

---

# **MASTERARBEIT**

---

Frau  
**Josi Reckling**

**Lernen mit immersiven Medien.**

**Der Einfluss von generativen  
Lernstrategien wie "Zusammen-  
fassen" und "Lehren" nach  
Fiorella & Mayer auf das Wissen  
und die Motivation beim Lernen  
mit Virtual Reality.**

**2023**

# **MASTERARBEIT**

---

**Lernen mit immersiven Medien.**

**Der Einfluss von generativen  
Lernstrategien wie "Zusammen-  
fassen" und "Lehren" nach  
Fiorella & Mayer auf das Wissen  
und die Motivation beim Lernen  
mit Virtual Reality**

Autorin:  
**Frau Josi Reckling**

Studiengang:  
**Media and Communication Studies**

Seminargruppe:  
**MC20wM-M**

Erstprüferin:  
**Prof. Dr. Phil. Linda Rath**

Zweitprüferin:  
**Stefanie Kakoschke M.A.**

Einreichung:  
**Leipzig, 13.03.2023**

# **MASTER THESIS**

---

**Learning with immersive media.**

**The influence of generative learning strategies such as "summarizing" and "teaching" according to Fiorella & Mayer on knowledge and motivation when learning with virtual reality.**

author:

**Ms. Josi Reckling**

course of studies:

**Media and Communication Studies**

seminar group:

**MC20wM-M**

first examiner:

**Prof. Dr. Phil. Linda Rath**

second examiner:

**Stefanie Kakoschke M.A.**

submission:

**Leipzig, 13.03.2023**

---

## **Bibliografische Angaben**

Reckling, Josi:

Lernen mit immersiven Medien. Der Einfluss von generativen Lernstrategien wie "Zusammenfassen" und "Lehren" nach Fiorella & Mayer auf das Wissen und die Motivation beim Lernen mit Virtual Reality.

Learning with immersive media. The influence of generative learning strategies such as "summarizing" and "teaching" according to Fiorella & Mayer on knowledge and motivation when learning with virtual reality.

75 Seiten, Hochschule Mittweida, University of Applied Sciences,  
Fakultät Medien, Masterarbeit, 2023

## **Abstract**

Immersive Medien wie Virtual Reality (VR) und Augmented Reality (AR) sind Technologien, die das Lernen revolutionieren können. Durch den technischen Fortschritt, die zunehmende Anwendungsfreundlichkeit und bezahlbare Angebote finden diese neuen Medien immer mehr Anwendung in verschiedenen Bereichen und werden teilweise bereits in Schulen eingesetzt. Dabei müssen VR und AR didaktisch sinnvoll und mit verschiedenen Methoden angewendet werden. Jedoch stellt sich die Frage, inwieweit Methoden wie generative Lernstrategien auf das Wissen und die Motivation von Schüler:innen Einfluss nehmen, wenn sie mit VR lernen. Dazu wurden die generativen Lernstrategien "Zusammenfassen" und "Lehren" nach Fiorella & Mayer herangezogen und in einem Experiment mit einer VR-Lerneinheit zum Thema Honigbiene bei 27 Schüler:innen der siebten Klassestufe untersucht. Die Ergebnisse zeigen, dass die Anwendung einer Lernstrategie im Vergleich zur Kontrollgruppe weder auf das Wissen noch auf die Motivation der Teilnehmenden einen Einfluss hat. Diese Beobachtung bestätigt im Bereich des Lernens mit VR eine positive Lerneinstellung trotz einer zusätzlichen Aufgabe. Um jedoch einen höheren Lernerfolg beim Lernen mit immersiven Medien zu erreichen, müssen weitere Einflussfaktoren, didaktische Methoden sowie Lernstrategien betrachtet werden.

# Inhaltsverzeichnis

<b>Abkürzungsverzeichnis .....</b>	<b>VII</b>
<b>Abbildungsverzeichnis .....</b>	<b>VIII</b>
<b>Tabellenverzeichnis .....</b>	<b>IX</b>
<b>1 Einleitung .....</b>	<b>1</b>
<b>2 Entwicklung und Stand der Medienbildung.....</b>	<b>4</b>
2.1 Historische und definitorische Entwicklung.....	4
2.2 Medienbildung in der Schule.....	9
2.3 Generatives Lernen .....	14
2.4 Die acht Lernstrategien nach Fiorella & Mayer.....	16
2.5 Forschungsstand zur Anwendung von Lernstrategien mit Medieneinsatz.	21
<b>3 Immersive Medien .....</b>	<b>25</b>
3.1 Definition von immersiven Medien .....	25
3.2 Forschungsstand zum Lernen mit immersiven Medien .....	28
3.3 Anwendungsfelder von immersiven Medien .....	32
3.4 Potentiale beim Lernen mit immersiven Medien .....	37
3.5 Grenzen beim Lernen mit immersiven Medien .....	39
<b>4 Forschungsfrage und Hypothesen.....</b>	<b>43</b>
<b>5 Experiment zum Einfluss von Lernstrategien auf das Lernen mit VR .....</b>	<b>45</b>
5.1 Methode .....	45
5.2 Vorgehensweise .....	46
5.3 Stichprobe.....	50
5.4 Aufbau und Operationalisierung des Fragebogens vor dem Experiment ..	50
5.5 Aufbau und Operationalisierung des Fragebogens nach dem Experiment	51
5.6 Pretest.....	54
<b>6 Ergebnisse des Experiments .....</b>	<b>58</b>
6.1 Statistische Testverfahren .....	58
6.2 Zeitangaben und Tests auf Gruppenunterschiede.....	58
6.3 Überprüfung der Hypothesen nach zwei Gruppen.....	60
6.3.1 H1: Einfluss der Lernstrategie auf das Wissen.....	60

---

6.3.2	H2: Einfluss der Lernstrategie auf die Motivation .....	63
6.4	Überprüfung der Hypothesen nach drei Gruppen.....	64
6.4.1	H1: Einfluss der Lernstrategie auf das Wissen.....	64
6.4.2	H2: Einfluss der Lernstrategie auf die Motivation .....	66
6.5	Diskussion der Ergebnisse .....	68
<b>7</b>	<b>Schlussbetrachtungen.....</b>	<b>73</b>
	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>X</b>
	<b>Anhang .....</b>	<b>XXVI</b>
	<b>Eigenständigkeitserklärung .....</b>	<b>LI</b>

---

## Abkürzungsverzeichnis

AR.....	Augmented Reality
CAVE.....	Cave Automatic Virtual Environment
GLS .....	Generative Learning Strategy
HMD .....	Head-Mounted-Display
MR.....	Mixed Reality
VR.....	Virtual Reality
XR.....	Extended Reality

---

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Vier Dimensionen der Medienkompetenz.....	5
Abbildung 2: Kompetenzen in der digitalen Welt.....	10
Abbildung 3: Das SOI-Model des generativen Lernens .....	15
Abbildung 4: Reality-Virtuality-Kontinuum .....	25
Abbildung 5: Potentiale beim Lernen mit immersiven Medien.....	37
Abbildung 6: Grenzen beim Lernen mit immersiven Medien.....	40
Abbildung 7: Ablauf des Experiments.....	47
Abbildung 8: Erkundung mit der VR-Brille .....	49
Abbildung 9: Gesamtwissen der Teilnehmenden zu den zwei Erhebungszeitpunkten	65
Abbildung 10: Motivation der Teilnehmenden zu den zwei Erhebungszeitpunkten .....	67

---

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Die acht generativen Lernstrategien von Fiorella und Mayer .....	17
Tabelle 2: Konstrukt Motivation .....	53
Tabelle 3: Regressionskoeffizienten für den Einfluss auf das Wissen von Lernenden direkt nach dem Experiment .....	62
Tabelle 4: Regressionskoeffizienten für den Einfluss auf das Wissen von Lernenden zwei bis fünf Wochen nach dem Experiment.....	63
Tabelle 5: Abhängigkeit des Gesamtwissens der Teilnehmenden zu den zwei Erhebungszeitpunkten .....	66
Tabelle 6: Abhängigkeit der Motivation der Teilnehmenden zu den zwei Erhebungszeitpunkten .....	68

# 1 Einleitung

Was kommt eigentlich nach dem Smartphone? Eine Frage, die sich der ein oder andere sicher schon einmal gestellt hat und worauf die wahrscheinlichste Antwort derzeit „eine Brille“ ist (vgl. Lobo, 2022). Ganz konkret Virtual-Reality-Brillen (VR-Brillen) oder Augmented-Reality-Brillen (AR-Brillen), die den Nutzenden neue und einzigartige Möglichkeiten bieten, mit Medieninhalten zu interagieren und diese zu erleben. Sie gehören zu den immersiven Medien, welche verschiedene Formen von der angereicherten Realität bis hin zur vollständig virtuell erzeugten Welt umfassen (vgl. Milgram et al., 1995, S. 283). Diese Technologien ermöglichen es, in vollständig künstliche Umgebungen einzutauchen und bieten ein Maß an Engagement und Interaktion, das zuvor unmöglich war. Von AR wird dabei so lange gesprochen, wie die realen Anteile in der Darstellung überwiegen (vgl. Dörner et al., 2019, S. 11). VR ist hingegen eine computergenerierte Simulation, mit der auf scheinbar reale Weise interagiert werden kann. Durch die Verwendung einer VR-Brille können Nutzende in eine virtuelle Welt eintreten und diese in Echtzeit mitgestalten und verändern (vgl. Angele, 2020, S. 3; Boud et al., 1999, S. 32; Dörner et al., 2019, S. 22–25; Tulodziecki et al., 2021, S. 91; Wilson, 1997, S. 1058).

Das Voranschreiten dieser Technologie sorgt dafür, dass die Anwendungsbereiche größer werden und mehr Branchen immersive Medien einsetzen. Seitdem 2018 bezahlbare, anwendungsfreundliche und kompakte VR-Brillen auf dem Markt sind, werden diese auch in Privathaushalten genutzt (vgl. McClendon & Squires, 2019, S. 46). In diesem Zusammenhang steigt zudem die Anzahl von Studien, welche sich mit der Anwendung und dem Potential von immersiven Medien beschäftigen. Vor allem der Aspekt des Lernens mit immersiven Medien ist in den Fokus gerückt (vgl. Kaplan-Rakowski & Meseberg, 2019, S. 143; Makransky & Petersen, 2021).

Dabei stellt sich die Frage, wie immersive Medien sinnvoll, besonders im Bereich des Lernens, genutzt werden können. Verschiedene Studien zeigen, dass virtuelle Realitäten in unterschiedlichen Kontexten den Lernerfolg steigern können (vgl. Schweiger et al., 2022, S. 20). Vor allem sind Menschen jedoch interessiert, motiviert und grundsätzlich eher positiv gestimmt, wenn sie VR oder AR zum Lernen nutzen (vgl. Buchner, 2022, S. 702–703; Petersen et al., 2020, S. 2111). Neue vorwiegend computerisierte Medien bieten so beim Lernen neue Möglichkeiten und lösen teilweise konventionelle Medien ab (vgl. Mayer, 2019, S. 152). Potentiale wie die Zeit-, Kosten- und CO<sub>2</sub>-Einsparung aber auch die aktive Teilhabe machen die Nutzung von VR auch zum Lernen attraktiv (vgl. Dörner et al., 2019, S. 9–10; Niedermeier & Müller-Kreiner, 2019, S. 2; Zobel et al., 2018, S. 135). Deswegen müssen die Vorteile dieser neuen Medien untersucht werden, um diese zukünftig bestmöglich zu nutzen. Im Bereich des Lernens bedeutet das, dass die neuen Technologien an Lernszenarien angepasst und didakti-

sche Prinzipien auf diese Medien angewendet werden müssen (vgl. Mayer, 2019, S. 152–157). Besonders bei Schüler:innen kann der Einsatz von AR und VR einen positiven Einfluss auf die Medienkompetenz haben. In der heutigen stark vernetzten und sich schnell verändernden Welt ist es wichtiger denn je, dass jede:r Einzelne ein umfassendes Verständnis der uns umgebenden Medien und Technologien hat. Daher ist die Vermittlung von Medienkompetenz im Rahmen der Medienbildung notwendig. Medienkompetenz heißt dabei, die Medien und deren Inhalte zu rezipieren, reflektieren analysieren und herzustellen (vgl. Baacke, 1996, S. 120; Hüther & Podehl, 2010, S. 127). Dies umfasst, verschiedene Medienformen kritisch zu analysieren, ihre Auswirkungen zu verstehen und die Fähigkeiten zu entwickeln, die erforderlich sind, um sie in einer Vielzahl von Kontexten effektiv einzusetzen. Mithilfe der Medienbildung ist es ebenfalls möglich Wissen über die ethischen Überlegungen im Zusammenhang mit immersiven Medien wie Privatsphäre u. Datenschutz zu vermitteln. Des Weiteren erklärt sie Technologien, die zur Manipulation oder Verzerrung der Realität verwendet werden können. Auch das Erlernen von technischen Fähigkeiten, zum Erstellen und Produzieren von eigenen immersiven Medieninhalten ist ein Teilgebiet (vgl. Schweiger et al., 2022, S. 20).

Jedoch ist die Nutzung von immersiven Medien wie VR im Bereich des Lernens derzeit noch in der Phase des Ausprobierens. Eine systematische Anwendung findet nicht statt, weil die didaktische Aufarbeitung noch am Beginn ihrer Entwicklung ist (vgl. Radianti et al., 2020, S. 26). Dabei ist die Medienbildung ein wichtiges und wachsendes Feld, das für das Verständnis der Auswirkungen von Medien und Technologie auf unser Leben und die Gesellschaft als Ganzes von entscheidender Bedeutung ist. Daher wurde das Erlernen von digitalen Kompetenzen auch in den Bildungsrahmen der Länder aufgenommen und ist damit Pflicht in der schulischen Bildung in Deutschland (vgl. Kultusministerkonferenz, 2017, S. 16–19).

Bei der Vermittlung von digitalen Kompetenzen und damit auch der Medienkompetenz ist allerdings zu beachten, dass Medien nicht an sich lernförderlich sind, sondern eher verschiedene Medienmerkmale den Lernprozess unterstützen oder hemmen können (vgl. R. E. Clark, 1983, S. 445–447; Hartmann & Bannert, 2022, S. 376; Mayer, 2019, S. 153). Der zusätzlich festgestellte Zusammenhang zwischen angewendeten Medien und Lernmethode, zeigt, dass didaktische Elemente einen Einfluss auf den Lernerfolg haben (vgl. Buchner, 2022, S. 702; Kerres et al., 2022, S. 325). Generative Lernstrategien, wie sie von Fiorella und Mayer (2015) zusammengestellt wurden, können eine solche Methode sein. Sie sollen Lernende dazu bringen, sich aktiv mit dem Lerninhalt zu beschäftigen und Informationen in das Langzeitgedächtnis integrieren (vgl. Wittrock, 2010, S. 41). Durch diese aktive Auseinandersetzung soll eine Bedeutung des Gelernten hergestellt werden (vgl. Fiorella & Mayer, 2015, S. 5, 2021, S. 339; Mayer, 2019, S. 153).

Deshalb stellt sich die Forschungsfrage: „Inwiefern beeinflussen die Lernstrategien „Zusammenfassen“ und „Lehren“ nach Fiorella & Mayer das Wissen und die Motivation beim Lernen mit Virtual Reality?“

Dazu erwarte ich, dass die Anwendung dieser Lernstrategien zu einem höheren Lernerfolg der Schüler:innen beiträgt. Außerdem nehme ich an, dass sich die Motivation bei den Lernenden mit und ohne Lernstrategie nicht unterscheidet. Um dies zu untersuchen, wird ein Experiment mit zwei Experimentalgruppen, welche jeweils eine Lernstrategie nutzen und einer Kontrollgruppe durchgeführt. Die Fragebögen vor und nach dem Experiment erfassen soziodemographische Daten sowie das erlernte Wissen und die Motivation der Teilnehmenden. Diese Daten sollen anschließend mögliche Unterschiede zwischen den Gruppen aufzeigen und die Forschungsfrage klären.

Um die Forschungsfrage zu erörtern, gliedert sich die vorliegende Masterarbeit wie folgt. Zunächst erfolgt ein genereller Überblick über die Entwicklung und den Stand der Forschung zu Medienbildung in Kapitel 2, welches mit der historischen und definitiven Entwicklung beginnt. Anschließend findet die Medienbildung in der Schule in Kapitel 2.2 besondere Beachtung. Darauffolgend wird in Kapitel 2.3 auf das generative Lernen und in Kapitel 2.4 auf die acht generativen Lernstrategien von Fiorella und Mayer (2015) eingegangen. Anschließend werden in Kapitel 3 die immersiven Medien beleuchtet und in Kapitel 3.1 definiert. Daraufhin gibt Kapitel 3.2 den Forschungsstand immersiver Medien beim Lernen wieder. Kapitel 3.3 berichtet über Anwendungsfelder immersiver Medien, während Kapitel 3.4 die Potentiale und Kapitel 3.5 die Grenzen beim Lernen mit immersiven Medien aufzeigt. Im Anschluss erläutert Kapitel 4 die Forschungsfrage und Hypothesen. Nachfolgend wird das Experiment inklusive der Methode und Vorgehensweise sowie der Aufbau und die Inhalte der Fragebögen in Kapitel 5 dargelegt. Kapitel 6 stellt die Ergebnisse des Experiments vor und diskutiert diese. Den Abschluss bilden die Schlussbetrachtungen in Kapitel 7.

## 2 Entwicklung und Stand der Medienbildung

### 2.1 Historische und definitorische Entwicklung

Im Bildungskontext galten Medien lange als gesellschaftliches Problem und als Gefahr im Sozialisationsprozess, besonders für Kinder und Jugendliche. Sie wurden „zunächst hauptsächlich als Gegenstand pädagogisch-normierender Regulierung und Zensur, dann aber auch als Mittel pädagogischen und politischen Handelns begriffen“ (Hüther & Podehl, 2010, S. 116). Anfang des 20. Jahrhunderts ging es beim Lernen vorwiegend um eine Reaktionsverstärkung, in der das Lernen aus Reaktionen besteht, die durch Belohnungen und Bestrafungen verursacht werden. Durch Drill und Übung werden so Antworten ausgeführt (vgl. Mayer, 2019, S. 153). Im Dritten Reich wurde zudem die Bildung mit und über Medien durch die propagandistische Nutzung vom Staat gelenkt. Vor der Einführung des Fernsehens beschränkte sich die Auseinandersetzung mit Medien demnach eher auf die Filmerzziehung (vgl. Hüther & Podehl, 2010, S. 117–120).

Erst in den 1950er und 1960er Jahren, mit dem Aufkommen der Informationsverarbeitungsrevolution, gilt Lernen als Informationserwerb, wobei dem Gedächtnis Informationen hinzugefügt werden (vgl. Mayer, 2019, S. 153). Zu dieser Zeit werden erste Konzepte entwickelt, die Medien und Pädagogik verbinden (vgl. Baacke, 1996, S. 112). Auch der Begriff Medienpädagogik taucht zum ersten Mal zu Beginn der 1960er im erziehungswissenschaftlichen Kontext auf (vgl. Hüther & Schorb, 2010, S. 265). In den 70ern wird das Lernen dann als Wissenskonstruktion betrachtet, wobei der oder die Lernende aktiv Wissen im Arbeitsgedächtnis verarbeitet (vgl. Mayer, 2019, S. 153). Diese Neuinterpretation der Informationsverarbeitung führt dazu, dass Bürger:innen als kritische und mündige Rezipient:innen die Medien hinterfragen sollen. Medienkritik zu üben, ist dabei Teil der Medienpädagogik und soll den Mediennutzenden gelehrt werden. Mit dem Aufkommen der elektronischen Massenmedien entwickelt sich dazu eine eigenständige Mediendidaktik, die sich damit beschäftigt, wie Medienangebote in Lehr- und Lernprozessen Anwendung finden und den Lernprozess unterstützen können (vgl. Tulodziecki et al., 2021, S. 89). Eine umfassende Definition zum Begriff der Medienpädagogik bieten Hüther und Schorb:

„Medienpädagogik umfasst alle Fragen der pädagogischen Bedeutung von Medien in den Nutzungsbereichen Freizeit, Bildung und Beruf. Dort wo Medien als Mittel der Information, Beeinflussung, Unterhaltung, Unternehmung und Auftragsorganisation Relevanz für die Sozialisation des Menschen erlangen, werden sie zum Gegenstand der Medienpädagogik [...]. Medienpädagogik untersucht die Inhalte und Funktionen der Medien, ihre Nutzungsformen sowie ihre individuellen und gesellschaftlichen Auswirkungen. Sie entwickelt Modelle für die medienpädagogische Arbeit mit der Nutzer über die Kompetenzstufen Wissen und Analysefähigkeiten ihren spezifischen Lebens-

we ten zu med enbezogenem und med ene nbez ehendem Hande n geführt werden so en (Hüther & Schorb, 2010, S. 265).“

Diese Definition schließt alle analogen und digitalen Medien, Mediennutzende, Rezipierende, Medienproduzierende sowie Lebenswelten mit ein. Sie zeigt auf, dass die Vermittlungen von Kompetenzen notwendig sind, damit jede und jeder Einzelne eigenständig in der medialen Umwelt handeln kann. Denn Medienbildung als Teil der Medienpädagogik umfasst nicht nur das reine Anwendungswissen ein Gerät zu bedienen, sondern auch „Kompetenzen zur kritischen Medienrezeption und -reflexion, zur Medienanalyse und -erstellung“ (Hüther & Podehl, 2010, S. 127). Medienkompetenz demnach „die Fähigkeiten bündeln, die das Individuum innerhalb einer Medien- bzw. Informationsgesellschaft benötigt“, so Schorb (2010, S. 257). Die am weitesten verbreitete Definition zur Medienkompetenz stammt dabei aus den 1990er Jahren von Baacke (1996). Er beschreibt Medienkompetenz in den vier Dimensionen Medienkritik, Medienkunde, Mediennutzung und Mediengestaltung (siehe Abbildung 1).

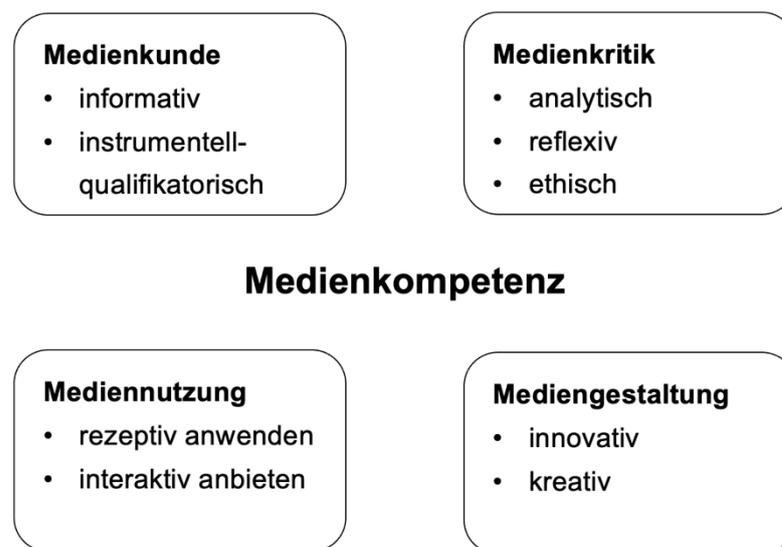


Abbildung 1: Vier Dimensionen der Medienkompetenz  
(eigene Darstellung nach Baacke 1996 S. 120)

So bedeutet die Medienkritik für Baacke (1996) zum einen, die problematischen gesellschaftlichen Prozesse analytisch erfassen zu können, aber zum anderen auch sie reflexiv auf sich selbst und das eigene Handeln anzuwenden. Zusätzlich tragen dieses analytische Denken und reflexive Handeln als ethische Komponente im Sinne zur sozialen Verantwortung bei. Ebenso unterteilt er die Medienkunde und meint mit der informativen Dimension das klassische Wissen, zum Beispiel über die Funktionsweisen des dualen Rundfunksystems. Die instrumentell-qualifikatorische Dimension meint hingegen die Bedienfähigkeit von neuen Geräten. Auch die Mediennutzung ist in zwei Dimensionen unterteilt und enthält einerseits die rezeptive Nutzung von zum Beispiel

Fernsehprogrammen. Andererseits meint sie aber auch das interaktive Anwenden und damit zusätzlich die Fähigkeit, den Medien zu antworten, also sie für eigene Zwecke, wie Online-Banking, zu nutzen. Als letzte Dimension ist auch die Mediengestaltung noch einmal unterteilt. Sie beinhaltet dabei zum einen die innovative Komponente der Mediengestaltung, also die Fähigkeit, das Mediensystem zu verändern oder weiterzuentwickeln. Zum andern meint die kreative Mediengestaltung die Fähigkeit, selbst Medienprodukte herzustellen, wie zum Beispiel einen Trickfilm oder einen Podcast. Trotz der ausführlichen Unterteilung der Dimensionen, kritisiert der Autor selbst, dass der Begriff der Medienkompetenz pädagogisch unspezifisch ist. Es sei nicht klar, wie Medienkompetenz praktisch, didaktisch oder methodisch vermittelbar ist (vgl. Baacke, 1996, S. 120–121). Doch der Begriff wurde seither mit praktischem medienpädagogischem Handeln gefüllt und so orientieren sich viele weitere Autoren an seiner Definition. Dabei beschreiben sie den Begriff der Medienkompetenz teils in anderen Dimensionen und Strukturen (vgl. Dewe & Sander, 1996, S. 137–140; Tulodziecki et al., 2021, S. 181–184). Beispielsweise fasst Schorb die Mediennutzung und -gestaltung im Medienhandeln zusammen und sagt: „Medienkompetenz ist

1. Medienwissen als Funktionswissen, Strukturwissen, Orientierungswissen
2. Medienbewertung als Kritische Reflexion, Ethisch und kognitiv basierte Qualifizierung
3. Medienhandeln als Medienaneignung, -nutzung, -partizipation und -gestaltung“ (Schorb, 2010, S. 259).

Die definatorischen Bemühungen und die Entwicklung der Medienpädagogik im wissenschaftlichen Bereich schaffen das Bewusstsein für den Umgang mit Medien im Bildungskontext. Neben dem Medienkompetenzbegriff wird auch „Medienbildung“ als Begriff immer häufiger verwendet. In der Literatur bestehen jedoch unterschiedliche Auffassungen dazu, ob die Begriffe in Konkurrenz zueinanderstehen oder wie diese sich verbinden lassen. Tulodziecki (2021) fasst diesen Diskurs kurz zusammen und schlussfolgert, dass Medienbildung als Prozessbegriff verwendet werden kann. Die Ziele der Medienkompetenz entsprechen zudem denen der Medienbildung und es besteht kein Widerspruch zwischen den beiden Konzepten, solange sich „Kompetenzmodelle und Bildungsstandards in allgemeinen Bildungszielen verankern lassen“ (Tulodziecki et al., 2021, S. 193).

Unabhängig von der Begriffsdiskussion zeigen jedoch besonders die Mediennutzungszeiten der deutschen Bevölkerung, dass Bildung im Bereich der Medien notwendig ist. Die aktuellen Ergebnisse der repräsentativen Langzeitstudie ARD/ZDF-Massenkommunikation Trends 2022 zeigen, dass fast alle Menschen ab vierzehn Jah-

ren in Deutschland (98 Prozent) täglich Medien nutzen. Auch die Mediennutzungsdauer ist im Vergleich zu den vergangenen Jahren auf einem hohen Niveau geblieben. 2020 lag die Dauer noch bei 424 Minuten pro Tag, 2021 ist sie auf 429 Minuten gestiegen und 2022 auf 420 Minuten pro Tag leicht gesunken (vgl. Hess & Müller, 2022, S. 418; Kupferschmitt & Müller, 2021, S. 373–374).

Aber nicht nur die Mediennutzung von Menschen in Deutschland ab vierzehn, sondern auch von Kindern und Jugendlichen unter vierzehn Jahren wird erfasst. Die JIM-Studie (Jugend, Information, Medien) legt dabei den Fokus auf die Zwölf- bis 19-Jährigen und die KIM-Studie (Kindheit, Internet, Medien) untersucht Personen von sechs bis dreizehn Jahren. Es zeigt sich, dass fast alle Kinder von sechs bis dreizehn in ihrem Haushalt mit Fernsehen (100 Prozent), Handy/Smartphone (99 Prozent), Computer (99 Prozent) und Internet (99 Prozent) aufwachsen. Zudem nutzen 70 Prozent der Kinder den Fernseher jeden beziehungsweise fast jeden Tag und 94 Prozent mindestens einmal pro Woche. Aber auch Musik hören, digitale Spiele spielen, ein Buch lesen oder das Smartphone und das Internet nutzen gehört für viele Kinder mindestens ein- bis mehrmals pro Woche zum Alltag und damit zur aktiven Mediennutzung (vgl. Medienpädagogischer Forschungsverbund Südwest, 2020, S. 11–14). Die MIKE-Studie (Medien, Interaktion, Kinder und Eltern) bestätigt diese Ergebnisse für gleichaltrige Kinder in der Schweiz. Bei der Geräteverfügbarkeit werden außerdem auch VR-Brillen erfasst, wovon etwa in jedem zehnten schweizer Haushalt eine vorhanden ist. Dabei verfügen Jungen im Haushalt häufiger über eine VR-Brille als Mädchen und nutzen diese auch häufiger (vgl. Waller et al., 2020, S. 23–33).

Dieser bereits hohe Medienkonsum steigt mit dem Alter weiter an. Während 50 Prozent der Sechs- bis Dreizehnjährigen ein eigenes Handy oder Smartphone besitzen, haben bereits 95 Prozent der 14- bis 15-Jährigen ein eigenes Gerät (vgl. Medienpädagogischer Forschungsverbund Südwest, 2020, S. 12, 2022, S. 9). Dieses Smartphone nutzen auch 96 Prozent aller befragten Jugendlichen täglich oder mehrmals pro Woche. Mit 94 Prozent wird auch das Internet fast genauso häufig genutzt. Weitere Freizeitaktivitäten sind vor allem Musik hören, Fernsehen, Videos im Internet schauen und digitale Spiele spielen (vgl. Medienpädagogischer Forschungsverbund Südwest, 2022, S. 7–14). Jedoch zeigen die Ergebnisse auch, dass die tägliche Internetnutzung der Jugendlichen nach der Zeit der Coronapandemie wieder gesunken ist. Mit 204 Minuten pro Tag ist das ein ähnlicher Wert wie er schon 2015 (208 Minuten) oder auch 2019 (205 Minuten) erfasst wurde (vgl. Medienpädagogischer Forschungsverbund Südwest, 2022, S. 25). Die Ergebnisse der Umfrage zeigen auch, dass Jugendliche Informationen und aktuelle Nachrichten sehr oft online suchen. Die häufigsten Informationsquellen sind dabei Suchmaschinen, Instagram und TikTok. Um das große Informationsangebot bewerten und einordnen zu können, ist jedoch eine gewisse Me-

dienkompetenz notwendig (vgl. Medienpädagogischer Forschungsverbund Südwest, 2022, S. 40–43).

Auch die Politik hat erkannt, dass die steigende Mediennutzung besonders bei Kindern und Jugendlichen Beachtung in der Bildung finden muss. Die reine Nutzung von Medien reicht dabei nicht aus, um Medien zu verstehen, zu hinterfragen, kritisch zu bewerten oder diese kreativ selbst herzustellen. Daher beschäftigte sich bereits in den 80er Jahren die Kultusministerkonferenz mit den neuen Medien und erarbeitete gemeinsame Berichte und Empfehlungen unter anderem zur Medienpädagogik in den 90ern (vgl. Schulz-Hardt & Fränz, 1998, S. 177–227; Ständige Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland, 1995). In dieser Konferenz werden Lern- bzw. Bildungsziele regelmäßig überprüft und zum Beispiel in Form von Kompetenzen festgelegt. Medien haben dabei lange eine Nebenrolle gespielt und sollten deshalb von den Lehrkräften mitgedacht werden. 2016 wurde zudem die Medienkompetenz in den Bildungsrahmen aufgenommen und die Länder haben sich auf einen fachintegrativen Kompetenzrahmen geeinigt (für weitere Ausführungen siehe Kapitel 2.2) (vgl. Kultusministerkonferenz, 2017).

Dass der Aufbau von Kompetenzen bereits zu Schulzeiten sinnvoll ist, zeigen auch die Ergebnisse der repräsentativen Studie zur digitalen Nachrichten- und Informationskompetenz in der deutschen Bevölkerung von 2020. Denn der digitale Kompetenzstand ist bisher noch nicht oder nur unzureichend in der Bevölkerung vertreten. Hohe Nachrichten- und Informationskompetenzwerte erreichen nur 22 Prozent der 4200 befragten deutschen Internetnutzenden. Mehr als doppelt so viele (46 Prozent) erzielen geringe Kompetenzwerte und das restliche Drittel (32 Prozent) mittlere Werte (vgl. Meßmer et al., 2021, S. 21). Außerdem konnte ein Einfluss des Bildungsniveaus und des Alters der Befragten auf die Kompetenzwerte festgestellt werden. Die Kompetenz sinkt demnach bei geringerer Schulbildung und mit höherem Alter (vgl. Meßmer et al., 2021, S. 21–24).

