, C., Blanes, I., & Robles, S. (2017). Room escape at class: Escape games activities to facilitate the motivation and learning in computer science. *Journal of Technology and Science Education*, 7(2), 162. <https://doi.org/10.3926/jotse.247>
- Boyle, E. A., Hainey, T., Connolly, T. M., Gray, G., Earp, J., Ott, M., Lim, T., Ninaus, M., Ribeiro, C., & Pereira, J. (2016). An update to the systematic literature review of empirical evidence of the impacts and outcomes of computer games and serious games. *Computers & Education*, 94, 178–192. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2015.11.003>
- Bozkurt, A. (2020). Educational Technology Research Patterns in the Realm of the Digital Knowledge Age. *Journal of Interactive Media in Education*, 2020(1), 18. <https://doi.org/10.5334/jime.570>
- Breakout Inc. (2021). *Breakout EDU*. <https://www.breakoutedu.com/>
- Bressler, D. M., Bodzin, A. M., & Tutwiler, M. S. (2019). Engaging middle school students in scientific practice with a collaborative mobile game. *Journal of Computer Assisted Learning*, 35(2), 197–207. <https://doi.org/10.1111/jcal.12321>
- Brito, P. Q., & Stoyanova, J. (2018). Marker versus Markerless Augmented Reality. Which Has More Impact on Users? *International Journal of Human-Computer Interaction*, 34(9), 819–833. <https://doi.org/10.1080/10447318.2017.1393974>
- Brod, G. (2020). Generative Learning: Which Strategies for What Age? *Educational Psychology Review*, 1–24. <https://doi.org/10.1007/s10648-020-09571-9>
- Broll, W. (2019). Augmentierte Realität. In R. Dörner, W. Broll, P. Grimm, & B. Jung (Eds.), *Virtual und Augmented Reality (VR/AR). Grundlagen und Methoden der Virtuellen und Augmentierten Realität* (2. Auflage, pp. 315–356). Springer Vieweg.
- Brown, E., & Cairns, P. (2004). A grounded investigation of game immersion. *Extended Abstracts of the 2004 Conference on Human Factors and Computing Systems - CHI '04*, 1297. <https://doi.org/10.1145/985921.986048>
- Brown, M., McCormack, M., Reeves, J., Brooks, D. C., & Grajek, S. (2020). *2020 EDUCAUSE Horizon Report: Teaching and Learning Edition*. <http://www.educause.edu>.
- Buchner, J., Buntins, K., & Kerres, M. (2021). A systematic map of research characteristics in studies on augmented reality and cognitive load. *Computers and Education Open*, 2, 100036. <https://doi.org/10.1016/j.caeo.2021.100036>
- Buchner, J., Buntins, K., & Kerres, M. (2022). The impact of augmented reality on cognitive load and performance: A systematic review. *Journal of Computer Assisted Learning*, 38(1), 285–303. <https://doi.org/10.1111/jcal.12617>
- Buchner, J., & Jeghiazaryan, A. (2020). Work-in-Progress—The ARI2VE Model for Augmented Reality Books. *6th International Conference of the Immersive Learning Research Network (ILRN 2020)*, 287–290.
- Buchner, J., Rüter, M., & Kerres, M. (submitted). *Learning with a digital escape room game: Before or after instruction?*
- Buchner, J., & Zumbach, J. (2018). Promoting intrinsic motivation with a mobile augmented reality learning environment. In I. A. Sanchez & P. Isaias (Eds.), *Proceedings of the 14th International Conference Mobile Learning 2018* (pp. 55–61). iadis.
- Bujak, K. R., Radu, I., Catrambone, R., MacIntyre, B., Zheng, R., & Golubski, G. (2013). A psychological perspective on augmented reality in the mathematics classroom. *Computers & Education*, 68, 536–544. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2013.02.017>
- Cabero-Almenara, J., & Roig-Vila, R. (2019). The Motivation of Technological Scenarios in Augmented Reality (AR): Results of Different Experiments. *Applied Sciences*, 9(14), 2907. <https://doi.org/10.3390/app9142907>
- Cai, S., Chiang, F.-K., Sun, Y., Lin, C., & Lee, J. J. (2017). Applications of augmented reality-based natural interactive learning in magnetic field instruction. *Interactive*

- Learning Environments*, 25(6), 778–791.
<https://doi.org/10.1080/10494820.2016.1181094>
- Cain, J. (2019). Exploratory implementation of a blended format escape room in a large enrollment pharmacy management class. *Currents in Pharmacy Teaching and Learning*, 11(1), 44–50. <https://doi.org/10.1016/j.cptl.2018.09.010>
- Caldas, L. M., Eukel, H. N., Matulewicz, A. T., Fernández, E. V., & Donohoe, K. L. (2019). Applying educational gaming success to a nonsterile compounding escape room. *Currents in Pharmacy Teaching and Learning*, 11(10), 1049–1054. <https://doi.org/10.1016/j.cptl.2019.06.012>
- Carretero, S., Vuorikari, R., & Punie, Y. (2017). *DigComp 2.1: The Digital Competence Framework for Citizens. With eight proficiency levels and examples of use*. Publications Office of the European Union. doi:10.2760/38842
- Caudell, T. P., & Mizell, D. W. (1992). Augmented reality: An application of heads-up display technology to manual manufacturing processes. *Proceedings of the Twenty-Fifth Hawaii International Conference on System Sciences*, 659–669 vol.2. <https://doi.org/10.1109/HICSS.1992.183317>
- Chang, R.-C., Chung, L.-Y., & Huang, Y.-M. (2016). Developing an interactive augmented reality system as a complement to plant education and comparing its effectiveness with video learning. *Interactive Learning Environments*, 24(6), 1245–1264. <https://doi.org/10.1080/10494820.2014.982131>
- Chang, S.-C., & Hwang, G.-J. (2018). Impacts of an augmented reality-based flipped learning guiding approach on students' scientific project performance and perceptions. *Computers & Education*, 125, 226–239. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.06.007>
- Chen, C. (2020). AR videos as scaffolding to foster students' learning achievements and motivation in EFL learning. *British Journal of Educational Technology*, 51(3), 657–672. <https://doi.org/10.1111/bjet.12902>
- Cheng, K.-H. (2017). Reading an augmented reality book: An exploration of learners' cognitive load, motivation, and attitudes. *Australasian Journal of Educational Technology*, 33(4), 53–69. <https://doi.org/10.14742/ajet.2820>
- Cheng, M.-T., Lin, Y.-W., She, H.-C., & Kuo, P.-C. (2017). Is immersion of any value? Whether, and to what extent, game immersion experience during serious gaming affects science learning: Does game immersion experience affect science learning? *British Journal of Educational Technology*, 48(2), 246–263. <https://doi.org/10.1111/bjet.12386>
- Cheng, M.-T., She, H.-C., & Annetta, L. A. (2015). Game immersion experience: Its hierarchical structure and impact on game-based science learning: Impact of immersion on learning. *Journal of Computer Assisted Learning*, 31(3), 232–253. <https://doi.org/10.1111/jcal.12066>
- Chi, M. T. H., & Wylie, R. (2014). The ICAP Framework: Linking Cognitive Engagement to Active Learning Outcomes. *Educational Psychologist*, 49(4), 219–243. <https://doi.org/10.1080/00461520.2014.965823>
- Chiang, T. H. C., Yang, S. J. H., & Hwang, G.-J. (2014). An Augmented Reality-based Mobile Learning System to Improve Students' Learning Achievements and Motivations in Natural Science Inquiry Activities. *Educational Technology & Society*, 17(4), 352–365.
- Chin, K.-Y., Wang, C.-S., & Chen, Y.-L. (2019). Effects of an augmented reality-based mobile system on students' learning achievements and motivation for a liberal arts course. *Interactive Learning Environments*, 27(7), 927–941. <https://doi.org/10.1080/10494820.2018.1504308>

- Choi, H.-H., van Merriënboer, J. J. G., & Paas, F. (2014). Effects of the Physical Environment on Cognitive Load and Learning: Towards a New Model of Cognitive Load. *Educational Psychology Review*, 26(2), 225–244. <https://doi.org/10.1007/s10648-014-9262-6>
- Chou, P.-N., Chang, C.-C., & Hsieh, S.-W. (2020). Connecting digital elements with physical learning contexts: An educational escape-the-room game for supporting learning in young children. *Technology, Pedagogy and Education*, 29(4), 425–444. <https://doi.org/10.1080/1475939X.2020.1775694>
- Ciampaglia, G. L. (2018). Fighting fake news: A role for computational social science in the fight against digital misinformation. *Journal of Computational Social Science*, 1(1), 147–153. <https://doi.org/10.1007/s42001-017-0005-6>
- Clark, R. E. (1983). Reconsidering Research on Learning from Media. *Review of Educational Research*, 53(4), 445–459.
- Clark, R. E. (1994). Media Will Never Influence Learning. *Educational Technology Research and Development*, 42(2), 21–29.
- Clarke, S. J., Peel, D. J., Arnab, S., Morini, L., Keegan, H., & Wood, O. (2017). EscapED: A Framework for Creating Educational Escape Rooms and Interactive Games to For Higher/Further Education. *International Journal of Serious Games*, 4(3). <https://doi.org/10.17083/ijsg.v4i3.180>
- Clauson, A., Hahn, L., Frame, T., Hagan, A., Bynum, L. A., Thompson, M. E., & Kiningham, K. (2019). An innovative escape room activity to assess student readiness for advanced pharmacy practice experiences (APPEs). *Currents in Pharmacy Teaching and Learning*, 11(7), 723–728. <https://doi.org/10.1016/j.cptl.2019.03.011>
- Conley, Q., Atkinson, R. K., Nguyen, F., & Nelson, B. C. (2020). MantarayAR: Leveraging augmented reality to teach probability and sampling. *Computers & Education*, 153, 103895. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.103895>
- Coppi, A. E., Lessiter, J., & Freeman, J. (2014). The influence of embodied play on presence and flow in videogames. *Interactive Technologies and Games Conference (ITAG) 2014*.
- Cotner, S., Smith, K. M., Simpson, L., Burgess, D. S., & Cain, J. (2018). Incorporating an “Escape Room” Game Design in Infectious Diseases Instruction. *Open Forum Infectious Diseases*, 5(suppl_1), S401–S401. <https://doi.org/10.1093/ofid/ofy210.1145>
- Csikszentmihalyi, M., Abuhamdeh, S., & Nakamura, J. (2005). Flow. In A. J. Elliot & C. S. Dweck (Eds.), *Handbook of competence and motivation* (pp. 598–608). Gullford Press.
- Cummings, J. J., & Bailenson, J. N. (2016). How Immersive Is Enough? A Meta-Analysis of the Effect of Immersive Technology on User Presence. *Media Psychology*, 19(2), 272–309. <https://doi.org/10.1080/15213269.2015.1015740>
- da Silva, M. M. O., Radu, I., Schneider, B., Cavalcante, P., & Teichrieb, V. (2018). An Investigation on How Teachers are Using Augmented Reality in Their Lessons. *Anais Do XXIX Simpósio Brasileiro de Informática Na Educação (SBIE 2018)*, 625–634. <https://doi.org/10.5753/cbie.sbie.2018.625>
- de Jong, T. (2010). Cognitive load theory, educational research, and instructional design: Some food for thought. *Instructional Science*, 38(2), 105–134. <https://doi.org/10.1007/s11251-009-9110-0>
- de Jong, T., & Lazonder, A. W. (2014). The Guided Discovery Learning Principle in Multimedia Learning. In R. E. Mayer (Ed.), *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (Second Edition, pp. 371–390). Cambridge University Press.
- Dede, C. (2009). Immersive Interfaces for Engagement and Learning. *Science*, 323(5910), 66–69.

- Deibl, I., Moser, S., Zumbach, J., Czermak, S., Edlinger, R., Zwingenberger, G., Prudky, L., & Eibl, C. (2021). AR im Klassenzimmer. Wie Schülerinnen und Schüler sowie Lehrkräfte im Rahmen eines Citizen Science Projekts den Klimawandel (be-)greifbar machen. *Medienimpulse*, 59(4), 1–31. <https://doi.org/10.21243/mi-04-21-14>
- Delgado, A., Wardlow, L., O'Malley, K., & McKnight, K. (2015). Educational Technology: A Review of the Integration, Resources, and Effectiveness of Technology in K-12 Classrooms. *Journal of Information Technology Education: Research*, 14, 397–416. <https://doi.org/10.28945/2298>
- Demitriadou, E., Stavroulia, K.-E., & Lanitis, A. (2020). Comparative evaluation of virtual and augmented reality for teaching mathematics in primary education. *Education and Information Technologies*, 25(1), 381–401. <https://doi.org/10.1007/s10639-019-09973-5>
- Dengel, A., & Mägdefrau, J. (2019). Presence Is the Key to Understanding Immersive Learning. In D. Beck, A. Peña-Rios, T. Ogle, D. Economou, M. Mentzelopoulos, L. Morgado, C. Eckhardt, J. Pirker, R. Koitz-Hristov, J. Richter, C. Gütl, & M. Gardner (Eds.), *Immersive Learning Research Network* (Vol. 1044, pp. 185–198). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-23089-0_14
- Diegmann, P., Schmidt-Kraepelin, M., Eynden, S., & Basten, D. (2015). Benefits of Augmented Reality in Educational Environments—A Systematic Literature Review. *Wirtschaftsinformatik Proceedings*, 1542–1556.
- Domagk, S., Schwartz, R. N., & Plass, J. L. (2010). Interactivity in multimedia learning: An integrated model. *Computers in Human Behavior*, 26(5), 1024–1033. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2010.03.003>
- Dörner, R., Broll, W., Jung, B., Grimm, P., & Göbel, M. (2019). Einführung in Virtual und Augmented Reality. In R. Dörner, W. Broll, P. Grimm, & B. Jung (Eds.), *Virtual und Augmented Reality (VR/AR). Grundlagen und Methoden der Virtuellen und Augmentierten Realität* (2. Auflage, pp. 1–42). Springer Vieweg.
- Dreimane, S., & Daniela, L. (2020). Educational Potential of Augmented Reality Mobile Applications for Learning the Anatomy of the Human Body. *Technology, Knowledge and Learning*. <https://doi.org/10.1007/s10758-020-09461-7>
- Dunleavy, M., & Dede, C. (2014). Augmented Reality Teaching and Learning. In J. M. Spector, M. D. Merrill, J. Elen, & M. J. Bishop (Eds.), *Handbook of Research on Educational Communications and Technology* (pp. 735–745). Springer New York. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-3185-5_59
- Dunleavy, M., Dede, C., & Mitchell, R. (2009). Affordances and Limitations of Immersive Participatory Augmented Reality Simulations for Teaching and Learning. *Journal of Science Education and Technology*, 18(1), 7–22. <https://doi.org/10.1007/s10956-008-9119-1>
- Dünser, A., & Hornecker, E. (2007). An Observational Study of Children Interacting with an Augmented Story Book. In K. Hui, Z. Pan, R. C. Chung, C. C. L. Wang, X. Jin, S. Göbel, & E. C.-L. Li (Eds.), *Technologies for E-Learning and Digital Entertainment* (Vol. 4469, pp. 305–315). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-540-73011-8_31
- Ecomove. (2020). *Escape Climate Change*. <https://www.escape-climate-change.de/home.html>
- Edison, T. A. (1913). *The Evolution of the Motion Picture: VI - Looking into the Future with Thomas A. Edison* [The New York Dramatic Mirror]. <https://quoteinvestigator.com/2012/02/15/books-obsolete/>
- Elfeky, A. I. M., & Elbyaly, M. Y. H. (2018). Developing skills of fashion design by augmented reality technology in higher education. *Interactive Learning Environments*, 1–16. <https://doi.org/10.1080/10494820.2018.1558259>

- Erbas, C., & Demirer, V. (2019). The effects of augmented reality on students' academic achievement and motivation in a biology course. *Journal of Computer Assisted Learning*, 35(3), 450–458. <https://doi.org/10.1111/jcal.12350>
- Eshet-Alkalai, Y. (2012). Thinking in the Digital Era: A Revised Model for Digital Literacy. *Issues in Informing Science and Information Technology*, 9, 267–276. <https://doi.org/10.28945/1621>
- Estudante, A., & Dietrich, N. (2020). Using Augmented Reality to Stimulate Students and Diffuse Escape Game Activities to Larger Audiences. *Journal of Chemical Education*, 97(5), 1368–1374. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.9b00933>
- Eukel, H., Frenzel, J., Frazier, K., & Miller, M. (2020). Unlocking Student Engagement: Creation, Adaptation, and Application of an Educational Escape Room Across Three Pharmacy Campuses. *Simulation & Gaming*, 51(2), 167–179. <https://doi.org/10.1177/1046878119898509>
- Eukel, H. N., Frenzel, J. E., & Cernusca, D. (2017). Educational Gaming for Pharmacy Students – Design and Evaluation of a Diabetes-themed Escape Room. *American Journal of Pharmaceutical Education*, 81(7), 6265. <https://doi.org/10.5688/ajpe8176265>
- Faul, F., Erdfelder, E., Lang, A.-G., & Buchner, A. (2007). G*Power 3: A flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. *Behavior Research Methods*, 39(2), 175–191. <https://doi.org/10.3758/BF03193146>
- Filsecker, M., & Kerres, M. (2014). Engagement as a Volitional Construct: A Framework for Evidence-Based Research on Educational Games. *Simulation & Gaming*, 45(4–5), 450–470. <https://doi.org/10.1177/1046878114553569>
- Fiorella, L. (2021). The Embodiment Principle in Multimedia Learning. In R. E. Mayer & L. Fiorella (Eds.), *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (3rd ed., pp. 286–295). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781108894333.030>
- Fiorella, L., & Mayer, R. E. (2012). Paper-based aids for learning with a computer-based game. *Journal of Educational Psychology*, 104(4), 1074–1082. <https://doi.org/10.1037/a0028088>
- Fiorella, L., & Mayer, R. E. (2015). *Learning as a Generative Activity: Eight Learning Strategies that Promote Understanding*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107707085>
- Fiorella, L., & Mayer, R. E. (2016). Eight Ways to Promote Generative Learning. *Educational Psychology Review*, 28(4), 717–741. <https://doi.org/10.1007/s10648-015-9348-9>
- Fiorella, L., & Mayer, R. E. (2021). The Generative Activity Principle in Multimedia Learning. In R. E. Mayer & L. Fiorella (Eds.), *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (3rd ed., pp. 339–350). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781108894333.036>
- Fotaris, P., & Mastoras, T. (2019). Escape Rooms for Learning: A Systematic Review. *Proceedings of the European Conference on Games-Based Learning*, 235–243. <https://doi.org/10.34190/GBL.19.179>
- Fraillon, J., Ainley, J., Schulz, W., Friedman, T., & Duckworth, D. (2019). *Preparing for Life in a Digital World. IEA International Computer and Information Literacy Study 2018. International Report* (Australian Council for Educational Research & International Association for the Evaluation of Educational Achievement, Eds.). International Association for the Evaluation of Educational Achievement (IEA). <https://www.iea.nl/sites/default/files/2019-11/ICILS%202019%20Digital%20final%2004112019.pdf>

- Franco, P. F., & DeLuca, D. A. (2019). Learning Through Action: Creating and Implementing a Strategy Game to Foster Innovative Thinking in Higher Education. *Simulation & Gaming, 50*(1), 23–43. <https://doi.org/10.1177/1046878118820892>
- Furió, D., González-Gancedo, S., Juan, M.-C., Seguí, I., & Rando, N. (2013). Evaluation of learning outcomes using an educational iPhone game vs. Traditional game. *Computers & Education, 64*, 1–23. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2012.12.001>
- Gallagher, S., & Lindgren, R. (2015). Enactive Metaphors: Learning Through Full-Body Engagement. *Educational Psychology Review, 27*(3), 391–404. <https://doi.org/10.1007/s10648-015-9327-1>
- Games Institute Austria. (2021). *Best Case*. <https://www.gamesinstituteaustria.org/bestcase.html>
- Gander, P. (1999). Two Myths about Immersion. *Lund University Cognitive Studies, 80*, 1–16.
- Garzón, J., & Acevedo, J. (2019). Meta-analysis of the impact of Augmented Reality on students' learning gains. *Educational Research Review, 27*, 244–260. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2019.04.001>
- Garzón, J., Acevedo, J., Pavón, J., & Baldiris, S. (2020). Promoting eco-agritourism using an augmented reality-based educational resource: A case study of aquaponics. *Interactive Learning Environments, 1*–15. <https://doi.org/10.1080/10494820.2020.1712429>
- Garzón, J., Kinshuk, Baldiris, S., Gutiérrez, J., & Pavón, J. (2020). How do pedagogical approaches affect the impact of augmented reality on education? A meta-analysis and research synthesis. *Educational Research Review, 31*, 100334. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2020.100334>
- Georgiou, Y., Ioannou, A., & Ioannou, M. (2019). Investigating Immersion and Learning in a Low-Embodied versus High-Embodied Digital Educational Game: Lessons Learned from an Implementation in an Authentic School Classroom. *Multimodal Technologies and Interaction, 3*(4), 68. <https://doi.org/10.3390/mti3040068>
- Georgiou, Y., & Kyza, E. A. (2017a). The development and validation of the ARI questionnaire: An instrument for measuring immersion in location-based augmented reality settings. *International Journal of Human-Computer Studies, 98*, 24–37. <https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2016.09.014>
- Georgiou, Y., & Kyza, E. A. (2018). Relations between student motivation, immersion and learning outcomes in location-based augmented reality settings. *Computers in Human Behavior, 89*, 173–181. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2018.08.011>
- Georgiou, Y., & Kyza, E. A. (2021). Bridging narrative and locality in mobile-based augmented reality educational activities: Effects of semantic coupling on students' immersion and learning gains. *International Journal of Human-Computer Studies, 145*, 102546. <https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2020.102546>
- Georgiou, Y., & Kyza, E. A. (2017b). A design-based approach to augmented reality location-based activities: Investigating immersion in relation to student learning. *Proceedings of the 16th World Conference on Mobile and Contextual Learning, 1*–8. <https://doi.org/10.1145/3136907.3136926>
- Georgiou, Y., & Kyza, E. A. (2017c). Investigating Immersion in Relation to Students' Learning During a Collaborative Location-Based Augmented Reality Activity. *Proceedings of the 12th Computer-Supported Collaborative Learning (CSCL) Conference.*, 423–430.
- Giasiranis, S., & Sofos, L. (2017). Flow Experience and Educational Effectiveness of Teaching Informatics using AR. *Educational Technology & Society, 20*(4), 78–88.
- Gómez-Urquiza, J. L., Gómez-Salgado, J., Albendín-García, L., Correa-Rodríguez, M., González-Jiménez, E., & Cañadas-De la Fuente, G. A. (2019). The impact on nursing students' opinions and motivation of using a “Nursing Escape Room” as a teaching