Auch bei Lehrpersonen besteht laut der Allensbach-Studie 2020 ein Defizit von Medienkompetenz. Durch eine nicht ausreichend vermittelte Medienkompetenz in der Ausbildung fehlen Grundkenntnisse über das alte sowie das aktuelle Mediensystem (vgl. Institut für Demoskopie Allensbach, 2020, S. 66–74). Die deutschen Lehrkräfte geben selbst an, dass nur etwa ein Viertel den Umgang mit digitalen Medien erlernt hat. Dieser Wert liegt deutlich unter dem internationalen Mittelwert von 47,5 Prozent (vgl. Eickelmann et al., 2019, S. 18; Schmid et al., 2017, S. 35). Auch der Monitor Lehrerbildung zeigt, dass 2022 nur für 50 Prozent aller Gymnasiallehramtsstudierenden Pflichtangebote zum Erwerb von Medienkompetenz in der digitalen Welt bestehen. Freiwillige Zusatzzertifikate werden häufig als Ersatz angeboten (vgl. Monitor Lehrerbildung, 2022, S. 1–2).

Deswegen betrifft die Medienbildung nicht nur Kinder, sondern auch Erwachsene und besonders Lehrkräfte. Auch diese sollten in ihrer Medienkompetenz geschult werden. Externe Anbieter:innen und Expert:innen wie Personen, die im Journalismus tätig sind, aber auch Bibliotheken oder Volkshochschulen können die notwendige Brücke bilden. Sie können in Schulen aber auch außerschulisch für Erwachsene, Kinder und Jugendliche die Medienbildung durch Projekte und Initiativen unterstützen (vgl. Bigl & Schubert, 2021, S. 148; Meßmer et al., 2021, S. 32–36; Tulodziecki et al., 2021, S. 365).

Die Wichtigkeit der Medienbildung und dem Erwerb von Medienkompetenz ist 2023 im Bewusstsein der Menschen angekommen. Es geht darum, bereits in der Schule die Möglichkeiten von (digitalen) Medien auszuprobieren sowie mit und über sie zu lernen (vgl. R. C. Clark & Mayer, 2016, S. 8; Mayer, 2019, S. 152). Trotz der immer neu aufkommenden Medien und den damit verbundenen Möglichkeiten, sollte im Bereich des Lernens jedoch nicht die neue Technologie im Vordergrund stehen, sondern das Medium an die Lernmöglichkeiten angepasst werden. Denn nur, weil etwas mit Technologie umsetzbar ist, ist dies nicht zwingend notwendig oder sinnvoll (vgl. Mayer, 2019, S. 153). Das bedeutet, dass auch zukünftig immer wieder ausprobiert und überprüft werden muss, welcher Medieneinsatz in welcher Lernsituation sinnvoll ist.

## 2.2 Medienbildung in der Schule

Die Entwicklung der Mediendidaktik verlief parallel zu der der Medienpädagogik. In den 1960er Jahren stieg die Bedeutung der Massenmedien und die Entwicklung der Informationsgesellschaft so stark an, dass sich die Nachfrage von Medienangeboten zum Lehren und Lernen erhöhte. Die Medienwahl wurde als Strukturelement für den Unterricht einbezogen und damit sollten Medien in Lehr- und Lernprozessen Anwendung finden (vgl. Tulodziecki et al., 2021, S. 89). Die definitorischen Rahmenbedingungen, Forschung und Handlungsanweisungen entwickeln sich jedoch erst im Laufe der folgenden Jahrzehnte und verändern sich durch die neuen Medien stetig. Medienbildung findet daher eher in Jugendzentren und außerschulischen Projekten statt. An Schulen steht häufig die mediale Ausstattung im Vordergrund und es werden Computer, Internet und Whiteboards angeschafft. Wie diese pädagogisch und didaktisch in den Schulalltag integriert werden, ist jedoch in weiten Teilen unklar. Lange wurde der Begriff der Medienbildung im Schulkontext daher eher als Film- oder Fernseherziehung und später als informatische Bildung aufgefasst. Erst nach der Kultusministerkonferenz 2012 findet sich Medienbildung in einem strukturellen Rahmen in der schulischen Bildung wieder und wird zur Pflichtaufgabe (vgl. Kammerl, 2016, S. 140–142; Münte-Goussar, 2016, S. 73–74). Diese festgelegten Lern- bzw. Bildungsziele werden dabei regelmäßig überprüft. So wurde 2016 konkret die Medienkompetenz in den Bildungsrahmen aufgenommen und die Länder haben sich auf einen fachintegrativen Kompetenzrahmen

geeignet (siehe Abbildung 2). 2021 wurde diese Strategie zur „Bildung in der digitalen Welt“ ergänzt und soll demnach in allen Fächern umgesetzt werden. Der Lehr- und Lernprozess soll also digital gestaltet werden und unterstützend wirken (vgl. Kultusministerkonferenz, 2021, S. 8–9).

## Kompetenzen in der digitalen Welt

### Suchen, Verarbeiten und Aufbewahren

- Suchen und Filtern
- Auswerten und Bewerten
- Speichern und Abrufen

### Produzieren und Präsentieren

- Entwickeln und Produzieren
- Weiterverarbeiten und Integrieren
- Rechtliche Vorgaben beachten

### Analysieren und Reflektieren

- Medien analysieren und bewerten
- Medien in der digitalen Welt verstehen und reflektieren

### Kommunizieren und Kooperieren

- Interagieren
- Teilen
- Zusammenarbeiten
- Umgangsregeln kennen und einhalten (Netiquette)
- An der Gesellschaft teilhaben

### Schützen und sicher agieren

- Sicher in digitalen Umgebungen agieren
- Persönliche Daten und Privatsphäre schützen
- Gesundheit schützen
- Natur und Umwelt schützen

### Problemlösen und Handeln

- Technische Probleme lösen
- Werkzeuge bedarfsgerecht einsetzen
- Eigene Defizite ermitteln und nach Lösungen suchen
- Digitale Werkzeuge und Medien zum Lernen, Arbeiten und Problemlösen nutzen
- Algorithmen erkennen und formulieren

*Abbildung 2: Kompetenzen in der digitalen Welt  
(eigene Darstellung nach Kultusministerkonferenz 2017 S. 16–19)*

Die Inhalte des Kompetenzrahmens können dabei den Dimensionen der Medienkompetenz nach Baacke zugeordnet werden. Zur Medienkunde gehören beispielsweise das Analysieren von Medien oder auch das Kennen der Umgangsregeln (Netiquette) zu kennen. Zur Medienkritik gehört das Bewerten von Medien sowie diese zu verstehen und zu reflektieren. Zur Mediengestaltung gehört das Entwickeln und Produzieren von Inhalten aber auch die Nutzung von digitalen Werkzeugen und Medien zum Lernen, Arbeiten und Problemlösen zu nutzen. Die Dimension der Mediennutzung findet sich zum Beispiel im Suchen und Filtern, aber auch im Interagieren und Zusammenarbeiten (vgl. Baacke, 1996, S. 120; Kultusministerkonferenz, 2017, S. 16–19). Diese Zusammenfassung und Benennung von Kompetenzen, welche im Bereich der Medienbildung in der Schule erreicht werden sollen, ist ein großer Schritt für die Überführung in die Praxis. Trotzdem bedeutet die Festlegung dieser Strategie noch keine direkte Umsetzung im Schulalltag. Denn das Thema Medienkompetenz scheint bei der Integration in die Lehrpläne unterzugehen (vgl. Meßmer et al., 2021, S. 31–32).

So zeigt der Monitor Digitale Bildung 2017, dass zum Beispiel die digitale Mediennutzung in Schulen vom individuellen Engagement der Lehrkräfte abhängig ist. 91 Prozent der Lehrkräfte geben an, sich die notwendigen Kompetenzen für den Einsatz digitaler Lernmedien im Unterricht selbst anzueignen. Schulinterne und externe Weiterbildungen werden hingegen nur von weniger als der Hälfte der befragten Lehrkräfte regelmäßig genutzt (vgl. Schmid et al., 2017, S. 35). Damit sind auch die Schüler:innen beim Erlangen der Medienkompetenz abhängig von den Interessen und Kompetenzen der Lehrkräfte (vgl. Thom et al., 2017, S. 14–17).

Dass diese Kompetenzen bei deutschen Schülerinnen und Schülern noch ausbaufähig sind, zeigt auch der internationale Vergleich in der „International Computer and Information Literacy Study“ (ICILS). Dafür wurden 2013 und 2018 die computer- und informationsbezogenen Kompetenzen von Schüler:innen der achten Klasse gemessen und die Rahmenbedingungen an den Schulen abgefragt. Dabei haben sich die durchschnittlichen computer- und informationsbezogenen Kompetenzen der Achtklässler:innen zwischen 2013 und 2018 kaum verändert und liegen insgesamt über dem internationalen Mittelwert. Bei genauerer Betrachtung der Kompetenzverteilung ist jedoch festzuhalten, dass mit einem Drittel der Jugendlichen ein großer Teil nur über sehr rudimentäre computer- und informationsbezogene Kompetenzen verfügt. Außerdem ist diese erfasste Kompetenz in Deutschland stark abhängig vom sozioökonomischen Status der Familien, sodass Kinder aus sozioökonomisch weniger privilegierten Elternhäusern signifikant schlechter abschneiden (vgl. Eickelmann et al., 2019, S. 27).

Auch die schulische IT-Ausstattung ist in Deutschland verbesserungswürdig. Denn besonders digitale Medien werden im Unterricht nur einbezogen, wenn sie in den Schulen vorhanden sind. Vor allem die weit verbreiteten Computerräume sorgen teilweise dafür, dass digitales Lernen vom Unterricht getrennt stattfindet. Das fächerübergreifende Erlernen von Medienkompetenz ist nur möglich, wenn digitale Medien im Klassenraum angewendet und damit Teil der schulischen Gesamtstrategie werden (vgl. Thom et al., 2017, S. 23–27). Aber die Schulleistungsstudie ICILS 2018 zeigt auch hier, dass die Anzahl an Schüler:innen pro Gerät in Deutschland mit 9,7 deutlich höher ist als zum Beispiel in den USA (1,6) oder Finnland (3,4). Außerdem wird auch dem Bildungsziel des sicheren und angemessenen Umgangs mit digitalen Medien in anderen Ländern eine höhere Relevanz zugeschrieben (vgl. Eickelmann et al., 2019, S. 13–16). Der Monitor Digitale Bildung bestätigt die geringe IT-Ausstattung an deutschen Schulen. Nur 54 Prozent der Lehrkräfte und 47 Prozent der Schulleiter:innen bewerten die technische Ausstattung zum digitalen Lernen an ihren Schulen als gut oder sehr gut. Das schulische WLAN und die Betreuung der technischen Ausstattung wird noch kritischer betrachtet (vgl. Schmid et al., 2017, S. 43–44).

2013 nutzte lediglich ein Drittel (34,4 Prozent) der Lehrkräfte regelmäßig (mindestens einmal wöchentlich) digitale Medien wie den Computer im Unterricht. Demzufolge ist auch der Einsatz von digitalen Medien im Unterricht unterdurchschnittlich. Dieser Wert ist geringer als in allen anderen Vergleichsländern der ILCIL Studie 2013. Die Ergebnisse 2018 zeigen, dass bereits 60,2 Prozent mindestens einmal pro Woche digitale Medien nutzen und davon sogar 23,2 Prozent täglich. Die Werte liegen jedoch immer noch weit unter dem internationalen Mittelwert von 47,9 Prozent täglicher Nutzung und 78,2 Prozent wöchentlicher Nutzung (vgl. Drossel et al., 2019, S. 208–215).

Neben dem Versuch digitale Medien und den Erwerb von fächerübergreifender Medienkompetenz in den Unterricht zu integrieren, kann die Umsetzung von Medienbildung in der Schule in besonderen Veranstaltungen stattfinden. Dazu zählen Projekttag, Exkursionen oder auch Wahlfächer. Vor allem komplexere Aufgaben, wie eigene Hör-, Video- oder Multimediaproduktionen sind zeitaufwändig und lassen sich schwieriger in den Fachunterricht integrieren. Deshalb bieten sich Medienbildungsprojekte im Schulalltag oder auch außerschulisch an (vgl. Tulodziecki et al., 2021, S. 355–356). Denn „Mediatisierung und Digitalisierung haben zu Entgrenzungsprozessen zwischen schulischer und außerschulischer Welt geführt“ (Tulodziecki et al., 2021, S. 94). Das heißt, dass auch mediales Lernen und Medienangebote außerhalb der Schule zukünftig zunehmen werden (vgl. Herzig, 2020, S. 22–23; Tulodziecki et al., 2021, S. 94). Trotzdem sollten Projekte und außerschulische Angebote nur als Ergänzung des (medien-) pädagogischen Konzepts der jeweiligen Einrichtung gelten (vgl. Fthenakis et al., 2009, S. 114).

Die Medienbildung lässt sich im Fachunterricht sowie bei Projekten inhaltlich gut mit anderen Bildungsbereichen verknüpfen. Im Bereich der Naturwissenschaft können Medien genutzt werden, um Beobachtungen mit Fotos oder Tonaufnahmen festzuhalten. Im Bereich der Sprache, aber auch Musik, Kunst und Kultur können Medien genutzt werden, um Geschichten zu erzählen, aufzunehmen, eine Bildergeschichte zu malen oder Texte zu schreiben (vgl. Fthenakis et al., 2009, S. 57). Zusätzlich können in allen Lernbereichen Medien als Hilfsmittel zur Kooperation, Recherche, Dokumentation oder zur Ergebnispräsentation genutzt werden (vgl. Aufenanger, 2020, S. 33; Fthenakis et al., 2009, S. 117; Tulodziecki et al., 2021, S. 353).

Das spiegelt sich auch in der Orientierungsfunktion von Medien wider. Kinder und Jugendliche „beobachten Figuren und Akteure in den Medien in gleicher Weise wie Personen in ihrem direkten Umfeld bei der Bewältigung von Herausforderungen, die das Leben an sie stellt, und ziehen daraus Schlussfolgerungen für ihre eigenen Bewältigungsstrategien“ (Schaumburg & Prasse, 2019, S. 82). Das ist auch der Grund, weshalb in der Schule alle Medien mit einbezogen werden sollten, die die „Kinder der jeweiligen Altersgruppe interessieren und denen sie in ihrem Umfeld begegnen“

(Fthenakis et al., 2009, S. 89). Zusätzlich ist der schulische Unterricht mit dem Ziel verbunden „Schülerinnen und Schüler mit Sachverhalten und Gegenständen vertraut zu machen, die sich der unmittelbaren Erfahrung entziehen“ (Tulodziecki et al., 2021, S. 87).

Das bedeutet, dass verschiedene analoge und digitale sowie alte und neue Medien in der (schulischen) Medienbildung verwendet werden müssen. Analoge Medien können dabei nur in eine Richtung kommunizieren. Dazu zählen Printmedien, CDs, DVDs, VHS-Kassetten, Folienprojektoren, Flipchart-Ständer, gedruckte Arbeitsblätter, Schulbücher und viele weitere. Digitale Medien schaffen eine Interaktion zwischen Mensch und Medium und ermöglichen damit eine Kommunikation in zwei Richtungen. Dazu zählen Computer, Tablets, Smartphones, Interaktive Whiteboards, soziale Medien, AR- oder VR-Anwendungen, etc. (vgl. Gessner & Klingler, 2020, S. 92–93; Lepold & Ullmann, 2021, S. 42–43; Tulodziecki et al., 2021, S. 90).

Um viele Möglichkeiten in einem digitalen Medium zu vereinen, steigt daher vor allem an Schulen die Anschaffung und Nutzung von Tablets. Denn Tablets sind mobile Geräte, welche die Grundfunktionen des digitalen Arbeitens enthalten. So kann der Browser für den Zugang zum Internet genutzt werden, aber auch multimediales Arbeiten mit Kamera- und Ton-Aufnahmen ist möglich (vgl. Aufenanger, 2020, S. 29–30). Auch wenn die Ablenkung der Schüler:innen durch das Tablet im Unterricht größer ist, sind überwiegend positive Veränderungen in der Unterrichtskultur zu verzeichnen. Auch die Lehrkräfte nehmen die Nutzung von Tablets im Unterricht positiv wahr, obwohl sie mit den damit verbundenen Aufgaben teilweise überfordert sind und die Geräte nicht immer pädagogisch sinnvoll einsetzen (vgl. Aufenanger, 2017, S. 133). Zusätzlich ist es bei der Nutzung von Tablets und insgesamt digitalen Medien mit Kindern notwendig, auf den Datenschutz und die Einverständniserklärung der Eltern zu achten. Welche Anwendungen dabei in der Schule genutzt werden, kann von verschiedenen Kriterien abhängig sein und sollte die pädagogische Arbeit bestmöglich unterstützen. Jedoch ist es wichtig, altersgerechte Apps zu verwenden, welche wenig oder keine Werbung enthalten und nicht zu In-App-Käufen animieren (vgl. Aufenanger, 2020, S. 33–34; Lepold & Ullmann, 2021, S. 138–142).

Zusammenfassend steht spätestens seit der Kultusministerkonferenz 2016 fest, dass das Erlangen von Kompetenzen in der digitalen Welt und damit auch der Erwerb von Medienkompetenz eine Grundlage für das gesellschaftliche Leben darstellt und damit auch in der Schule vermittelt werden muss. Die Erfüllung dieser Vorgabe ist dabei nur mit dem Einsatz von traditionellen und digitalen Medien im Schulalltag möglich (vgl. Lepold & Ullmann, 2021, S. 30–38). Auch lerntheoretische Ansätze zeigen, dass Medien im Unterricht pädagogisch gut begründet eingesetzt werden sollten (vgl. Aufenanger, 2020, S. 37). Trotzdem sollten die verwendeten Medien immer an die

Lernmöglichkeiten angepasst und der sinnvolle pädagogische Umgang immer wieder überprüft werden (vgl. Mayer, 2019, S. 153).

## 2.3 Generatives Lernen

Definitionen des Lernens beinhalten häufig den Aspekt der Veränderung. Dabei wird das Lernen aus verhaltensorientierter Sicht als beobachtbare Veränderung von Verhaltensweisen und Verhaltensmöglichkeiten beschrieben. Ende der 60er und Anfang der 70er Jahre verändert sich jedoch die Denkwiese hin zu einem Lernbegriff aus kognitiver Sicht. Dabei ist Lernen die Veränderung kognitiver Strukturen, zum Beispiel beim Erwerb von Wissen (vgl. Schermer, 2006, S. 10–12; Shuell, 1986, S. 411–413). Diese Veränderung wird in der Psychologie und in der Bildung meist anhand von menschlicher Informationsverarbeitung beschrieben (vgl. Shuell, 1986, S. 414). Das bedeutet für kognitive Lernprozesse, dass neue Informationen mit bestehenden Wissensstrukturen aktiv verknüpft werden. Der Lernprozess ist erfolgreich, wenn „die sachrichtige und dauerhafte Integration neuer Informationen in bestehende Wissensstrukturen gelingt und die modifizierten Wissensstrukturen im Langzeitgedächtnis abgespeichert werden“ (Horz & Ulrich, 2022, S. 701).

Die nachfolgend genutzte konstruktivistische Sichtweise beschreibt die Informationsverarbeitung zudem als konstruktiven Prozess. Informationen werden also nicht von außen übertragen, sondern vom Lernenden konstruiert (vgl. Mayer, 2019, S. 153; Wittrock, 2010, S. 44). Lernen als Veränderung kognitiver Strukturen und die Informationsverarbeitung als konstruktiver Prozess bringen den Begriff des generativen Lernens hervor. Generatives Lernen bedeutet demnach, dass der Lernende sich aktiv mit dem Lerninhalt beschäftigt und durch konkrete Assoziationen zwischen den Vorerfahrungen und den vorhandenen Reizen, Informationen in das Langzeitgedächtnis integrieren kann (vgl. Wittrock, 2010, S. 41). Denn die aktive Arbeit mit dem Lernmaterial kann durch die Organisation und Integration mit dem eigenen bestehenden Wissen eine Bedeutung des Gelernten herstellen (vgl. Fiorella & Mayer, 2015, S. 5, 2021, S. 339; Mayer, 2019, S. 153). Dabei neigen Menschen dazu, Wahrnehmungen und Bedeutungen zu erzeugen, die mit ihrem Vorwissen übereinstimmen (vgl. Wittrock, 2010, S. 41).

Das „Selection-Organisation-Integration-Model“ (SOI-Model) des generativen Lernens beschreibt die drei kognitiven Prozesse, welche während des Lernens ablaufen (siehe Abbildung 3). Als erstes werden die relevanten Informationen und Reize, welche durch eine Lernanweisung im sensorischen Gedächtnis angekommen sind, selektiert. Anschließend wird dieses Material im Arbeitsgedächtnis organisiert und strukturiert. Diese kognitiven Strukturen werden dann miteinander in Verbindung gebracht und Material aus dem Langzeitgedächtnis aktiviert und integriert. So kann Wissen, welches im Ar-

beitsgedächtnis organisiert wurde zum einen in das Langzeitgedächtnis übergehen und zum anderen direkt genutzt werden, um Probleme zu lösen oder eine Leistung zu erbringen (vgl. Fiorella & Mayer, 2015, S. 7).

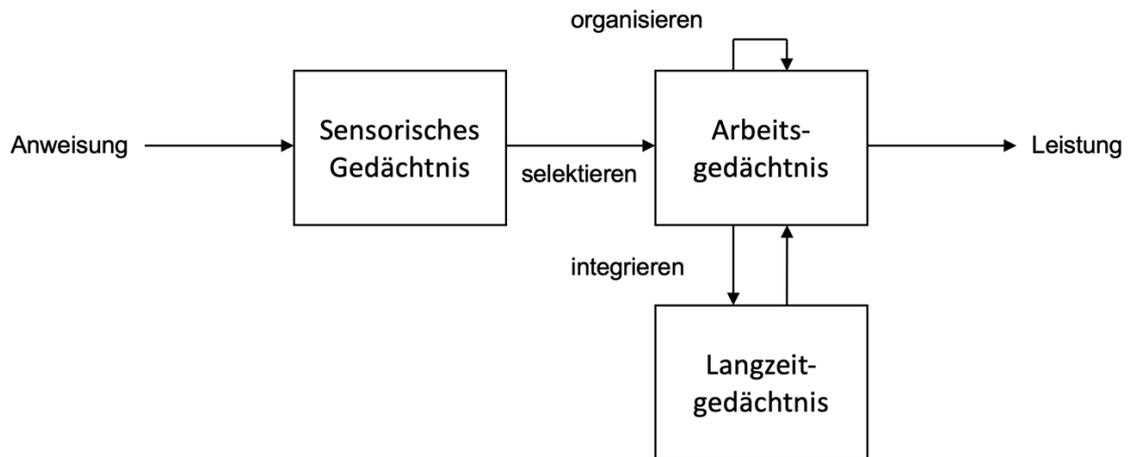


Abbildung 3: Das SOI-Modell des generativen Lernens  
(eigene Darstellung nach Fiorella & Mayer 2015 S. 7)

Dieses Modell und das Verständnis generativen Lernens zeigen, dass das Lernen über das einfache Merken und Wiederholen von Informationen hinausgeht. Denn in der heutigen digitalisierten Welt können Informationen und Fakten in großen Datenbanken und über Suchmaschinen wie Google einfach abgerufen werden. Wichtig ist es, aus einzelnen Informationen, einen Sinn herstellen zu können, Probleme zu lösen und kritisch zu denken. Generatives Lernen ist daher wichtiger denn je, damit Menschen übertragbares Wissen und Fähigkeiten entwickeln (vgl. Fiorella & Mayer, 2015, S. 6; Pellegrino & Hilton, 2012, S. 69).

Jedoch kann generatives Lernen nur mit der notwendigen Motivation initiiert werden. Der oder die Lernende muss also motiviert sein, den Lerninhalt aktiv zu verarbeiten und diesem einen Sinn zu geben. Dabei ist die Motivation ein kognitiver Zustand, der zielgerichtetes Verhalten initiiert, vorantreibt und erhält. Außerdem braucht es die metakognitiven Fähigkeiten, um die kognitive Verarbeitung während des Lernprozesses zu überwachen und zu steuern, damit generatives Lernen effektiv ist (vgl. Fiorella & Mayer, 2015, S. 9–10).

Demnach ist generatives Lernen schwieriger umzusetzen und die Anwendung von generativen Lernstrategien braucht eine erhöhte Motivation des Lernenden, sich aktiv mit dem Lerninhalt auseinanderzusetzen. Jedoch ist generatives Lernen durch die Sinnherstellung auch nachhaltiger und sinnvoller als einfaches Faktenwissen.

Besonders beim Lernen mit Medien ist allerdings die Kapazität im Arbeitsgedächtnis begrenzt. Vor allem Lernprozesse mit Medien sollten daher das Arbeitsgedächtnis nicht überlasten, was sonst als Cognitive Overload bezeichnet wird (vgl. Baddeley, 1992). Dazu hat Sweller die Cognitive-Load-Theory entwickelt und drei Arten von kognitiver Belastung benannt:

1. Intrinsic Load: verursacht durch die Verarbeitung der Lerninhalte selbst
2. Extraneous Load: verursacht durch die Darstellung des Lerninhalts
3. Germane Load: verursacht durch lernprozessbezogene Aktivitäten wie den Einsatz von Lernstrategien (vgl. Sweller et al., 1998, S. 259).

So erfasst diese Theorie, was zu beachten und notwendig ist, um Medien zum Lernen erfolgreich einzusetzen (vgl. Horz & Ulrich, 2022, S. 700).

Die intrinsische Belastung kann dabei nicht direkt beeinflusst werden. Sie ist abhängig vom Lernmaterial selbst und der Expertise des Lernenden, dieses zu verarbeiten. Trotzdem muss diese Belastung von Lehrpersonen bei der Erstellung einer Lernsituation beachtet werden. Denn die kognitiven Belastungen werden addiert und können bei zu hoher Belastung einen erfolgreichen Lernprozess behindern. Da die intrinsische Belastung jedoch nicht verändert werden kann, muss die Belastung von außen angepasst werden. So kann eine gute Präsentation der Information die Belastung von außen verhindern. Germane Load ist hingegen eine lernförderliche Belastung. Sie ergibt sich aus dem Prozentsatz der Arbeitsspeicherressourcen für die intrinsische kognitive Belastung im Vergleich zu dem Prozentsatz der Ressourcen für die externe kognitive Belastung. Wenn die Verwendung des Arbeitsspeichers also prozentual höher für den Umgang mit der intrinsischen Belastung ist, dann ist auch die dazugehörige Belastung (germane Load) höher. Beispielsweise Lernstrategien verursachen diese Art von Belastung, aber unterstützen die Lernenden gleichzeitig bei der Konstruktion von Informationen und Integration von Wissen ins Langzeitgedächtnis (vgl. Paas & Sweller, 2021, S. 79–80; Sweller et al., 1998, S. 262–265).

## 2.4 Die acht Lernstrategien nach Fiorella & Mayer

Fiorella und Mayer (2015) beschreiben acht Lernstrategien (GLS), die das generative Lernen unterstützen (siehe Tabelle 1). Sie helfen den Lernenden, sich auf das relevante Material zu konzentrieren, die Informationen in einer kognitiven Struktur zu organisieren und ihr relevantes Vorwissen zu aktivieren, um es mit den neuen Informationen zu verbinden.

Tabelle 1: Die acht generativen Lernstrategien von Fiorella und Mayer

<b>Lernstrategie</b>	<b>Beschreibung</b>
Zusammenfassen (summarizing)	Schriftliche oder mündliche Zusammenfassung des Lernstoffs in eigenen Worten.
Abbilden (mapping)	Erstellen abstrakter räumlicher Darstellungen des Lernmaterials mit Schlagwörtern und Verbindungslinien.
Zeichnen (drawing)	Erstellung einer Zeichnung zu den Kerninhalten des Lernstoffs.
Vorstellen (imagining)	Kerninhalten des Lernstoffs bildlich vorstellen.
Selbsttesten (self-testing)	Selbstbeantwortung von praktischen Fragen, die den Lernstoff betreffen.
Selbsterklären (self-explaining)	Schriftliche oder mündliche Erklärung von verwirrenden Teilen des Lernstoffs.
Lehren (teaching)	Anderen den Lernstoff erklären.
Darstellen (enacting)	Körperbewegungen zur Darstellung von konzeptionellen Zusammenhängen oder Problemlösungsstrategien.

(eigene Darstellung nach Fiorella & Mayer 2015 S. 14)

Das Lernen durch Zusammenfassen (summarizing) veranlasst die Lernenden die relevanten Informationen aus einer Lerneinheit zu filtern, diese zu organisieren und anschließend in ihr Vorwissen zu integrieren. Solch eine Zusammenfassung ist sowohl schriftlich als auch mündlich möglich. Dabei wird zum Beispiel nach jedem Paragraphen eines Textes oder Teilstücks einer Lerneinheit, das Wichtigste des Lernstoffs in eigenen Worten zusammengefasst. Diese Lernstrategie eignet sich für die Wiedergabe von Textmaterial, mündlichen Präsentationen oder auch multimedialen Präsentationen, wie zum Beispiel Power Point Präsentationen. Außerdem kann den Lernenden das Lernmaterial die ganze Zeit zur Verfügung gestellt oder das Material nach der Nutzung wieder weggenommen werden, bevor sie ein Resümee schreiben. Dazu führten Fiorella und Mayer (2015) Vergleiche von verschiedenen Studien zwischen 1978 bis 2012 und in unterschiedlichen Altersgruppen durch. Die vorgestellten Studien basieren auf Textarbeit und dem Zusammenfassen von Paragraphen. Dabei zeigte die Mehrheit (26 von 30 Studien) einen positiven Einfluss der Lernstrategie "Zusammenfassen" auf den Lernerfolg. In den 26 Studien schnitt die Kontrollgruppe demnach signifikant schlechter ab als die Lernenden, welche die Lerneinheit zusammenfassten. Außerdem sind die Lernenden erfolgreicher, wenn sie zuvor gelernt haben eine Zusammenfassung zu schreiben. Deshalb eignet sich die Lernstrategie meistens erst ab einem Alter, wenn

die Schülerinnen und Schüler bereits das Zusammenfassen gelernt haben oder vorher ein Training erhalten haben. Aber auch ältere Lernende haben Probleme mit Resümees, besonders wenn die Lerneinheiten komplexe räumliche Beziehungen beschreiben. Deshalb zeigt sich ebenfalls, dass das Schreiben einer Zusammenfassung sich eher für geisteswissenschaftliche Lerneinheiten eignet als für naturwissenschaftliche. In der Vergangenheit wurde das Zusammenfassen häufig auf die Arbeit mit Texten angewandt. Aber Zusammenfassen kann vor allem bei nicht textbasierten Lerneinheiten auch als Notizen machen gesehen werden und muss weiter untersucht werden (vgl. Fiorella & Mayer, 2015, S. 20–37).

Das Lernen durch Abbilden (mapping) bedeutet, dass die Lernenden die Lerneinheit (z.B. eine Unterrichtsstunde mit Textarbeit) mit Schlagworten und Verbindungslinien in einer Concept Map oder einer ähnlichen Struktur wie eine Matrix mehr oder weniger räumlich abbilden. Dadurch sollen die Lernenden die wichtigsten Elemente auswählen und in einer Struktur organisieren. Anschließend können die Informationen mit dem Vorwissen verknüpft und in das Langzeitgedächtnis integriert werden. Besonders jüngere und weniger begabte Lernende können von dieser Strategie profitieren. Die Studienvergleiche von Fiorella und Mayer (2015) zeigen einen positiven Effekt in fast allen Untersuchungen (23 von 25), in denen das Lernen mit verschiedenen Maps zum Einsatz kam. Jedoch ist diese Lernstrategie sehr zeitintensiv und Lernende müssen motiviert werden, sich mithilfe einer Map aktiv mit dem Lerninhalt zu beschäftigen. Außerdem ist es sinnvoll, die Lernenden bei der Erstellung von solchen Abbildungen während des Lernprozesses zu unterstützen, um die Effektivität zu steigern. Trotzdem muss auch bei dieser Lernstrategie noch weiter erforscht werden, unter welchen Bedingungen sie am effektivsten ist und wie viel Training die Lernenden benötigen (vgl. Fiorella & Mayer, 2015, S. 38–61).

Lernen durch Zeichnen (drawing) bedeutet, den Lerninhalt, zum Beispiel einen Text, zu illustrieren. Bei dieser Lernstrategie sollen die wichtigsten Informationen und kausalen Beziehungen einbezogen, organisiert und integriert werden. Dabei geht es nicht um die Erstellung künstlerischer Werke, sondern um eine Kommunikation durch erklärende Bilder. Diese Bilder können mit Stiften auf Papier entstehen oder computerbasiert auf dem Laptop oder Tablet. Der Studienvergleich von Fiorella und Mayer (2015) zeigt einen positiven Einfluss der Lernstrategie auf Transferwissen und Verständnis in 26 von 28 Fällen im Gegensatz zur Kontrollgruppe. Der Effekt ist jedoch am stärksten, wenn die Lernenden, bei der Entscheidung, was zu malen sinnvoll ist oder vorgegebene Zeichnungen zum Vergleich vorliegen, unterstützt werden (vgl. Fiorella & Mayer, 2015, S. 62–78).

Lernen durch Vorstellen (imagining) heißt, dass sich die Lernenden den Lerninhalt mental bildlich vorstellen. Dabei müssen sie die wichtigen Komponenten selektieren,

um sie sich vorzustellen und zu organisieren. Durch den Transfer von zum Beispiel einem Text in Bilder können die Lernenden die neuen Informationen in das Langzeitgedächtnis integrieren. Dies erfordert jedoch sehr viel Motivation, da diese Lernstrategie keine sichtbare Aktivität ist, sondern nur im Kopf passiert. Im Studienvergleich von Fiorella und Mayer (2015) zeigt sich zudem eine geringere Effektivität, als bei allen anderen Lernstrategien. Nur in 16 von 22 Studien zeigte sich ein positiver Einfluss des Vorstellens auf das Wissen der Teilnehmenden im Gegensatz zur Kontrollgruppe. Am effektivsten war die Strategie, wenn die Lernenden erfahren im Umgang waren oder das Lernmaterial gut designt war. Zudem ist das Vorstellen eine wertvolle Alternative zum Zeichnen, wenn die Lernenden während des Lernprozesses sinnvoll unterstützt werden. Jedoch muss weiterhin untersucht werden, wie viel Training zuvor notwendig ist und in welchen Lernsituationen Vorstellen effektiv ist (vgl. Fiorella & Mayer, 2015, S. 79–96).

Diese ersten vier Strategien involvieren die Lernenden, indem sie die Form des Lernmaterials verändern oder in eine andere Form übersetzen. Die weiteren vier Lernstrategien Selbsttesten, Selbsterklären, Lehren und Darstellen beabsichtigen eher die Ausarbeitung des Lernmaterials.

Selbsttesten (self-testing) bedeutet dabei, dass die Lernenden sich selbst Fragen über kürzlich erlernten Lernstoff beantworten. Durch diese Form der Wiederholung des Lernstoffs werden die Lernenden angeregt, das Gelernte zu organisieren und in bisheriges Wissen zu integrieren. Denn das Abrufen von Informationen stärkt das Gedächtnis für diese Informationen und es entstehen weitere Routen, die zur Information führen. Die generative Verarbeitung wird also angeregt. Der Studienvergleich von Fiorella und Mayer (2015) zeigt außerdem, dass in 44 von 47 Studien die Selbsttest-Gruppe besser abschnitt als die Kontrollgruppe. Die Strategie ist außerdem am sinnvollsten, wenn die Lernenden kurze Antworten auf offene Fragen geben müssen, sich wiederholt testen, wenn die Tests korrigierendes Feedback enthalten und wenn sich die Selbsttests und der Abschlusstest stark ähneln. So können auch Langzeiteffekte festgestellt werden. Sie deuten darauf hin, dass Lernende, welche Selbsttests als Lernstrategie genutzt haben, auch in den Abschlusstests nach mehreren Tagen bessere Ergebnisse erzielten. Deshalb können Tests auch zwischendurch als Lernstrategie genutzt werden und sollten zwar korrigierendes Feedback enthalten, aber müssen nicht immer bewertet werden (vgl. Fiorella & Mayer, 2015, S. 97–123).

Selbsterklären (self-explaining) beschreibt, dass die Lernenden sich den Lerninhalt während des Lernprozesses selbst und mit eigenen Worten erklären. Dabei erarbeiten die Lernenden den präsentierten Lernstoff, können die relevanten Informationen auswählen, diese durch das Erklären im Arbeitsgedächtnis organisieren und anschließend mit dem eigenen Vorwissen in Verbindung bringen. So soll das Selbsterklären das Ler-

nen vertiefen und zur verbesserten Selbstregulation und Problemlösung beitragen. Das zeigt auch der Studienvergleich und weist einen positiven Effekt in 44 von 45 Studien auf. Lernende, welche sich den Lernstoff selbst erklärten, schnitten also in fast allen besser ab als die Kontrollgruppe. Außerdem benötigt diese Strategie wenig Training und kann von Kindern jeder Altersstufe durchgeführt werden. Die Strategie ist am effektivsten beim Lernen von Diagrammen oder Konzepten sowie für Lernende mit geringem Vorwissen. Dabei eignet sich die Strategie für Textarbeit, Diagramme, Beispiele und sowohl für papierbasierten als auch für computerbasierten Unterricht (vgl. Fiorella & Mayer, 2015, S. 124–150).

Lehren (teaching) bedeutet, dass Lernende Anderen den Lernstoff erklären und mit ihnen interagieren. Dadurch erkennen sie, ob sie die Inhalte verstanden haben, da der Prozess des Lehrens über das einfache Erklären hinausgeht. So müssen sie zunächst die wichtigsten Informationen auswählen und in einer Struktur organisieren, um sie einem Gegenüber zu erklären. Dadurch wird das neu formulierte Wissen mit dem Vorwissen in Verbindung gebracht und kann im Langzeitgedächtnis gespeichert werden. Der Studienvergleich von Fiorella und Mayer (2015) zeigt, dass in 17 von 19 Untersuchungen die Lernenden, welche die wichtigen Informationen Jemandem erklärt haben, besser im Abschlusstest abschnitten als die Kontrollgruppe, die die Strategie nicht nutzte. Die Lernstrategie des Lehrens ist zudem effektiver, wenn die Lernenden sinnvolle Verknüpfungen des Lerninhalts erstellten, statt diesen nur zu wiederholen. Außerdem ist die Lernstrategie erfolgreicher, sobald die Lernenden vor dem Lernprozess wussten, dass sie im Anschluss jemandem den Lernstoff erklären und eventuelle Fragen beantworten müssen. Lehren kann dabei für verschiedene Lerneinheiten mit Text, Multimedia oder auch bei der Interaktion mit computergestützten Anwendungen genutzt werden. Auch wenn der Forschungsstand zu dieser Strategie noch ausbaufähig ist, wird Lehren besonders in Form von Partnerarbeit, kooperativem Lernen oder Diskussionen in Kleingruppen bereits häufig im Unterricht genutzt (vgl. Fiorella & Mayer, 2015, S. 151–166).

Darstellen (enacting) als Lernstrategie bedeutet, dass die Lernenden mithilfe von Bewegungen oder Gesten lernen, welche zum Lerninhalt oder zur Aufgabe passen. So werden die Informationen auf sinnvolle Objekte oder Aktionen abgebildet. Dabei müssen zunächst die Kerninhalte ausgewählt werden, um diese anschließend zu organisieren und in eine zusammenhängende Bewegung zu überführen. Dadurch werden die Informationen durch Bewegung in das Vorwissen und Vorerfahrungen integriert, um zum Beispiel abstrakte Konzepte in den Naturwissenschaften zugänglich zu machen. Der Studienvergleich von Fiorella und Mayer (2015) zeigt jedoch gemischte Ergebnisse, wobei 36 von 49 Studien einen positiven Effekt zeigen. Außerdem ist die Strategie am effektivsten bei Lernenden mit viel Vorwissen und viel Anleitung und Übung aus Informationen aufgabenrelevante Bewegungen zu erstellen. Die Strategie ist also nicht

für jede Person geeignet. Des Weiteren ist der Forschungsstand noch nicht so aussagekräftig wie bei den anderen Lernstrategien. So konzentrieren sich die Studien bisher vorwiegend auf die Anwendung in der Grundschule und das Verständnis von Mathematik. Daher sollten weitere Studien folgen und beispielsweise ältere Lernende untersuchen (vgl. Fiorella & Mayer, 2015, S. 167–191).

Zusammenfassend zeigt die Darlegung und Meta-Analyse die Effektivität dieser acht Lernstrategien. Lernende, die diese Lernstrategien nutzen, haben besser abgeschnitten, als Lernende, die diese Strategien nicht nutzten (vgl. Fiorella & Mayer, 2015).

## **2.5 Forschungsstand zur Anwendung von Lernstrategien mit Medieneinsatz**

Die verschiedenen Studienüberblicke von Fiorella und Mayer (2015) verdeutlichen, dass die Anwendung von Lernstrategien mit den verschiedensten Medienarten einen Einfluss auf das Lernen haben. Die Mehrheit zeigt einen positiven Einfluss auf den Lernerfolg (Fiorella & Mayer, 2015, S. 192). Dieser wird anhand von Tests vor und/oder nach den Lerneinheiten mit den Lernstrategien messbar gemacht und dient als Vergleichsgröße vieler Forscher. Dabei können die generativen Aktivitäten in Verbindung mit verschiedenen, auch multimedialen Medien, genutzt werden. Dies beinhaltet Textarbeit genauso wie das Lernen von Bildern, Videos, Animationen, Lernspielen oder VR (vgl. Fiorella & Mayer, 2021, S. 347). Auch Wittrock unterstützt die Aussage, dass das generative Model das Lernen positiv beeinflusst mit verschiedenen Studien. Bereits in einer Untersuchung von 1978 stellt er mit seinen Kollegen fest, dass Gruppen, welche generativ lernen und bei der Arbeit mit einem Text sinnvolle Zusammenfassungen von Textabschnitten erarbeiteten, besser in Tests zur Erinnerung und dem Verständnis abschnitten als die Kontrollgruppen, welche die Texte nur lasen (vgl. Wittrock, 2010, S. 41–43).

Einen positiven Einfluss von Lernstrategien auf den Lernerfolg zeigt auch die Studie von Lachner, Ly und Nückles (2018). Sie nutzen mündliche und schriftliche Erklärungen als generative Lernstrategien. Bei einem Wissenstest zu Fakten- und Transferwissen schnitten Lernende, welche eine mündliche Erklärung als Lernstrategie nutzten besser im Transfertest ab als Lernende, die eine schriftliche Erklärung schrieben. Kein signifikanter Unterschied zeigte sich hingegen beim Faktenwissen (vgl. Lachner et al., 2018, S. 353–354).

Neben Zusammenfassen und Erklären werden auch die anderen vorgestellten Lernstrategien untersucht. So zum Beispiel von Johnson und Mrowka (2010). Sie stellen zunächst einige Studien vor, welche zeigen, dass Lernende, welche ein Quiz absolvie-

ren im Examen besser abschneiden, als Lernende, welche sich nicht selbst testen (vgl. Johnson & Mrowka, 2010, S. 111–112). In ihrer Studie konnten sie dies bestätigen, indem sie Studierende einer Universität untersuchten, die während des Semesters verschiedene Quizze innerhalb oder außerhalb des Unterrichts beantworteten und die Kontrollgruppe keine Quizze als Lernstrategie nutzte. Die Vergleiche beim ersten Examen und in einer schriftlichen Arbeit zeigten signifikant bessere Ergebnisse bei den Quiz-Gruppen. Jedoch zeigte sich kein Unterschied beim zweiten Examen. Dies führen die Autoren unter anderem darauf zurück, dass die Gruppen ohne Quizze für das zweite Examen einen höheren Lernaufwand betrieben, da sie im ersten Examen schlechter abschnitten (vgl. Johnson & Mrowka, 2010, S. 116–117).

Makransky et al. (2021) können zudem einen positiven Einfluss der Lernstrategie des Darstellens aufzeigen. Nachdem sie zunächst keine Unterschiede im Wissen zwischen Lernenden, die das Lernmaterial mit VR oder einem Video lernten, feststellten, fügten sie die Lernstrategie des Darstellens zu ihrem Experiment hinzu. Dabei zeigte sich, dass die Gruppe, welche mit VR lernte und die Lernstrategie nutzte, signifikant besseres prozedurales und Transferwissen aufwies als die VR-Gruppe ohne Lernstrategie. Dieser Unterschied konnte hingegen bei der Video-Gruppe nicht nachgewiesen werden. Die Autoren schlussfolgern, dass Lernen mit VR nicht effektiver ist als Lernen mit einem Video, aber dass die Nutzung einer Lernstrategie besonders in einer VR-Lerneinheit einen positiven Einfluss auf das Wissen haben kann (vgl. Makransky et al., 2021, S. 719–735).

Auch Van Blerkom, Van Blerkom und Bertsch (2006) gehen davon aus, dass Lernstrategien zum Lernerfolg beitragen. Dabei bestätigen sie die Ergebnisse von Wittrock (1974), der bereits festgestellt hat, dass einige Lernstrategien sinnvoller sein können als andere. Dazu führten Sie ein Experiment mit Textarbeit und anschließendem Multiple-Choice-Test durch. Vier Gruppen nutzten dabei unterschiedliche Lernstrategien. Die Gruppen mussten entweder den Text lesen und kopieren, lesen und hervorheben, lesen und sich Notizen machen oder lesen und Fragen stellen. Dabei zeigte sich, dass Lernende, welche nach der Textarbeit Fragen generiert haben, signifikant besser abschnitten als Lernende, die den Text markierten oder kopierten. Der Unterschied zur Gruppe, welche sich zum Text Notizen machte, war nicht signifikant, aber trotzdem waren die Ergebnisse im Test besser als die der Gruppen, welche markierten oder kopierten (vgl. Van Blerkom et al., 2006, S. 9–10). Die Autoren bestätigen damit, dass aktive Strategien, wie Fragen ableiten oder Notizen machen, effektiver sind, da sie die Lernenden dazu bringen, selbstständig Informationen zu generieren. Passivere Strategien, wie den Text zu markieren oder zu kopieren sind hingegen weniger effektiv, weil die Lernenden weniger über das Material nachdenken (vgl. Van Blerkom et al., 2006, S. 12).

Den Einfluss verschiedener Lernstrategien beim Einsatz des gleichen Mediums untersuchten auch Fiorella et al. (2020). Statt eines Textes wenden sie die Strategien jedoch auf das Medium Lernvideo an. Dabei sollte eine Gruppe nach dem Video erklären, welche Informationen sie erhalten hat, die zweite Gruppe malte und die dritte Gruppe schaute das Video ein zweites Mal. Es zeigt sich, dass die Gruppe, welche die Informationen erklären musste im Wissenstest zu Erinnerungs- und Transferwissen signifikant besser abschnitt als die anderen beiden Gruppen (vgl. Fiorella et al., 2020, S. 23).

Trotzdem funktionieren diese Lernstrategien nicht unbedingt bei allen Medien gleich gut. So kann zum Beispiel Zeichnen beim Lernen mit Texten oder Lernvideos eine effektive Strategie sein, jedoch bei komplexen visuellen Lerninhalten eher suboptimal sein (vgl. Fiorella et al., 2020, S. 28; Fiorella & Mayer, 2021, S. 347; Ploetzner & Fillisch, 2017).

Um den Einsatz dieser Lernstrategien auch in anderen Lernsituationen zu testen, wurden daher Studien zu Lerneinheiten mit Desktop Anwendungen, Computerspielen oder auch VR- Einheiten durchgeführt. So führten beispielsweise Fiorella and Mayer (2012) ein Experiment mit einem Computerspiel zum Lernen von elektrischen Schaltungen durch. Dabei erhielt eine Gruppe zusätzlich zum Computerspiel papierbasierte Aufgaben, die sie währenddessen lösen mussten. Es zeigt sich, dass diese Gruppe in den abschließenden Tests signifikant besser abschnitt, als die Kontrollgruppe (vgl. Fiorella & Mayer, 2012, S. 1074–1082). Ähnliche Ergebnisse erhielten auch Pilegard und Mayer (2016). Die Gruppe, welche nur das Computerspiel spielte, schnitt besonders bei Transferaufgaben zur Problemlösung schlechter ab als die Lernenden, welche zusätzlich ein Arbeitsblatt bearbeiteten (vgl. Pilegard & Mayer, 2016, S. 21). Dieser positive Einfluss der generativen Lernstrategien auf das Wissen zeigt sich besonders auch bei der Nutzung von VR-Anwendungen (vgl. Klingenberg et al., 2020, S. 2125–2129; Makransky et al., 2021, S. 719–735; Yang & Wang, 2021, S. 648). Außerdem hat die zusätzliche Nutzung einer generativen Lernstrategie im Bereich der VR keinen negativen Einfluss auf die Motivation der Lernenden (vgl. Klingenberg et al., 2020, S. 2127; Parong & Mayer, 2018a, S. 793). Der Forschungsstand zum Lernen mit Virtual Reality wird im Kapitel 3.2 weiter ausgeführt.

Weitere Studien im Bereich der generativen Lernstrategien weisen außerdem darauf hin, dass unterschiedliche kognitive Voraussetzungen und damit auch das Alter einen Einfluss auf die Effektivität bei der Nutzung einer generativen Lernstrategie hat (vgl. Breitwieser & Brod, 2021, S. 267). Daher untersucht Brod (2021) die Effektivität von sechs generativen Lernstrategien nach Alter. Dies ergab, dass die sechs getesteten generativen Lernstrategien (abbilden, erklären, voraussagen, Fragen stellen, testen

und zeichnen) alle effektiv bei Studierenden sind. Die Effektivität bei jüngeren Lernenden ist hingegen gemischt. Manche Strategien wie das Testen und Voraussagen scheinen schon in der Grundschule effektiv zu sein, während andere, wie malen oder Fragen stellen, eher ineffektiv sind (vgl. Brod, 2021, S. 1298).

Zusammenfassend wurden bereits einige Studien zu verschiedenen Lernstrategien durchgeführt und auch mit unterschiedlichen Medien untersucht. Eine Mehrheit der Studien zeigt einen positiven Einfluss von Lernstrategien auf den Lernerfolg, auch wenn einige Strategien für manche Medien besser oder schlechter geeignet sind. Außerdem verursachen Lernstrategien eine zusätzliche kognitive Belastung, aber unterstützen die Lernenden bei der Konstruktion von Informationen und Integration von Wissen ins Langzeitgedächtnis (vgl. Paas & Sweller, 2021, S. 79–80; Sweller et al., 1998, S. 262–265). Das wird im folgenden Kapitel besonders im Bereich der VR deutlich, weil die Lernenden meist keine Unterschiede bei der Motivation, Spaß oder Interesse aufzeigen.

## 3 Immersive Medien

### 3.1 Definition von immersiven Medien

„Immersion ist zuallererst ein Phänomen des Erlebens und kein Merkmal eines Gerätes und bezieht sich auf die Erfahrung, die Aufmerksamkeit auf eine bestimmte Welt auszurichten“ (Kerres et al., 2022, S. 314). „Sie bezeichnet dabei das Gefühl, sich selbst sowie eigene Handlungen in einem digital erzeugten Raum zu verorten“ (Hartmann & Bannert, 2022, S. 375). Immersive Medien sind demnach „technologiegestützte Anwendungen, die es Lernenden ermöglichen, einen digital erzeugten Raum realitätsnah zu erleben“ (Hartmann & Bannert, 2022, S. 375). So arbeiten Hartmann und Bannert (2022) das Alleinstellungsmerkmal immersiver Medien heraus und sagen, dass es bei immersiven Medien darum geht, „räumlich-situative bzw. episodische Informationen innerhalb einer virtuellen Umgebung darzustellen“ (Hartmann & Bannert, 2022, S. 386).

Jedoch gibt es neben der Realität und der virtuellen Realität, als extreme Formen der Darstellung, auch weitere Formen und Begriffe, welche zu den immersiven Medien gehören. In der wissenschaftlichen Literatur wird dabei häufig auf die Einordnung durch das Reality-Virtuality-Kontinuum nach Milgram zurückgegriffen (vgl. Milgram et al., 1995, S. 283).

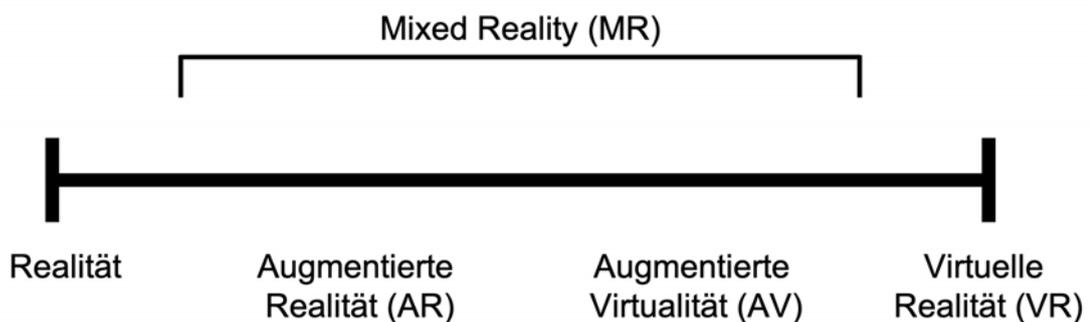


Abbildung 4: Reality-Virtuality-Kontinuum  
(eigene Darstellung nach Milgram et al. 1995 S. 283)

Die Abbildung zeigt, dass die virtuellen und realen Anteile an einem Bild sich unterscheiden können und es einen fließenden Übergang zwischen den verschiedenen Begriffen gibt. Als übergreifende Bezeichnung, welche alle Formen zwischen Realität und virtueller Realität beschreibt, ist Mixed Reality (MR) gebräuchlich (vgl. Dörner et al., 2019, S. 12; Milgram et al., 1995, S. 283).

Von AR wird dabei so lange gesprochen, wie die realen Anteile in der Darstellung überwiegen (vgl. Dörner et al., 2019, S. 11). Das heißt, dass die reale Welt mit computergenerierten Darstellungen überdeckt beziehungsweise mit zusätzlichen Informationen über mobile Endgeräte angereichert wird, wie es zum Beispiel bei dem Spiel Pokémon GO funktioniert. Außerdem gibt es die Möglichkeit, durch die Kamerafunktion des Smartphones, weitere Informationen zu realen Gebäuden einzublenden (vgl. Angele, 2020, S. 3; Tulodziecki et al., 2021, S. 91). In der Wissenschaft hat sich die Definition nach Azuma (1997) etabliert:

*„Augmented Reality (AR) is a variation of Virtual Environments (VE), or Virtual Reality as it is more commonly called. [...] AR allows the user to see the real world, with virtual objects superimposed upon or composited with the real world. Therefore, AR supplements reality, rather than completely replacing it“ (Azuma, 1997, S. 2).*

Der Begriff der Virtual Reality ist hingegen nicht einheitlich definiert. Zudem werden häufig die Begriffe von VR, AR, MR oder XR unterschiedlich definiert und gebraucht, sodass es keine einheitliche Bedeutung dieser Realitäten gibt. In der Literatur ist daher immer zunächst zu prüfen, wie der jeweilige Autor oder die Autorin die Begriffe verwendet (vgl. Dörner et al., 2019, S. 22–23).

Die virtuelle Realität (VR) wird dabei meist als computergenerierte Welt beschrieben, die für den Menschen durch die Ansprache von verschiedenen Sinnen möglichst real erscheint, obwohl alle Inhalte der Welt virtuell erschaffen sind. Außerdem kann der Mensch diese Welt in Echtzeit mitgestalten und verändern (vgl. Angele, 2020, S. 3; Boud et al., 1999, S. 32; Dörner et al., 2019, S. 22–25; Tulodziecki et al., 2021, S. 91; Wilson, 1997, S. 1058).

In der Literatur wurde dazu unter anderem auch der Begriff der Präsenz eingeführt. Das Konzept der Präsenz „bezieht sich in einem weiten Sinne auf das Gefühl, sich innerhalb der virtuellen Umgebung zu befinden, die von einem immersiven VR-System dargestellt wird („being there““ (Dörner et al., 2019, S. 19). Dazu gehört auch die Beschreibung des Grades an Immersion. So haben VR-Darstellungen mit einem Head-Mounted-Display (HMD) oder Cave Automatic Virtual Environment (CAVE) einen höheren Grad von Immersion als VR, welche über einen Desktop oder Tablet genutzt wird (vgl. Dörner et al., 2019, S. 14–15; Hartmann & Bannert, 2022, S. 375; Makransky & Petersen, 2021, S. 939; Mayer & Fiorella, 2021, S. 498–509). Das HMD ist dabei ein Bildschirm, der am Kopf der Nutzenden und nah an den Augen befestigt wird. So entscheiden die Bewegungen des Kopfes über das Sichtfeld und durch Eingabegeräte

kann die Person sich in der digitalen Umgebung bewegen und handeln (vgl. Hartmann & Bannert, 2022, S. 375). Dies ist zudem das Unterscheidungskriterium zu 360°-Bildern. Denn nur in Szenarien, welche unter dem Begriff der Mixed Reality zusammengefasst sind, kann man die Welt selbstbestimmt zum Beispiel mit einem Avatar erkunden oder „mit Hilfe einer VR-Brille selbst als Avatar in die Szenerie eintauchen, sich bewegen und dort interagieren“ (Angele, 2020, S. 3).

Auch für Ausgabegeräte wurden daher zunächst von Slater und Wilbur (1997) vier technischen Eigenschaften beschrieben, die für Immersion erforderlich sind. Diese wurden anschließend von beispielsweise Buchner und Aretz (2020) sowie Dörner et al. (2019) übernommen (vgl. Buchner & Aretz, 2020, S. 199; Dörner et al., 2019, S. 14; Slater & Wilbur, 1997, S. 3).

- „Inclusive: Die Sinneseindrücke des Menschen sollen ausschließlich durch den Computer generiert werden, die Nutzenden sind isoliert von der realen Umwelt.
- Extensive: So viele Sinneseindrücke wie möglich werden angesprochen.
- Surrounding: Die virtuelle Welt soll die Nutzenden vollständig umgeben und nicht nur auf ein enges Sichtfeld beschränkt sein.
- Vivid: Lebendige Darstellung der Realität in der VR, z.B. Auflösung, Farben, auditive Elemente etc.“ (Buchner & Aretz, 2020, S. 199).

Das Ziel der Darstellung von Inhalten in der virtuellen Realität ist also, den höchstmöglichen Grad an Immersion zu erreichen. Dies können VR-Displays wie HMDs oder CAVEs auch weitestgehend gut umsetzen, denn VR-Brillen verwenden eine geschlossene Bauform, um die Nutzenden komplett von der Umwelt zu trennen und nur die virtuellen Inhalte zu präsentieren. Anhand von Fragebögen kann dann die Präsenz und damit der Grad der Immersion gemessen werden. VR-Anwendungen, die auf einem Desktop dargestellt werden, sind hingegen eine weniger immersive Erfahrung und stellen daher keine virtuelle Realität dar, in die ein Mensch eintauchen kann. Außerdem gibt es preiswertere Alternativen, welche kein eigenes Display verwenden. Diese VR-Brille aus Pappe heißt Cardboard. In diesem Fall wird ein Smartphone in die Brille eingesetzt und dieses Display verwendet. Zusätzlich werden in die Brille zwei Linsen eingesetzt, welche die Optik verbessern (vgl. Dörner et al., 2019, S. 15, S. 20, S. 170-172).

## 3.2 Forschungsstand zum Lernen mit immersiven Medien

Eines der wichtigsten Modelle im Rahmen des Lernens mit immersiven Medien ist das „Cognitive Affective Model of Immersive Learning“ von Makransky und Petersen (2021). Dieses Modell beschreibt den Einfluss der Eigenschaften von VR sowie sechs affektive und kognitive Faktoren auf das Lernergebnis. Als Eigenschaften der VR zählen dabei das Präsenzerleben (Presence) und die Handlungsfähigkeit (Agency). Aus diesen Eigenschaften resultieren die sechs Faktoren Interesse, intrinsische Motivation, Selbstwirksamkeit, Embodiment, kognitive Belastung und Selbstregulation, welche auf die Ergebnisse des Lernens einwirken. Dabei geht das Wissen, wie bereits bei der Theorie des generativen Lernens beschrieben, über das einfache Faktenwissen hinaus. Das Lernergebnis bezieht sich daher neben dem deklarativen Wissen auch auf prozedurales Wissen, konzeptuelles Wissen und Transferwissen (vgl. Makransky & Petersen, 2021; Schäfer et al., 2023, S. 4–5).

Diese Einflussfaktoren und die Nutzung von immersiven Medien zum Lernen wurden daher bereits in verschiedenen Feldern erprobt und untersucht. So wurden auch im universitären und Hochschulkontext virtuelle Lernszenarien für Lehr-Lern-Kontexte entwickelt. Lehramtsstudierende sollen so die Nutzungsmöglichkeiten von virtuellen Szenarien im Unterricht vorab kennenlernen und Berührungsängste abbauen (vgl. Angele, 2020, S. 6). Dabei sollen die virtuellen Lernszenarien den Unterricht ergänzen und Erfahrungen bieten, die in der Realität nicht möglich sind, komplexe Themen darstellen und einen Anwendungsbezug herstellen. Anschließend können die Informationen aus der virtuellen Welt themen- und inhaltsbezogen reflektiert werden (vgl. Angele, 2020, S. 11; Hartmann & Bannert, 2022, S. 374; Jenewein et al., 2009, S. 303–304).

Verschiedene Studien zeigen, dass virtuelle Realitäten in unterschiedlichen Kontexten den Lernerfolg steigern können (vgl. Schweiger et al., 2022, S. 20). Dabei hat die Nutzung von VR nicht nur einen positiven Einfluss auf das Wissen, sondern auch auf das Interesse (vgl. Petersen et al., 2020, S. 2111). Folglich sind Menschen, unabhängig vom Alter, grundsätzlich eher positiv gestimmt, motiviert und zufrieden, wenn sie diese Technologie zum Lernen nutzen (vgl. Buchner, 2022, S. 702–703). Besonders bei Schüler:innen kann der Einsatz von AR und VR einen positiven Einfluss auf die Medienkompetenz haben. So lernen die Schüler:innen im Sinne der Medienkunde die neue Technologie sowie deren Funktionsweisen kennen und lernen durch die Mediennutzung den Umgang mit dieser. Außerdem lernen und erfahren sie die Anwendungsmöglichkeiten, welche sich im Lernumfeld und im Alltag bieten und werden ermutigt, diese kritisch zu hinterfragen (vgl. Schweiger et al., 2022, S. 20).

Schweiger et al. (2022) fassen zusätzlich drei Arten von Wissen zusammen, welche durch den Einsatz von AR und VR im schulischen Kontext gefördert werden:

- 1) „das Erlernen von prozeduralem Wissen bzw. Problemlösungsmethoden und -techniken
- 2) das Erlernen von deklarativem Wissen über Konzepte, Zustände, Ereignisse und rechtliche Beziehungen, wie z. B. physikalische Abstraktionen
- 3) das Erlernen strategischen Wissens wie das Abwägen und Reflektieren von Aktionen und Strategien in AR/VR-Spielen“ (Schweiger et al., 2022, S. 19).

Diese verschiedenen Arten von Wissen werden in den unterschiedlichsten Studien und Experimenten untersucht. Der Überblick von Parong (2021) fasst mehrere Studien zusammen, welche Lerneinheiten mit VR bis nicht immersiven Medien vergleichen. Der durchschnittliche Lernerfolg ist dabei klein, aber eine geringe Mehrheit zeigt einen höheren Lernerfolg bei VR als in den Kontrollgruppen (vgl. Parong, 2021, S. 499–501). Außerdem ist zu beobachten, dass sich eine Mehrzahl der Studien mit naturwissenschaftlichen Fächern wie Physik, Mathematik und Biologie beschäftigt. Die Studienteilnehmenden sind zudem meist Erstnutzende, welche vor dem Experiment noch keine AR/VR-Brille genutzt haben (vgl. Schweiger et al., 2022, S. 9–10). Des Weiteren ist festzuhalten, dass in einer Vielzahl von Studien die Kontrollgruppen fehlen oder der Untersuchungszeitraum zu gering ist (vgl. Schweiger et al., 2022, S. 19). Hartmann und Bannert (2022) geben zudem an, dass die Effekte von immersiven Medien auf die Lernenden von dessen/deren Vorstellungsvermögen abhängig ist. Demnach gehen sie davon aus, dass immersive Medien keinen zusätzlichen Lerneffekt für Lernenden haben, welche in der Lage sind, sich räumlich-situative Inhalte auch ohne Repräsentation vorzustellen (vgl. Hartmann & Bannert, 2022, S. 387).

Trotzdem und gerade deshalb müssen die Effekte von immersiven Medien auf Lernende weiter betrachtet werden, denn AR und VR können zum Beispiel traditionelle Lehrmedien wie Schul- und Arbeitsbücher gut ersetzen. Außerdem können die Schüler:innen individuell lernen und das Lerntempo und die Schwierigkeit der Aufgaben an den Wissensstand angepasst werden (vgl. Schweiger et al., 2022, S. 19).