- game: A descriptive study. *Nurse Education Today*, 72, 73–76.
<https://doi.org/10.1016/j.nedt.2018.10.018>
- Grabowski, B. L. (2004). Generative Learning Contributions to the Design of Instruction and Learning. In D. H. Jonassen (Ed.), *Handbook of research on educational communications and technology* (pp. 719–743). Lawrence Erlbaum Associates Publishers.
- Grasset, R., Dünser, A., & Billinghamurst, M. (2008a). Edutainment with a mixed reality book: A visually augmented illustrative childrens’ book. *Proceedings of the 2008 International Conference on Advances in Computer Entertainment Technology*, 292–295.
- Grasset, R., Dünser, A., & Billinghamurst, M. (2008b). The design of a mixed-reality book: Is it still a real book? *Proceedings of the 7th IEEE/ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality*, 99–102.
- Guigon, G., Humeau, J., & Vermeulen, M. (2018). A Model to Design Learning Escape Games: SEGAM: *Proceedings of the 10th International Conference on Computer Supported Education*, 191–197. <https://doi.org/10.5220/0006665501910197>
- Guo, X., Rees, D., & Richards, M. (2020). A Scalable Interactive Mixed Reality Escape Room Simulation for Anatomy Learning. *International Journal of Modeling and Optimization*, 41–46. <https://doi.org/10.7763/IJMO.2020.V10.744>
- Guo, Y. R., Goh, D. H.-L., & Luyt, B. (2017). Tertiary students’ acceptance of a game to teach information literacy. *Aslib Journal of Information Management*, 69(1), 46–63. <https://doi.org/10.1108/AJIM-08-2016-0131>
- handysektor.de. (2017). *Fakt oder Fake: Das Handysektor Fake News Quiz*.
<https://www.handysektor.de/artikel/fakt-oder-fake-das-handysektor-fake-news-quiz/>
- Hao, K.-C., & Lee, L.-C. (2019). The development and evaluation of an educational game integrating augmented reality, ARCS model, and types of games for English experiment learning: An analysis of learning. *Interactive Learning Environments*, 1–14. <https://doi.org/10.1080/10494820.2019.1619590>
- Harley, J. M., Poitras, E. G., Jarrell, A., Duffy, M. C., & Lajoie, S. P. (2016). Comparing virtual and location-based augmented reality mobile learning: Emotions and learning outcomes. *Educational Technology Research and Development*, 64(3), 359–388. <https://doi.org/10.1007/s11423-015-9420-7>
- Hastings, N. B., & Tracey, M. W. (2005). Does media affect learning: Where are we now? *TechTrends*, 49(2), 28–30. <https://doi.org/10.1007/BF02773968>
- Healy, K. (2019). Using an Escape-Room-Themed Curriculum to Engage and Educate Generation Z Students About Entomology. *American Entomologist*, 65(1), 24–28. <https://doi.org/10.1093/ae/tmz009>
- Hermanns, M., Deal, B., Campbell, A. M., Hillhouse, S., Opella, J. B., Faigle, C., & Campbell IV, R. H. (2017). Using an “Escape Room” toolbox approach to enhance pharmacology education. *Journal of Nursing Education and Practice*, 8(4), 89. <https://doi.org/10.5430/jnep.v8n4p89>
- Hmelo-Silver, C. E., Duncan, R. G., & Chinn, C. A. (2007). Scaffolding and Achievement in Problem-Based and Inquiry Learning: A Response to Kirschner, Sweller, and Clark (2006). *Educational Psychologist*, 42(2), 99–107. <https://doi.org/10.1080/00461520701263368>
- Hodges, C., Moore, S., Lockee, B., Trust, T., & Bond, A. (2020). The Difference Between Emergency Remote Teaching and Online Learning. *Educause Review*, 1–12. <https://er.educause.edu/articles/2020/3/the-difference-between-emergency-remote-teaching-and-online-learning>
- Hofer, M. (2019). „The feeling of being there“: Presence-Erleben als Folge kognitiver und emotionaler Verarbeitungsprozesse. In H. Schramm, J. Matthes, & C. Schemer (Eds.),

- Emotions Meet Cognitions* (pp. 53–62). Springer Fachmedien Wiesbaden.
https://doi.org/10.1007/978-3-658-25963-1_4
- Hou, H.-T., & Li, M.-C. (2014). Evaluating multiple aspects of a digital educational problem-solving-based adventure game. *Computers in Human Behavior*, *30*, 29–38.
<https://doi.org/10.1016/j.chb.2013.07.052>
- Hsiao, H.-S., Chang, C.-S., Lin, C.-Y., & Wang, Y.-Z. (2016). Weather observers: A manipulative augmented reality system for weather simulations at home, in the classroom, and at a museum. *Interactive Learning Environments*, *24*(1), 205–223.
<https://doi.org/10.1080/10494820.2013.834829>
- Hua, J., & Shaw, R. (2020). Corona Virus (COVID-19) “Infodemic” and Emerging Issues through a Data Lens: The Case of China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *17*(2309), 1–12. <https://doi.org/10.3390/ijerph17072309>
- Ibáñez, M. B., Di Serio, Á., Villarán, D., & Delgado Kloos, C. (2014). Experimenting with electromagnetism using augmented reality: Impact on flow student experience and educational effectiveness. *Computers & Education*, *71*, 1–13.
<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2013.09.004>
- Ibáñez, M. B., Uriarte Portillo, A., Zatarain Cabada, R., & Barrón, M. L. (2020). Impact of augmented reality technology on academic achievement and motivation of students from public and private Mexican schools. A case study in a middle-school geometry course. *Computers & Education*, *145*, 103734.
<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103734>
- Ibáñez, M.-B., & Delgado-Kloos, C. (2018). Augmented reality for STEM learning: A systematic review. *Computers & Education*, *123*, 109–123.
<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.05.002>
- Illinois University Library. (2020). *Reverse Image Searching*.
<https://guides.library.illinois.edu/c.php?g=347668&p=2344601>
- Jacobs, A. M., & Willems, R. M. (2018). The Fictive Brain: Neurocognitive Correlates of Engagement in Literature. *Review of General Psychology*, *22*(2), 147–160.
<https://doi.org/10.1037/gpr0000106>
- Jambhekar, K., Pahls, R. P., & Deloney, L. A. (2020). Benefits of an Escape Room as a Novel Educational Activity for Radiology Residents. *Academic Radiology*, *27*(2), 276–283.
<https://doi.org/10.1016/j.acra.2019.04.021>
- Jaramillo Rincón, S. X., & Trujillo Mejia, A. (2020). The learning behind the escape room. *Medical Teacher*, *42*(4), 480–481. <https://doi.org/10.1080/0142159X.2019.1654090>
- Jenkin, I., & Fairhurst, N. (2020). Escape room to operating room: A potential training modality? *Medical Teacher*, *42*(5), 596–596.
<https://doi.org/10.1080/0142159X.2019.1657821>
- Jennett, C., Cox, A. L., Cairns, P., Dhoparee, S., Epps, A., Tijs, T., & Walton, A. (2008). Measuring and defining the experience of immersion in games. *International Journal of Human-Computer Studies*, *66*(9), 641–661.
<https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2008.04.004>
- Johnson-Glenberg, M. C., Birchfield, D. A., Tolentino, L., & Koziupa, T. (2014). Collaborative embodied learning in mixed reality motion-capture environments: Two science studies. *Journal of Educational Psychology*, *106*(1), 86–104.
<https://doi.org/10.1037/a0034008>
- Kalyuga, S. (2014). The Expertise Reversal Principle in Multimedia Learning. In R. E. Mayer (Ed.), *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (Second Edition, pp. 576–597). Cambridge University Press.
- Kamarainen, A. M., Metcalf, S., Grotzer, T., Browne, A., Mazzuca, D., Tutwiler, M. S., & Dede, C. (2013). EcoMOBILE: Integrating augmented reality and probeware with

- environmental education field trips. *Computers & Education*, 68, 545–556.
<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2013.02.018>
- Kapur, M. (2008). Productive Failure. *Cognition and Instruction*, 26(3), 307–313.
<https://doi.org/10.1080/07370000802212669>
- Kapur, M. (2015). Learning from productive failure. *Learning: Research and Practice*, 1(1), 51–65. <https://doi.org/10.1080/23735082.2015.1002195>
- Keller, J. M. (1987). Development and use of the ARCS model of instructional design. *Journal of Instructional Development*, 10(3), 2–10.
<https://doi.org/10.1007/BF02905780>
- Keller, J. M. (2010). *Motivational Design for Learning and Performance*. Springer.
- Kerres, M. (2005). Gestaltungsorientierte Mediendidaktik und ihr Verhältnis zur Allgemeinen Didaktik. In B. Dieckmann & P. Stadtfeld (Eds.), *Allgemeine Didaktik im Wandel* (pp. 214–234). Klinhardt Verlag. https://learninglab.uni-due.de/sites/default/files/mdidaktikkerres_0.pdf
- Kerres, M. (2018). *Mediendidaktik: Konzeption und Entwicklung mediengestützter Lernangebote* (5. Auflage). De Gruyter Oldenbourg Verlag.
- Kerres, M. (2020). Bildung in der digitalen Welt: Über Wirkungsannahmen und die soziale Konstruktion des Digitalen. *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung*, 17 (Jahrbuch Medienpädagogik), 1–32.
<https://doi.org/10.21240/mpaed/jb17/2020.04.24.X>
- Kerres, M., Buchner, J., & Mulders, M. (2022). Immersives Lernen? Didaktisches Design für Augmented / Virtual Reality und reaktive Objekte / Umwelten. *Grundlagen Der Weiterbildung - Praxishilfen*, 205, 145–164. <https://learninglab.uni-due.de/publikationen/13437>
- Kinio, A. E., Dufresne, L., Brandys, T., & Jetty, P. (2019). Break out of the Classroom: The Use of Escape Rooms as an Alternative Teaching Strategy in Surgical Education. *Journal of Surgical Education*, 76(1), 134–139.
<https://doi.org/10.1016/j.jsurg.2018.06.030>
- Kipper, G. (2013a). The Types of Augmented Reality. In *Augmented Reality* (pp. 29–50). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-1-59-749733-6.00002-4>
- Kipper, G. (2013b). What Is Augmented Reality? In *Augmented Reality* (pp. 1–27). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-1-59-749733-6.00001-2>
- Kirschner, P. A., & Stoyanov, S. (2018). Educating Youth for Nonexistent/Not Yet Existing Professions. *Educational Policy*. <https://doi.org/10.1177/0895904818802086>
- Kirschner, P. A., Sweller, J., & Clark, R. E. (2006). Why Minimal Guidance During Instruction Does Not Work: An Analysis of the Failure of Constructivist, Discovery, Problem-Based, Experiential, and Inquiry-Based Teaching. *Educational Psychologist*, 41(2), 75–86. https://doi.org/10.1207/s15326985ep4102_1
- Klamma, R., Sous, D., Hensen, B., & Koren, I. (2020). Educational Escape Games for Mixed Reality. In C. Alario-Hoyos, M. J. Rodríguez-Triana, M. Scheffel, I. Arnedillo-Sánchez, & S. M. Dennerlein (Eds.), *Addressing Global Challenges and Quality Education* (Vol. 12315, pp. 437–442). Springer International Publishing.
https://doi.org/10.1007/978-3-030-57717-9_41
- Klepsch, M., Schmitz, F., & Seufert, T. (2017). Development and Validation of Two Instruments Measuring Intrinsic, Extraneous, and Germane Cognitive Load. *Frontiers in Psychology*, 8. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.01997>
- Klepsch, M., & Seufert, T. (2020). Understanding instructional design effects by differentiated measurement of intrinsic, extraneous, and germane cognitive load. *Instructional Science*. <https://doi.org/10.1007/s11251-020-09502-9>
- Kotranza, A., Lind, D. S., & Lok, B. (2012). Real-Time Evaluation and Visualization of Learner Performance in a Mixed-Reality Environment for Clinical Breast