Viele Studien vergleichen dazu verschiedene Medien und untersuchen die Lernergebnisse nach der Präsentation des gleichen Inhaltes durch die verschiedenen Medien. Sie stellen fest, dass die VR-Gruppen jeweils mehr Spaß, Motivation und Interesse haben sowie höhere Werte bei der Präsenz aufweisen als Gruppen, welche weniger immersive Medien nutzen. Die 2D-Video oder Text-Gruppen haben zudem schlechtere wahrgenommene Lernergebnisse und geringere Werte im Wissenstest als die VR-Gruppen (vgl. Klingenberg et al., 2020; Lajoie, 2021; Makransky et al., 2021; Mak-

ransky & Lilleholt, 2018; Makransky & Mayer, 2022; Parong & Mayer, 2018a, S. 792–793; Stepan et al., 2017; Villena Taranilla et al., 2022; Zhao et al., 2020). Übergreifend wurde daher festgestellt, dass sich HMDs positiv auf die Lerneinstellung und Lernwahrnehmung auswirken. Besonders für Schüler:innen zeigt die Metaanalyse von Maas und Hughes (2020), dass Teilnehmende bei der Nutzung von VR oder AR höhere Motivation und mehr Engagement aufweisen. Jedoch sind die Ergebnisse der tatsächlichen Lernleistungen gemischt (vgl. Maas & Hughes, 2020, S. 239–141). Kaplan (2021) geht sogar davon aus, dass das Forschungsgebiet zu disparat ist, um genau zu bestimmen, welche Faktoren zu einem besseren Trainingstransfer von VR und AR beitragen (vgl. Kaplan et al., 2021, S. 725). Auch Stepan et al. (2017) kann keinen signifikanten Unterschied beim Lernerfolg zwischen den Gruppen mit und ohne VR-Einsatz feststellen. Jedoch hatten auch hier die VR-Gruppen ein signifikant besseres Lernerlebnis (vgl. Stepan et al., 2017, S. 1010–1011). Zusätzlich zeigt sich, dass Faktoren der Lernimplementierung und des Forschungsdesigns einen Einfluss auf den Lernerfolg haben können. Insbesondere HMDs sind durchaus in der Lage das Wissen und die Fähigkeiten der Lernenden zu steigern und aufrechtzuerhalten (vgl. B. Wu et al., 2020, S. 1992; Zinchenko et al., 2020, S. 6). Die Metaanalyse von Wu et al. (2020) zeigt zudem, dass der Einfluss von HMDs auf den Lernerfolg im primären und sekundären Bildungsbereich höher ist als der im tertiären Bildungsbereich. HMDs haben demnach einen größeren Einfluss als Vorlesungen, aber HMDs kombiniert mit realen Übungen haben den größten Einfluss auf den Lernerfolg (vgl. B. Wu et al., 2020, S. 2022).

Trotzdem ist die Idee der Medienvergleich-Studien kritisch zu betrachten. Denn ein Medium ist nicht unmittelbar lernförderlich oder gewährleistet eine effektivere Informationsverarbeitung als andere Medien. Es sind eher bestimmte Medienmerkmale, die spezifische Informationsverarbeitungsprozesse unterstützen oder hemmen (vgl. R. E. Clark, 1983, S. 445–447; Hartmann & Bannert, 2022, S. 376; Mayer, 2019, S. 153). Außerdem haben weitere Faktoren, wie beispielsweise die Methode, einen Einfluss auf den Lernerfolg (vgl. Buchner, 2022, S. 702). So kann ein Training vor dem Experiment (pre-training) das Erinnerungs- und Transferwissen bei der Anwendung von VR steigern, während es bei der Anwendung weniger immersiver Medien keinen Einfluss hat (vgl. Meyer et al., 2019, S. 8–10). Diese Ergebnisse unterstützen die Cognitive-Load-Theory (vgl. Kapitel 2.3) und zeigen, dass beim Lernen mit immersiven Medien eine höhere kognitive Belastung für die Lernenden vorliegt. Denn vor allem für Erstnutzende ist das Lernen mit VR kognitiv anspruchsvoll (vgl. Meyer et al., 2019, S. 10–12). „Besonders bei geringen Vorkenntnissen droht eine „kognitive Überlastung“ des Lernenden, da der Lernprozess selbst bereits die Kapazitäten beansprucht, die für die Orientierung und gelungene Anwendung von Lernhilfen benötigt werden“ (Jenewein et al., 2009, S. 304). Daher sind Pre-Trainings sinnvoll, um diese kognitive Belastung zu verringern (vgl. Meyer et al., 2019, S. 10–12; Petersen et al., 2020, S. 2109).

Neben dem Ziel der Reduzierung der externen kognitiven Belastung, können auch weitere Methoden genutzt werden, um den Lernprozess zu verbessern. Einen Überblick zu verschiedenen Methoden gibt Mayer (2021), indem er zwei weitere Ziele für das multimediale Lernen angibt. Dazu zählt die Unterstützung der wesentlichen Informationsverarbeitung und das generative Verarbeiten der Informationen. Zum Beispiel das Pre-Training zählt Mayer (2021) zur Unterstützung der wesentlichen Informationsverarbeitung. Zur Reduzierung der externen kognitiven Belastung schlägt er Methoden wie das Signalisierungsprinzip vor (vgl. Albus et al., 2021, S. 13; Mayer, 2021, S. 69). Die Methoden, um das generative Verarbeiten zu unterstützen, überschneiden sich mit den acht generativen Lernstrategien nach Fiorella and Mayer (vgl. Fiorella & Mayer, 2015, S. 14; Mayer, 2021, S. 69).

Ähnlich wie beim Pre-Training sind auch Studien, die generative Lernstrategien einbeziehen, besonders effektiv, wenn mit immersiven Medien wie einer VR-Brille gelernt wird. Lernstrategien wie "Zusammenfassen", "Lehren" und "Selbsttesten" haben einen positiven Einfluss auf den Lernerfolg der Teilnehmenden. Die jeweilige Kontrollgruppe, welche keine Lernstrategie nutzte, erreicht meist geringere Werte in den Wissenstest direkt nach dem Experiment sowie einige Wochen später (vgl. Klingenberg et al., 2020, S. 2129; Makransky et al., 2021, S. 719–735; Parong & Mayer, 2018a, S. 792–793; Yang & Wang, 2021, S. 648). Interaktionseffekte zwischen den Medien und Methoden deuten zudem darauf hin, dass beispielsweise die Lernstrategie "Lehren" in Form von Paarunterricht nur bei einer Lerneinheit mit VR-Brille einen Einfluss auf das Erinnerung- und Transferwissen hat, nicht aber bei einer VR-Lerneinheit am Desktop (vgl. Klingenberg et al., 2020, S. 2129).

Andere Ergebnisse weisen Elme et al. (2022) in ihrem Experiment nach. Der Vergleich von Wissen zeigt keinen Unterschied zwischen der Gruppe, welche sich nach einer VR-Einheit das Gelernte selbst erklärte und der Kontrollgruppe, welche keine Lernstrategie nutzte. Außerdem hatte die Gruppe, welche im Anschluss die Lernstrategie nutzte, eine höhere kognitive Belastung. Wie die Autoren selbst reflektieren, könnte dies jedoch an der deutlichen längeren Zeit liegen, in welcher die Lernenden den Unterricht absolvierten. Mit der VR-Nutzung über 45 Minuten ist der Zeitraum deutlich länger als bei den Studien, welche positive Einflüsse von VR und Lernstrategien auf Motivation und Lernerfolg. Außerdem weisen die Autor:innen darauf hin, dass die Lernstrategie des Selbsterklärens auf verschiedene Art und Weise durchgeführt werden kann. Es können sich demnach Unterschiede ergeben, je nachdem, ob zusätzlich Multiple-Choice, Lückentexte oder Diagramme zum Einsatz kommen (vgl. Elme et al., 2022, S. 14–20).

Des Weiteren zeigen Untersuchungen keinen Unterschied bei der Motivation bezüglich der Nutzung einer Lernstrategie. Die zusätzliche Nutzung einer generativen Lernstrategie hat demnach keinen negativen Einfluss auf die Motivation der Lernenden (vgl. Klingenberg et al., 2020, S. 2129; Parong & Mayer, 2018b, S. 792–793). Die Betrachtung weiterer Faktoren zeigt jedoch auch, dass Gruppen, welche eine Lernstrategie nutzen, eine immersive Lerneinheit als weniger nutzungsfreundlich einschätzen als die Kontrollgruppe (vgl. Buchner, 2022, S. 709). Außerdem kann ein Unterschied zwischen Männern und Frauen hinsichtlich der Zugänglichkeit bestehen. So stellt Buchner (2022) fest, dass männliche Studierende die Nutzung von AR für ihre eigenen Zwecke als zugänglicher empfinden als weibliche Studierende (vgl. Buchner, 2022, S. 710).

Zu den verschiedenen Inhalten, welche in VR präsentiert werden können, zählen auch Computer- oder Lernspiele (serious games). Diese Spiele können das Lernen und Trainieren sowohl bei Kindern als auch bei Erwachsenen fördern. Dabei zeigen die Nutzenden eine höhere Zufriedenheit und bessere Lernergebnisse. Auch bei einem wiederholten Test zu einem späteren Zeitpunkt erzielten die VR-Gruppen höhere Werte im Wissenstest. Zusätzlich war die VR-Gruppe engagierter und emotional involvierter, was das Erinnerungswissen positiv beeinflussen kann (vgl. Checa & Bustillo, 2020, S. 5514; Chittaro & Buttussi, 2015, S. 535–536; Feng et al., 2021, S. 550–551). Besonders das Ausfüllen eines Arbeitsblattes, also die Anwendung einer Strategie während des Spiels, steigert das Wissen der Nutzenden. Ein Arbeitsblatt vor dem Spiel hat hingegen keinen signifikanten Einfluss. Dies kann daran liegen, dass die Lernenden überfordert waren und die Informationen zu früh präsentiert wurden. Stattdessen scheint eine Unterstützung während der Lerneinheit sinnvoller, um die Lernergebnisse zu steigern (vgl. Pilegard & Mayer, 2016, S. 14–23).

Zusammenfassend ist daher festzuhalten, dass die Steigerung von Wissen und eine hohe Motivation bei Personen, die mit immersiven Medien lernen, bereits festgestellt werden konnte. Besonders die Nutzung einer Lernstrategie während einer Lerneinheit oder eines Lernspiels trägt zu höheren Werten im Wissen bei. Die Nutzung einer solchen zusätzlichen Aufgabe hat dabei keinen Einfluss auf die Motivation der Lernenden.

### **3.3 Anwendungsfelder von immersiven Medien**

Immersive Medien finden bereits in verschiedenen Branchen und Bereichen Anwendung. VR- und AR-Anwendungen erobern die Bildung, das Gesundheitswesen, Kultur, Handel sowie Industrie und ermöglichen den Nutzenden teilweise völlig neue Erfahrungen. Dabei steht nicht nur die Unterhaltung an erster Stelle, sondern auch die Einsparung von Material, CO<sub>2</sub> und das Training von Mitarbeitenden in realitätsnahen Situationen (vgl. Dörner et al., 2019, S. 39).

Besonders im Gesundheitswesen haben immersive Medien einen erheblichen Einfluss. VR kann verwendet werden, um verschiedene psychische Erkrankungen wie Phobien, Angstzustände und posttraumatische Belastungsstörungen zu behandeln, indem Patient:innen in einer kontrollierten und sicheren Umgebung virtuellen Simulationen ihrer Auslöser ausgesetzt werden (vgl. Dörner et al., 2019, S. 11; Wiebe et al., 2022, S. 22–23). Ebenso kann VR zur Physiotherapie von Patient:innen eingesetzt werden, die sich von Verletzungen oder Operationen erholen. Dabei werden sie mithilfe von VR durch körperliche Rehabilitationsübungen geführt, um ihnen dabei zu helfen, ihre Kraft und Mobilität wiederzuerlangen (vgl. Brepohl & Leite, 2022, S. 15–17). Aktuelle Forschungen an der Universität in Colorado zeigen außerdem, dass VR-Brillen Patient:innen bei Operationen unterstützen können. Durch das Aufsetzen der VR-Brille werden die Patient:innen in eine digitale Welt versetzt, sodass auch mit weniger Beruhigungsmitteln die Angst nicht anstieg. So können besonders gefährdete Patient:innen wie ältere oder schwächere Menschen geschützt werden indem sie auch während der Operation ansprechbar bleiben (vgl. Sauer, 2022).

Darüber hinaus kann VR zum Training von medizinischem Personal eingesetzt werden. Besonders im Studium oder der Ausbildung werden die Lernenden so unterstützt, das medizinische Wissen zu erlangen und den Kontakt zu Patient:innen zu erlernen. In virtuellen Behandlungszimmern kann das Personal den Umgang mit Patient:innen üben und Fehler frühzeitig erkennen, um die Sicherheit am Arbeitsplatz zu gewährleisten. Außerdem trainiert und plant ärztliches Fachpersonal Operationen, ohne Patient:innen in Gefahr zu bringen (vgl. Azuma, 1997, S. 3–4; Dörner et al., 2019, S. 11; Ekstrand et al., 2018, S. 103–108; Schlegel & Weber, 2019, S. 182–186). Ein aktuelles Beispiel ist das Projekt „VRmed – Virtual Reality in der medizinischen Lehre“, welches 2018 bis 2021 die Einsatzmöglichkeiten von VR zum Lehren und Lernen an der medizinischen Fakultät der Universität Leipzig untersuchte. In ihrem Bericht greifen die Autoren detailliert noch weitere Anwendungsmöglichkeiten und Chancen von VR in der medizinischen Lehre auf. Außerdem werden weitere VR-Projekte an anderen deutschen medizinischen Fakultäten sowie europaweit vorgestellt. Der Abschluss des Berichts zeigt, dass der Einsatz von VR-Anwendungen in der Lehre zukünftig sinnvoll und denkbar ist, um Wissen zu vermitteln und mittels Simulationen den Studierenden frühzeitig medizinische Praxis zu ermöglichen (vgl. Lachky et al., 2021).

Aber nicht nur im medizinischen Kontext können Menschen mithilfe von VR und AR lernen. Immersive Medien können Lernenden generell interaktive und ansprechende Lernerfahrungen bieten, die sowohl Spaß machen, als auch lehrreich sind. So kann VR im schulischen Kontext verwendet werden, um realistische Simulationen zu erstellen, die es den Schüler:innen ermöglichen, verschiedene Umgebungen und Situationen zu erleben. Auf diese Weise können sie historische Stätten, wissenschaftliche Konzepte und mehr erleben und erkunden, ohne das Klassenzimmer zu verlassen. So wird das

Wissen über historische Ereignisse und Kulturen immersiv und interaktiv aufbereitet und weitergegeben (vgl. Kaplan-Rakowski & Meseberg, 2019, S. 149; Makransky & Mayer, 2022, S. 1785–1786; Villena Taranilla et al., 2022, S. 612–614). Aber nicht nur Wissen, sondern auch praktische Fähigkeiten können mithilfe von immersiven Medien erlernt werden. VR kann beispielsweise Schüler:innen dabei helfen, das öffentliche Reden zu üben, wodurch sie Selbstvertrauen gewinnen und ihre Fähigkeiten in einer unterstützenden und nicht bedrohlichen Umgebung entwickeln (vgl. Schmid Mast et al., 2018, S. 131). Zusätzlich können immersive Medien traditionelle Lernmaterialien wie Lehrbücher und Vorlesungen teilweise ersetzen und vor allem verbessern. Denn die interaktiven Elemente können helfen, Konzepte und Ideen zu erklären. Außerdem können Lernende in immersiven Lernumgebungen direkt oder auch mittels Avataren Lernaktivitäten in virtuellen Räumen durchführen und zum Beispiel Laborexperimente oder digitale Spiele als Lernmethode anwenden (vgl. Herzig, 2020, S. 22). An verschiedenen Universitäten werden zudem ganze Vorlesungen in VR angeboten, wie auch am Campus der Technischen Universität München in Heilbronn (vgl. Wuttke, o.D.).

Immersive Medien verändern auch die Art und Weise, wie wir Unterhaltung erleben und bieten Nutzenden neue und aufregende Möglichkeiten, mit Medieninhalten zu interagieren. VR und AR werden verwendet, um immersive Spielerlebnisse zu schaffen, die es Spielenden ermöglichen, virtuelle Welten zu betreten und mit digitalen Objekten in Echtzeit zu interagieren. Darüber hinaus wird VR verwendet, um immersive Erlebnisse in anderen Unterhaltungsbereichen wie Filmen und Musik zu schaffen und dem Publikum ein neues Maß an Engagement und Interaktion zu bieten. Beispielsweise können Nutzende in Simulationen Achterbahn oder ICE fahren. Aber auch Abenteuerspiele in fantastischen Welten oder das Besuchen von historischen Städten dient der Unterhaltung (vgl. Dörner et al., 2019, S. 11). Online finden sich mittlerweile eine Vielzahl von Angeboten, um Filme oder Videos mit der VR-Brille zu schauen, Spiele zu spielen, sich in sozialen Netzwerken auszutauschen und mit dem eigenen Avatar die digitalen Möglichkeiten zu erleben. Verschiedene Unternehmen entwickeln Spiele, produzieren VR-Angebote und schaffen auch Anwendungen, welche es Nutzenden ermöglichen selbst immersive Projekte zu entwickeln und umzusetzen (vgl. Dauerer, 2018).

Auch im kulturellen Bereich steigt die Anwendung von immersiven Medien. Durch den Einsatz von VR können zum Beispiel Museen Besucher:innen ein immersives und interaktives Erlebnis bieten, das es ihnen ermöglicht, Ausstellungen und kulturelle Artefakte auf eine neue und aufregende Weise zu erkunden. Eine der wichtigsten Möglichkeiten, wie VR dabei eingesetzt wird, sind virtuelle Ausstellungen. Auf diese Weise können Besucher:innen Ausstellungen und kulturelle Artefakte in einer digitalen Umgebung erkunden, was im wirklichen Leben nicht nachgebildet werden kann. In solchen virtuellen Ausstellungen können Museen Artefakte und kulturelle Schätze aus

der ganzen Welt präsentieren, sodass Besucher:innen nicht an jeden Ort einzeln reisen müssen. Außerdem können sie VR nutzen, um Artefakte und Kulturschätze digital zu bewahren, die andernfalls aufgrund von Zeit, Verwitterung oder anderen Faktoren verloren gehen könnten. Durch die Bewahrung dieser Artefakte in einer digitalen Umgebung können Museen sicherstellen, dass sie für zukünftige Generationen erhalten bleiben, damit sie sich daran erfreuen und daraus lernen können. Des Weiteren können Ausstellungen durch interaktive Elemente verbessert werden. Sie helfen Besucher:innen, die ausgestellten Artefakte und kulturellen Schätze besser zu verstehen und sich mit ihnen auseinanderzusetzen. Beispielsweise können Museen VR verwenden, um interaktive Simulationen zu erstellen, um alte Zivilisationen zu erkunden oder zu sehen, wie kulturelle Artefakte in ihrem ursprünglichen Kontext verwendet wurden (vgl. Angele, 2020, S. 3; Zobel et al., 2018, S. 137). So kann zum Beispiel das Anne-Frank Haus in Amsterdam virtuell entdeckt werden, der Louvre stellt verschiedene virtuelle Touren auf der Website zur Verfügung und auch das Deutsche Museum in Berlin bietet Vorort VR-Erfahrungen an (vgl. Anne Frank Haus, 2018; Deutsches Museum, o.D.; Louvre, o.D.).

Ebenso werden immersive Medien in der Industrie eingesetzt und bieten Ingenieuren und Designern neue und innovative Möglichkeiten, Produkte zu visualisieren und zu erstellen. VR kann verwendet werden, um Produkte zu simulieren, sodass Ingenieure Designs in einer virtuellen Umgebung testen und verfeinern können, bevor sie im wirklichen Leben gebaut werden (vgl. Azuma, 1997, S. 5–7; Dörner et al., 2019, S. 10). Darüber hinaus können immersive Medien in der beruflichen Bildung genutzt werden, um Arbeitsprozesse, Maschinen und verschiedene äußere Faktoren zu simulieren. So können Auszubildende an Anlagen geschult werden, ohne dass die Geräte tatsächlich vorhanden sein müssen und minimieren zudem das Risiko, dass die Maschine kaputt geht, stillsteht oder sich jemand verletzt. Nach der Ausbildung kann auch während der Arbeit zum Beispiel AR die Arbeitenden in der Fabrikhalle unterstützen, indem eine Brille virtuelle Anweisungen und Anleitungen ausgibt, während die Produkte montiert und hergestellt werden (vgl. Zobel et al., 2018, S. 137). Ein Beispiel im Bereich der Ausbildung ist dabei das Lernspiel „MARLA – Masters of Malfunction“. Auszubildende der Metall- und Elektrotechnik erlernen damit die verschiedenen Schritte der Fehlerdiagnose an einer vollständigen Offshore-Windenergieanlage (vgl. Spangenberger et al., 2021). Einen ähnlichen Ansatz verfolgt auch das Projekt „LAARA“ (Lernen, Informieren und kompetent Agieren mit Augmented Reality im Arbeitsprozess). Dabei sollen angehende Fachkräfte mithilfe von AR-Anwendungen den Arbeitsprozess erlernen, wie eine Maschine für den Biegeprozess von Metallrohren gerüstet wird (vgl. Menzel et al., 2022, S. 161–162).

Immersive Medien verändern auch die Art und Weise, wie wir einkaufen, und bieten Kunden neue und innovative Möglichkeiten, Produkte vor dem Kauf zu erleben. AR

kann verwendet werden, um Kunden virtuelle Produktdemonstrationen und Anproben zu bieten, sodass sie vor dem Kauf in Echtzeit sehen können, wie Produkte aussehen. Beispielsweise können Möbelhändler ihren Kunden mit AR zeigen, wie Möbel in ihrem Zuhause aussehen werden, bevor sie diese kaufen (vgl. Wölfel & Reinhardt, 2019, S. 122). Ebenso können Besichtigungen von Immobilien erfolgen, die noch nicht gebaut sind und so Investoren dazu bewegen, ihr Geld in diese Immobilie zu investieren (vgl. Schiefer & Paul, 2022, S. 487–489). Auf der anderen Seite können auch hier Auszubildende dieser Branche geschult werden und zum Beispiel die Wohnungsabnahme durch ein Rollenspiel trainieren. So werden die Handlungskompetenzen von Immobilienverwaltenden virtuell erlernt (vgl. Dyrna, 2022, S. 180–184).

Auch beim Thema Reisen bieten Immersive Medien neue Möglichkeiten. So können Interessierte bereits virtuelle Touren zu Reisezielen und Attraktionen erleben, bevor sie sie besuchen. VR kann verwendet werden, um virtuelle Rundgänge durch historische Stätten, Museen und andere Attraktionen zu erstellen, sodass Nutzende diese Orte erleben können, ohne tatsächlich dorthin reisen zu müssen. Darüber hinaus kann AR verwendet werden, um das Reiseerlebnis zu verbessern, indem Benutzer:innen Informationen über die Sehenswürdigkeiten und Geräusche bereitgestellt werden, denen sie begegnen, wenn sie neue Ziele erkunden (vgl. Moring et al., 2018, S. 90).

Nicht zuletzt finden immersive Medien auch im militärischen Bereich Anwendung. Besonders für die Einblendung von Navigationsdaten, Informationen zur Flugüberwachung oder für die Darstellung militärischer Ziele wird dies bereits seit mehreren Jahrzehnten mithilfe eines HMD umgesetzt. Jedoch können besonders AR-Anwendungen auch beim Zielen und Abfeuern von Waffen unterstützen. VR hingegen kann ähnlich wie zu Unterhaltungszwecken für Simulationen von militärischen Verkehrsmitteln, aber auch für Truppenübungen zum Training eingesetzt werden (vgl. Azuma, 1997, S. 9; Moring et al., 2018, S. 87; Zobel et al., 2018, S. 137). Ähnlich nutzt zum Beispiel auch die Hochschule der Polizei Rheinland-Pfalz ein VR-Training zur Aus-, Fort- und Weiterbildung von Polizeibeamt:innen. In den interaktiven Szenarien werden realistische Einsatzorte nachgestellt, sodass die Nutzenden in den Simulationen entscheiden und handeln können, wie sie es im realen Leben tun würden. So können auch hier Alltags- aber auch Extremsituationen in einem geschützten Raum trainiert werden (vgl. Gruner & Oppenhäuser, 2022, S. 279–281).

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass immersive Medien ein breites Anwendungsspektrum in verschiedenen Branchen und Bereichen haben. Von spaßigen Erlebnissen in der Kultur und Spielewelt, über lehrreiche Bildungsanwendungen in Schule und Industrie, bis hin zu lebenswichtigen Trainings im medizinischen und militärischen Sektor, verändern immersive Medien die Art und Weise, wie wir die Welt um uns herum erleben und mit ihr interagieren. Ob zur Erstellung virtueller Simulationen, zur Verbes-

serung von Lehrmaterialien oder zur Bereitstellung neuer und innovativer Einkaufserlebnisse – immersive Medien haben das Potential, viele Bereiche unseres Lebens zu revolutionieren.

### 3.4 Potentiale beim Lernen mit immersiven Medien

Das Potential der neuen Informations- und Kommunikationstechnologien besonders für das Lehren und Lernen, wurde bereits um 2000 erkannt. Durch digitale Medien werden eine aktive Teilhabe und interaktive Kommunikation der Lernenden möglich. Besonders im Bereich der immersiven Medien zeigen Lernende ein erhöhtes Engagement und erhöhte Motivation gegenüber klassischen Lernformaten. Der Neuigkeitswert, die Immersion und der praktische Bezug fördern diese positive Einstellung (vgl. Maas & Hughes, 2020, S. 239–241; Niedermeier & Müller-Kreiner, 2019, S. 1–2). Abbildung 5 zeigt zusammengefasst, welche Potentiale das Lernen mit immersiven Medien hat.

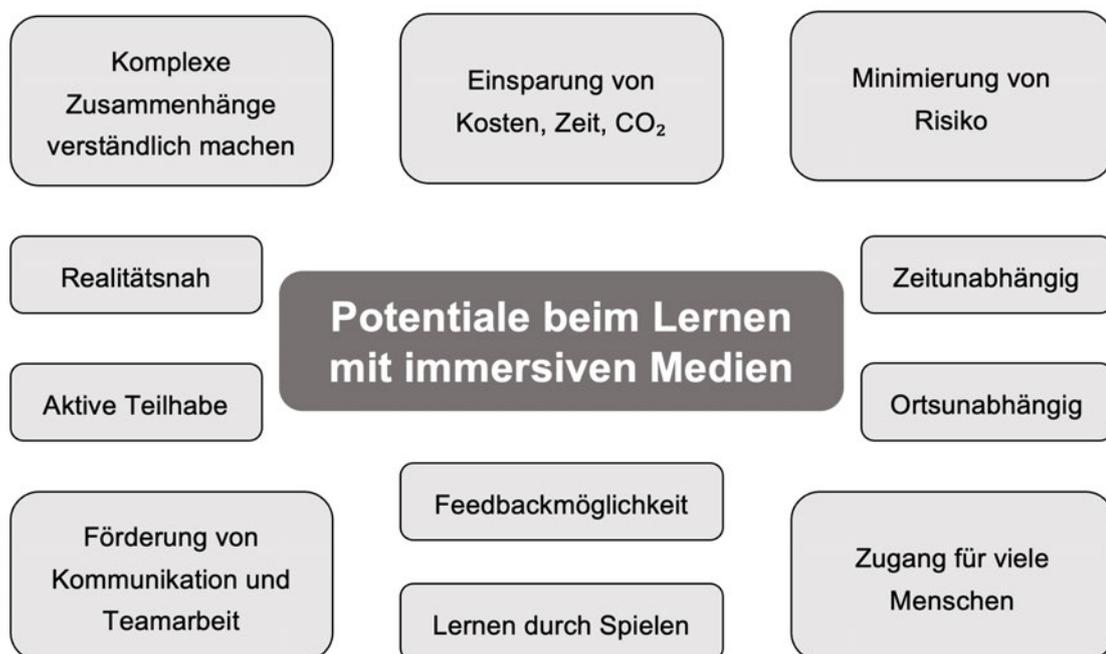


Abbildung 5: Potentiale beim Lernen mit immersiven Medien  
(eigene Darstellung)

Eine realitätsnahe Interaktion kann zum Beispiel durch Gesten- und Spracherkennung erfolgen (vgl. Niedermeier & Müller-Kreiner, 2019, S. 1–2). Die Nutzenden handeln also so, wie sie es auch in der realen Welt tun würden. Lernende können dadurch individuelle Handlungen sowie Arbeitsprozesse üben, ohne zum Beispiel reale Maschinen zu benötigen. Anschließend können sie das Gelernte in der realen Welt anwenden. Beispielsweise Verkehrssimulatoren können Lernende so auf die Arbeitswelt von Pi-

lot:innen, Zugführer:innen oder LKW-Fahrer:innen vorbereiten. Dabei wird durch die geringere Nutzung der Fahrzeuge Geld eingespart und die Umwelt durch weniger CO<sub>2</sub>-Ausstoß geschont (vgl. Dörner et al., 2019, S. 9–10; Niedermeier & Müller-Kreiner, 2019, S. 2; Zobel et al., 2018, S. 135). Ebenso können bei dem Einsatz von immersiven Medien bei der Entdeckung von entfernten Orten oder bei der Durchführung von chemischen Experimenten sowohl Emissionen als auch Kosten eingespart werden. Darüber hinaus ermöglichen immersive Medien den Lernenden, vor allem in der virtuellen Realität, Erfahrungen zu machen, die sonst zu gefährlich oder nicht zugänglich wären. Denn auch Extremsituationen, wie ein Flugzeugabsturz, Verhalten bei einem Erdbeben oder bei einem Unfall, können trainiert werden (vgl. Bailenson et al., 2008, S. 106–110; Dörner et al., 2019, S. 9; Schäfer et al., 2023, S. 12; Zender et al., 2022, S. 27). Durch die realitätsnahe räumliche Darstellung werden dabei Emotionen hervorgehoben und ein Lebensweltbezug hergestellt. Denn besonders Schüler:innen lernen auch durch Entdecken. Durch das Eintauchen in eine virtuelle Welt können die Lernenden subjektive Erfahrungen an einem Ort machen, ohne körperlich anwesend zu sein. Dies ermöglicht Orte zu entdecken und Erfahrungen zu machen, die die Lernenden sonst womöglich nicht erleben könnten (vgl. Angele, 2020, S. 11; Hartmann & Bannert, 2022, S. 374; Jenewein et al., 2009, S. 303–304). Dadurch wird das erlebnis- und handlungsbezogene Lernen gefördert (vgl. Schäfer et al., 2023, S. 12).

Diese Form von Entdecken, Erfahrungen und Training kann zusätzlich sowohl individuell als auch gemeinsam angewendet werden (vgl. Bailenson et al., 2008, S. 106–110; Zender et al., 2022, S. 27). Außerdem kann Lernen zeit- und ortsunabhängig „an nahezu allen (vernetzten) Orten, außerhalb institutionalisierter Prozesse, in informellen Lerngemeinschaften, in realen, erweiterten realen oder in virtuellen Räumen, im Kontext vernetzter digitaler Infrastrukturen stattfinden“ (vgl. Herzig, 2020, S. 22). Durch die verschiedenen Anwendungen lernen besonders Schüler:innen interaktiv und selbstständig zu arbeiten (vgl. Schäfer et al., 2023, S. 12). Außerdem ist der zeitgleiche Einsatz für ganze Lerngruppen oder Klassen möglich. Sogenannte Multi-User-Plattformen bieten dabei eine kollaborative VR-Lernumgebung und verbinden Lehrende und Lernende weltweit. Durch die virtuelle Welt wird zudem eine soziale Interaktion reproduziert (vgl. Matthes et al., 2021, S. 49; Zobel et al., 2018, S. 133–134).

Nicht nur für Schüler:innen, sondern für alle anderen Lernenden, ermöglichen die technischen Entwicklungen außerdem die Visualisierung von komplexen Informationen (vgl. Bailenson et al., 2008, S. 106–110; Zender et al., 2022, S. 27). Zum Beispiel durch die Darstellung und Funktionsweise einer Anlage wird das Verstehen komplexer Zusammenhänge unterstützt. Besonders Auszubildende und Studierende können ihren zukünftigen Beruf praxisnah lernen, Notfallsituationen proben und unterschiedliche

speziell abgestimmte Simulationen durchlaufen (vgl. Matthes et al., 2021, S. 49; Zobel et al., 2018, S. 135–136).

Generell wird eine größere Masse von Nutzenden durch die immersiven Medien erreicht, da mehrere Sinne angesprochen werden. Dabei ist der Zugang auch für physisch, sozial, kognitiv und im Verhalten beeinträchtigte Personen möglich (vgl. Cobb & Sharkey, 2007, S. 54–57). Neben medizinischen Anwendungen zur Angstbewältigung oder Physiotherapie haben diese Personengruppen außerdem die Möglichkeit durch VR-Anwendungen an verschiedenen Freizeitaktivitäten teilzunehmen (Yalon-Chamovitz & Weiss, 2008). Außerdem werden nicht barrierefreie Orte zugänglich und beispielsweise Schüler:innen können VR verwenden, um verschiedene Kulturen und Umgebungen zu erkunden (vgl. Schäfer et al., 2023, S. 12). Einschränkungen dieser Barrierefreiheit und weitere Grenzen werden in Kapitel 3.5 betrachtet.

Ein weiteres Potential beim Lernen mit immersiven Medien ist die Analyse der Daten und Feedbackmöglichkeit während der VR-Anwendung. So kann zum Beispiel während des Übens einer Rede das virtuelle Publikum Feedback geben. Durch den Trainer oder eine künstliche Intelligenz kann erkannt werden, ob die Rede gut oder schlecht ist. Daraufhin kann das Publikum in der virtuellen Welt Interesse oder Desinteresse zeigen. Eine weitere oder zusätzliche Möglichkeit ist, eine Rede vor neutralem Publikum zu halten und mithilfe einer Aufzeichnung die Daten im Anschluss zu speichern und zu analysieren. Neben dem Inhalt der Rede können dabei zum Beispiel der Augenkontakt oder mögliche Ablenkungen untersucht werden. Außerdem können bei anderen Trainings zum Beispiel besonders schwierige Aufgaben identifiziert werden (vgl. Schmid Mast et al., 2018, S. 131).