- Examination. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 18(7), 1101–1114. <https://doi.org/10.1109/TVCG.2011.132>
- Kotranza, A., Lind, D. S., Pugh, C. M., & Lok, B. (2009). Real-time in-situ visual feedback of task performance in mixed environments for learning joint psychomotor-cognitive tasks. *2009 8th IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality*, 125–134. <https://doi.org/10.1109/ISMAR.2009.5336485>
- Koutromanos, G., Sofos, A., & Avraamidou, L. (2015). The use of augmented reality games in education: A review of the literature. *Educational Media International*, 52(4), 253–271. <https://doi.org/10.1080/09523987.2015.1125988>
- Krapp, A. (2005). Basic needs and the development of interest and intrinsic motivational orientations. *Learning and Instruction*, 15(5), 381–395. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2005.07.007>
- Kubikfoto GmbH. (2021). *Wiebkes wirre Welt*. <https://www.wiebkes-wirre-welt.de/>
- Kyza, E. A., & Georgiou, Y. (2018). Scaffolding augmented reality inquiry learning: The design and investigation of the TraceReaders location-based, augmented reality platform. *Interactive Learning Environments*, 1–15. <https://doi.org/10.1080/10494820.2018.1458039>
- Laine, T. H., Nygren, E., Dirin, A., & Suk, H.-J. (2016). Science Spots AR: A platform for science learning games with augmented reality. *Educational Technology Research and Development*, 64(3), 507–531. <https://doi.org/10.1007/s11423-015-9419-0>
- Lamb, R. L., Annetta, L., Firestone, J., & Etopio, E. (2018). A meta-analysis with examination of moderators of student cognition, affect, and learning outcomes while using serious educational games, serious games, and simulations. *Computers in Human Behavior*, 80, 158–167. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2017.10.040>
- Lampen, E., Teuber, J., Gaisbauer, F., Bär, T., Pfeiffer, T., & Wachsmuth, S. (2019). Combining Simulation and Augmented Reality Methods for Enhanced Worker Assistance in Manual Assembly. *Procedia 52nd CIRP Conference on Manufacturing Systems*, 81, 588–593. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2019.03.160>
- Leiner, D. J. (2019). *SoSci Survey (Version 3.1.06 [Computer Software])*. <https://www.soscisurvey.de>
- Leopold, C., & Leutner, D. (2012). Science text comprehension: Drawing, main idea selection, and summarizing as learning strategies. *Learning and Instruction*, 22(1), 16–26. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2011.05.005>
- Lewandowsky, S., Ecker, U. K. H., & Cook, J. (2017). Beyond Misinformation: Understanding and Coping with the “Post-Truth” Era. *Journal of Applied Research in Memory and Cognition*, 6(4), 353–369. <https://doi.org/10.1016/j.jarmac.2017.07.008>
- Li, J., van der Spek, E. D., Feijs, L., Wang, F., & Hu, J. (2017). Augmented Reality Games for Learning: A Literature Review. In N. Streitz & P. Markopoulos (Eds.), *Distributed, Ambient and Pervasive Interactions* (Vol. 10291, pp. 612–626). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-58697-7_46
- Lim, K. Y. T., & Lim, R. (2020). Semiotics, memory and augmented reality: History education with learner-generated augmentation. *British Journal of Educational Technology*, 51(3), 673–691. <https://doi.org/10.1111/bjet.12904>
- Lindgren, R., Morphew, J., Kang, J., & Junokas, M. (2019). An Embodied Cyberlearning Platform for Gestural Interaction with Cross-Cutting Science Concepts. *Mind, Brain, and Education*, 13(1), 53–61. <https://doi.org/10.1111/mbe.12191>
- Lindgren, R., Tscholl, M., Wang, S., & Johnson, E. (2016). Enhancing learning and engagement through embodied interaction within a mixed reality simulation. *Computers & Education*, 95, 174–187. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2016.01.001>
- Lindley, S. E., Le Couteur, J., & Berthouze, N. L. (2008). Stirring up experience through movement in game play: Effects on engagement and social behaviour. *Proceedings of*

- the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 511–514.
<https://doi.org/10.1145/1357054.1357136>
- Loorbach, N., Peters, O., Karreman, J., & Steehouder, M. (2015). Validation of the Instructional Materials Motivation Survey (IMMS) in a self-directed instructional setting aimed at working with technology. *British Journal of Educational Technology*, 46(1), 204–218. <https://doi.org/10.1111/bjet.12138>
- López-Faican, L., & Jaen, J. (2020). EmoFindAR: Evaluation of a mobile multiplayer augmented reality game for primary school children. *Computers & Education*, 149, 103814. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.103814>
- Lopez-Pernas, S., Gordillo, A., Barra, E., & Quemada, J. (2019a). Analyzing Learning Effectiveness and Students' Perceptions of an Educational Escape Room in a Programming Course in Higher Education. *IEEE Access*, 7, 184221–184234. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2960312>
- Lopez-Pernas, S., Gordillo, A., Barra, E., & Quemada, J. (2019b). Examining the Use of an Educational Escape Room for Teaching Programming in a Higher Education Setting. *IEEE Access*, 7, 31723–31737. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2902976>
- Loup-Escande, E., Frenoy, R., Poplimont, G., Thouvenin, I., Gapenne, O., & Megalakaki, O. (2017). Contributions of mixed reality in a calligraphy learning task: Effects of supplementary visual feedback and expertise on cognitive load, user experience and gestural performance. *Computers in Human Behavior*, 75, 42–49. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2017.05.006>
- Low, R., & Sweller, J. (2014). The Modality Principle in Multimedia Learning. In R. E. Mayer (Ed.), *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (Second Edition, pp. 227–246). Cambridge University Press.
- Lu, S.-J., & Liu, Y.-C. (2015). Integrating augmented reality technology to enhance children's learning in marine education. *Environmental Education Research*, 21(4), 525–541. <https://doi.org/10.1080/13504622.2014.911247>
- Makransky, G. (2021). The Immersion Principle in Multimedia Learning. In R. E. Mayer & L. Fiorella (Eds.), *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (3rd ed., pp. 296–303). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781108894333.031>
- Makransky, G., Andreasen, N., Baceviciute, S., & Mayer, R. E. (2020). Immersive virtual reality increases liking but not learning with a science simulation and generative learning strategies promote learning in immersive virtual reality. *Journal of Educational Psychology*. <https://doi.org/10.1037/edu0000473>
- Makransky, G., Borre-Gude, S., & Mayer, R. E. (2019). Motivational and cognitive benefits of training in immersive virtual reality based on multiple assessments. *Journal of Computer Assisted Learning*, 35(6), 691–707. <https://doi.org/10.1111/jcal.12375>
- Makransky, G., & Petersen, G. B. (2021). The Cognitive Affective Model of Immersive Learning (CAMIL): A Theoretical Research-Based Model of Learning in Immersive Virtual Reality. *Educational Psychology Review*. <https://doi.org/10.1007/s10648-020-09586-2>
- Makransky, G., Terkildsen, T. S., & Mayer, R. E. (2019). Adding immersive virtual reality to a science lab simulation causes more presence but less learning. *Learning and Instruction*, 60, 225–236. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2017.12.007>
- Makri, A., Vlachopoulos, D., & Martina, R. A. (2021). Digital Escape Rooms as Innovative Pedagogical Tools in Education: A Systematic Literature Review. *Sustainability*, 13(8), 4587. <https://doi.org/10.3390/su13084587>
- Mavilidi, M.-F., Okely, A. D., Chandler, P., & Paas, F. (2017). Effects of Integrating Physical Activities Into a Science Lesson on Preschool Children's Learning and Enjoyment: Integrated physical activities. *Applied Cognitive Psychology*, 31(3), 281–290. <https://doi.org/10.1002/acp.3325>

- Mayer, R. E. (2002). Rote Versus Meaningful Learning. *Theory Into Practice*, 41(4), 226–232. https://doi.org/10.1207/s15430421tip4104_4
- Mayer, R. E. (2014a). Cognitive Theory of Multimedia Learning. In R. E. Mayer (Ed.), *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (Second Edition, pp. 43–71). Cambridge University Press.
- Mayer, R. E. (2014b). *Computer Games for Learning. An Evidence-Based Approach*. MIT Press.
- Mayer, R. E. (2014c). Principles Based on Social Cues in Multimedia Learning: Personalization, Voice, Image and Embodiment Principles. In R. E. Mayer (Ed.), *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (Second Edition, pp. 345–368). Cambridge University Press.
- Mayer, R. E. (2017). Using multimedia for e-learning. *Journal of Computer Assisted Learning*, 33(5), 403–423. <https://doi.org/10.1111/jcal.12197>
- Mayer, R. E. (2019a). Computer Games in Education. *Annual Review of Psychology*, 70, 531–549.
- Mayer, R. E. (2019b). Thirty years of research on online learning. *Applied Cognitive Psychology*, 33(2), 152–159. <https://doi.org/10.1002/acp.3482>
- Mayer, R. E. (2020). *Multimedia Learning* (Third Edition). Cambridge University Press. [cambridge.org/9781107187504](https://www.cambridge.org/9781107187504)
- Mayer, R. E., & Estrella, G. (2014). Benefits of emotional design in multimedia instruction. *Learning and Instruction*, 33, 12–18. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2014.02.004>
- Mayer, R. E., & Pilegard, C. (2014). Principles for managing essential processing in multimedia learning: Segmenting, pre-training, and modality principles. In R. E. Mayer (Ed.), *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (Second Edition, pp. 316–344). Cambridge University Press.
- medien+bildung.com. (2018). *Code Breakers*. <https://medienundbildung.com/projekte/maker-labor/code-breakers/>
- Merchant, Z., Goetz, E. T., Cifuentes, L., Keeney-Kennicutt, W., & Davis, T. J. (2014). Effectiveness of virtual reality-based instruction on students' learning outcomes in K-12 and higher education: A meta-analysis. *Computers & Education*, 70, 29–40. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2013.07.033>
- Merge Labs. (2021). *Merge Cube | AR/VR Learning & Creation*. Merge. <https://mergeedu.com/cube>
- Milgram, P., & Kishino, F. (1994). A Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays. *IEICE Transactions on Information System*, 77(12), 1321–1329.
- Milgram, P., Takemura, H., Utsumi, A., & Kishino, F. (1995). Augmented reality: A class of displays on the reality-virtuality continuum. *SPIE Vol. 2351, Telemanipulator and Telepresence Technologies*, 282–292. <https://doi.org/10.1117/12.197321>
- Mishra, P., Koehler, M. J., & Kereluik, K. (2009). The Song Remains the Same: Looking Back to the Future of Educational Technology. *TechTrends*, 53(5), 48–53. <https://doi.org/10.1007/s11528-009-0325-3>
- Monaghan, S. R., & Nicholson, S. (2017). Bringing Escape Room Concepts to Pathophysiology Case Studies. *HAPS Educator*, 21(2), 49–65. <https://doi.org/10.21692/haps.2017.015>
- Moreira, B. F. T., Pinto, T. S. S., Starling, D. S. V., & Jaeger, A. (2019). Retrieval Practice in Classroom Settings: A Review of Applied Research. *Frontiers in Education*, 4. <https://doi.org/10.3389/educ.2019.00005>
- Moreno, R. (2006a). Does the modality principle hold for different media? A test of the method-affects-learning hypothesis: Modality principle. *Journal of Computer Assisted Learning*, 22(3), 149–158. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2729.2006.00170.x>

- Moreno, R. (2006b). Learning in High-Tech and Multimedia Environments. *Current Directions in Psychological Science*, 15(2), 63–67. <https://doi.org/10.1111/j.0963-7214.2006.00408.x>
- Moreno, R. (2010). Cognitive load theory: More food for thought. *Instructional Science*, 38(2), 135–141. <https://doi.org/10.1007/s11251-009-9122-9>
- Moreno, R., & Mayer, R. (2007). Interactive Multimodal Learning Environments. *Educational Psychology Review*, 19(3), 309–326. <https://doi.org/10.1007/s10648-007-9047-2>
- Moreno, R., & Mayer, R. E. (2001). Virtual Reality and Learning: Cognitive and Motivational Effects of Students' Sense of Presence. *Proceedings of Human-Computer Interaction*, 65–67.
- Moreno, R., & Park, B. (2010). Cognitive Load Theory: Historical Development and Relation to Other Theories. In J. L. Plass, R. Moreno, & R. Brunken (Eds.), *Cognitive Load Theory* (pp. 9–28). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511844744.003>
- Mühlhoff, R., & Schütz, T. (2019a). Die Macht der Immersion. Eine affekttheoretische Perspektive. *Navigationen - Zeitschrift für Medien- und Kulturwissenschaften*, 19(1), 17–34. <https://doi.org/10.25969/mediarep/12593>
- Mühlhoff, R., & Schütz, T. (2019b). Immersion, immersive power. In J. Slaby & C. von Scheve (Eds.), *Affective Societies* (pp. 231–240). Routledge.
- Munoz-Cristobal, J. A., Asensio-Perez, J. I., Martinez-Mones, A., Prieto, L. P., Jorrin-Abellan, I. M., & Dimitriadis, Y. (2018). Learning Buckets: Helping Teachers Introduce Flexibility in the Management of Learning Artifacts Across Spaces. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 11(2), 203–215. <https://doi.org/10.1109/TLT.2017.2693150>
- Munoz-Cristobal, J. A., Jorrin-Abellan, I. M., Asensio-Perez, J. I., Martinez-Mones, A., Prieto, L. P., & Dimitriadis, Y. (2015). Supporting Teacher Orchestration in Ubiquitous Learning Environments: A Study in Primary Education. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 8(1), 83–97. <https://doi.org/10.1109/TLT.2014.2370634>
- Mutlu-Bayraktar, D., Cosgun, V., & Altan, T. (2019). Cognitive load in multimedia learning environments: A systematic review. *Computers & Education*, 141, 103618. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103618>
- Mystakidis, S., Cachafeiro, E., & Hatzilygeroudis, I. (2019). Enter the Serious E-scape Room: A Cost-Effective Serious Game Model for Deep and Meaningful E-learning. *2019 10th International Conference on Information, Intelligence, Systems and Applications (IISA)*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/IISA.2019.8900673>
- Nee, R. C. (2019). Youthquakes in a Post-Truth Era: Exploring Social Media News Use and Information Verification Actions Among Global Teens and Young Adults. *Journalism & Mass Communication Educator*, 74(2), 171–184. <https://doi.org/10.1177/1077695818825215>
- Neumann, K. L., Alvarado-Albertorio, F., & Ramírez-Salgado, A. (2020). Online Approaches for Implementing a Digital Escape Room with Preservice Teachers. *Journal of Technology and Teacher Education*, 28(2), 415–424.
- Nicholson, S. (2015). *Peeking behind the locked door: A survey of escape room facilities*. <http://scottnicholson.com/pubs/erfacwhite.pdf>
- Nicholson, S. (2018). Creating Engaging Escape Rooms for the Classroom. *Childhood Education*, 94(1), 44–49. <https://doi.org/10.1080/00094056.2018.1420363>
- Nicholson, S. (2016). Ask Why: Creating a Better Player Experience through Environmental Storytelling and Consistency in Escape Room Design. *Meaningful Play 2016*, 17. <http://scottnicholson.com/pubs/askwhy.pdf>

- Nilsson, N. C., Nordahl, R., & Serafin, S. (2016). Immersion Revisited: A review of existing definitions of immersion and their relation to different theories of presence. *Human Technology, 12*(2), 108–134. <https://doi.org/10.17011/ht/urn.201611174652>
- Ouariachi, T., & Wim, E. J. L. (2020). Escape rooms as tools for climate change education: An exploration of initiatives. *Environmental Education Research, 26*(8), 1193–1206. <https://doi.org/10.1080/13504622.2020.1753659>
- Oxford Dictionary. (2021a). *Immerse*. Lexico Dictionaries | English. <https://www.lexico.com/definition/immerse>
- Oxford Dictionary. (2021b). *Immersion*. Lexico Dictionaries | English. <https://www.lexico.com/definition/immersion>
- Paas, F., & Sweller, J. (2014). Implications of Cognitive Load Theory for Multimedia Learning. In R. E. Mayer (Ed.), *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (Second Edition, pp. 27–42). Cambridge University Press.
- Paas, F., & van Merriënboer, J. J. G. (2020). Cognitive-Load Theory: Methods to Manage Working Memory Load in the Learning of Complex Tasks. *Current Directions in Psychological Science, 29*(4), 394–398. <https://doi.org/10.1177/0963721420922183>
- Paivio, A. (1991). Dual coding theory: Retrospect and current status. *Canadian Journal of Psychology/Revue Canadienne de Psychologie, 45*(3), 255–287. <https://doi.org/10.1037/h0084295>
- Pan, R., Lo, H., & Neustaedter, C. (2017). Collaboration, Awareness, and Communication in Real-Life Escape Rooms. *Proceedings of the 2017 Conference on Designing Interactive Systems, 1353–1364*. <https://doi.org/10.1145/3064663.3064767>
- Paraschivoiu, I., Buchner, J., Praxmarer, R., & Layer-Wagner, T. (2021). Escape the Fake: Development and Evaluation of an Augmented Reality Escape Room Game for Fighting Fake News. *Extended Abstracts of the 2021 Annual Symposium on Computer-Human Interaction in Play, 320–325*. <https://doi.org/10.1145/3450337.3483454>
- Park, B., Knörzer, L., Plass, J. L., & Brünken, R. (2015). Emotional design and positive emotions in multimedia learning: An eyetracking study on the use of anthropomorphisms. *Computers & Education, 86*, 30–42. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2015.02.016>
- Park, B., Plass, J. L., & Brünken, R. (2014). Cognitive and affective processes in multimedia learning. *Learning and Instruction, 29*, 125–127. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2013.05.005>
- Parong, J. (2021). Multimedia Learning in Virtual and Mixed Reality. In R. E. Mayer & L. Fiorella (Eds.), *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (3rd ed., pp. 498–509). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781108894333.051>
- Parong, J., & Mayer, R. E. (2018). Learning science in immersive virtual reality. *Journal of Educational Psychology, 110*(6), 785–797. <https://doi.org/10.1037/edu0000241>
- Parong, J., & Mayer, R. E. (2020). Cognitive and affective processes for learning science in immersive virtual reality. *Journal of Computer Assisted Learning*. <https://doi.org/10.1111/jcal.12482>
- Parong, J., & Mayer, R. E. (2021). Learning about history in immersive virtual reality: Does immersion facilitate learning? *Educational Technology Research and Development, 1–19*. <https://doi.org/10.1007/s11423-021-09999-y>
- Parong, J., Pollard, K. A., Files, B. T., Oiknine, A. H., Sinatra, A. M., Moss, J. D., Passaro, A., & Khooshabeh, P. (2020). The mediating role of presence differs across types of spatial learning in immersive technologies. *Computers in Human Behavior, 107*, 106290. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2020.106290>
- Pasch, M., Bianchi-Berthouze, N., van Dijk, B., & Nijholt, A. (2009). Immersion in Movement-Based Interaction. In A. Nijholt, D. Reidsma, & H. Hondorp (Eds.),

- Intelligent Technologies for Interactive Entertainment* (Vol. 9, pp. 169–180). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-02315-6_16
- Peck, T. C., Seinfeld, S., Aglioti, S. M., & Slater, M. (2013). Putting yourself in the skin of a black avatar reduces implicit racial bias. *Consciousness and Cognition*, 22(3), 779–787. <https://doi.org/10.1016/j.concog.2013.04.016>
- Pekrun, R. (2006). The Control-Value Theory of Achievement Emotions: Assumptions, Corollaries, and Implications for Educational Research and Practice. *Educational Psychology Review*, 18(4), 315–341. <https://doi.org/10.1007/s10648-006-9029-9>
- Pellas, N., Kazanidis, I., & Palaigeorgiou, G. (2019). A systematic literature review of mixed reality environments in K-12 education. *Education and Information Technologies*. <https://doi.org/10.1007/s10639-019-10076-4>
- Pilegard, C., & Mayer, R. E. (2016). Improving academic learning from computer-based narrative games. *Contemporary Educational Psychology*, 44–45, 12–20. <https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2015.12.002>
- Pintrich, P. R. (2003). A Motivational Science Perspective on the Role of Student Motivation in Learning and Teaching Contexts. *Journal of Educational Psychology*, 95(4), 667–686. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.95.4.667>
- Plass, J. L., Homer, B. D., MacNamara, A., Ober, T., Rose, M. C., Pawar, S., Hovey, C. M., & Olsen, A. (2019). Emotional design for digital games for learning: The effect of expression, color, shape, and dimensionality on the affective quality of game characters. *Learning and Instruction*, 101194. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2019.01.005>
- Plass, J. L., & Kalyuga, S. (2019). Four Ways of Considering Emotion in Cognitive Load Theory. *Educational Psychology Review*, 31(2), 339–359. <https://doi.org/10.1007/s10648-019-09473-5>
- Plass, J. L., & Kaplan, U. (2016). Emotional design in digital media for learning. In S. Y. Tettegah & M. Gartmeier (Eds.), *Emotions, technology, design, and learning* (pp. 131–161). Elsevier Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-801856-9.00007-4>
- Plass, J. L., & Schwartz, R. N. (2014). Multimedia Learning with Simulations and Microworlds. In R. E. Mayer (Ed.), *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (Second Edition, pp. 729–761). Cambridge University Press.
- Plecher, D., Ludl, M., & Klinker, G. (2020). Designing an AR-Escape-Room with Competitive and Cooperative Mode. *GI VR/AR Workshop 2020*. GI VR/AR Workshop 2020, Trier. https://doi.org/10.18420/VRAR2020_30
- Poitras, E. G., Harley, J. M., & Liu, Y. S. (2019). Achievement emotions with location-based mobile augmented reality: An examination of discourse processes in simulated guided walking tours. *British Journal of Educational Technology*, 50(6), 3345–3360. <https://doi.org/10.1111/bjet.12738>
- Polycular. (2020). *Escape Fake – Fight Fake News with a Game*. <https://escapefake.org/>
- Ponce, H. R., Mayer, R. E., Loyola, M. S., & López, M. J. (2020). Study Activities That Foster Generative Learning: Notetaking, Graphic Organizer, and Questioning. *Journal of Educational Computing Research*, 58(2), 275–296. <https://doi.org/doi:10.1177/0735633119865554>
- Pun, R. (2017). Hacking the Research Library: Wikipedia, Trump, and Information Literacy in the Escape Room at Fresno State. *The Library Quarterly*, 87(4), 330–336. <https://doi.org/10.1086/693489>
- Qiao, X., Ren, P., Dustdar, S., Liu, L., Ma, H., & Chen, J. (2019). Web AR: A Promising Future for Mobile Augmented Reality—State of the Art, Challenges, and Insights. *Proceedings of the IEEE*, 107(4), 651–666. <https://doi.org/10.1109/JPROC.2019.2895105>