### **3.5 Grenzen beim Lernen mit immersiven Medien**

Neben den vielen Potentialen, welche immersive Medien beim Lernen bieten, existieren auch eine Reihe von Herausforderungen, potenzieller Probleme und damit Grenzen im Einsatz. Zender et al. (2022) haben dazu einzelne Bedenken und Risiken aus medizinischer, pädagogischer, didaktischer und technologischer Sicht erarbeitet und zusammengestellt (siehe Abbildung 6).



Abbildung 6: Grenzen beim Lernen mit immersiven Medien  
(eigene Darstellung nach Zender et al. 2022 S. 31–38)

Wie in Abbildung 6 aufgeführt, ist die teure und zeitaufwändige Entwicklung ein großes Problem beim Einsatz von immersiven Medien zum Lehren und Lernen. Die Schaffung eines qualitativ hochwertigen VR- oder AR-Lernerlebnisses erfordert eine erhebliche Investition an Ressourcen, einschließlich spezialisierter Software, Hardware sowie erfahrener Entwickler und Ersteller von Inhalten. Infolgedessen sind immersive Medien für viele Organisationen oder Bildungseinrichtungen zu teuer. Besonders Schulen sind häufig eher zurückhaltend, weil die institutionellen Rahmenbedingungen, hohe Anschaffungskosten und die Wartung der Geräte die Verantwortlichen abschrecken. Dazu gehören unter anderem auch der fehlende stabile Internetzugang sowie der Platzmangel bei der Verwendung in einer gesamten Klasse. Außerdem spielt auch die derzeit noch schnelle technologische Weiterentwicklung eine Rolle, weshalb heute angeschaffte Geräte, wie VR-Brillen, schon in wenigen Jahren wieder veraltet sein können (vgl. Lemcke & Lemcke, 2022, S. 358; Schäfer et al., 2023, S. 15–17; Zender et al., 2022, S. 36–37). Auch die günstigere Alternative, vorhandene Anwendungen für das Lehren und Lernen zu verwenden, kommt an ihre Grenzen. So sind die meisten Inhalte nur auf englisch verfügbar und damit für Menschen ohne ausreichende Sprachkenntnisse nicht oder nur schlecht nutzbar. Außerdem konzentrieren sich die VR-Anwendungen vorwiegend auf den westlichen Lebensraum und bieten damit noch kei-

ne ideale Lernumgebung für Personen, die zum Beispiel aufgrund ihrer Herkunft, andere Inhalte nutzen möchten. Nicht zuletzt sind viele immersive Anwendungen derzeit noch passiv aufgebaut, sodass die Inhalte zwar mit HMDs genutzt werden können, der Nutzende jedoch keine oder wenige Interaktionsmöglichkeiten hat (vgl. Zender et al., 2022, S. 36).

Welche Inhalte verfügbar sind, entscheiden dabei die Entwickelnden. Sie können entscheiden, was und wie die Inhalte präsentiert werden. Negative Stereotype oder Vorurteile, aber auch Fehlinformationen könnten so verstärkt werden. Besonders in der virtuellen Realität kann das zu Problemen führen, da die realitätsnahen Inhalte Menschen und besonders Kinder beeinflussen. Die virtuellen Inhalte müssen dementsprechend überprüft werden, bevor sie zum Beispiel in Schulen zum Einsatz kommen (vgl. Zender et al., 2022, S. 38).

Weitere technische Grenzen gibt es zudem konkret bei der Anwendung durch Lehrkräfte. Diese sind den neuen Technologien teilweise nicht offen gegenüber und es fehlt ihnen an der Kompetenz, diese einzusetzen. Somit ist der Einsatz immersiver Medien abhängig von der Einstellung der Lehrpersonen zu digitalen Medien und Ausstattung (vgl. Schäfer et al., 2023, S. 5–6). Zusätzlich ist der Einsatz besonders bei HMDs jedoch abhängig vom Datenschutz, denn die Datenerfassung dieser Geräte wird in aktuellen Datenschutzverordnungen nicht berücksichtigt. „Ihre Verwendung innerhalb des Unterrichts ist somit weder ethisch noch juristisch zulässig“ (Zender et al., 2022, S. 38).

Ein weiteres großes Feld potentieller Risiken ist die Auswirkung der Nutzung immersiver Medien auf die Gesundheit der Nutzenden. Besonders Ergebnisse aus Langzeituntersuchungen bezüglich Nutzungsdauer oder Nebenwirkungen, wie Kopfschmerzen, Übelkeit und Augenschmerzen von VR-Anwendungen fehlen. Die sogenannte Cybersickness und Motion Sickness müssen zukünftig vor allem bei Jüngeren noch intensiver betrachtet und beachtet werden (vgl. Kaspar, 2021, S. 7; Schäfer et al., 2023, S. 12; Zender et al., 2022, S. 32). Neben den möglichen Krankheitssymptomen können einige Lernende den sensorischen Input immersiver Medien zudem als überwältigend oder verwirrend empfinden, was ihre Konzentrations- und Lernfähigkeit beeinträchtigen kann. Besonders Kinder können durch die Nähe zur Realität überfordert oder sogar traumatisiert werden, wenn Inhalte nicht auf ihre Lebenswelt abgestimmt sind (vgl. Schäfer et al., 2023, S. 17). Soziale immersive Erfahrungen können zudem genauso wie andere soziale Medien zu einem Suchtverhalten, Mobbing oder sogar sexueller Belästigung führen (vgl. Zender et al., 2022, S. 34). Daher sind Altersgrenzen für bestimmte Anwendungen sinnvoll, wie sie zum Beispiel im Bereich der Film- und Spieleindustrie angewendet werden. Jedoch sind die Entwicklungsstufen der Kinder beispielsweise hinsichtlich Größe und Pupillenabstand sehr unterschiedlich, sodass eine Altersgrenze für die Nutzung einer VR-Brille differenzierter betrachtet werden

muss. Auch die Herstellenden führen die Altersempfehlung eher aus juristischen Gründen ein. Der Einsatz von immersiven Medien und konkret VR-Brillen ist dabei vor allem an Schulen und bei Kindern unter 12 Jahren nicht abschließend geklärt (vgl. Zender et al., 2022, S. 28–32).

Auch Menschen, die an einer Sehbehinderung, körperlichen oder kognitiven Einschränkungen leiden sowie Personen mit Erkrankungen wie Epilepsie können unter Umständen aus medizinischen Gründen nicht an VR teilhaben. Der Zugang für eine breite Masse von Menschen als großes Potential in Richtung Barrierefreiheit hat damit auch seine Grenzen. Denn auch für Menschen mit Einschränkungen, welche VR-Brillen nutzen können, müssen differenzierte Lernszenarien erstellt werden. Dies kostet mehr Zeit und Ressourcen, welche für Lehr- und Lernszenarien nicht einkalkuliert sind (vgl. Schäfer et al., 2023, S. 16–17; Zender et al., 2022, S. 31–34).

Aus Sicht der Bildungsperspektive braucht es daher weitere Forschung und Erkenntnisse, ob sich der Aufwand des Einsatzes von immersiven Medien lohnt und wie effektiv dieser beim Lernen ist. Denn wie bereits in Kapitel 3.2 beschrieben, wirken sich immersive Medien zwar positiv auf die Lerneinstellung aus, jedoch sind die Lernleistungen gemischt (vgl. Maas & Hughes, 2020, S. 239–241; Stepan et al., 2017, S. 1010–1011). Zudem zeigen Untersuchungen, dass weitere Faktoren wie bestimmte Medienmerkmale oder auch die Methode den Informationsverarbeitungsprozess unterstützen oder hemmen (vgl. Buchner, 2022, S. 702; R. E. Clark, 1983, S. 445–447; Hartmann & Bannert, 2022, S. 376; Mayer, 2019, S. 153; Meyer et al., 2019, S. 8–10). Daher stehen Lehrkräfte besonders didaktisch vor Herausforderungen, immersive Medien sinnvoll einzusetzen. Denn das eigenständige und selbstorganisierte Lernen mit VR- oder AR-Brillen kann Schüler:innen überfordern. Sie sind nicht unbedingt in der Lage, eigene Lernziele zu verfolgen oder Lernzeiten einzuhalten. Das kann dazu führen, dass schwächere Schüler:innen ein Lernangebot, welches nicht didaktisch aufbereitet ist, schlechter nutzen als stärkere Schüler:innen und damit bestehende Wissensklüfte weiter vertiefen (vgl. Aufenanger, 2020, S. 36).

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass immersive Medien zwar aufregende neue Lern- und Schulungsmöglichkeiten bieten, es jedoch wichtig ist, die potenziellen Probleme und Herausforderungen im Zusammenhang mit diesen Technologien sorgfältig zu berücksichtigen. Durch einen kritischen Umgang mit immersiven Medien und deren durchdachten und bewussten Einsatz sollten die Vorteile dieser Technologien genutzt und die Risiken minimiert werden.

## 4 Forschungsfrage und Hypothesen

Die bisherigen Studien zu generativen Lernstrategien und Lernen mit VR zeigen einen Zusammenhang zwischen Medien und Methode (vgl. Meyer et al., 2019, S. 10–12). Daher wurden bereits Studien durchgeführt, die den Zusammenhang zwischen der Nutzung von generativen Lernstrategien und dem Lernerfolg untersuchen. Dafür werden verschiedene Medien und Lernstrategien gegenübergestellt (siehe Kapitel 2.5). Im Bereich des Lernens mit immersiven Medien wie VR wurden bisher jedoch vermehrt nur einzelne Lernstrategien in experimentellen Designs untersucht. Daran soll die vorliegende Arbeit anknüpfen und der Forderung nachkommen, verschiedene Techniken und damit auch weitere Lernstrategien von Fiorella und Mayer zu testen, um den Einfluss auf das Lernen mit VR zu untersuchen.

Außerdem hat sich gezeigt, dass sich manche generative Lernstrategien für bestimmten Medien besser eignen als für andere. Zum Beispiel ist Zeichnen eine sinnvolle Methode, wenn die Lernenden mit einem Text arbeiten, jedoch ist diese Methode nicht optimal, wenn die Unterrichtseinheit visuell aufgebaut ist (Fiorella et al., 2020, S. 28; vgl. Fiorella & Mayer, 2021, S. 347; Ploetzner & Fillisch, 2017). Dies ist der Grund, weshalb im folgenden Experiment verbalisierende generative Lernstrategien mit VR als visuelle Lerneinheit kombiniert werden. Zudem wird der Aufforderung früherer Studien gefolgt, unter gleichen medialen Bedingungen verschiedene generative Lernstrategien zu vergleichen (vgl. Elme et al., 2022, S. 20; Fiorella et al., 2020, S. 32; Klingenberg et al., 2020, S. 2131). So stellt sich die Forschungsfrage: „Inwiefern beeinflussen die Lernstrategien „Zusammenfassen“ und „Lehren“ nach Fiorella & Mayer das Wissen und die Motivation beim Lernen mit Virtual Reality?“

Bisherige Studien zeigen, dass die Nutzung von generativen Lernstrategien den Lernerfolg steigern kann. Diese Erkenntnisse reichen von verschiedenen nicht immersiven Medien bis hin zum Lernen mit VR (siehe Kapitel 2.5 und Kapitel 3.2). Deshalb ergibt sich die erste Hypothese:

**H1:** Das Wissen der Gruppen, welche eine Lernstrategie nutzen, ist höher als das Wissen der Gruppe, welche keine Lernstrategie nutzt.

Des Weiteren hat sich gezeigt, dass die Motivation der Lernenden einen signifikanten Einfluss auf den Lernerfolg hat (vgl. Ai-Lim Lee et al., 2010, S. 19). Dabei ist die Motivation bei der Nutzung von VR in einer Lerneinheit größer als bei weniger immersiven Medien. Dies wird darauf zurückgeführt, dass die Technologie neu ist und darum ein größeres Interesse und damit auch Motivation besteht, diese Technik auszuprobieren

(vgl. Klingenberg et al., 2020, S. 2129; Lajoie, 2021, S. 467; Makransky et al., 2021, S. 719–735; Villena Taranilla et al., 2022, S. 610–614). Jedoch zeigt die Motivation keinen signifikanten Unterschied zwischen den Gruppen, wenn sowohl die Gruppe mit Lernstrategie, als auch die Gruppe ohne Lernstrategie, mit VR oder AR als Medium arbeiten (vgl. Parong & Mayer, 2018a, S. 793; P.-H. Wu et al., 2018, S. 221–234). Ähnliches zeigt auch die Studie von Buchner (2022), der keinen Unterschied bei Interesse, Nützlichkeit und Zugang finden konnte, sondern nur bei Nutzerfreundlichkeit und Skepsis (vgl. Buchner, 2022, S. 709). Auch Yang und Wang (2021) konnten nur eine größere Motivation bei einer ihrer zwei getesteten Lernstrategien feststellen (vgl. Yang & Wang, 2021, S. 648–649). Daraus ergibt sich die zweite Hypothese:

**H2:** Die Motivation der Gruppen, welche eine Lernstrategie nutzen, unterscheidet sich nicht von der Motivation der Kontrollgruppe, welche keine Lernstrategie nutzt.

## 5 Experiment zum Einfluss von Lernstrategien auf das Lernen mit VR

### 5.1 Methode

Das Experiment ist „eine besondere Form der Anordnung und des Ablaufs einer empirischen Untersuchung“ (Eifler & Leitgöb, 2022, S. 225). „Der Forscher muss den zu untersuchenden Vorgang willkürlich in Gang setzen und dabei die Bedingungen, die (vermutlich) zu einer bestimmten Wirkung führen, in geplanter Weise variieren lassen können; der zu untersuchende Vorgang muss protokollierbar und beliebig oft wiederholbar sein“ (Wundt, 1907, zitiert nach Eifler & Leitgöb, 2022, S. 226–227). Ziel ist es demnach, Ursache-Wirkungs-Beziehungen zu erkennen und soziale Phänomene zu erklären. Dies ist möglich, indem Forscher:innen bestimmte Szenarien absichtlich erstellen und Probanden diese durchlaufen. Um die Wirkungen bestimmten Ursachen zuzuordnen, müssen zudem Einflüsse und potentiell andere Ursachen, Faktoren oder Erklärungen kontrolliert oder ausgeschlossen werden. „Nur, wenn Einflüsse einer vermuteten Ursache nachgewiesen und zugleich andere Faktoren als potentielle Ursachen ausgeschlossen werden können, ist es möglich, Erklärungen für soziale Phänomene zuungunsten von Alternativerklärungen zu finden“ (Eifler & Leitgöb, 2022, S. 225).

Dabei werden experimentelle Designs meist als Labor- oder Feldexperimente angelegt. Experimente unter Laborbedingungen finden in extra Räumen statt, die nur für die Durchführung des Experiments angedacht sind. Feldexperimente werden hingegen im Feld, also in der natürlichen Umgebung der untersuchten Personen, durchgeführt. Das Laborexperiment schließt dabei meist viele Einflussfaktoren aus, beziehungsweise können diese besser gesteuert werden. So können auch viele Alternativerklärungen ausgeschlossen werden. Feldexperimente sind jedoch besser, wenn die Ergebnisse verallgemeinert werden sollen und schließen jede Umgebung mit ein, die nicht extra für die Durchführung des Experiments eingerichtet wurde (vgl. Eifler & Leitgöb, 2022, S. 237–238).

Zusätzlich existieren Gütekriterien, welche die Qualität der Untersuchung gewährleisten und damit sicherstellen, dass die Ergebnisse für die Wissenschaft gültig sind. Für das gesamte Forschungsdesign ist das die Generalisierbarkeit und Eindeutigkeit der Ergebnisse. Dazu beschreibt die externe Validität „in welchem Ausmaß das realisierte Ergebnis eine Schätzung des korrespondierenden Populationswertes erlaubt“ (Krebs & Menold, 2022, S. 561). Wenn die Ergebnisse jedoch nur für eine bestimmte Gruppe

oder für eine bestimmte Region gelten, dann ist die externe Validität gering (vgl. Eifler & Leitgöb, 2022, S. 236).

Das zweite Gütekriterium ist die interne Validität und beschreibt die Eindeutigkeit der Ergebnisse (vgl. Krebs & Menold, 2022, S. 561). Das heißt, „das Ausmaß, in dem es möglich ist, eine eingetretene Veränderung eindeutig auf eine bestimmte Ursache zurückzuführen“ (Eifler & Leitgöb, 2022, S. 229). Diese interne Validität wird beeinträchtigt durch Faktoren, welche die Beziehung der abhängigen und der unabhängigen Variable beeinflussen. Dazu gehören zum Beispiel auch zeitliche Geschehnisse während oder zwischen den Untersuchungen sowie veränderte Messinstrumente (vgl. Eifler & Leitgöb, 2022, S. 229–230). Um die interne Validität zu verbessern und Einflussfaktoren zu kontrollieren beziehungsweise auszuschließen wurden daher Kontrolltechniken entwickelt und die Kontrollgruppe neben den experimentellen Gruppen eingeführt. Die interne Validität kann überprüft werden, indem Experimental- und Kontrollgruppen den gleichen Bedingungen und Einflussfaktoren ausgesetzt sind. Zusätzlich werden die Teilnehmenden den Gruppen zufällig zugeordnet, damit diese keinen Einfluss auf die Ergebnisse des Experiments haben (vgl. Eifler & Leitgöb, 2022, S. 230–232).

## 5.2 Vorgehensweise

Diese Studie folgt einem quasi-experimentellen Design mit einem Pre- und Posttest-Ansatz. Dabei wird eine ähnliche Vorgehensweise angewendet, wie Buchner (2022) sie bereits durchführt hat. Für die Lernstrategie „Lehren“ in Form von Paararbeit findet eine Orientierung an Klingenberg et al. (2020) statt. Die Lernstrategie „Zusammenfassen“ wird nach Zhao et al. (2020) sowie Yang und Wang (2021) angewendet.

Zu Beginn haben alle Teilnehmenden einen Pretest-Fragebogen ausgefüllt, um soziodemographische Angaben und das Vorwissen zu erfassen. Danach wurde die VR-Lerneinheit durchgeführt und mit einer von zwei möglichen generativen Lernstrategien kombiniert. Die Kontrollgruppe nutzte keine generative Lernstrategie. Abschließend haben alle Lernenden einen Fragebogen ausgefüllt, um ihre Motivation und ihr erlerntes Wissen festzustellen. Generative Lernstrategien sind dabei Methoden, um den Lernprozess zu verbessern (siehe Kapitel 2.3 und 2.4). Für dieses Experiment fand zum einen die Strategie „Lehren“ in Form von Paararbeit in einer experimentellen Gruppe (VRPaar) Anwendung. Zum anderen nutzte die zweite experimentelle Gruppe (VRZusammen) im Anschluss an die VR-Lerneinheit die Strategie „Zusammenfassen“. Die dritte und letzte Gruppe war die Kontrollgruppe (VRohne). Sie füllte direkt nach der VR-Lerneinheit den Fragebogen aus und wendete keine generative Lernstrategie an. An einem zentralen Termin, zwei bis fünf Wochen nach den Experimenten, wurden alle

Teilnehmenden aufgefordert, einen weiteren Fragebogen auszufüllen. Dieser fragte erneut die Motivation und das Wissen ab (siehe Abbildung 7).

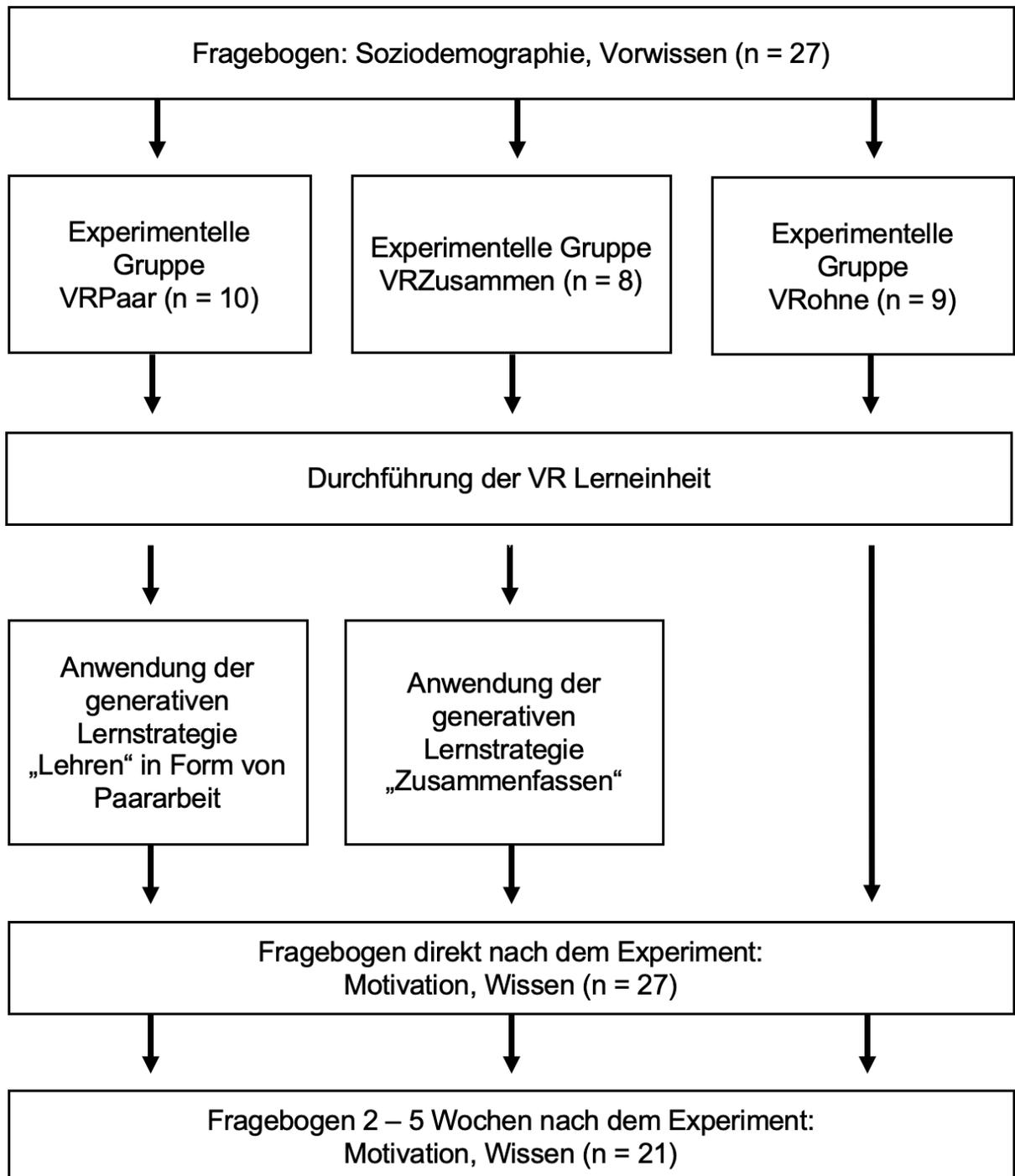


Abbildung 7: Ablauf des Experiments  
(eigene Darstellung)

Das Experiment wurde in einer authentischen Schulumgebung als freiwilliges Nachmittagsangebot durchgeführt. Die Termine fanden zwischen dem dritten und 26. Januar statt und es konnten bis zu fünf Schüler:innen gleichzeitig an einem Experimenttag

teilnehmen. Da es sich um minderjährige Schüler:innen handelt, war bereits im Vorfeld des Experiments Aufklärung und Organisation notwendig. Zunächst wurden die Schulleitung, Sorgeberechtigte und die Schüler:innen über das Experiment informiert. Dazu zählt auch eine Einverständniserklärung, welche die Sorgeberechtigten im Vorfeld ausfüllen mussten (siehe Anhang 1). So konnte gewährleistet werden, dass jedes Kind während des Experiments selbstständig mit einer VR-Brille (Oculus Quest 2) die virtuelle Realität in der App „SWR Honigbiene VR“ erkunden konnte. Zusätzlich wurde darauf hingewiesen, dass die Schüler:innen die App nicht im Vorfeld testen sollen, damit alle Teilnehmenden zu Beginn des Experiments die gleichen Voraussetzungen haben. Nur, wenn das Einverständnis der Sorgeberechtigten erteilt wurde, haben die Kinder am Experiment teilgenommen.

Zu Beginn des Experiments erfolgte eine kurze Vorstellung der Leiterin des Experiments. Anschließend erfuhren die Schüler:innen, dass sie mithilfe einer App und einer VR-Brille etwas über die Honigbiene lernen. Danach wurden die Teilnehmenden zufällig einer der drei experimentellen Gruppen zugeteilt. Dabei wurde darauf geachtet, dass jeder Gruppe ungefähr gleich viele Teilnehmenden zugeordnet werden und die Gruppe, welche die Paararbeit als Aufgabe erfüllen soll, eine gerade Anzahl an Teilnehmenden hat. Nachfolgend erhielten alle Schüler:innen den ersten Fragebogen, welcher soziodemographische Merkmale und das Vorwissen abfragt (siehe Anhang 2). Nach der Beantwortung wurde der Fragebogen wieder eingesammelt.

Im Anschluss wurden die Aufgabenblätter und VR-Brillen ausgeteilt. Jede Gruppe erhielt zu Beginn ein nahezu identisches Aufgabenblatt. Darauf ist die Arbeitsaufgabe formuliert, die Reihenfolge der verschiedenen Schauplätze beschrieben und die Aufgabe im Anschluss an die Erkundung kurz benannt (siehe Anhang 3). Die erste Gruppe (VRPaar) erfuhr so bereits vor der Erkundung, dass sie jeweils auf den oder die Partner:in warten müssen, um sich anschließend anhand von Fragen zu erklären, was sie sich gemerkt haben. Die zweite Gruppe (VRZusammen) erfuhr hingegen, dass sie nach der selbständigen Erkundung anhand von Fragen (identisch zu Gruppe VRPaar) aufschreiben müssen, was sie sich gemerkt haben. Die letzte Gruppe (VRohne) wurde auf dem Aufgabenblatt aufgefordert, direkt nach der Erkundung den zweiten Fragebogen auszufüllen. Diese Aufforderung erhielten die beiden ersten Gruppen erst, nachdem sie die generativen Lernstrategien angewendet haben.

Nachfolgend hatten die Schüler:innen 20 Minuten Zeit den Bienenstock in der App mit Hilfe der VR-Brille zu erkunden (siehe Abbildung 8).



*Abbildung 8: Erkundung mit der VR-Brille  
(eigene Aufnahme)*

Durch die Zeitbegrenzung wurde gewährleistet, dass die VR-Einheit nicht zu lang ist, um die Motivation der ergänzenden Lernstrategien nicht zu sehr zu beeinflussen. Nach spätestens 20 Minuten wurden die Schüler:innen daher aufgefordert, die VR-Brille zur Seite zu legen. Danach erhielt die Gruppe ohne Lernstrategie (VRohne) sofort den zweiten Fragebogen. Die Gruppen, welche eine Lernstrategie nutzten, erhielten ein Arbeitsblatt (siehe Anhang 4). Die Arbeitsblätter enthalten jeweils die gleichen Leitfragen. Die Teilnehmenden der ersten Gruppe (VRPaar) wurden aufgefordert, sich gegenseitig anhand der Fragen mit dem/der Partner:in, das Gelernte zu erklären. Die Teilnehmenden der zweiten Gruppe (VRZusammen) erarbeiteten anhand der Fragen eine schriftliche Zusammenfassung. Anschließend wurden die Arbeitsblätter abgegeben und die Schüler:innen füllten jeweils den zweiten Fragebogen aus (siehe Anhang 5).

Der zweite Fragebogen besteht aus insgesamt 15 Fragen, welche die Motivation und das Wissen der Teilnehmenden erfassen (siehe Kapitel 5.5). Für die Teilnehmenden, die den zweiten Fragebogen ausgefüllt haben, endete das Experiment. Sie gaben den Fragebogen und die VR-Brille ab und verließen den Klassenraum. Die Leiterin des Experiments erfasste bei der Abgabe, ob und welche Lernstrategie die Schüler:innen genutzt haben.

Um auch die Speicherung im Langzeitgedächtnis zu erfassen, wurde zwei bis fünf Wochen nach dem Experiment eine weitere zentrale Befragung aller Teilnehmenden durch eine Lehrkraft durchgeführt. Die Schüler:innen erhielten erneut einen Fragebogen. Die Wissensfragen sind dieselben wie im Fragebogen direkt im Anschluss an das Experiment. Außerdem wurden alle Teile des Experiments zeitlich in Minuten und Sekunden erfasst, um einen Ansatzpunkt für die Zeitplanung zu erhalten.

### **5.3 Stichprobe**

Die Stichprobe besteht aus 27 Schüler:innen der siebten Klasse des evangelischen Schulzentrums Leipzig. Von den Teilnehmenden waren 13 weiblich, 14 männlich und niemand divers. Von allen Teilnehmenden besuchen sieben die Oberschule des Schulzentrums und 20 das Gymnasium. Alle Teilnehmenden waren zwischen zwölf und 14 Jahren alt und mit 19 Teilnehmenden war die Mehrheit 13 Jahre alt. Der Mittelwert ( $M$ ) liegt bei 12.78, mit einer Standardabweichung ( $SD$ ) von .51. Außerdem nutzten elf Teilnehmende im Experiment zum ersten Mal eine VR-Brille. 15 Teilnehmende haben bereits einmal eine VR-Brille genutzt und nur ein Teilnehmer hatte bereits mehrfach Kontakt mit einer VR-Brille. Den zweiten Fragebogen circa zwei bis fünf Wochen nach dem Experiment füllten nur 21 der Schüler:innen aus. Davon waren neun Teilnehmende weiblich und zwölf Teilnehmende männlich sowie sechs Oberschüler:innen und 15 Gymnasiast:innen. Der Altersdurchschnitt ist fast identisch zur ersten Erhebung ( $M = 12.81$ ,  $SD = .51$ ).

### **5.4 Aufbau und Operationalisierung des Fragebogens vor dem Experiment**

Um das Vorwissen, die Soziodemographie und die Vorerfahrung mit VR der Teilnehmenden zu erfassen, ist die Verwendung eines standardisierten Fragebogens als Forschungsinstrument sinnvoll. Die standardisierten Fragen schaffen gleiche Bedingungen und Antwortmöglichkeiten für die befragten Personen und ermöglichen eine quantitative Auswertung der Daten. Außerdem erfolgt die Erfassung der Daten anonymisiert, um sozial erwünschte Antworten zu vermeiden (vgl. Reinecke, 2022, S. 949–952). Bei der Befragung vor dem Experiment habe ich mich daher an Elme et al. (2022), Petersen et al. (2022) sowie Yang und Wang (2021) orientiert, um soziodemographische Angaben und das Vorwissen der Teilnehmenden zu erfassen. So können Gruppenunterschiede nach Vorwissen, Geschlecht, Alter und der Vorerfahrung mit VR überprüft werden (vgl. Pilegard & Mayer, 2016, S. 13).

Der Fragebogen besteht aus insgesamt zehn Fragen. Die ersten beiden Fragen betreffen die Soziodemographie der Teilnehmenden und gelten im vorliegenden Fall als Einstiegsfragen. Frage eins fragt das Alter als offene Frage ab, da die Altersspanne der Teilnehmenden nicht bekannt ist. Das Geschlecht wird in Frage zwei mit verschiedenen Antwortkategorien als geschlossene Frage erfasst. Frage drei erfasst die Vorerfahrung mit VR und fragt, ob die Schüler:innen Erstnutzende dieser Technik sind, oder ob sie schon weitere Erfahrungen mit VR-Brillen hatten. Auch hier stehen vier Antwortkategorien zur Auswahl, um zu erfassen, ob die Erfahrungen mit VR-Brillen einmalig, mehrfach oder sogar regelmäßig sind. Die Fragen vier bis zehn stellen inhaltliche Fragen zum Thema Honigbiene und erfassen das Vorwissen der Teilnehmenden in Form eines Multiple-Choice-Tests (siehe Anhang 2).

Das Vorwissen wird im vorliegenden ersten Fragebogen als Erinnerungs- / Faktenwissen erfasst, wie es bereits in verschiedenen Studien angewendet wurde (vgl. Elme et al., 2022, S. 11; Petersen et al., 2022, S. 7; Yang & Wang, 2021, S. 647). Der Wissenstest besteht aus sieben Fragen. Ein Teil der Fragen ist vom Arbeitsmaterial des WDR schule digital übernommen und wird auch im Fragebogen nach dem Experiment erneut abgefragt (vgl. Ekstrand et al., 2018, S. 104; Petersen et al., 2022, S. 14–15; Stepan et al., 2017, S. 1008; WDR, o.D.b; Zinchenko et al., 2020, S. 3). Des Weiteren sind Fragen enthalten, die das Allgemeinwissen über Bienen abfragen. So gehören Bienen zur Tierart der Insekten, im Bienenstock leben eine Königin, Arbeiterinnen sowie Drohnen und die meisten Bienen sterben, wenn sie einen Menschen stechen (vgl. Kiesewetter, 2020). Um das Vorwissen der Schüler:innen als gesamtes Konstrukt zu messen, werden die Punkte aus den einzelnen Fragen zusammengerechnet. Insgesamt können die Schüler:innen dabei zehn Punkte erhalten (siehe Anhang 7).