- Qin, H., Patrick Rau, P.-L., & Salvendy, G. (2009). Measuring Player Immersion in the Computer Game Narrative. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 25(2), 107–133. <https://doi.org/10.1080/10447310802546732>
- Queiruga-Dios, A., Santos Sánchez, M. J., Queiruga Dios, M., Gayoso Martínez, V., & Hernández Encinas, A. (2020). A Virus Infected Your Laptop. Let's Play an Escape Game. *Mathematics*, 8(2), 166. <https://doi.org/10.3390/math8020166>
- Radu, I. (2014). Augmented reality in education: A meta-review and cross-media analysis. *Personal and Ubiquitous Computing*, 18(6), 1533–1543. <https://doi.org/10.1007/s00779-013-0747-y>
- Rambli, D. R. A., Matcha, W., & Sulaiman, S. (2013). Fun Learning with AR Alphabet Book for Preschool Children. *Procedia Computer Science*, 25, 211–219. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2013.11.026>
- Reeves, T. C., & Oh, E. G. (2017). The goals and methods of educational technology research over a quarter century (1989–2014). *Educational Technology Research and Development*, 65(2), 325–339. <https://doi.org/10.1007/s11423-016-9474-1>
- Reeves, T. C., & Reeves, P. M. (2015). Reorienting educational technology research from things to problems. *Learning: Research and Practice*, 1(1), 91–93. <https://doi.org/10.1080/23735082.2015.1008120>
- Riva, G., Mantovani, F., Capideville, C. S., Preziosa, A., Morganti, F., Villani, D., Gaggioli, A., Botella, C., & Alcañiz, M. (2007). Affective Interactions Using Virtual Reality: The Link between Presence and Emotions. *CyberPsychology & Behavior*, 10(1), 45–56. <https://doi.org/10.1089/cpb.2006.9993>
- Ro, H., Byun, J.-H., Park, Y. J., Lee, N. K., & Han, T.-D. (2019). AR Pointer: Advanced Ray-Casting Interface Using Laser Pointer Metaphor for Object Manipulation in 3D Augmented Reality Environment. *Applied Sciences*, 9(15), 3078. <https://doi.org/10.3390/app9153078>
- Roozenbeek, J., & van der Linden, S. (2019a). The fake news game: Actively inoculating against the risk of misinformation. *Journal of Risk Research*, 22(5), 570–580. <https://doi.org/10.1080/13669877.2018.1443491>
- Roozenbeek, J., & van der Linden, S. (2019b). Fake news game confers psychological resistance against online misinformation. *Palgrave Communications*, 5(1). <https://doi.org/10.1057/s41599-019-0279-9>
- Ross, S. M., Morrison, G. R., & Lowther, D. L. (2010). Educational Technology Research Past and Present: Balancing Rigor and Relevance to Impact School Learning. *Contemporary Educational Technology*, 1(1). <https://doi.org/10.30935/cedtech/5959>
- Rouse, W. (2017). Lessons Learned While Escaping From a Zombie: Designing a Breakout EDU Game. *The History Teacher*, 50(4), 553–564. <https://www.jstor.org/stable/44507278>
- Ruiz-Ariza, A., Casuso, R. A., Suarez-Manzano, S., & Martínez-López, E. J. (2018). Effect of augmented reality game Pokémon GO on cognitive performance and emotional intelligence in adolescent young. *Computers & Education*, 116, 49–63. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2017.09.002>
- Rüter, M. (2020). *Escape Room als Unterrichtskonzept*. <https://www.xn--martina-rter-llb.de/training-pcsoftware/fur-schule-und-unterricht/escape-room-als-unterrichtskonzept/>
- Ryan, R. M., & Deci, E. L. (2020). Intrinsic and extrinsic motivation from a self-determination theory perspective: Definitions, theory, practices, and future directions. *Contemporary Educational Psychology*, 101860. <https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2020.101860>

- Sahin, D., & Yilmaz, R. M. (2020). The effect of Augmented Reality Technology on middle school students' achievements and attitudes towards science education. *Computers & Education*, *144*, 103710. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103710>
- Salar, R., Arici, F., Caliklar, S., & Yilmaz, R. M. (2020). A Model for Augmented Reality Immersion Experiences of University Students Studying in Science Education. *Journal of Science Education and Technology*, *29*(2), 257–271. <https://doi.org/10.1007/s10956-019-09810-x>
- Salmi, H., Thuneberg, H., & Vainikainen, M.-P. (2017). Making the invisible observable by Augmented Reality in informal science education context. *International Journal of Science Education, Part B*, *7*(3), 253–268. <https://doi.org/10.1080/21548455.2016.1254358>
- Salomon, G. (1983). The differential investment of mental effort in learning from different sources. *Educational Psychologist*, *18*(1), 42–50. <https://doi.org/10.1080/00461528309529260>
- Salomon, G. (1984). Television is “easy” and print is “tough”: The differential investment of mental effort in learning as a function of perceptions and attribution. *Journal of Educational Psychology*, *76*, 647–658.
- Saltan, F., & Arslan, Ö. (2017). The Use of Augmented Reality in Formal Education: A Scoping Review. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, *13*(1). <https://doi.org/10.12973/eurasia.2017.00628a>
- Sanchez, E., & Plumettaz-Sieber, M. (2019). Teaching and Learning with Escape Games from Debriefing to Institutionalization of Knowledge. In M. Gentile, M. Allegra, & H. Söbke (Eds.), *Games and Learning Alliance* (Vol. 11385, pp. 242–253). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-11548-7_23
- Sánchez-Martín, J., Corrales-Serrano, M., Luque-Sendra, A., & Zamora-Polo, F. (2020). Exit for success. Gamifying science and technology for university students using escape-room. A preliminary approach. *Heliyon*, *6*(7), e04340. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04340>
- Sárközi, Z., Borbély, S., & Járαι-Szabó, F. (2019). Deepening secondary students understanding of physics through escape games. *AIP Conference Proceedings*, 1–6. <https://doi.org/10.1063/1.5090085>
- Scheibenzuber, C., Hofer, S., & Nistor, N. (2021). Designing for fake news literacy training: A problem-based undergraduate online-course. *Computers in Human Behavior*, *121*, 106796. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2021.106796>
- Scheiter, K., Brucker, B., & Ainsworth, S. (2020). “Now move like that fish”: Can enactment help learners come to understand dynamic motion presented in photographs and videos? *Computers & Education*, *155*, 103934. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.103934>
- Scheiter, K., Richter, J., & Renkl, A. (2020). Multimediales Lernen: Lehren und Lernen mit Texten und Bildern. In H. Niegemann & A. Weinberger (Eds.), *Handbuch Bildungstechnologie* (pp. 31–56). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-54368-9_4
- Schiefner-Rohs, M. (2012). *Kritische Informations- und Medienkompetenz: Theoretisch-konzeptionelle Herleitung und empirische Betrachtungen am Beispiel der Lehrerbildung*. Waxmann Verlag.
- Schlochtermeyer, L. H., Pehrs, C., Kappelhoff, H., Kuchinke, L., & Jacobs, A. M. (2015). Emotion processing in different media types: Realism, complexity, and immersion. *Journal of Systems and Integrative Neuroscience*, *1*(2), 41–47. <https://doi.org/10.15761/JSIN.1000109>

- Schneider, S., Beege, M., Nebel, S., Schnaubert, L., & Rey, G. D. (2021). The Cognitive-Affective-Social Theory of Learning in digital Environments (CASTLE). *Educational Psychology Review*. <https://doi.org/10.1007/s10648-021-09626-5>
- Schnotz, W., & Kürschner, C. (2007). A Reconsideration of Cognitive Load Theory. *Educational Psychology Review*, *19*(4), 469–508. <https://doi.org/10.1007/s10648-007-9053-4>
- Schrader, C., & Bastiaens, T. J. (2012). The influence of virtual presence: Effects on experienced cognitive load and learning outcomes in educational computer games. *Computers in Human Behavior*, *28*(2), 648–658. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2011.11.011>
- Schrader, C., Kalyuga, S., & Plass, J. L. (2021). Motivation and Affect in Multimedia Learning. In R. E. Mayer & L. Fiorella (Eds.), *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (3rd ed., pp. 121–131). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781108894333.012>
- Schwab, F., Hennighausen, C., Adler, D. C., & Carolus, A. (2018). Television Is Still “Easy” and Print Is Still “Tough”? More Than 30 Years of Research on the Amount of Invested Mental Effort. *Frontiers in Psychology*, *9*, 1098. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.01098>
- Sepp, S., Howard, S. J., Tindall-Ford, S., Agostinho, S., & Paas, F. (2019). Cognitive Load Theory and Human Movement: Towards an Integrated Model of Working Memory. *Educational Psychology Review*, *31*(2), 293–317. <https://doi.org/10.1007/s10648-019-09461-9>
- Shakeri, H., Singhal, S., Pan, R., Neustaedter, C., & Tang, A. (2017). Escaping Together: The Design and Evaluation of a Distributed Real-Life Escape Room. *Proceedings of the Annual Symposium on Computer-Human Interaction in Play*, 115–128. <https://doi.org/10.1145/3116595.3116601>
- Sherman, W. R., & Craig, A. B. (2003). *Understanding Virtual Reality. Interface, Application, and Design*. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-1-55860-353-0.50019-7>
- Shin, D. (2018). Empathy and embodied experience in virtual environment: To what extent can virtual reality stimulate empathy and embodied experience? *Computers in Human Behavior*, *78*, 64–73. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2017.09.012>
- Sırakaya, M., & Alsancak Sırakaya, D. (2020). Augmented reality in STEM education: A systematic review. *Interactive Learning Environments*, 1–14. <https://doi.org/10.1080/10494820.2020.1722713>
- Skuballa, I. T., Xu, K. M., & Jarodzka, H. (2019). The impact of Co-actors on cognitive load: When the mere presence of others makes learning more difficult. *Computers in Human Behavior*, *101*, 30–41. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2019.06.016>
- Slater, M. (1999). Measuring Presence: A Response to the Witmer and Singer Presence Questionnaire. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, *8*(5), 560–565. <https://doi.org/10.1162/105474699566477>
- Slater, M. (2009). Place illusion and plausibility can lead to realistic behaviour in immersive virtual environments. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, *364*(1535), 3549–3557. <https://doi.org/10.1098/rstb.2009.0138>
- Slater, M., Antley, A., Davison, A., Swapp, D., Guger, C., Barker, C., Pistrang, N., & Sanchez-Vives, M. V. (2006). A Virtual Reprise of the Stanley Milgram Obedience Experiments. *PLoS ONE*, *1*(1), 1–10. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0000039>
- Slater, M., & Sanchez-Vives, M. V. (2016). Enhancing Our Lives with Immersive Virtual Reality. *Frontiers in Robotics and AI*, *3*. <https://doi.org/10.3389/frobt.2016.00074>
- Slater, M., & Wilbur, S. (1997). A Framework for Immersive Virtual Environments (FIVE): Speculations on the Role of Presence in Virtual Environments. *Presence*:

- Teleoperators and Virtual Environments*, 6(6), 603–616.
<https://doi.org/10.1162/pres.1997.6.6.603>
- Sommerauer, P., & Müller, O. (2014). Augmented reality in informal learning environments: A field experiment in a mathematics exhibition. *Computers & Education*, 79, 59–68.
<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2014.07.013>
- Song, H. S., Kalet, A. L., & Plass, J. L. (2016). Interplay of prior knowledge, self-regulation and motivation in complex multimedia learning environments: Knowledge, self-regulation, & motivation. *Journal of Computer Assisted Learning*, 32(1), 31–50.
<https://doi.org/10.1111/jcal.12117>
- Sotiriou, S., & Bogner, F. X. (2008). Visualizing the invisible: Augmented reality as an innovative science education scheme. *Advanced Science Letters*, 1, 114–122.
- Spanlang, B., Fröhlich, T., Descalzo, V. F., Antley, A., & Slater, M. (2007). The Making of a Presence Experiment: Responses to Virtual Fire. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 303–307.
- Stark, L., Park, B., & Brünken, R. (2018). Emotionen beim Lernen mit Multimedia. In S. Ladel, J. Knopf, & A. Weinberger (Eds.), *Digitalisierung und Bildung* (pp. 141–158). Springer Fachmedien Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-18333-2_8
- Sung, E., & Mayer, R. E. (2012). When graphics improve liking but not learning from online lessons. *Computers in Human Behavior*, 28(5), 1618–1625.
<https://doi.org/10.1016/j.chb.2012.03.026>
- Surry, D. W., & Ensminger, D. (2001). What’s Wrong with Media Comparison Studies? *Educational Technology*, 41(4), 32–35. <https://www.jstor.org/stable/44428679>
- Sutherland, I. E. (1968). A head-mounted three dimensional display. *Proceedings of the December 9-11, 1968, Fall Joint Computer Conference, Part I on - AFIPS '68 (Fall, Part I)*, 757. <https://doi.org/10.1145/1476589.1476686>
- Sweller, J. (1988). Cognitive Load During Problem Solving: Effects on Learning. *Cognitive Science*, 12, 257–285.
- Sweller, J. (2010). Element Interactivity and Intrinsic, Extraneous, and Germane Cognitive Load. *Educational Psychology Review*, 22(2), 123–138.
<https://doi.org/10.1007/s10648-010-9128-5>
- Sweller, J. (2011). Cognitive Load Theory. In *Psychology of Learning and Motivation* (Vol. 55, pp. 37–76). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-387691-1.00002-8>
- Sweller, J. (2020). Cognitive load theory and educational technology. *Educational Technology Research and Development*, 68(1), 1–16. <https://doi.org/10.1007/s11423-019-09701-3>
- Sweller, J., & Chandler, P. (1994). Why Some Material Is Difficult to Learn. *Cognition and Instruction*, 12(3), 185–233. https://doi.org/10.1207/s1532690xci1203_1
- Sweller, J., Kirschner, P. A., & Clark, R. E. (2007). Why Minimally Guided Teaching Techniques Do Not Work: A Reply to Commentaries. *Educational Psychologist*, 42(2), 115–121. <https://doi.org/10.1080/00461520701263426>
- Sweller, J., Van Merriënboer, J., & Paas, F. G. W. C. (1998). Cognitive Architecture and Instructional Design. *Educational Psychology Review*, 10(3), 251–296.
- Sweller, J., van Merriënboer, J., & Paas, F. G. W. C. (2019). Cognitive Architecture and Instructional Design: 20 Years Later. *Educational Psychology Review*, 31(2), 261–292. <https://doi.org/10.1007/s10648-019-09465-5>
- Terkildsen, T., & Makransky, G. (2019). Measuring presence in video games: An investigation of the potential use of physiological measures as indicators of presence. *International Journal of Human-Computer Studies*, 126, 64–80.
<https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2019.02.006>
- Tezer, M., Yıldız, E. P., Masalimova, A. R. R., Fatkhutdinova, A. M., Zheltukhina, M. R. R., & Khairullina, E. R. (2019). Trends of Augmented Reality Applications and Research

- throughout the World: Meta-Analysis of Theses, Articles and Papers between 2001-2019 Years. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (IJET)*, 14(22), 154. <https://doi.org/10.3991/ijet.v14i22.11768>
- Thees, M., Kapp, S., Strzys, M. P., Beil, F., Lukowicz, P., & Kuhn, J. (2020). Effects of augmented reality on learning and cognitive load in university physics laboratory courses. *Computers in Human Behavior*, 106316. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2020.106316>
- Tomi, A. B., & Rambli, D. R. A. (2013). An Interactive Mobile Augmented Reality Magical Playbook: Learning Number with the Thirsty Crow. *Procedia Computer Science*, 25, 123–130. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2013.11.015>
- Toumpaniari, K., Loyens, S., Mavilidi, M.-F., & Paas, F. (2015). Preschool Children’s Foreign Language Vocabulary Learning by Embodying Words Through Physical Activity and Gesturing. *Educational Psychology Review*, 27(3), 445–456. <https://doi.org/10.1007/s10648-015-9316-4>
- Um, E. “Rachel,” Plass, J. L., Hayward, E. O., & Homer, B. D. (2012). Emotional design in multimedia learning. *Journal of Educational Psychology*, 104(2), 485–498. <https://doi.org/10.1037/a0026609>
- van der Heijden, H. (2004). User Acceptance of Hedonic Information Systems. *MIS Quarterly*, 28(4), 695. <https://doi.org/10.2307/25148660>
- van der Linden, S., Leiserowitz, A., Rosenthal, S., & Maibach, E. (2017). Inoculating the Public against Misinformation about Climate Change. *Global Challenges*, 1(2), 1600008. <https://doi.org/10.1002/gch2.201600008>
- van der Linden, S., Maibach, E., Cook, J., Leiserowitz, A., & Lewandowsky, S. (2017). Inoculating against misinformation. *Science*, 358(6367), 1141–1142. <https://doi.org/10.1126/science.aar4252>
- Van Merriënboer, J. J. G., & Kester, L. (2014). The Four-Component Instructional Design Model: Multimedia Principles in Environments for Complex Learning. In R. E. Mayer (Ed.), *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (Second Edition, pp. 104–150). Cambridge University Press.
- Veldkamp, A., Daemen, J., Teekens, S., Koelewijn, S., Knippels, M. P. J., & Joolingen, W. R. (2020). Escape boxes: Bringing escape room experience into the classroom. *British Journal of Educational Technology*, 51(4), 1220–1239. <https://doi.org/10.1111/bjet.12935>
- Veldkamp, A., Knippels, M.-C. P. J., & van Joolingen, W. R. (2021). Beyond the Early Adopters: Escape Rooms in Science Education. *Frontiers in Education*, 6, 622860. <https://doi.org/10.3389/educ.2021.622860>
- Veldkamp, A., Merx, S., & van Winden, J. (2021). Educational Escape Rooms: Challenges in aligning game and education. *Well Played. a Journal on Video Games, Value and Meaning*, 109–135.
- Veldkamp, A., van de Grint, L., Knippels, M.-C. P. J., & van Joolingen, W. R. (2020). Escape education: A systematic review on escape rooms in education. *Educational Research Review*, 31, 100364. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2020.100364>
- Venkatesh, V., & Davis, F. D. (2000). A Theoretical Extension of the Technology Acceptance Model: Four Longitudinal Field Studies. *Management Science*, 46(2), 186–204.
- Vicari, C. (2020). Escape the Planet: Empowering Student Designers to Create a Science-Based Escape Room with Augmented Reality. *International Journal of Designs for Learning*, 11(2), 80–95. <https://doi.org/10.14434/ijdl.v11i2.24110>
- von Kotzebue, L., Zumbach, J., & Brandlmayr, A. (2022). Digital Escape Rooms as Game-Based Learning Environments: A Study in Sex Education. *Multimodal Technologies and Interaction*, 6(2), 8. <https://doi.org/10.3390/mti6020008>

- Vörös, A. I. V., & Sárközi, Z. (2017). Physics escape room as an educational tool. *AIP Conference Proceedings*, 1–6. <https://doi.org/10.1063/1.5017455>
- Warmelink, H., Mayer, I., Weber, J., Heijligers, B., Haggis, M., Peters, E., & Louwerse, M. (2017). AMELIO: Evaluating the Team-building Potential of a Mixed Reality Escape Room Game. *Extended Abstracts Publication of the Annual Symposium on Computer-Human Interaction in Play - CHI PLAY '17 Extended Abstracts*, 111–123. <https://doi.org/10.1145/3130859.3131436>
- Wei, X., Weng, D., Liu, Y., & Wang, Y. (2015). Teaching based on augmented reality for a technical creative design course. *Computers & Education*, 81, 221–234. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2014.10.017>
- Westera, W. (2010). Technology-Enhanced Learning: Review and Prospects. *Serdica Journal of Computing*, 4(2), 159–182. <http://eudml.org/doc/11383>
- Westera, W. (2015). Games are motivating, aren't they? Disputing the arguments for digital game-based learning. *International Journal of Serious Games*, 2(2). <https://doi.org/10.17083/ijsg.v2i2.58>
- Westera, W. (2019). Why and How Serious Games can Become Far More Effective: Accommodating Productive Learning Experiences, Learner Motivation and the Monitoring of Learning Gains. *Educational Technology & Society*, 22(1), 59–69.
- Wiemker, M., Elumir, E., & Clare, A. (2015). Escape room games: Can you transform an unpleasant situation into a pleasant one? In J. Haag, J. Weißenböck, W. Gruber, M. Christian, & C. Freisleben-Teutscher (Eds.), *Game based learning* (pp. 55–68). ikon. http://skill.fhstp.ac.at/wp-content/uploads/2016/05/Tagungsband_2015.pdf
- Wild, F., Marshall, L., Bernard, J., White, E., & Twycross, J. (2021). UNBODY: A Poetry Escape Room in Augmented Reality. *Information*, 12(8), 295. <https://doi.org/10.3390/info12080295>
- Wiley, J., Sanchez, C. A., & Jaeger, A. J. (2014). The Individual Differences in Working Memory Capacity Principle in Multimedia Learning. In R. E. Mayer (Ed.), *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (Second Edition, pp. 598–619). Cambridge University Press.
- Wilson, R. A., & Foglia, L. (2017). Embodied Cognition. In E. N. Zalta (Ed.), *The Stanford Encyclopedia of Philosophy* (Spring 2017). <https://plato.stanford.edu/archives/spr2017/entries/embodied-cognition/>
- Winne, P. H., & Azevedo, R. (2014). Metacognition. In R. K. Sawyer (Ed.), *The Cambridge Handbook of the Learning Sciences* (2nd ed., pp. 63–87). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9781139519526.006>
- Witmer, B. G., & Singer, M. J. (1998). Measuring Presence in Virtual Environments: A Presence Questionnaire. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 7(3), 225–240. <https://doi.org/10.1162/105474698565686>
- Wittrock, M. C. (1974). Learning as a generative process. *Educational Psychologist*, 11(2), 87–95. <https://doi.org/10.1080/00461527409529129>
- Wittrock, M. C. (1989). Generative Processes of Comprehension. *Educational Psychologist*, 24(4), 345–376. https://doi.org/10.1207/s15326985ep2404_2
- Wittrock, M. C. (1992). Generative Learning Processes of the Brain. *Educational Psychologist*, 27(4), 531–541. https://doi.org/10.1207/s15326985ep2704_8
- Wittrock, M. C. (2010). Learning as a Generative Process. *Educational Psychologist*, 45(1), 40–45. <https://doi.org/10.1080/00461520903433554>
- Woods, E., Billingham, M., Looser, J., Aldridge, G., Brown, D., Garrie, B., & Nelles, C. (2004). Augmenting the science centre and museum experience. *Proceedings of the 2nd International Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques in Australasia and South East Asia - GRAPHITE '04*, 230. <https://doi.org/10.1145/988834.988873>

- World Health Organization. (2020, May 11). *How fake news about coronavirus became a second pandemic*. Nature. <https://www.nature.com/articles/d41586-020-01409-2>
- Wu, H.-K., Wen-Yu Lee, S., Chang, H.-Y., & Liang, J.-C. (2013). Current status, opportunities and challenges of augmented reality in education. *Computers & Education*, 62, 41–49.
- Wu, P.-H., Hwang, G.-J., Yang, M.-L., & Chen, C.-H. (2018). Impacts of integrating the repertory grid into an augmented reality-based learning design on students' learning achievements, cognitive load and degree of satisfaction. *Interactive Learning Environments*, 26(2), 221–234. <https://doi.org/10.1080/10494820.2017.1294608>
- Yilmaz, R. M., Kucuk, S., & Goktas, Y. (2017). Are augmented reality picture books magic or real for preschool children aged five to six? *British Journal of Educational Technology*, 48(3), 824–841. <https://doi.org/10.1111/bjet.12452>
- Yip, J., Wong, S.-H., Yick, K.-L., Chan, K., & Wong, K.-H. (2019). Improving quality of teaching and learning in classes by using augmented reality video. *Computers & Education*, 128, 88–101. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.09.014>
- Yoon, S. A., & Wang, J. (2014). Making the Invisible Visible in Science Museums Through Augmented Reality Devices. *TechTrends*, 58(1), 49–55. <https://doi.org/10.1007/s11528-013-0720-7>
- Yoon, S., Anderson, E., Lin, J., & Elinich, K. (2017). How Augmented Reality Enables Conceptual Understanding of Challenging Science Content. *Educational Technology & Society*, 20(1), 156–168.
- Zhang, J., Sung, Y.-T., Hou, H.-T., & Chang, K.-E. (2014). The development and evaluation of an augmented reality-based armillary sphere for astronomical observation instruction. *Computers & Education*, 73, 178–188. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2014.01.003>
- Zhang, X. C., Lee, H., Rodriguez, C., Rudner, J., Chan, T. M., & Papanagnou, D. (2018). Trapped as a Group, Escape as a Team: Applying Gamification to Incorporate Team-building Skills Through an 'Escape Room' Experience. *Cureus*. <https://doi.org/10.7759/cureus.2256>
- Zumbach, J., Ortler, C., Deibl, I., & Moser, S. (2020). Using Prompts to Scaffold Metacognition in Case-Based Problem Solving within the Domain of Attribution Theory. *Journal of Problem-Based Learning*. <https://doi.org/10.24313/jpbl.2020.00206>
- Zumbach, J., Rammerstorfer, L., & Deibl, I. (2020). Cognitive and metacognitive support in learning with a serious game about demographic change. *Computers in Human Behavior*, 103, 120–129. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2019.09.026>
- Zumbach, J., von Kotzebue, L., & Pirklbauer, C. (2022). Does Augmented Reality Also Augment Knowledge Acquisition? Augmented Reality Compared to Reading in Learning About the Human Digestive System? *Journal of Educational Computing Research, Online First*. <https://doi.org/10.1177/07356331211062945>
- Zünd, F., Sumner, R. W., Ryffel, M., Magnenat, S., Marra, A., Nitti, M., Kapadia, M., Noris, G., Mitchell, K., & Gross, M. (2015). Augmented creativity: Bridging the real and virtual worlds to enhance creative play. *SIGGRAPH ASIA 2015 Mobile Graphics and Interactive Applications on - SA '15*, 1–7. <https://doi.org/10.1145/2818427.2818460>

Anhang

A. Marker-Set *EscapeFake* – Original

Die Original-Marker des *EscapeFake* Spiels stehen unter der folgenden URL frei zur Verfügung: **t1p.de/marker**

Weitere Informationen zum Spiel finden sich unter **escapfake.org**

B. Wissenstest

Die **Fettmarkierung** zeigt die Richtige Antwort für jede Frage an.