## **5.5 Aufbau und Operationalisierung des Fragebogens nach dem Experiment**

Auch nach dem Experiment wird ein standardisierter Fragebogen genutzt, um das Wissen, aber auch die Motivation der Teilnehmenden zu erfassen. Dadurch werden wie bereits im Fragebogen vor dem Experiment gleiche Bedingungen geschaffen und die Daten ermöglichen eine quantitative Auswertung. Auch der Fragebogen nach dem Experiment erfasst die Daten anonym, um soziale Erwünschtheit zu vermeiden. Zusätzlich werden Motivation und Wissen im Folgenden operationalisiert und getestet, um dem Anspruch eines standardisierten Fragebogens gerecht zu werden. Ein Pretest wird ebenfalls durchgeführt, um mögliche Probleme des Fragebogens zu erfassen (vgl. Reinecke, 2022, S. 949–952).

Nachdem bereits im ersten Fragebogen die soziodemographischen Angaben und das Vorwissen abgefragt wurden, steigt der zweite Fragebogen direkt mit inhaltlichen Fragen zu der VR-Lerneinheit ein. Frage eins soll klären, welche Schauplätze die Teilnehmenden gesehen haben. So kann in der Auswertung überprüft werden, ob das Wissen durch die Anzahl der besuchten Schauplätze beeinflusst wird. Frage zwei erfasst die Motivation der Teilnehmenden. Dabei werden fünf Items auf einer fünfstufigen Likert-Skala von „Stimme voll zu“ bis „Stimme überhaupt nicht zu“ abgefragt und als Motivationskonstrukt gemessen. Die Fragen drei bis 15 stellen Fragen zum Thema Honigbiene und erfassen das Wissen der Teilnehmenden. Bei diesem Wissenstest kann eine Gesamtpunktzahl von 35 Punkten erreicht und damit das Wissen der Schüler:innen gemessen werden. Zum Abschluss wird durch die Leiterin des Experiments codiert, ob und welche Lernstrategien die Teilnehmenden jeweils genutzt haben, an welchem Datum das Experiment stattfand und welche Brillenfarbe der oder die Teilnehmende genutzt hat. Dies ermöglicht eine Zuordnung der Daten des Fragebogens direkt nach dem Experiment und des Fragebogens zwei bis fünf Wochen nach dem Experiment. Zusätzlich wurde auch die Schulform der Teilnehmenden codiert und damit festgehalten, ob die Kinder in die siebte Klasse der Oberschule oder des Gymnasiums gehen.

Um auch die Speicherung des Wissens im Langzeitgedächtnis zu erfassen, wird zwei bis fünf Wochen nach dem Experiment eine erneute Befragung durchgeführt. Die Wissensfragen sind dieselben wie im Fragebogen direkt im Anschluss an das Experiment. Um die Ergebnisse des Fragebogens direkt im Anschluss an das Experiment und des Fragebogens zwei bis fünf Wochen später zusammenzuführen, werden die Schüler:innen zusätzlich in Frage eins nach dem Datum gefragt, an welchem sie das Experiment durchgeführt haben. Frage zwei fragt nach der Brillenfarbe, welche sie genutzt haben. Da diese Informationen bereits bei der ersten Erhebung von der Leiterin des Experiments erfasst wurden, ermöglicht dies eine genaue Zuordnung der Teilnehmenden zur ersten Erhebung (siehe Anhang 6).

Die Motivation als latentes Konstrukt wurde bereits in verschiedenen Studien mit unterschiedlich vielen Items codiert und untersucht (vgl. Ai-Lim Lee et al., 2010, S. 29; Klingenberg et al., 2020, S. 2136; Makransky & Lilleholt, 2018, S. 1158; Petersen et al., 2022, S. 14; Zhao et al., 2020, S. 478). Im vorliegenden Fragebogen werden die fünf adaptierten Items von Klingenberg (2020) verwendet, um die Motivation der Teilnehmenden zu erfassen (vgl. Klingenberg et al., 2020, S. 2136). Denn es ist durchaus sinnvoll bei der Befragung von Kindern und Jugendlichen, die Komplexität gering zu halten (vgl. Nachtsheim & König, 2022, S. 1205). Deshalb wird das Motivationskonstrukt aus fünf Items als ausreichend eingestuft (siehe Tabelle 2). Außerdem sollte die Skala der Antwortoptionen nicht zu groß sein, sodass eine fünfstufige Likert-Skala von

„Stimme voll zu“ bis „Stimme überhaupt nicht zu“ Anwendung findet (vgl. Nachtsheim & König, 2022, S. 1206).

*Tabelle 2: Konstrukt Motivation*

<b>Konstrukt</b>	<b>Items</b>
Motivation	Ich lerne sehr gern in der virtuellen Realität.
	Das virtuelle Lernen macht Spaß.
	Das virtuelle Lernen ist langweilig.
	Das Lernen in der virtuellen Realität hat meine Aufmerksamkeit nicht gefesselt.
	Ich würde das virtuelle Lernen als sehr interessant beschreiben.

*(vgl. Klingenberg et al. 2020 S. 2136)*

Die Zusammenfassung der Antworten auf die einzelnen Items ergibt eine Gesamteinschätzung der Motivation der Schüler:innen. Dabei werden die Items „Das virtuelle Lernen ist langweilig“ und „Das Lernen in der virtuellen Realität hat meine Aufmerksamkeit überhaupt nicht gefesselt“ rückwärts codiert.

Das Wissen wird im vorliegenden Fragebogen nach Erinnerungs- und Transferwissen (retention und transfer items) erfasst. Der Wissenstest besteht aus 13 Fragen. Davon sind zehn Fragen auf das deklarative Wissen ausgerichtet und fragen das Faktenwissen der Schüler:innen ab. Diese werden in anderen Studien als Erinnerungswissen (retention) bezeichnet und sind in der vorliegenden Untersuchung zum größten Teil vom Arbeitsmaterial des WDR schule digital übernommen (WDR, o.D.b). In diesem Teil können 23 Punkte erreicht werden (siehe Anhang 8).

Die anderen drei Fragen erfassen das Transferwissen. Die Frage Nummer acht zielt dabei auf die Beschreibung der Strukturen und Prozesse im Bienenstock von der Eiablage bis zum Schlupf der Bienen ab (vgl. Fiorella et al., 2020, S. 18). Anhand des Arbeitsmaterials des WDR schule digital wurden wichtige Aspekte des Ablaufs festgelegt und die Schüler:innen können sechs Punkte erreichen (vgl. WDR, o.D.b). Frage 14 und 15 gehen über das Material hinaus und fragen ebenfalls das Transferwissen der Schüler:innen ab. Sie fragen nach der Wichtigkeit der Biene für die Erde sowie den Menschen und danach, wie die Biene geschützt oder ihr geholfen werden kann. Zusammen mit Frage acht können die Schüler:innen beim Transferwissen zwölf Punkte erhalten. Dafür wurde ein Erwartungshorizont erstellt, welcher mögliche richtige Antworten enthält. So sorgen Bienen für die Bestäubung der Pflanzen, infolgedessen die Artenvielfalt und der Bestand verschiedener Pflanzen unterstützt werden. Außerdem wachsen bei

vielen Arten erst durch die Bestäubung von Blüten die Früchte, sodass Obst und Gemüse entstehen können. Dies sichert Nahrung für andere Lebewesen. Des Weiteren produzieren Bienen Honig und Wachs, den die Menschen nutzen. Um Bienen zu schützen oder zu helfen, können zudem (Wild-) Blumen gepflanzt oder ein Bienenhotel gebaut werden. Ferner hilft es, Unkraut wachsen zu lassen, keine Pestizide zu verwenden und die Bienen nicht zu töten (vgl. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz, o.D.; WDR, o.D.a).

Um das Wissen der Schüler:innen als gesamtes Konstrukt zu messen, werden die Punkte aus den einzelnen Fragen zusammengerechnet. Insgesamt können die Schüler:innen dabei 35 Punkte erhalten (siehe Anhang 8).

## 5.6 Pretest

In der empirischen Sozialforschung hat sich das Pretesten als Methode des Testens von Fragebögen durchgesetzt (vgl. Faulbaum et al., 2009, S. 95–97; Lenzner et al., 2015, S. 1; Porst, 1998, S. 34).

Da die vorliegende Forschungsfrage das Lernen mit VR untersucht, besteht die Grundgesamtheit theoretisch aus allen Menschen, die eine VR-Brille nutzen können. Die vorliegende Forschung konzentriert sich jedoch auf das Lernen in der Schule und nutzt VR-Brillen mit einem eigenen Display. Dabei geben die verschiedenen Hersteller unterschiedliche Altersempfehlungen an. Sony's PlayStation VR ist demnach ab zwölf Jahren geeignet und Meta gibt für die Oculus Quest 2 ein Mindestalter von 13 Jahren an (vgl. Araiza-Alba et al., 2022, S. 483–484; Meta, 2022; Zender et al., 2022, S. 28). Deswegen besteht die Grundgesamtheit für das Lernen mit HMDs aus Schüler:innen ab zwölf Jahren, wobei für alle Minderjährigen eine Einverständniserklärung der Erziehungsberechtigten vorliegen muss.

Am Beispiel von neun Schüler:innen der siebten Klasse wurde der Pretest bei Teilen der Grundgesamtheit durchgeführt, um ähnliche Bedingungen wie in der eigentlichen Erhebung zu simulieren (vgl. Häder, 2019, S. 412). Als Pretestverfahren findet das kognitive Verfahren des Probings sowie der Standard-Pretest Anwendung.

Der durchgeführte Standard-Pretest fand im Feld statt und wurde am 15. Dezember 2022 von vier Schüler:innen und am 19. Dezember 2022 von fünf Schüler:innen durchgeführt. Diese nehmen anschließend nicht am eigentlichen Experiment teil. Er ermöglicht die Analyse der Antwortverteilung und die Beobachtung des Verhaltens beim Ausfüllen (vgl. Häder, 2019, S. 413; Porst, 1998, S. 37). Ziel ist es, „den gesamten Ablauf eines Interviews bezüglich Praktikabilität bzw. den gesamten Fragebogen auf Handhabbarkeit zu überprüfen“ (Lenzner et al., 2015, S. 2). Die Stichprobengröße ist

dabei knapp unter der Mindestanzahl von zehn bis 20 Personen, die sich in der Literatur findet (vgl. Häder, 2019, S. 413; Porst, 1998, S. 37). Grundsätzlich ist es möglich, durch eine Quotenauswahl oder Zufallsauswahl, alle Befragten abzubilden. Aufgrund der Forschungsökonomie und des Kontaktes zur Schule wurden dazu Schüler:innen der siebten Klasse des Evangelischen Schulzentrums Leipzig angefragt und zehn der 40 Interessierten für den Pretest zufällig ausgewählt. Aufgrund von Krankheit haben jedoch nur insgesamt neun Kinder teilgenommen. Die Teilnehmenden waren zwölf bis 13 Jahre alt und drei Kinder waren männlich und sechs weiblich. Sie haben den gesamten Ablauf des Experiments durchgeführt und daher auch den Fragebogen vor dem Experiment und den Fragebogen direkt im Anschluss ausgefüllt. Die Leiterin des Experiments war dabei in passiver Rolle und beobachtete den Prozess, direktes Nachfragen war nicht vorgesehen. Stattdessen wurde versucht, aus der Reaktion/Antwort der Teilnehmenden Rückschlüsse auf das Frageverständnis zu ziehen. Aus diesem Grund wird das Verfahren auch „Beobachtungspretest“ genannt (vgl. Häder, 2019, S. 413; Porst, 1998, S. 37–38). Die bestehenden Vorteile sind außerdem ein Grund für die Wahl des Standard-Pretest, weshalb häufig Fragebögen so getestet werden. Der Standard-Pretest ist sowohl günstig, schnell und gibt Hinweise auf die Dauer der Befragung (vgl. Häder, 2019, S. 413–414).

Vier Teilnehmende haben die generative Lernstrategie „Lehren“ in Form von Paararbeit durchgeführt und zwei Teilnehmende haben eine Zusammenfassung geschrieben. Drei Personen haben keine zusätzliche Aufgabe erfüllt und direkt nach der Durchführung der VR-Lerneinheit den zweiten Fragebogen ausgefüllt. Durchschnittlich haben die Teilnehmenden für das gesamte Experiment 39 Minuten und 41 Sekunden ( $SD = 3.21$ ) benötigt.

Der Standard-Pretest zeigte bei der Beobachtung durch die Leiterin des Experiments keine Probleme bei der Beantwortung der Fragen. Auch die Verwendung der Technik war größtenteils unproblematisch, obwohl drei Teilnehmende zuvor noch nie eine VR-Brille genutzt haben. Zwei Teilnehmende haben eine VR-Brille bereits einmal vor dem Experiment genutzt und vier Teilnehmende bereits mehrmals. Durch die technische Begleitung der Leiterin des Experiments konnten alle Kinder die App „VR Honigbiene“ öffnen und sich selbstständig in der virtuellen Realität bewegen. Der Hinweis, dass man über das Menü zum Startpunkt zurückkommt, wurde teilweise von den Teilnehmenden genutzt, um die VR-Lerneinheit erneut zu starten und nach fehlenden Schauplätzen und Informationen zu suchen. Eine Teilnehmerin konnte jedoch auch nach den maximalen 20 Minuten Erkundungszeit die Informationen zur Aufzucht der Bienenlarven nicht finden. Eine weitere Teilnehmerin konnte die Informationen zum Tanz der Bienen nicht finden. Die anderen sieben Teilnehmenden hatten jedoch keine Probleme. Für das Experiment wurden daher mündlich weitere Hilfestellungen gegeben, damit mehr Schüler:innen alle Orte auffinden können.

Jedoch zeigte der Pretest bei der Beobachtung, dass eine Verwendung von Kopfhörern sinnvoll ist. Die Kinder standen zwar weit genug voneinander entfernt, sodass sie die Geräusche der anderen Brillen nur wenig bis gar nicht hörten, jedoch war zu beobachten, dass sich die Kinder untereinander austauschen, wo sie sich gerade befinden oder wie sie einen bestimmten Schauplatz finden können. Um diese Interaktion zu verringern und damit alle Teilnehmenden selbstständig in der virtuellen Realität lernen und sich zurechtfinden, werden in der Datenerhebung Over-Ear-Kopfhörer verwendet, welche das Ohr komplett umschließen. So entsteht bei den Kindern eine gewisse Isoliertheit, weil sie nicht mehr jede laute Reaktion der anderen Teilnehmenden wahrnehmen.

Bei den Wissenstests konnten zudem verschiedene Punktzahlen festgestellt werden. Im Vorwissen konnten drei Teilnehmende die Gesamtpunktzahl von zehn Punkten erreichen. Drei weitere haben neun Punkte und drei Teilnehmende acht Punkte erreicht. Bei dem Wissenstest nach der Durchführung der VR-Lerneinheit konnten insgesamt 35 Punkte erreicht werden. Durchschnittlich haben die Teilnehmenden dabei 24,78 Punkte erreicht. Jedoch zeigt der Median von 27, dass 50 Prozent der Ergebnisse über 27 und damit auch über dem Durchschnitt liegen.

Trotzdem besteht beim Standard-Pretest die Gefahr, dass die Fragen von den Teilnehmenden unterschiedlich verstanden werden und der Test gilt als wenig systematisches Verfahren (vgl. Häder, 2019, S. 413–414). Daher wurden die Fragebögen anschließend noch einem weiteren Pretest unterzogen. Das kognitive Verfahren des Post-Interview-Pretests untersucht das vorherige Problem des Frageverständnisses und ist ein Teil des Probing. Dabei handelt es sich um eine Technik, „bei der Begriffe, Fragetexte oder gegebene Antworten mittels einer oder mehrerer Zusatzfragen (probes) hinterfragt werden“ (Lenzner et al., 2015, S. 3). So können nach einer Frage oder nachdem der gesamte Fragebogen ausgefüllt wurde, die Fragestellung, Informationen zum Fragebogen und bestehende Antwortalternativen untersucht werden. Der oder die Befragte hat damit die Möglichkeit von selbst auf Fehler oder Unklarheiten innerhalb des Fragebogens hinzuweisen. Außerdem können die Entwickler:innen des Fragebogens besonders kritische Fragen und Antwortmöglichkeiten hinterfragen und so Probleme aufdecken (vgl. Häder, 2019, S. 420; Lenzner et al., 2015, S. 3; Porst, 1998, S. 40). Da sowohl der Fragebogen zum Vorwissen als auch der Fragebogen im Anschluss an die Durchführung der VR-Einheit zum großen Teil aus Wissensfragen besteht, wurde das Post-Interview-Probing angewendet. Dabei zeigten sich keine Verständnisprobleme und alle Pretest-Teilnehmenden gaben an, die Fragen vollständig verstanden zu haben. Neben dem Wissen wird auch die Motivation der Teilnehmenden im Fragebogen abgefragt. Daher wurde zusätzlich zu den Wissensfragen nochmal konkret das Verständnis der Motivations-Items abgefragt. Auch hier zeigten sich keine Verständnisprobleme. Jedoch wurde eine Anmerkung zur ersten Frage:

„Hattest du Zeit, dir alle Informationen anzuhören?“ gemacht. Dabei werden im weiteren Verlauf die Teilnehmenden aufgefordert anzugeben, welche Schauplätze sie gesehen haben. Einer Teilnehmerin war nicht klar, welche von den Informationen, die sie sich in der virtuellen Realität angehört hat, als einzelne Schauplätze zählen. Daraufhin wurde der Wortlaut „Wenn nein, welche Schauplätze hast du gesehen?“ geändert zu „Wenn nein, an welchen Schauplätzen und zu welchen Themen hast du dir Informationen angehört?“. So konnte die Teilnehmerin verstehen, dass es sich nicht um einzelne Orte handelt, sondern, dass die gehörten Informationen relevant sind.

Um den vorliegenden Fragebogen zu prüfen, wurde dieser zudem auf Reliabilität untersucht. Die Reliabilität meint dabei die Zuverlässigkeit der Messung und damit die Reproduzierbarkeit der Messergebnisse (vgl. Häder, 2019, S. 110; Krebs & Menold, 2022, S. 551; Reinecke, 2022, S. 962). Um die Reliabilität der Motivationskala zu messen, wurde der Reliabilitätskoeffizient Cronbach's alpha für die neun Fälle im Pretest berechnet. Cronbach's alpha ist dabei mit .51 gering und die interne Konsistenz fragwürdig. Aufgrund der sehr geringen Pretest-Fallzahl und des hohen Cronbach's alpha von .81 mit den identischen Motivationsitems von Klingenberg (2020) werden die Items jedoch beibehalten (vgl. Klingenberg et al., 2020, S. 2136). Festzuhalten ist außerdem, dass die Summe der einzelnen Motivationsitems der Teilnehmenden, mit 21 bis 25 von 25 möglichen, sehr hoch war ( $M = 23.67$ ,  $SD = 1.50$ ).

## 6 Ergebnisse des Experiments

### 6.1 Statistische Testverfahren

Es werden verschiedene statistische Testverfahren, um die Daten der Fragebögen auszuwerten. Als erstes wird der Chi-Quadrat-Test und der Kruskal-Wallis-Test genutzt, um die Experimentalgruppen nach Gruppenunterschieden bezüglich der genutzten Lernstrategie zu untersuchen. Im weiteren Verlauf wird ein t-Test für unabhängige Stichproben angewendet. Dabei werden die Mittelwerte der Gruppen mit und ohne Lernstrategie verglichen und hinsichtlich der Motivation und des Wissens betrachtet. Ein gepaarter t-Test vergleicht zudem die Mittelwerte zu den zwei verschiedenen Erhebungszeitpunkten der verschiedenen Gruppen. Da zwei Lernstrategien durchgeführt und getrennt erfasst wurden, erfolgt zusätzlich eine getrennte Betrachtung nach den drei Gruppen VRohne, VRPaar und VRzusammen. Die Mittelwerte der Gruppen hinsichtlich der Motivation und des Wissens werden mithilfe einer einfaktoriellen Varianzanalyse (ANOVA) untersucht. Zusätzlich wird eine multiple lineare Regressionsanalyse durchgeführt, um die Effekte weiterer Faktoren wie das Alter, die Schulart, das Geschlecht und die Nutzungshäufigkeit von VR-Brillen der Teilnehmenden auf deren Wissen sowie deren Motivation zu betrachten. Für alle nachfolgenden Tests wird dabei eine Signifikanzniveau von  $\alpha = .05$  angenommen.

### 6.2 Zeitangaben und Tests auf Gruppenunterschiede

Die Durchführung des gesamten Experiments hat durchschnittlich 36 Minuten und 15 Sekunden gedauert ( $SD = 7.03$ ). Die Teilnehmenden haben den ersten Fragebogen im Durchschnitt in einer Minute und 57 Sekunden ausgefüllt ( $SD = .27$ ). Dabei wurde das Alter, Geschlecht, die Vorerfahrung mit VR sowie das Vorwissen zu Bienen abgefragt. Dadurch sollten mögliche Gruppenunterschiede zwischen den Teilnehmenden, welche eine der generativen Lernstrategie nutzten und denen, welche keine nutzten, festgestellt werden.

Ein Chi-Quadrat-Test wurde zwischen Geschlecht (männlich und weiblich) und den drei Gruppen Paararbeit, Zusammenfassung sowie keine generative Lernstrategie durchgeführt. Dieser zeigt keinen signifikanten Unterschied zwischen den Gruppen nach Geschlecht ( $\chi^2(1) = .975$ ,  $p = .614$ ,  $\phi = .614$ ). Jedoch haben 83,3 Prozent der Zellen eine Häufigkeit kleiner als fünf und das bedeutet, dass die Ergebnisse fehlerbehaftet sein können. Deswegen wurden die beiden Gruppen Paararbeit und Zusammenfassung zusammengeführt als Gruppe, welche eine Lernstrategie durchführte (VRmt). Der Chi-Quadrat-Test zeigt auch hier keinen signifikanten Unterschied zwischen den

Gruppen ( $\chi^2(1) = .074$ ,  $p = .785$ ,  $\phi = .785$ ). Außerdem haben noch immer 50 Prozent der Zelhäufigkeiten eine erwartete Häufigkeit kleiner als fünf. Da durch die Zusammenführung der Gruppen eine 2x2 Kreuztabelle vorliegt, wird der exakte Test nach Fisher genutzt. Dieser kann jedoch ebenfalls keinen statistisch signifikanten Zusammenhang zwischen Geschlecht und der Nutzung einer generativen Lernstrategie nachweisen. Das exakte zweiseitige Signifikanzniveau nach Fisher ( $p = 1$ ) zeigt, dass die Nullhypothese nicht verworfen werden kann und demnach keine Gruppenunterschiede bestehen. Die Effektstärke ist dabei hoch ( $\phi = .785$ ).

Zusätzlich wurde auch überprüft, ob das Vorwissen in den Gruppen unterschiedlich ist. Dabei ist die abhängige Variable „Gesamtsumme des Vorwissens“ zwar intervallskaliert, jedoch nach dem Shapiro-Wilk-Test nicht normalverteilt ( $p = .014$ ). Daher wird statt einer ANOVA der Kruskal-Wallis-Test verwendet. Aufgrund der kleinen Stichprobengröße wird die exakte Signifikanz interpretiert. Laut Kruskal-Wallis-Test bestehen keine Unterschiede zwischen den Gruppen der verschiedenen Lernstrategien bezüglich der zentralen Tendenzen des Vorwissens (Kruskal-Wallis  $H(2) = 1.118$ ;  $p = .585$ ). Da alle Teilnehmenden ungefähr gleich alt waren, bestätigt auch hier der Kruskal-Wallis-Test, dass kein Unterschied zwischen den Gruppen der verschiedenen Lernstrategien bezüglich des Alters besteht (Kruskal-Wallis  $H(2) = 2.628$ ;  $p = .284$ ).

Nach dem ersten Fragebogen führten alle Teilnehmenden die VR-Lerneinheit durch und brauchten dafür im Durchschnitt 15 Minuten und 20 Sekunden ( $SD = 2.46$  min). Anschließend erfüllten die Teilnehmenden die entsprechende Aufgabe ihrer Experimentalgruppe. Teilnehmende, welche die generative Lernstrategie „Lehren“ in Form von Paararbeit durchgeführt haben, benötigten durchschnittlich vier Minuten und 39 Sekunden ( $SD = 2.33$ ). Teilnehmende, die eine Zusammenfassung schrieben, benötigten im Durchschnitt zehn Minuten und 14 Sekunden ( $SD = 4.56$ ). Nach den Aufgaben wurde der zweite Fragebogen von allen Teilnehmenden durchschnittlich in 14 Minuten und zwölf Sekunden beantwortet ( $SD = 4.58$ ).

Nach zwei bis fünf Wochen wurde der Fragebogen von 21 der 27 Teilnehmenden ein weiteres Mal ausgefüllt. Dabei sank die durchschnittliche Dauer zum Ausfüllen von 14 Minuten und zwölf Sekunden ( $SD = 4.58$ ) auf 11 Minuten und 15 Sekunden ( $SD = 4.15$ ).

## 6.3 Überprüfung der Hypothesen nach zwei Gruppen

### 6.3.1 H1: Einfluss der Lernstrategie auf das Wissen

Um zu überprüfen, ob das Gesamtwissen in den Gruppen mit und ohne Lernstrategie direkt nach dem Experiment unterschiedlich ist, wird ein t-Test für unabhängige Stichproben durchgeführt. Dafür werden die beiden Gruppen VR<sub>Paar</sub> und VR<sub>Zusammen</sub> zu einer Variable zusammengefasst (VR<sub>mt</sub>). Als Voraussetzung für den t-Test ist die abhängige Variable „Gesamtsumme des Wissens“ intervallskaliert, jedoch sind die Daten nach dem Shapiro-Wilk-Test in der Gruppe VR<sub>Rohne</sub> nicht normalverteilt ( $p = .022$ ). Die Daten der Gruppe VR<sub>mt</sub> sind hingegen normalverteilt ( $p = .646$ ). Anhand des Boxplot-Diagramms ist zu erkennen, dass die Fälle 14 und 15 als Ausreißer definiert werden können. Aufgrund dessen und weil diese Fälle fehlende Werte im Wissenstest aufweisen, werden sie aus der Analyse für die Wissensbetrachtung ausgeschlossen. Der anschließende Test auf Normalverteilung zeigt, dass nun auch die Daten der Gruppe, welche keine Aufgabe erfüllten, normalverteilt sind ( $p = .573$ ). Die Überprüfung der Varianzhomogenität durch den Levene-Test zeigt eine Gleichheit der Varianzen ( $p = .160$ ). Der t-Test zeigt, dass das Wissen bei der Gruppe VR<sub>mt</sub> ( $M = 23.278$ ;  $SD = 5.497$ ) im Vergleich zu der Gruppe VR<sub>Rohne</sub> ( $M = 23.571$ ;  $SD = 3.259$ ), nicht signifikant ist ( $t(23) = .132$ ;  $p = .896$ ).

Um zu überprüfen, ob das Wissen in den Gruppen mit und ohne Lernstrategie zwei bis fünf Wochen nach dem Experiment unterschiedlich ist, wird erneut ein t-Test durchgeführt. Genauso wie zuvor ist die abhängige Variable „Gesamtsumme des Wissens nach zwei bis fünf Wochen“ intervallskaliert, jedoch sind die Daten nach dem Shapiro-Wilk-Test in der Gruppe VR<sub>Rohne</sub> erneut nicht normalverteilt ( $p = .033$ ). Die Daten der Gruppe VR<sub>mt</sub> sind hingegen normalverteilt ( $p = .575$ ). Anhand der Extremwerte können die Fälle 14 und 15 erneut als Ausreißer definiert werden und bleiben deswegen und aufgrund fehlender Werte von der Wissensbetrachtung ausgeschlossen. Der anschließende Test auf Normalverteilung zeigt, dass nun auch die Daten der Gruppe, welche keine Aufgabe erfüllten, normalverteilt sind ( $p = .853$ ). Die Überprüfung der Varianzhomogenität durch den Levene-Test zeigt eine Gleichheit der Varianzen ( $p = .413$ ). Der t-Test zeigt, dass das Wissen bei der Gruppe VR<sub>mt</sub> ( $M = 22.154$ ;  $SD = 4.913$ ) im Vergleich zu der Gruppe VR<sub>Rohne</sub> ( $M = 25.000$ ;  $SD = 3.688$ ), nicht signifikant ist ( $t(17) = 1.257$ ;  $p = .226$ ).

21 der 27 Teilnehmenden haben zudem beide Fragebögen bezüglich der Wissensfragen ausgefüllt, sodass ein t-Test für abhängige Stichproben für diese Fälle durchgeführt wird. Nach weiterem Ausschluss der Fälle 14 und 15 aufgrund fehlender Werte, verbleiben 19 Fälle in der Analyse. Die Differenz des Gesamtwissens direkt nach dem

Experiment und zwei bis fünf Wochen später ist laut Shapiro-Wilk-Test in allen Gruppen normalverteilt ( $p > .05$ ). Der Boxplot zeigt keine Ausreißer. Der gepaarte t-Test zeigt keinen signifikanten Unterschied beim Gesamtwissen aller Teilnehmenden zwischen der ersten und der zweiten Erhebung ( $t(18) = -.064, p = .950$ ).

Da die Durchführung einer Lernstrategie keinen signifikanten Effekt auf das Gesamtwissen zeigt, wird im Folgenden eine multiple lineare Regression durchgeführt. Dabei wird neben dem Effekt der Aufgabe auf das Gesamtwissen auch das Alter, die Schulart, das Geschlecht, die Nutzungshäufigkeit von VR-Brillen und die Motivation der Teilnehmenden eingeschlossen. Die unabhängigen Variablen Alter (12-Jährige und älter als 12), Aufgabe (keine Aufgabe und Aufgabe), Schulart (Oberschule und Gymnasium), Geschlecht (weiblich und männlich) und Erstnutzung (ja und nein) sind dabei dichotom (0 und 1) codiert. Die Motivation ist intervallskaliert.

Die abhängige Variable „Gesamtsumme des Wissens direkt nach dem Experiment“ ist nach wie vor intervallskaliert und die Daten sind bei Ausschluss der Fälle 14 und 15 normalverteilt ( $p = .784$ ). Außerdem werden die Fälle 12 und 18 aufgrund fehlender Werte bei der Motivation automatisch ausgeschlossen. Das partielle Regressionsdiagramm, welches die Motivation als unabhängige Variable betrachtet, zeigt eine leicht positive Tendenz und damit eine lineare Beziehung zwischen den Variablen. Die anderen dichotom codierten unabhängigen Variablen müssen im Hinblick auf die lineare Beziehung zwischen den Variablen nicht weiter betrachtet werden. Das Streudiagramm der studentisierten Residuen und unstandardisierten vorhergesagten Werte zeigt zudem, dass alle Werte etwa rund um die Nulllinie liegen. Die studentisierten ausgeschlossenen Residuen zeigen keine Ausreißer, da alle Werte im Bereich von  $\pm 3$  liegen. Auch die Cook-Distanzen liegen alle unter einem Wert von 1 und zeigen daher keine Ausreißer. Die Überprüfung der Hebelwerte zeigt Werte zwischen .115 und .508. Da die Werte jedoch alle sehr nah zu anderen Fällen liegen und die anderen Überprüfungen keine Ausreißer gezeigt haben, verbleiben 23 Fälle in der Regressionsanalyse. Die Korrelation nach Pearson zeigt keinen Wert größer .7 und auch die Kollinearitätsstatistik zeigt, dass keine Multikollinearität zwischen den Prädiktoren besteht. Der Shapiro-Wilk-Test zeigt, dass die studentisierten Residuen normalverteilt sind ( $p = .936$ ). Nach Cohen (1988) besteht eine starke Korrelation von .571 zwischen den vorhergesagten und den tatsächlichen Werten und spricht damit für eine hohe Varianzaufklärung. Das Modell hat mit einem  $R^2 = .326$  (korrigiertes  $R^2 = .074$ ) eine geringe bis mittlere Anpassungsgüte. Die unabhängigen Variablen Motivation, Alter, Schulart, Aufgabe, Geschlecht und Erstnutzung von VR-Brillen sagen statistisch nicht signifikant das Gesamtwissen der Lernenden voraus (siehe Tabelle 3).

Tabelle 3: Regressionskoeffizienten für den Einfluss auf das Wissen von Lernenden direkt nach dem Experiment

Koeffizienten	b	SE	$\beta$	t	p	95% KI	
						UG	OG
(Konstante)	16.456	10.325		1.594	.131	-5.432	28.344
Aufgabe	1.403	2.230	.141	.629	.538	-3.323	6.130
Schulart	1.893	2.884	.156	.656	.521	-4.221	8.007
Alter	-2.508	2.268	-.240	-1.106	.285	-7.317	2.301
Geschlecht	-2.080	1.947	-.225	-1.069	.301	-6.207	2.047
VR-Brillennutzung	3.151	2.326	.335	1.355	.194	-1.779	8.081
Motivation	.256	.462	.130	.555	.586	-.722	1.235

Anmerkungen: N = 23,  $R^2 = .326$ , korr.  $R^2 = .074$ ,  $F(6, 16) = 1.141$ ,  $p = .316$

Auch wenn die einzelnen Koeffizienten nicht signifikant sind, zeigen sich Tendenzen. So steigt das Gesamtwissen eher, wenn eine Lernstrategie durchgeführt wird. Außerdem ist das Wissen von Teilnehmenden aus dem Gymnasium tendenziell höher als von Teilnehmenden aus der Oberschule. Außerdem haben die Zwölfjährigen höhere Wissenswerte erreicht als die älteren Teilnehmenden (13- bis 14-Jährigen). Auch beim Geschlecht ist zu sehen, dass Mädchen mehr wissen als Jungen. Wenn die Teilnehmenden zusätzlich bereits mindestens einmal eine VR-Brille genutzt haben, dann erreichten sie mehr Punkte als Erstnutzende. Bei der Motivation ist zu sehen, dass mit steigender Motivation, das Wissen der Teilnehmenden im Wissenstest steigt.