Was ist ein Hybrid-Fake?

- **Eine Kombination aus echten und falschen Informationen.**
- Eine Fake News über Hybrid-Fahrzeuge.
- Eine Information, die sowohl online als auch offline zur Verfügung steht.
- Eine Fake-Nachricht, die offline entstanden ist und erst später den Weg ins Internet fand.
- Weiß ich noch nicht. (nur im Vortest)

Was macht die Reverse Image Search?

- Findet für dich Bilder, auf denen du drauf bist.
- Findet für dich Bilder, auf denen deine Freunde drauf sind.
- **Findet für dich Webseiten, auf denen ein bestimmtes Bild zu finden ist.**
- Findet für die Webseiten, auf die du Bilder kostenlos hochladen kannst.
- Weiß ich noch nicht. (nur im Vortest)

Warum werden Fake News verbreitet?

- Weil sie eigentlich die Wahrheit verbreiten.
- **Weil sie von eigentlich relevanten Themen ablenken wollen.**
- Weil sie die normale Berichterstattung ergänzen können.
- Weil sonst die Wahrheit nicht ans Licht kommen würde.
- Weiß ich noch nicht. (nur im Vortest)

Was ist Doxing?

- Das Verwenden eines Bildes, um Geld zu machen.
- Das Teilen eines Bildes in den sozialen Netzwerken.
- **Das unerlaubte Teilen und Veröffentlichen von Daten.**
- Der Verzicht auf alles Digitale für eine begrenzte Zeit.
- Weiß ich noch nicht. (nur im Vortest)

Mit Forensically kannst du...

- Bilder manipulieren.
- **Bilder auf Manipulationen untersuchen.**
- Andere Computer infizieren und schädigen.
- Andere Nutzer in sozialen Netzwerken ausspionieren.
- Weiß ich noch nicht. (nur im Vortest)

Ein Impressum ist...

- ...für jede Seite im Internet verpflichtend.
- **... ein Merkmal für eine vertrauenswürdige Homepage.**
- ... eine Datenbank für Bilder und Fotos im Internet.
- ... eine ausgedruckte Internet-Seite.
- Weiß ich noch nicht. (nur im Vortest)

Wie erkennst du ein Fake Profil in einem sozialen Netzwerk?

- Die Profilseite ist ausführlich mit persönlichen Informationen gefüllt.
- Die Profilseite zeigt eine Person mit vielen Kontakten.
- **Die Profilseite beinhaltet nur wenige persönliche Informationen.**
- Die Bilder der Profilseite sind qualitativ hochwertig.
- Weiß ich noch nicht. (nur im Vortest)

Was ist Scamming?

- Ein Glücksspiel im Internet.
- Ein Trend, der gerade im Internet häufig geteilt wird.
- **Eine Form von Internet-Betrug.**
- Werbung, die per Mail verschickt wird.
- Weiß ich noch nicht. (nur im Vortest)

C. Bestätigung zur Wiederverwendung der handysektor.de-Bilder

Re: Fotos Fake News Quiz

redaktion@handysektor.de

Do 27.08.2020 13:50

An: Buchner, Josef <josef.buchner@uni-due.de>;

Guten Tag Herr Buchner,

sehr gerne gestatten wir Ihnen die Verwendung der Bilder, die auf der Webseite www.handysektor.de unter <https://www.handysektor.de/artikel/fakt-oder-fake-das-handysektor-fake-news-quiz> abrufbar sind, für die Verwendung im Rahmen Ihrer Promotion in digitaler und gedruckter Form.

Sollten Sie noch weitere Rückfragen zu Materialien oder Inhalten von Handysektor haben, kommen Sie gerne wieder auf uns zu.

Viele Grüße

—

Fabian Sauer
Redaktion Handysektor

Auftraggeber der Internetseite www.handysektor.de ist die Landesanstalt für Kommunikation Baden-Württemberg (LFK). Die Auftraggeber haben die mecodia GmbH mit der Projektleitung beauftragt.

Handysektor.de | c/o mecodia GmbH
Neckartailfinger Straße 1 | 72631 Aichtal
Telefon: +49 7127 570 191-4 | Mail: redaktion@handysektor.de

D. Anwendungsaufgabe

Als Evaluationsaufgabe zur Erfassung der Wissensanwendung wurde eine in der Forschung zum Erkennen von Falschnachrichten übliche Aufgabe definiert. Dabei werden die Lernenden mit simulierten Postings konfrontiert, die sie als zuverlässig bzw. nicht zuverlässig einschätzen müssen (z.B. Roozenbeek & van der Linden, 2019a, 2019b). Die hier verwendeten Postings stammen von der Webseite handysektor.de (2017), die freundlicherweise zur Wiederverwendung zur Verfügung gestellt wurden (siehe Anhang D).

Die Teilnehmenden haben die folgenden vier simulierten Postings aus einem sozialen Netzwerk als nicht zuverlässig (1) bis sehr zuverlässig (7) eingeschätzt:



= Falschnachricht



NAD - Neue Alternative

1 Std. • 🌐

Jetzt sind nicht einmal mehr unsere Kinder sicher! Skandal!



SCHMIEREREIEN UND ZERSTÖRUNG AUF DEM SPIELPLATZ!

Wahrscheinlich aus Langeweile: Migranten treiben wieder ihr Unwesen.

🔒 NAD - Neue Alternative

👍👎👤 1.232

271 Kommentare • 1 Mal geteilt

👍 Gefällt mir

💬 Kommentieren

➦ Teilen

= Falschnachricht



Krazzfeed

7 Minuten • 🌐

Einfach nur UNFASSBAR!!!



Was der US-Kongress gerade beschließen will wird euch SCHOCKIEREN!

🔒 Krazzfeed

👍👎👤 117

34 Kommentare • 3 Mal geteilt

👍 Gefällt mir

💬 Kommentieren

➦ Teilen

= Falschnachricht



Tageszeitung - News des Tages

7 Minuten · 🌐



Schleichwerbung auf Instagram ist ein Problem.



Rossmann bekommt Ärger wegen Schleichwerbung auf Instagram...

🌐 Tageszeitung - News des Tages

👍 😂 🤔 784

60 Kommentare · 34 Mal geteilt

👍 Gefällt mir

💬 Kommentieren

➦ Teilen

= wahre Nachricht

E. Fragebogen zur Einstellung gegenüber dem Wahrheitsgehalt von Online-Informationen

Fragebogen zur Einstellung, Online-Informationen zu überprüfen (basierend auf der *Information Verification Scale* von Nee, 2019).

Die Teilnehmenden haben die folgenden Aussagen auf einer 7-stufigen Likert-Skala mit 1 = nie bis 7 = immer eingeschätzt:

1. Ich denke sorgfältig über die gefundene Nachricht nach.
2. Ich sehe mir die ursprüngliche Quelle der Geschichte an.
3. Ich sehe mir andere Quellen an, um herauszufinden, ob ich diese Information glauben kann.
4. Ich versuche so viele Informationen wie möglich über die Geschichte herauszufinden.
5. Ich versuche herauszufinden, was andere Menschen über diese Neuigkeit sagen.

F. Fragebogen zum Immersionserleben

Modifizierter Fragebogen zur Erfassung der drei Immersionsstufen (basierend auf dem Augmented Reality Immersion (ARI) Questionnaire von Georgiou und Kyza, 2017a).

Die Teilnehmenden haben den folgenden Aussagen auf einer 7-stufigen Likert-Skala nicht zugestimmt (1) bzw. zugestimmt (7):

1. Es war einfach für mich, das AR Escape Room Spiel zu nutzen.
2. Das AR Spiel verwirrte mich.
3. Das AR Spiel war sehr komplex.
4. Ich hatte keine Probleme bei der Bedienung des AR Spiels.
5. Ich wollte die Aufgabe unbedingt erfolgreich erledigen.
6. Ich mochte das AR Spiel, da es etwas gänzlich Neues war.
7. Ich mag solche Aufgaben.
8. Ich wollte das AR Spiel noch länger spielen.
9. Ich habe ohne große Ablenkung lernen können.
10. Wenn ich abgelenkt wurde, habe ich mich sofort wieder auf die Aufgabe konzentriert.
11. Während dem Spielen konnte ich meine Alltagsgedanken vergessen.
12. Ich war neugierig, ob ich die Aufgabe schaffen kann.
13. Ich war oft aufgeregt, da ich so stark am Spiel beteiligt war.
14. Das AR Escape Room Spiel war spannend.
15. Während dem Spielen war ich nicht abgelenkt.
16. Während dem Spielen habe ich nur an die Aufgabe gedacht.
17. Während dem Spielen habe ich jegliches Zeitgefühl verloren.
18. Die Aufgabe war so authentisch, ich dachte, die Figuren und Objekte wären real.
19. Ich war so in das Spiel vertieft, ich wollte sogar mit den Figuren sprechen und die Objekte bewegen.
20. Ich hatte das Gefühl, als würde ich wirklich jemandem helfen und nicht nur ein Spiel spielen.
21. Ich war vollkommen in das Spiel vertieft.

G. Einverständniserklärung und Information

Hallo und vielen Dank, dass du an meiner Untersuchung zum „Lernen mit Augmented Reality“ teilnimmst.

Bevor es losgeht, bestätige bitte, dass du über die Bedingungen der Teilnahme informiert wurdest. Zusammengefasst nochmals hier:

- Die Teilnahme ist freiwillig.
- Alle Daten werden vollständig anonymisiert per *Code* erhoben, es werden keine Rückschlüsse auf Einzelpersonen gezogen.
- Studienergebnisse werden ausschließlich zum Zwecke der Wissenschaft veröffentlicht.

Ich habe die Informationen zur Teilnahme an der Studie erklärt bekommen, habe sie verstanden und bin mit den Bedingungen einverstanden:

Ja

Nein

H. Marker-Set *EscapeFake* – verkleinerte, in dieser Untersuchung entwickelte Variante



I. Stimulus für die Lernaktivität des Zusammenfassens

Bitte fasse die für dich wichtigsten Informationen und Erkenntnisse aus dem Escape Fake Spiel zusammen. Bitte verwende Vor- und Rückseite. **Code:**

DuEPublico

Duisburg-Essen Publications online

UNIVERSITÄT
D U I S B U R G
E S S E N

Offen im Denken

ub | universitäts
bibliothek

Diese Dissertation wird via DuEPublico, dem Dokumenten- und Publikationsserver der Universität Duisburg-Essen, zur Verfügung gestellt und liegt auch als Print-Version vor.

DOI: 10.17185/duepublico/75994

URN: urn:nbn:de:hbz:465-20220607-115218-9



Dieses Werk kann unter einer Creative Commons Namensnennung - Weitergabe unter gleichen Bedingungen 4.0 Lizenz (CC BY-SA 4.0) genutzt werden.