Die multiple lineare Regressionsanalyse, welche den Effekt der gleichen unabhängigen Variablen auf das Gesamtwissen der Teilnehmenden nach zwei bis fünf Wochen untersucht, zeigt ähnlich Ergebnisse. Dabei wurde neben dem Wissen nur die Motivation in der zweiten Erhebung erneut abgefragt. Die unabhängigen Variablen sagen diesmal jedoch statistisch signifikant das Gesamtwissen der Teilnehmenden voraus (siehe Tabelle 4). Nach Cohen (1988) besteht eine starke Korrelation von .806 zwischen den vorhergesagten und den tatsächlichen Werten und spricht damit für eine hohe Varianzaufklärung. Das Modell hat mit einem  $R^2 = .650$  (korrigiertes  $R^2 = .475$ ) eine hohe Anpassungsgüte.

Tabelle 4: Regressionskoeffizienten für den Einfluss auf das Wissen von Lernenden zwei bis fünf Wochen nach dem Experiment

Abhängige Variable: Gesamtwissen zwei bis fünf Wochen nach dem Experiment							
Koeffizienten	b	SE	$\beta$	t	p	95% KI	
						UG	OG
(Konstante)	10.340	8.653		1.195	.255	-8.514	29.194
Aufgabe	.468	2.242	.048	.209	.838	-4.417	5.353
Schulart	3.885	2.452	.349	1.584	.139	-1.458	9.228
Alter	-4.325	2.278	-.389	-1.899	.082	-9.290	.639
Geschlecht	-2.563	1.570	-.282	-1.632	.129	-5.985	.858
VR-Brillennutzung	2.279	1.916	.248	1.190	.257	-1.895	6.453
Motivation	.599	.346	.340	.109	-.109	-.154	1.352

Anmerkungen: N = 19,  $R^2 = .650$ , korr.  $R^2 = .475$ ,  $F(6, 12) = 3.715$ ,  $p = .025$

### 6.3.2 H2: Einfluss der Lernstrategie auf die Motivation

Um zu überprüfen, ob die Motivation in den Gruppen mit und ohne Lernstrategie direkt nach dem Experiment unterschiedlich ist, wird ein t-Test für diese beiden Gruppen durchgeführt. Dabei ist die abhängige Variable „Motivation“ intervallskaliert. Anhand des Boxplot-Diagramms ist zu erkennen, dass der Fall 14 ein Ausreißer ist, wird jedoch in der Analyse belassen. Der anschließende Test auf Normalverteilung zeigt, dass die Daten nach dem Shapiro-Wilk-Test in beiden Gruppen normalverteilt sind ( $p > .05$ ). Die Überprüfung der Varianzhomogenität durch den Levene-Test zeigt eine Gleichheit der Varianzen ( $p = .315$ ). Der zweiseitige ungepaarte t-Test zeigt, dass die Motivation bei der Gruppe, welche eine generative Lernstrategie durchgeführt hat ( $M = 22.000$ ;  $SD = 2.250$ ) im Vergleich zu der Gruppe, welche keine generative Lernstrategie durchgeführt hat ( $M = 21.556$ ;  $SD = 3.245$ ), nicht signifikant ist ( $t(23) = -.404$ ;  $p = .690$ ).

Für die Daten des zweiten Fragebogens, welcher die Motivation nach zwei bis fünf Wochen nach dem Experiment ein weiteres Mal abfragte, wird die Analysen erneut durchgeführt. Dabei konnten aufgrund fehlender Datensätze nur 21 der 27 ursprünglichen Fälle berücksichtigt werden. Das Boxplot-Diagramm zeigt zudem keine Ausreißer. Der anschließende Test auf Normalverteilung zeigt, dass die Daten nach dem Shapiro-Wilk-Test in beiden Gruppen VR<sub>mt</sub> und VR<sub>ohne</sub> normalverteilt sind ( $p > .05$ ). Die Überprüfung der Varianzhomogenität durch den Levene-Test zeigt eine Gleichheit der Varianzen ( $p = .118$ ). Der t-Test zeigt, dass die Motivation bei der Gruppe VR<sub>mt</sub> ( $M = 21.077$ ;  $SD = 2.499$ ) im Vergleich zu der Gruppe VR<sub>ohne</sub> ( $M = 20.250$ ;  $SD = 4.621$ ), nicht signifikant ist ( $t(19) = -.535$ ;  $p = .599$ ).

19 der 27 Teilnehmenden haben zudem beide Fragebögen korrekt und ohne fehlende Werte ausgefüllt, sodass ein t-Test für abhängige Stichproben für diese Fälle durchgeführt werden kann. Das Boxplot-Diagramm zeigt keine Ausreißer. Die Differenz der Motivationserhebungen ist laut Shapiro-Wilk-Test nicht normalverteilt ( $p = .042$ ). Da der t-Test relativ robust gegenüber Verletzungen der Normalverteilung ist, werden die Daten trotzdem für diesen t-Test verwendet. Dieser zeigt, dass die Motivation aller Teilnehmenden bei der zweiten Erhebung signifikant geringer ist als direkt nach dem Experiment ( $t(18) = 2.471$ ,  $p = .024$ ). Wenn keine Normalverteilung vorliegt, kann außerdem ein non-parametrisches Verfahren angewendet werden. Auch der Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test zeigt, dass die Motivation nach zwei bis fünf Wochen signifikant geringer ist,  $z = -2.195$ ,  $p = .028$ .

## 6.4 Überprüfung der Hypothesen nach drei Gruppen

### 6.4.1 H1: Einfluss der Lernstrategie auf das Wissen

Um zu überprüfen, ob das Gesamtwissen in allen drei Experimentalgruppen direkt nach dem Experiment unterschiedlich ist, wird zusätzlich eine einfaktorische Varianzanalyse (ANOVA) durchgeführt. Dabei ist die abhängige Variable „Gesamtsumme des Wissens“ intervallskaliert und durch den weiteren Ausschluss der Ausreißer (Fälle 14 und 15) sind auch die Daten in allen drei Gruppen nach dem Shapiro-Wilk-Test normalverteilt ( $p > .05$ ). Die Überprüfung der Varianzhomogenität durch den Levene-Test zeigt eine Gleichheit der Varianzen ( $p = .183$ ). Die ANOVA zeigt auch hier keinen signifikanten Unterschied im Zusammenhang der generativen Lernstrategie und dem Gesamtwissen der Teilnehmenden ( $F(2, 22) = .813$ ;  $p = .456$ ). Auch bei der getrennten Betrachtung nach Transferwissen ( $F(2, 22) = .564$ ;  $p = .577$ ) und nach deklarativem Wissen ( $F(2, 22) = 1.832$ ;  $p = .184$ ) konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen der verschiedenen Lernstrategien festgestellt werden.

Auch für die Daten zwei bis fünf Wochen nach dem Experiment wird erneut eine einfaktorische Varianzanalyse (ANOVA) durchgeführt, um zu untersuchen, ob das Gesamtwissen in allen drei Experimentalgruppen unterschiedlich ist. Dabei ist die abhängige Variable „Gesamtwissen nach zwei bis fünf Wochen“ ebenfalls intervallskaliert und durch den weiteren Ausschluss der Ausreißer (Fälle 14 und 15) sind erneut die Daten in allen drei Gruppen nach dem Shapiro-Wilk-Test normalverteilt ( $p > .05$ ). Die Überprüfung der Varianzhomogenität durch den Levene-Test zeigt eine Gleichheit der Varianzen ( $p = .188$ ). Die ANOVA zeigt ebenfalls keinen signifikanten Unterschied im Zusammenhang der generativen Lernstrategie und dem Gesamtwissen der Teilnehmenden ( $F(2, 16) = 1.586$ ;  $p = .235$ ). Auch bei der getrennten Betrachtung nach

Transferwissen ( $F(2, 16) = .985$ ;  $p = .395$ ) und nach deklarativem Wissen ( $F(2, 16) = 1.328$ ;  $p = .293$ ) konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen der verschiedenen Lernstrategien festgestellt werden.

Insgesamt ist das Wissen der Teilnehmenden im Vergleich zur Erhebung direkt nach dem Experiment bei den Gruppen, welche eine Lernstrategie durchgeführt haben, leicht gesunken. Die Teilnehmenden, welche keine Aufgabe erfüllt haben, weisen hingegen höhere Wissenswerte aus (siehe Abbildung 9).

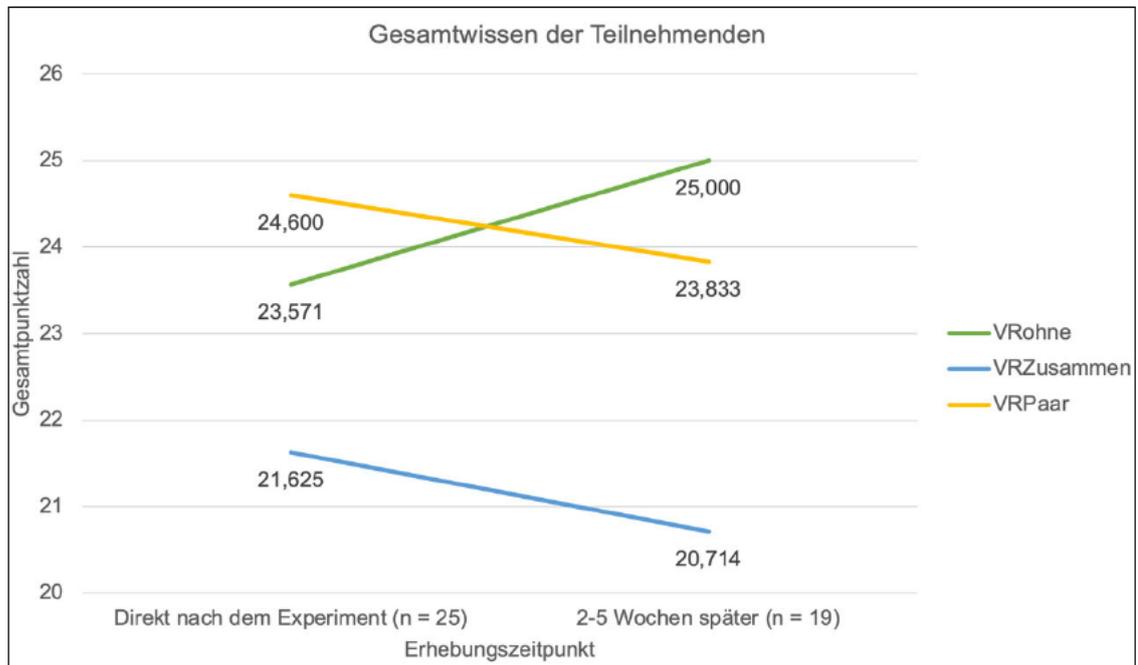


Abbildung 9: Gesamtwissen der Teilnehmenden zu den zwei Erhebungszeitpunkten (eigene Darstellung)

Da 21 der 27 Teilnehmenden beide Fragebögen bezüglich der Wissensfragen ausgefüllt haben, wird ein t-Test für abhängige Stichproben für diese Fälle durchgeführt. Nach weiterem Ausschluss der Fälle 14 und 15 aufgrund fehlender Daten, verbleiben 19 Fälle in der Analyse. Die Differenz des Wissens zwischen den Erhebungen ist in allen drei Gruppen laut Shapiro-Wilk-Test normalverteilt ( $p > .05$ ). Auch hier zeigt sich, dass es in den einzelnen Gruppen keinen signifikanten Unterschied beim Gesamtwissen zwischen der ersten Erhebung direkt nach dem Experiment und der zweiten Erhebung zwei bis fünf Wochen nach dem Experiment gibt (siehe Tabelle 5).

Tabelle 5: Abhängigkeit des Gesamtwissens der Teilnehmenden zu den zwei Erhebungszeitpunkten

abhängige Variable: Wissen				
unabhängige Variable	Shapiro-Wilk	gepaarter t-Test		
	p	T	df	p
keine Aufgabe	.055	-1.865	5	.121
Zusammenfassung	.928	.732	6	.492
Paararbeit	.853	0	5	1

Anmerkungen: T = t-Wert, df = Freiheitsgrade, p = Signifikanz

(eigene Darstellung)

## 6.4.2 H2: Einfluss der Lernstrategie auf die Motivation

Um zu überprüfen, ob die Motivation in allen drei Experimentalgruppen direkt nach dem Experiment unterschiedlich ist, wird zusätzlich eine einfaktorielle Varianzanalyse (ANOVA) durchgeführt. Dabei wurden aufgrund fehlender Werte nur 25 der 27 Fälle berücksichtigt. Außerdem wurde der Fall 14 anhand des Boxplot-Diagramms erneut als Ausreißer definiert und aus der Betrachtung ausgeschlossen. Die abhängige Variable „Motivation“ ist intervallskaliert und die Daten sind in allen drei Gruppen nach dem Shapiro-Wilk-Test normalverteilt ( $p > .05$ ). Es zeigt sich eine ähnliche Motivation bei der Gruppe, welche keine Aufgabe erfüllte ( $M = 21.556$ ,  $SD = 3.245$ ) und der Gruppe, die eine Zusammenfassung schrieb ( $M = 21.429$ ,  $SD = 2.439$ ). Die Motivation der Gruppe, welche die Paararbeit durchführte, ist hingegen um circa einen Punktwert höher ( $M = 22.444$ ,  $SD = 2.128$ ). Die Überprüfung der Varianzhomogenität durch den Levene-Test zeigt eine Gleichheit der Varianzen ( $p = .095$ ). Die einfaktorielle ANOVA zeigt keinen signifikanten Unterschied der Motivation der Teilnehmenden bezüglich der generativen Lernstrategie ( $F(2, 21) = .380$ ;  $p = .688$ ). Diese Ergebnisse bestätigen die zweite Hypothese, dass die Motivation der Gruppen, welche eine Lernstrategie nutzen, sich nicht von der Motivation der Kontrollgruppe unterscheidet, welche keine Lernstrategie nutzt.

Um zu überprüfen, ob die Motivation in allen drei Experimentalgruppen zwei bis fünf Wochen nach dem Experiment unterschiedlich ist, wird zusätzlich eine einfaktorielle Varianzanalyse (ANOVA) durchgeführt. Da das Boxplot-Diagramm keine Ausreißer zeigt, verbleiben 21 Fälle in der Analyse. Die abhängige Variable Motivation ist intervallskaliert und die Daten sind in allen drei Gruppen nach dem Shapiro-Wilk-Test normalverteilt ( $p > .05$ ). Die Motivation bei der Gruppe, welche keine Aufgabe erfüllte, ist am niedrigsten ( $M = 20.250$ ,  $SD = 4.621$ ). Die Motivation der Gruppe, die eine Zusammenfassung schrieb ( $M = 21.000$ ,  $SD = 2.828$ ) ist ähnlich zu der Gruppe, welche die

Paararbeit durchführte ( $M = 21.167$ ,  $SD = 2.317$ ). Die Überprüfung der Varianzhomogenität durch den Levene-Test zeigt eine Gleichheit der Varianzen ( $p = .287$ ). Die einfaktorielle ANOVA zeigt auch zwei bis fünf Wochen nach dem Experiment keinen signifikanten Unterschied der Motivation der Teilnehmenden bezüglich der generativen Lernstrategie ( $F(2, 18) = .139$ ;  $p = .871$ ). Diese Ergebnisse bestätigen erneut die zweite Hypothese.

Insgesamt ist die Motivation der Teilnehmenden im Vergleich zur Erhebung direkt nach dem Experiment gesunken (siehe Abbildung 10).

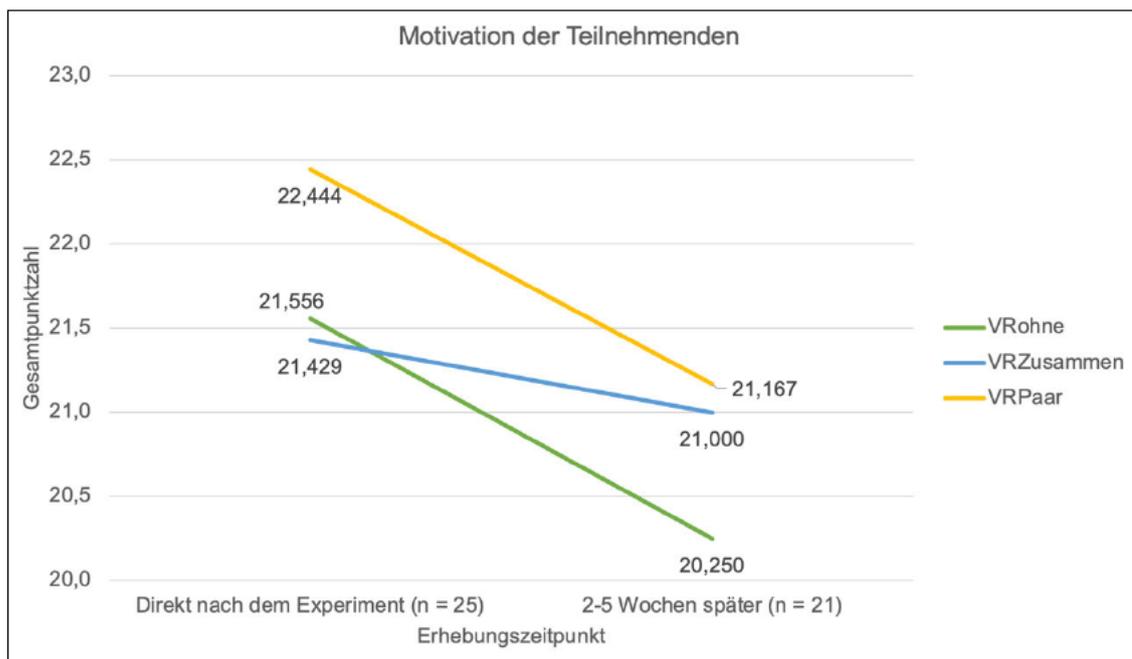


Abbildung 10: Motivation der Teilnehmenden zu den zwei Erhebungszeitpunkten (eigene Darstellung)

19 der 27 Teilnehmenden haben dabei beide Fragebögen korrekt und ohne fehlende Werte ausgefüllt, sodass ein t-Test für abhängige Stichproben für diese Fälle durchgeführt werden kann. Das Boxplot-Diagramm zeigt keine Ausreißer. Die Differenz der Motivationserhebungen ist in einer von drei Gruppen laut Shapiro-Wilk-Test nicht normalverteilt (siehe Tabelle 6). Da der t-Test relativ robust gegenüber Verletzungen der Normalverteilung ist, werden die Daten trotzdem für diesen Test verwendet. Auch wenn eine signifikant geringere Motivation aller Teilnehmenden festgestellt werden konnte, so zeigt sich hier, dass die Motivation zwischen den beiden Erhebungszeitpunkten in den einzelnen Gruppen nicht signifikant verschieden ist (siehe Tabelle 6).

Tabelle 6: Abhängigkeit der Motivation der Teilnehmenden zu den zwei Erhebungszeitpunkten

abhängige Variable: Motivation				
unabhängige Variable	Shapiro-Wilk	gepaarter t-Test		
	p	T	df	p
keine Aufgabe	.013	2.017	7	.083
Zusammenfassung	.700	.591	5	.580
Paararbeit	.054	1.633	4	.178

Anmerkungen: T = t-Wert, df = Freiheitsgrade, p = Signifikanz

(eigene Darstellung)

## 6.5 Diskussion der Ergebnisse

Die Ergebnisse zeigen, dass die Anwendung einer Lernstrategie weder auf das Wissen noch auf die Motivation der Teilnehmenden einen Einfluss hat. Im Fall der Motivation bestätigt dies auch die zweite aufgestellte Hypothese und zeigt, dass die Lernenden trotz zusätzlicher Aufgabe in Form einer Lernstrategie keine geringere oder höhere Motivation haben. Dies bestätigt die Untersuchungen von Parong und Mayer (2018a) sowie Wu et al. (2018) und stützt die These, dass die Motivation der Lernenden, welche mit immersiven Medien wie VR arbeiten, nicht von der Anwendung einer Lernstrategie beeinflusst wird. Auch wenn die Motivationswerte zwei bis fünf Wochen nach dem Experiment signifikant gesunken sind, unterscheiden sich diese nicht zwischen den Gruppen, welche eine Lernstrategie angewendet haben und der Gruppe, welche keine Aufgabe erfüllt hat. Deswegen kann davon ausgegangen werden, dass Lernende auch durch das Hinzufügen von extra Aufgaben nicht demotiviert sind, mit immersiven Medien wie VR zu lernen.

Die Motivationsskala hatte im Pretest ein geringes Cronbach's alpha von .51 und die interne Konsistenz war fragwürdig. Jedoch war die Pretest-Fallzahl sehr gering, weshalb die Skala trotzdem beibehalten wurde. Zur Überprüfung wurde daher die interne Konsistenz der Motivationsskala erneut gemessen und Cronbach's alpha für die 27 Fälle des Experiments berechnet. Dabei wurden zwei Fälle aufgrund fehlender Werte ausgeschlossen, sodass nur 25 Fälle betrachtet wurden. Die Berechnung zeigt mit .7 ein akzeptables Cronbach's alpha und bestätigt die Beibehaltung der Motivationsitems von Klingenberg (vgl. Klingenberg et al., 2020, S. 2136).

Die Erwartungen an den Effekt einer Lernstrategie auf das Wissen von Lernenden konnten hingegen nicht bestätigt werden. Auch wenn beispielsweise Klingenberg et al. (2020) in ihrer Studie bestätigen, dass Paararbeit das Wissen der Teilnehmenden verbessert. Auch Yang und Wang (2021) fanden signifikant mehr Wissen bei der Nutzung

der Lernstrategien Selbsttesten und Zusammenfassen. Die vorliegende Untersuchung konnte hingegen keinen Unterschied zwischen den Gruppen feststellen und ähnelt daher eher den Ergebnissen von Elme et al. (2022). Trotzdem ist in der ersten Erhebung in den Mittelwerten zu sehen, dass die Gruppe VRPaar höheres Wissen hat als die Gruppe VRohne. Es kann also von einer leichten Tendenz ausgegangen werden, dass diese Lernstrategie einen positiven Effekt auf das Wissen hat. Jedoch zeigt sich bei der zweiten Erhebung zwei bis fünf Wochen nach dem Experiment, dass die Wissenswerte der Gruppe VRPaar sinken, während die Werte der Gruppe VRohne steigen. Ein höheres Wissen der Gruppe ohne Lernstrategie in der zweiten Erhebung führen Johnson und Mrowka (2010) auf ein höheres Lernengagement zurück (vgl. Johnson & Mrowka, 2010, S. 116–117). Da die Ergebnisse der Gruppen sich jedoch in der vorliegenden Untersuchung bereits bei der ersten Erhebung nicht signifikant unterschieden und keine Noten verteilt wurden, ist nicht davon auszugehen, dass die Schüler:innen für die zweite Erhebung gelernt haben. Zudem muss die Lernstrategie "Lehren" noch weiter untersucht werden, denn die Paararbeit ist nur eine Möglichkeit diese durchzuführen (vgl. Fiorella & Mayer, 2015, S. 151–166). Außerdem muss detaillierter überprüft werden, wie die Aufgabe ausgeführt wird. In der vorliegenden Untersuchung erklärten die Teilnehmenden sich das Gelernte anhand von Fragen selbstständig in einem separaten Raum. Auch wenn die Fragen abwechselnd erklärt werden sollten, so wurde dies nicht überprüft. Deshalb ist nicht klar, in welchem Umfang und wie die Teilnehmenden die generative Lernstrategie genau ausgeführt haben. Zudem kann nicht unterschieden werden, ob die Teilnehmenden vom Akt des Erklärens selbst, vom Zuhören beim Erklären der oder des Anderen oder von der sozialen Interaktion in der Situation gelernt haben (vgl. Klingenberg et al., 2020, S. 2130). Elme et al. (2022) weisen zum Beispiel auch bei der Lernstrategie des Selbsterklärens darauf hin, dass Unterschiede durch die Art der Durchführung entstehen können (vgl. Elme et al., 2022, S. 20). Außerdem bedeutet die Durchführung einer Lernstrategie, welche das generative Verarbeiten anregen soll, nicht automatisch, dass die Schüler:innen das Gelernte tatsächlich generativ verarbeiten (vgl. Fiorella & Mayer, 2021, S. 348).

Die Lernstrategie "Zusammenfassen" hat durchgängig die geringsten Wissenswerte, sodass diese den Lernerfolg beim Lernen mit VR nicht steigert. Nach längerer Zeit, hier nach zwei bis vier Wochen, bestätigt dies auch die Ergebnisse von Yang und Wang (2021). Die Autorinnen konnten bereits nach einer Woche feststellen, dass die Lernstrategie "Zusammenfassen" keinen signifikanten Einfluss mehr auf das Wissen der Teilnehmenden zeigte. Eine mögliche Erklärung dafür könnte eine erhöhte kognitive Belastung der Teilnehmenden dieser Gruppe sein (vgl. Elme et al., 2022, S. 18–20). Denn sie haben durchschnittlich acht Minuten und 40 Sekunden länger für das gesamte Experiment gebraucht als die Gruppe VRohne und eine Minute und 55 Sekunden länger als die Gruppe VRPaar. Ein weiterer Grund für die niedrigen Wissenswerte könnte auch hier die falsche Ausführung der Lernstrategie sein (vgl. Elme et al., 2022, S.

20). Denn Lernende sind erfolgreicher, wenn sie zuvor gelernt haben, eine Zusammenfassung zu schreiben (vgl. Fiorella & Mayer, 2015, S. 20–37). Die Sichtung der Zusammenfassungen hat jedoch gezeigt, dass die Schüler:innen teilweise keine ganzen Sätze geschrieben haben, obwohl dies explizit in der Aufgabe stand. Auch hier zeigten sich bereits einige Wissenslücken, die im anschließenden Fragebogen nicht geschlossen werden konnten.

Da die Lernstrategie in der vorliegenden Untersuchung keinen signifikanten Einfluss auf das Wissen zeigt, wurde zusätzlich eine multiple lineare Regressionsanalyse durchgeführt. Diese untersucht zusätzlich den Effekt von Alter, Schulart, Geschlecht, Nutzungshäufigkeit von VR-Brillen und Motivation auf das Gesamtwissen der Teilnehmenden. Diese Koeffizienten haben jedoch weder in der ersten noch in der zweiten Erhebung einen signifikanten Einfluss auf das Gesamtwissen. Trotzdem ist ablesbar, dass die Nutzungshäufigkeit von VR-Brillen, das Geschlecht und die Schulart höhere Tendenzen in Bezug auf das Gesamtwissen zeigen als die anderen Koeffizienten. Dass Erstnutzende geringere Wissenswerte haben, unterstützt die Annahme der Cognitive-Load-Theory und zeigt, dass beim Lernen mit immersiven Medien besonders für Erstnutzende eine höhere kognitive Belastung für die Lernenden vorliegt. Denn die Lernenden wollen sich zunächst einmal orientieren und sind fasziniert von der virtuellen Welt, sodass die Informationsverarbeitung hinten angestellt wird (vgl. Jenewein et al., 2009, S. 304; Meyer et al., 2019, S. 10–12).

Generell muss berücksichtigt werden, dass das Experiment nur eine kleine Stichprobe aufweist. Außerdem entspricht die Stichprobe nur zum Teil der Grundgesamtheit und weist damit eine geringere externe Validität auf. Denn die getroffenen Aussagen gelten für Zwölf- bis 13-Jährige und nicht für ältere Schüler:innen sowie andere Jahrgänge. Trotzdem ist die Erhebungssituation im Feld sehr ähnlich zu der Lernsituation in der Schule und stützt die externe Validität (vgl. Eifler & Leitgöb, 2022, S. 236).

Auch die interne Validität ist beeinträchtigt, weil die Durchführung des Experiments an verschiedenen Tagen stattfand. Aufgrund terminlicher Vorgaben seitens der Schule und der Verfügbarkeit von nur fünf VR-Brillen konnten pro Experimenttag nur fünf Schüler:innen teilnehmen. Zwischen den Untersuchungen waren die Teilnehmenden daher unterschiedlichen zeitlichen Geschehnissen ausgesetzt und können durch zum Beispiel Tests oder Stress in der Schule beeinflusst worden sein (vgl. Eifler & Leitgöb, 2022, S. 229–230; Krebs & Menold, 2022, S. 561). Die Gefahr, dass spätere Gruppen ein höheres Wissen haben, konnte nicht bestätigt werden. Außerdem war es gut umsetzbar, fünf Schüler:innen gleichzeitig zu betreuen, wenn es um die Einrichtung der VR-Brille ging. Bei größeren Gruppen oder ganzen Klassen müssten die Schüler:innen entweder den Umgang mit der VR-Brille beherrschen oder es würden weitere Betreuer:innen benötigt. Nur so können alle Lernenden nahezu gleichzeitig mit der VR-

Erfahrung beginnen und bei Problemen schnell unterstützt werden. Auch im Anschluss an die Entdeckung war die Betreuung der fünf Lernenden gut umsetzbar. Sobald die Schüler:innen jedoch die VR-Brillen absetzten und zu unterschiedlichen Zeitpunkten fertig waren, war es schwierig die verschiedenen Aufgaben zu verteilen. Daher wären weitere Lehrpersonen im Schulalltag sinnvoll, die dabei aushelfen können. Wenn alle Lernenden im Anschluss die gleiche Aufgabe erfüllen sollen und der Lernauftrag für alle verständlich ist, dann wäre die Umsetzung auch in einer größeren Gruppe gut möglich.

Außerdem ist es nötig, weitere Lernstrategien besonders beim Lernen mit immersiven Medien zu testen. Des Weiteren müssen auch die Unterschiede bei der Schulart, Alter und Geschlecht weiter betrachtet werden. Dies konnte in der vorliegenden Arbeit aufgrund des Umfangs und zeitlicher Restriktionen nicht eingearbeitet werden. Neben den soziodemographischen Daten sollten daher zukünftig auch andere Eigenschaften von Lernenden betrachtet werden. Generell eher lernschwache Schüler:innen können bestimmte Lernstrategien vermutlich nicht sinnvoll nutzen oder sind mit dem virtuellen Inhalt überfordert (vgl. Aufenanger, 2020, S. 36). Lernende, welche ein gutes Vorstellungsvermögen haben, gehen mit den Informationen und Lernstrategien eventuell ganz anders um als auditive Lerntypen. Hartmann und Bannert (2022) gehen folglich davon aus, dass immersive Medien keinen zusätzlichen Lerneffekt für Lernenden haben, welche in der Lage sind, sich räumlich-situative Inhalte auch ohne Repräsentation vorzustellen (vgl. Hartmann & Bannert, 2022, S. 387).

Aber auch die Durchführung der Lernstrategie muss näher betrachtet werden. Zum Beispiel die hier untersuchten Lernstrategien "Lehren" und "Zusammenfassen" können auf unterschiedliche Weise durchgeführt werden. Aber auch die anderen vorgestellten Lernstrategien sind methodisch nicht klar definiert. Welche Umsetzung einer Lernstrategie sinnvoll und machbar ist, muss weiterhin besonders beim Lernen mit immersiven Medien aufgeklärt werden (vgl. Elme et al., 2022, S. 20; Fiorella & Mayer, 2015, S. 151–166; Klingenberg et al., 2020, S. 2130). Daher hätte bei der Lernstrategie "Zusammenfassen" die Unterteilung in verschiedene Abschnitte sinnvoll sein können, wie es bereits Parong und Mayer (2018a) in ihrer Untersuchung durchführten. Sie konnten dabei signifikant bessere Lernerfolge bei der Gruppe, welche eine Zusammenfassung schrieb, feststellen (vgl. Parong & Mayer, 2018a, S. 792–793). Die VR-Lerneinheit ist dann nicht getrennt von der Lernstrategie zu betrachten, sondern die Zusammenfassung würde in der vorliegenden Untersuchung immer nach einem Schauplatz geschrieben werden. So könnten die Schüler:innen sich auf einzelne Teilgebiete fokussieren und die Information gegebenenfalls erneut anhören und ansehen.

Ein weiteres Problemfeld war die fehlende aktive Rolle der Schüler:innen. Die hier genutzte VR-Lerneinheit bietet zwar visuelle und auditive Informationen zum Thema Bie-

ne, jedoch können die Lernenden lediglich die Schauplätze wechseln und weitere Informationen anhören. Eine Lerneinheit, welche den Schüler:innen ermöglicht zu handeln und daraus Konsequenzen ableitet, bietet mehr als eine passive Informationsvermittlung. Dies würde das Lernen mit immersiven Medien zusätzlich von bereits bekannten digitalen Medien unterscheiden.

Auch bereits in der Vorbereitung müssen besonders Eltern und Kinder noch mehr über die Gefahren aufklären. Die vorliegende Untersuchung hat zwar durch eine Einverständniserklärung über den Vorgang des Experiments und die verwendete Technik aufgeklärt, jedoch keine möglichen Nebenwirkungen benannt. Da noch keine Langzeitstudien veröffentlicht sind, welche Auswirkungen VR-Brillen haben können, sollten die Teilnehmenden immer über mögliche Nebenwirkungen aufgeklärt werden und bei Problemen die Brille jederzeit absetzen (vgl. Zender et al., 2022, S. 28–32). Im Bezug dazu sollten zukünftig häufiger Nebenwirkungen erfasst werden. Besonders bei Jüngeren hätte so die sogenannte Cybersickness und Motion Sickness intensiver betrachtet und beachtet werden können (vgl. Kaspar, 2021, S. 7; Schäfer et al., 2023, S. 12; Zender et al., 2022, S. 32). Neben positiven Gefühlen wie Interesse, Spaß und Motivation wäre auch die Erfassung von negativen Emotionen wie Überforderung sinnvoll gewesen (vgl. Schäfer et al., 2023, S. 17). Denn der Einsatz von immersiven Medien und konkret VR-Brillen ist vor allem an Schulen und bei Kindern unter zwölf Jahren nicht abschließend geklärt (vgl. Zender et al., 2022, S. 28–32).

## 7 Schlussbetrachtungen

In der vorliegenden Arbeit wurden die generativen Lernstrategien "Lehren" und "Zusammenfassen" nach Fiorella und Mayer (2015) anhand von VR-Lerneinheiten betrachtet. Es wurde deren Einfluss auf die Motivation und das Wissen von Lernenden untersucht. Dazu nahmen 27 Schüler:innen des siebten Klasse des evangelischen Schulzentrums in Leipzig an einem Experiment Teil und füllten sowohl vor als auch nach einer VR-Lerneinheit zum Thema Honigbiene Fragebögen aus. Zwei bis fünf Wochen nach dem Experiment wurden sie erneut zu ihrer Motivation und ihrem Wissen befragt.

Die Ergebnisse bestätigen eine hohe Motivation der Teilnehmenden und zeigen keinen Unterschied bei der Nutzung einer generativen Lernstrategie. Auch wenn die Motivation zwei bis fünf Wochen nach dem Experiment signifikant gesunken ist, so ist dies unabhängig von der genutzten Methode und bestätigt damit die aufgestellte zweite Hypothese. Ebenso konnte kein signifikanter Einfluss der generativen Lernstrategien auf das Wissen der Teilnehmenden festgestellt werden. Somit musste die erste Hypothese verworfen werden. Das Wissen der Gruppen, welche eine Lernstrategie nutzten, war demnach nicht höher als das Wissen der Gruppe, die keine Lernstrategie nutzte.

Im Zuge dieser Untersuchung wurde festgestellt, dass die Methode und deren Durchführung noch weitere Forschung besonders im Bereich der immersiven Medien benötigt, um einen höheren Lernerfolg bei den Teilnehmenden zu erreichen. Auch weitere Einflussfaktoren wie das Alter, Geschlecht, Schulform oder die Nutzungshäufigkeit einer VR-Brille konnten das Gesamtwissen der Teilnehmenden direkt nach dem Experiment nicht signifikant erklären. Erst bei der Erfassung des Wissens und der Motivation nach zwei bis fünf Wochen konnten die Einflussfaktoren Aufgabe, Alter, Geschlecht, Schulart, Nutzungshäufigkeit einer VR-Brille und Motivation das Gesamtwissen der Teilnehmenden signifikant erklären. Außerdem zeigten die Koeffizienten in beiden Regressionsanalysen eine Tendenz, dass Jungen, Oberschüler:innen und Erstnutzende einer VR-Brille weniger Punkte im Wissenstest erreichen, als Mädchen Gymnasiast:innen und erfahrene VR-Brillen Nutzende.

Andere Untersuchungen zeigen zudem, dass immersive Medien großes Potential haben, das Lernen zu unterstützen. Dabei sollen VR und AR die bestehenden Medien nicht ersetzen, sondern ergänzen. Viele Studien zeigen, dass besonders die Lerneinstellung und Motivation von Lernenden hoch ist, wenn sie immersive Medien anwenden. Dies muss genutzt werden, um auch den Lernerfolg für Anwender:innen zu verbessern. Da jedoch Medien nicht allein den Lernerfolg steigern können, müssen weitere Methoden und Lernstrategien mit immersiven Medien erprobt, erforscht und weiterentwickelt werden. Derzeit kann der Mehrwert von immersiven Lernszenarien

noch nicht gut genug eingeschätzt werden und der höhere Aufwand für die Entwicklung und Implementierung solcher Anwendungen steht diesem gegenüber. Außerdem existieren neben den vielen Potentialen noch zu viele Grenzen, weshalb der Einsatz von VR und AR im Bereich des Lernens sich eher in der Phase des Ausprobierens befindet und bisher wenig didaktische oder systematische Anwendung findet.

Zukünftige Studien müssen daher weitere Aspekte bei der Nutzung von immersiven Medien zum Lernen beachten. Besonders Langzeitstudien sollten den Einfluss auf das Langzeitgedächtnis betrachten und Lernerfolge messen. Im Bereich der Technik sollte zudem der Einfluss der Qualität der VR- oder AR-Brillen untersucht werden. Cardboards sind eine kostengünstige Alternative und können für jüngere Schüler:innen genutzt werden. Jedoch ist der Einfluss der Qualität und Nutzungsfreundlichkeit eines immersiven Lernszenarios, zum Beispiel auf die Motivation und den Lernerfolg, nicht geklärt.

Neben den technischen Einflüssen muss auch der Lerninhalt betrachtet werden. Es muss untersucht werden, ob und welche Lerninhalte sich mit immersiven Medien besser vermitteln lassen als andere. Auch der Unterschied zwischen aktiven und passiven Lernszenarien sollte beleuchtet werden. Denn die aktive Rolle des Lernenden ist ein entscheidender Vorteil, welcher das Lernen mit immersiven Medien von bisher angewendeten digitalen Medien unterscheidet. Zusätzlich ist auch die Methode ein entscheidender Effekt, welcher sich auf das Lernen auswirkt. Weitere Lernstrategien und didaktische Methoden müssen dafür untersucht werden. Diese können sich auch in ihrer Länge, Häufigkeit oder Intensität unterscheiden und beobachtet werden.

Außerdem müssen soziodemographische Daten wie das Alter mehr berücksichtigt werden, um besser auf die Lernenden eingehen zu können. Die vorliegende Untersuchung hat gezeigt, dass die jüngeren Teilnehmenden tendenziell bessere Werte im Wissenstest erreichten als die älteren. Die Gründe dafür müssen erforscht und in umfassenderen Studien mit verschiedenen Altersgruppen untersucht werden. Aber auch lerntypische Eigenschaften wie das generelle Lernvermögen, Lerntypen oder das Vorstellungsvermögen von Lernenden sollten mit einbezogen werden.

Des Weiteren müssen zukünftig die medizinischen Aspekte der Nutzung von VR-Brillen stärkere Betrachtung finden. Das Ausmaß der Nebenwirkungen und deren Einfluss auf den Lernerfolg, aber auch auf die allgemeine Gesundheit der Nutzenden sind nur der Beginn der Untersuchungen. Nebenwirkungen wie Kopfschmerzen und Übelkeit, aber auch Krankheiten wie Cybersickness und Motion Sickness müssen erfasst werden. Aber auch die verschiedenen Altersgruppen müssen hinsichtlich der Nutzungsempfehlungen beleuchtet werden.

---

Um die verschiedenen Sichtweisen und Anwendungsbereiche zukünftig zu verknüpfen muss daher eine Zusammenarbeit zwischen Lernenden, Lehrkräften, Eltern, Bildungsinstitutionen, politischen Akteur:innen und VR-Entwickler:innen erfolgen. Nur so können gute und sinnvolle immersive Lernszenarien entwickelt und umgesetzt werden (vgl. Schäfer et al., 2023, S. 14; Zender et al., 2022, S. 38–47). Denn unabhängig davon, ob VR verwendet wird, um realistische Simulationen zu erstellen, traditionelle Lernmaterialien zu verbessern oder Schüler:innen bei der Entwicklung praktischer Fähigkeiten zu helfen, immersive Medien haben das Potential, die Lernerfahrung aller Altersgruppen und deren Fähigkeiten erheblich zu verbessern. Da diese Technologie weiter voranschreitet und breiter verfügbar wird, werden auch immersive Medien zukünftig mehr für Bildungszwecke verwendet. Denn Bildung und besonders Medienbildung bedeutet, neue innovative Möglichkeiten kennenzulernen, zu entdecken, auszuprobieren und zu hinterfragen.

## Literaturverzeichnis

Ai-Lim Lee, E., Wong, K. W., & Fung, C. C. (2010). How does desktop virtual reality enhance learning outcomes? A structural equation modeling approach. *Computers & Education*, 55(4), 1424–1442. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2010.06.006>

Albus, P., Vogt, A., & Seufert, T. (2021). Signaling in virtual reality influences learning outcome and cognitive load. *Computers & Education*, 166, 104154. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2021.104154>

Angele, C. S. C. (2020). Lernen in und mit virtuellen Lernszenarien. *MiDU - Medien im Deutschunterricht*, 1-17 Seiten. <https://doi.org/10.18716/OJS/MIDU/2020.0.1>

Anne Frank Haus. (2018). *Das Anne Frank Haus in Virtual Reality*. Anne Frank Website. <https://www.annefrank.org/de/uber-uns/was-wir-tun/unsere-publikationen/das-anne-frank-haus-virtual-reality/>

Araiza-Alba, P., Keane, T., & Kaufman, J. (2022). Are we ready for virtual reality in K–12 classrooms? *Technology, Pedagogy and Education*, 31(4), 471–491. <https://doi.org/10.1080/1475939X.2022.2033307>

Aufenanger, S. (2017). Zum Stand der Forschung zum Tableteinsatz in Schule und Unterricht aus nationaler und internationaler Sicht. In J. Bastian & S. Aufenanger (Hrsg.), *Tablets in Schule und Unterricht* (S. 119–138). Springer Fachmedien Wiesbaden. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-13809-7>

Aufenanger, S. (2020). Tablets in Schule und Unterricht – Pädagogische Potenziale und Herausforderungen. In D. M. Meister & I. Mindt (Hrsg.), *Mobile Medien im Schulkontext* (Bd. 41, S. 29–46). Springer Fachmedien Wiesbaden. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-29039-9>

Azuma, R. T. (1997). A survey of augmented reality. *Presence: teleoperators & virtual environments*, 6(4), 355–385.

Baacke, D. (1996). Medienkompetenz–Begrifflichkeit und sozialer Wandel. In A. von Rein (Hrsg.), *Medienkompetenz als Schlüsselbegriff* (S. 112–124). Klinkhardt.

Baddeley, A. (1992). Working Memory. *Science*, 255(5044), 556–559. <https://doi.org/10.1126/science.1736359>

- Bailenson, J. N., Yee, N., Blascovich, J., Beall, A. C., Lundblad, N., & Jin, M. (2008). The Use of Immersive Virtual Reality in the Learning Sciences: Digital Transformations of Teachers, Students, and Social Context. *Journal of the Learning Sciences, 17*(1), 102–141. <https://doi.org/10.1080/10508400701793141>
- Bigl, B., & Schubert, M. (2021). *Medienkompetenz in Sachsen. Auf dem Weg zur digitalen Gesellschaft*. (1. Aufl.). Sächsische Landeszentrale für politische Bildung.
- Boud, A. C., Haniff, D. J., Baber, C., & Steiner, S. J. (1999). Virtual reality and augmented reality as a training tool for assembly tasks. *1999 IEEE International Conference on Information Visualization (Cat. No. PR00210)*, 32–36. <https://doi.org/10.1109/IV.1999.781532>
- Breitwieser, J., & Brod, G. (2021). Cognitive Prerequisites for Generative Learning: Why Some Learning Strategies Are More Effective Than Others. *Child Development, 92*(1), 258–272. <https://doi.org/10.1111/cdev.13393>
- Brepohl, P. C. A., & Leite, H. (2022). Virtual reality applied to physiotherapy: A review of current knowledge. *Virtual Reality*. <https://doi.org/10.1007/s10055-022-00654-2>
- Brod, G. (2021). Generative Learning: Which Strategies for What Age? *Educational Psychology Review, 33*(4), 1295–1318. <https://doi.org/10.1007/s10648-020-09571-9>
- Buchner, J. (2022). Generative learning strategies do not diminish primary students' attitudes towards augmented reality. *Education and Information Technologies, 27*(1), 701–717. <https://doi.org/10.1007/s10639-021-10445-y>
- Buchner, J., & Aretz, D. (2020). Lernen mit immersiver Virtual Reality: Didaktisches Design und Lessons Learned. *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung, 195–216*. <https://doi.org/10.21240/mpaed/jb17/2020.05.01.X>
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz. (o.D.). *Bienen—Kleine Superhelden*. <https://www.bmu.de/kids/artikel/details/bienen-kleine-superhelden>
- Checa, D., & Bustillo, A. (2020). A review of immersive virtual reality serious games to enhance learning and training. *Multimedia Tools and Applications, 79*(9–10), 5501–5527. <https://doi.org/10.1007/s11042-019-08348-9>

- Chittaro, L., & Buttussi, F. (2015). Assessing Knowledge Retention of an Immersive Serious Game vs. A Traditional Education Method in Aviation Safety. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 21(4), 529–538. <https://doi.org/10.1109/TVCG.2015.2391853>
- Clark, R. C., & Mayer, R. E. (Hrsg.). (2016). *e-Learning and the Science of Instruction: Proven Guidelines for Consumers and Designers of Multimedia Learning*. John Wiley & Sons. <https://doi.org/10.1002/9781119239086>
- Clark, R. E. (1983). Reconsidering Research on Learning from Media. *Review of Educational Research*, 53(4), 445–459. <https://doi.org/10.3102/00346543053004445>
- Cobb, S., & Sharkey, P. M. (2007). A Decade of Research and Development in Disability, Virtual Reality and Associated Technologies: Review of ICDVRAT 1996-2006. *Int. J. Virtual Real.*, 6(2), 51–68.
- Cohen, J. (1988). *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences* (2. Aufl.). Erlbaum Associates.
- Dauerer, V. (2018, Juni). *Virtuelle Realität. VR-PROJEKTE MADE IN GERMANY*. Goethe Institut. <https://www.goethe.de/ins/ts/de/kul/mag/21297250.html>
- Deutsches Museum. (o.D.). *Eintauchen in virtuelle Welten. Das Proxy im Forum der Zukunft*. Deutsches Museum. <https://www.deutsches-museum.de/forum-der-zukunft/programm/dauerprogramm>
- Dewe, B., & Sander, U. (1996). Medienkompetenz und Erwachsenenbildung. In A. von Rein, *Medienkompetenz als Schlüsselbegriff* (S. 125–142). Klinkhardt.
- Dörner, R., Broll, W., Grimm, P., & Jung, B. (Hrsg.). (2019). *Virtual und Augmented Reality (VR/AR): Grundlagen und Methoden der Virtuellen und Augmentierten Realität*. Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-58861-1>
- Drossel, K., Eickelmann, B., Schaumburg, H., & Labusch, A. (2019). Nutzung digitaler Medien und Prädiktoren aus der Perspektive der Lehrerinnen und Lehrer im internationalen Vergleich. In B. Eickelmann, W. Bos, J. Gerick, F. Goldhammer, H. Schaumburg, K. Schwippert, M. Senkbeil, & J. Vahrenhold (Hrsg.), *ICILS 2018 #Deutschland. Computer- und informationsbezogene Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern im zweiten internationalen Vergleich und Kompetenzen im Bereich Computational Thinking* (S. 205–240). Waxmann.

- Dyrna, J. (2022). Wohnungsabnahmen virtuell trainieren: Entwicklung eines Virtual Reality-Lernszenarios für Immobilienverwaltende. *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung*, 47, 172–195.  
<https://doi.org/10.21240/mpaed/47/2022.04.09.X>
- Eickelmann, B., Bos, W., & Labusch, A. (2019). Die Studie ICILs 2018 im Überblick. Zentrale Ergebnisse und mögliche Entwicklungsperspektiven. In B. Eickelmann, W. Bos, J. Gerick, F. Goldhammer, H. Schaumburg, K. Schwippert, M. Senkbeil, & J. Vahrenhold (Hrsg.), *ICILS 2018 #Deutschland. Computer- und informationsbezogene Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern im zweiten internationalen Vergleich und Kompetenzen im Bereich Computational Thinking* (S. 7–32). Waxmann.
- Eifler, S., & Leitgöb, H. (2022). Experiment. In N. Baur & J. Blasius (Hrsg.), *Handbuch Methoden der empirischen Sozialforschung* (S. 225–241). Springer Fachmedien Wiesbaden. [https://doi.org/10.1007/978-3-658-37985-8\\_13](https://doi.org/10.1007/978-3-658-37985-8_13)
- Ekstrand, C., Jamal, A., Nguyen, R., Kudryk, A., Mann, J., & Mendez, I. (2018). Immersive and interactive virtual reality to improve learning and retention of neuroanatomy in medical students: A randomized controlled study. *CMAJ Open*, 6(1), E103–E109.  
<https://doi.org/10.9778/cmajo.20170110>
- Elme, L., Jørgensen, M. L. M., Dandanell, G., Mottelson, A., & Makransky, G. (2022). Immersive virtual reality in STEM: Is IVR an effective learning medium and does adding self-explanation after a lesson improve learning outcomes? *Educational Technology Research and Development*. <https://doi.org/10.1007/s11423-022-10139-3>
- Faulbaum, F., Prüfer, P., & Rexroth, M. (2009). *Was ist eine gute Frage? Die systematische Evaluation der Fragenqualität* (1. Aufl.). VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Feng, Z., González, V. A., Mutch, C., Amor, R., & Cabrera-Guerrero, G. (2021). Instructional mechanisms in immersive virtual reality serious games: Earthquake emergency training for children. *Journal of Computer Assisted Learning*, 37(2), 542–556.  
<https://doi.org/10.1111/jcal.12507>
- 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* (1. Aufl.). Cambridge University Press.  
<https://doi.org/10.1017/CBO9781107707085>

Fiorella, L., & Mayer, R. E. (2021). The Generative Activity Principle in Multimedia Learning. In R. E. Mayer & L. Fiorella (Hrsg.), *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (3. Aufl., S. 339–350). Cambridge University Press.  
<https://doi.org/10.1017/9781108894333>

Fiorella, L., Stull, A. T., Kuhlmann, S., & Mayer, R. E. (2020). Fostering generative learning from video lessons: Benefits of instructor-generated drawings and learner-generated explanations. *Journal of Educational Psychology*, 112(5), 895–906.  
<https://doi.org/10.1037/edu0000408>

Fthenakis, W. E., Wendell, A., Eitel, A., Daut, M., & Schmitt, A. (2009). *Natur-Wissen schaffen. Frühe naturwissenschaftliche Bildung*. (W. E. Fthenakis & B. Univ. B. Deutsche Telekom-Stiftung, Hrsg.; Bd. 3). ORLIS/Difu.  
<https://repository.difu.de/jspui/handle/difu/270795>

Gessner, S., & Klingler, P. (2020). *Politische Bildung: Fachunterricht planen und gestalten*. Wochenschau Verlag.

Gruner, M., & Oppenhäuser, M. (2022). Simulators don't teach. Kollaboratives Lernen an der Hochschule der Polizei Rheinland-Pfalz. In J. Stember & J. Beck (Hrsg.), *Post-Corona-Zeit für die Lehre: Strategien für ein modernes Blended-Learning an den Hochschulen für den öffentlichen Dienst* (1. Auflage, S. 279–338). Nomos.

Häder, M. (2019). *Empirische Sozialforschung: Eine Einführung*. Springer Fachmedien Wiesbaden. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-26986-9>

Hartmann, C., & Bannert, M. (2022). Lernen in virtuellen Räumen: Konzeptuelle Grundlagen und Implikationen für künftige Forschung. *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung*, 47, 373–391.  
<https://doi.org/10.21240/mpaed/47/2022.04.18.X>

Herzig, B. (2020). Digitalisierung—Revolution des Lernens? In D. M. Meister & I. Mindt (Hrsg.), *Mobile Medien im Schulkontext* (Bd. 41, S. 7–28). Springer Fachmedien Wiesbaden. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-29039-9>

Hess, C., & Müller, T. (2022). Aktuelle Ergebnisse der repräsentativen Langzeitstudie ARD/ZDF-Massenkommunikation Trends 2022: Mediennutzung im Intermediavergleich. *Media Perspektiven*, 9, 414–424.

Horz, H., & Ulrich, I. (2022). Lernen mit Medien. In H. Reinders, D. Bergs-Winkels, A. Prochnow, & I. Post (Hrsg.), *Empirische Bildungsforschung* (S. 695–712). Springer Fachmedien Wiesbaden. [https://doi.org/10.1007/978-3-658-27277-7\\_38](https://doi.org/10.1007/978-3-658-27277-7_38)

Hüther, J., & Podehl, B. (2010). Geschichte der Medienpädagogik. In J. Hüther (Hrsg.), *Grundbegriffe Medienpädagogik* (5., gegenüber der 4., unveränd. Aufl., S. 116–127). kopaed.

Hüther, J., & Schorb, B. (2010). Medienpädagogik. In J. Hüther (Hrsg.), *Grundbegriffe Medienpädagogik* (5., gegenüber der 4., unveränd. Aufl., S. 265–276). kopaed.

Institut für Demoskopie Allensbach. (2020). *Die Vermittlung von Nachrichtenkompetenz in der Schule. Ergebnisse einer repräsentativen Befragung von Lehrkräften im Februar/März 2020*. Institut für Demoskopie Allensbach.

Jenewein, K., Haase, A., Hundt, D., & Liefold, S. (2009). *Lernen in virtueller Realität. Ein Forschungsdesign zur Evaluation von Wahrnehmung in unterschiedlichen virtuellen Systemen*. <https://doi.org/10.25656/01:3227>

Johnson, D. I., & Mrowka, K. (2010). Generative Learning, Quizzing and Cognitive Learning: An Experimental Study in the Communication Classroom. *Communication Education*, 59(2), 107–123. <https://doi.org/10.1080/03634520903524739>

Kammerl, R. (2016). Medien-Bildung wozu? Hat Medien-Bildung Zwecke und wen ja, wer legt diese warum fest? In T. Hug, T. Kohn, & P. Missomelius (Hrsg.), *Medien—Wissen—Bildung Medienbildung wozu?* (S. 139–150). Innsbruck University Press.

Kaplan, A. D., Cruit, J., Endsley, M., Beers, S. M., Sawyer, B. D., & Hancock, P. A. (2021). The Effects of Virtual Reality, Augmented Reality, and Mixed Reality as Training Enhancement Methods: A Meta-Analysis. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 63(4), 706–726. <https://doi.org/10.1177/0018720820904229>

Kaplan-Rakowski, R., & Meseberg, K. (2019). Immersive Media and Their Future. In R. M. Branch, H. Lee, & S. S. Tseng (Hrsg.), *Educational Media and Technology Yearbook* (Bd. 42, S. 143–153). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-27986-8\\_13](https://doi.org/10.1007/978-3-030-27986-8_13)

Kaspar, K. (2021). Medienentwicklung und Medienpädagogik: Virtual Reality und Augmented Reality. In U. Sander, F. von Gross, & K.-U. Hugger (Hrsg.), *Handbuch Medienpädagogik* (S. 1–12). Springer Fachmedien Wiesbaden. [https://doi.org/10.1007/978-3-658-25090-4\\_68-1](https://doi.org/10.1007/978-3-658-25090-4_68-1)

- Kerres, M., Mulders, M., & Buchner, J. (2022). Virtuelle Realität: Immersion als Erlebnisdimension beim Lernen mit visuellen Informationen. *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung*, 47, 312–330.  
<https://doi.org/10.21240/mpaed/47/2022.04.15.X>
- Kiesewetter, B. (2020, Oktober 7). *Apis mellifera*. *Biene*. SWR Kindernetz.  
<https://www.kindernetz.de/wissen/tierlexikon/steckbrief-biene-100.html>
- Klingenberg, S., Jørgensen, M. L. M., Dandanell, G., Skriver, K., Mottelson, A., & Makransky, G. (2020). Investigating the effect of teaching as a generative learning strategy when learning through desktop and immersive VR: A media and methods experiment. *British Journal of Educational Technology*, 51(6), 2115–2138.  
<https://doi.org/10.1111/bjet.13029>
- Krebs, D., & Menold, N. (2022). Gütekriterien quantitativer Sozialforschung. In N. Baur & J. Blasius (Hrsg.), *Handbuch Methoden der empirischen Sozialforschung* (S. 549–565). Springer Fachmedien Wiesbaden. [https://doi.org/10.1007/978-3-658-37985-8\\_35](https://doi.org/10.1007/978-3-658-37985-8_35)
- Kultusministerkonferenz. (2017). *Bildung in der digitalen Welt. Strategie der Kultusministerkonferenz*. <https://www.kmk.org/themen/bildung-in-der-digitalen-welt/strategie-bildung-in-der-digitalen-welt.html>
- Kultusministerkonferenz. (2021). *Lehren und Lernen in der digitalen Welt. Die ergänzende Empfehlung zur Strategie „Bildung in der digitalen Welt“*.  
<https://www.kmk.org/themen/bildung-in-der-digitalen-welt/strategie-bildung-in-der-digitalen-welt.html>
- Kupferschmitt, T., & Müller, T. (2021). Aktuelle Ergebnisse der repräsentativen Langzeitstudie ARD/ZDF-Massenkommunikation Trends 2021: Mediennutzung im Intermediavergleich. *Media Perspektiven*, 7–8, 370–395.
- Lachky, A., Eckardt, F., Stange, I., & Schwarzer, M.-P. (2021). *Abschlussbericht VRmed. Virtual Reality in der medizinischen Lehre*. Universität Leipzig. <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:bsz:15-qucosa2-769541>
- Lachner, A., Ly, K.-T., & Nückles, M. (2018). Providing Written or Oral Explanations? Differential Effects of the Modality of Explaining on Students' Conceptual Learning and Transfer. *The Journal of Experimental Education*, 86(3), 344–361.  
<https://doi.org/10.1080/00220973.2017.1363691>

- Lajoie, S. P. (2021). Multimedia Learning with Simulations. In R. E. Mayer & L. Fiorella (Hrsg.), *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (3. Aufl., S. 461–471). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781108894333>
- Lemcke, H., & Lemcke, J. (2022). E-Learning mit Virtual Reality. In M. A. Pfannstiel & P. F.-J. Steinhoff (Hrsg.), *E-Learning im digitalen Zeitalter* (S. 345–359). Springer Fachmedien Wiesbaden. [https://doi.org/10.1007/978-3-658-36113-6\\_17](https://doi.org/10.1007/978-3-658-36113-6_17)
- Lenzner, T., Neuert, C., & Otto, W. (2015). Kognitives Pretesting. *GESIS Survey Guidelines*. [https://doi.org/10.15465/GESIS-SG\\_010](https://doi.org/10.15465/GESIS-SG_010)
- Lepold, M., & Ullmann, M. (2021). *Digitale Medien in der Kita: Alltagsintegrierte Medienbildung in der pädagogischen Praxis* (2., durchgesehene Auflage). Herder.
- Lobo, S. (2022, Oktober 5). *Zukunft des Internets. Was dem Metaverse zum Durchbruch verhelfen wird*. Spiegel. <https://www.spiegel.de/netzwelt/web/internet-was-dem-metaverse-zum-durchbruch-verhelfen-wird-a-bdeb1dae-7e58-42b3-827d-d1bbdb961da6>
- Louvre. (o.D.). *Virtual Tours*. Louvre. <https://www.louvre.fr/en/online-tours>
- Maas, M. J., & Hughes, J. M. (2020). Virtual, augmented and mixed reality in K–12 education: A review of the literature. *Technology, Pedagogy and Education*, 29(2), 231–249. <https://doi.org/10.1080/1475939X.2020.1737210>
- Makransky, G., Andreasen, N. K., Baceviciute, S., & Mayer, R. E. (2021). 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*, 113(4), 719–735. <https://doi.org/10.1037/edu0000473>
- Makransky, G., & Lilleholt, L. (2018). A structural equation modeling investigation of the emotional value of immersive virtual reality in education. *Educational Technology Research and Development*, 66(5), 1141–1164. <https://doi.org/10.1007/s11423-018-9581-2>
- Makransky, G., & Mayer, R. E. (2022). Benefits of Taking a Virtual Field Trip in Immersive Virtual Reality: Evidence for the Immersion Principle in Multimedia Learning. *Educational Psychology Review*, 34(3), 1771–1798. <https://doi.org/10.1007/s10648-022-09675-4>

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*, 33(3), 937–958. <https://doi.org/10.1007/s10648-020-09586-2>

Matthes, N., Schmidt, K., Kybart, M., & Spangenberg, P. (2021). Trainieren der Fehlerdiagnosekompetenz in der Ausbildung. Qualitative Studie mit Lehrenden im Bereich Metall- und Elektrotechnik. *Journal of Technical Education (JOTED)*, 31-53 Seiten. <https://doi.org/10.48513/JOTED.V9I1.222>

Mayer, R. E. (2019). Thirty years of research on online learning. *Applied Cognitive Psychology*, 33(2), 152–159. <https://doi.org/10.1002/acp.3482>

Mayer, R. E. (2021). Cognitive Theory of Multimedia Learning. In R. E. Mayer & L. Fiorella (Hrsg.), *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (3. Aufl., S. 57–72). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781108894333.008>

Mayer, R. E., & Fiorella, L. (Hrsg.). (2021). *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (3. Aufl.). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781108894333>

McClendon, V. J., & Squires, D. R. (2019). Introduction. In R. M. Branch, H. Lee, & S. S. Tseng (Hrsg.), *Educational Media and Technology Yearbook* (Bd. 42, S. 45–55). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-27986-8\\_5](https://doi.org/10.1007/978-3-030-27986-8_5)

Medienpädagogischer Forschungsverbund Südwest. (2020). KIM-Studie 2020. Kindheit, Internet, Medien. Basisuntersuchung zum Medienumgang 6-bis 13-Jähriger. *Medienpädagogischer Forschungsverbund Südwest (mpfs)*.

Medienpädagogischer Forschungsverbund Südwest. (2022). JIM-Studie 2022. Jugend, Information, Medien. Basisuntersuchung zum Medienumgang 12-bis 19-Jähriger. *Medienpädagogischer Forschungsverbund Südwest (mpfs)*.

Menzel, M., Wepner, K., & Schulte, S. (2022). Potenziale und Herausforderungen für die Unterstützung des Lernprozesses mit Augmented Reality: Die Gestaltung einer AR-Lernumgebung für den Rüstprozess einer Biegemaschine in der Metallindustrie. *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung*, 47, 157–171. <https://doi.org/10.21240/mpaed/47/2022.04.08.X>

Meßmer, A.-K., Sänglerlaub, A., & Schulz, L. (2021). „Quelle: Internet“? Digitale Nachrichten- und Informationskompetenzen der deutschen Bevölkerung im Test (S. 143).

- Meta. (2022). *Oculus-Nutzungsbedingungen*. Meta.  
<https://www.meta.com/de/legal/quest/terms-for-oculus-account-users/>
- Meyer, O. A., Omdahl, M. K., & Makransky, G. (2019). Investigating the effect of pre-training when learning through immersive virtual reality and video: A media and methods experiment. *Computers & Education*, *140*, 103603.  
<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103603>
- Milgram, P., Takemura, H., Utsumi, A., & Kishino, F. (1995). *Augmented reality: A class of displays on the reality-virtuality continuum* (H. Das, Hrsg.; S. 282–292).  
<https://doi.org/10.1117/12.197321>
- Monitor Lehrerbildung. (2022). *Factsheet. Lehramtsstudium in der digitalen Welt*.  
<https://www.monitor-lehrerbildung.de/schwerpunkte/digitalisierung/>
- Moring, A., Maiwald, L., & Kewitz, T. (2018). *Bits and bricks: Digitalisierung von Geschäftsmodellen in der Immobilienbranche*. Springer Gabler.  
<https://doi.org/10.1007/978-3-658-19387-4>
- Münste-Goussar, S. (2016). Medienbildung, Schulkultur und Subjektivierung. In T. Hug, T. Kohn, & P. Missomelius (Hrsg.), *Medien—Wissen—Bildung Medienbildung wozu?* (S. 73–94). Innsbruck University Press.
- Nachtsheim, J., & König, S. (2022). Befragungen von Kindern und Jugendlichen. In N. Baur & J. Blasius (Hrsg.), *Handbuch Methoden der empirischen Sozialforschung* (S. 1201–1208). Springer Fachmedien Wiesbaden. [https://doi.org/10.1007/978-3-658-37985-8\\_81](https://doi.org/10.1007/978-3-658-37985-8_81)
- Niedermeier, S., & Müller-Kreiner, C. (2019). *VR/AR in der Lehre!? Eine Übersichtsstudie zu Zukunftsvisionen des digitalen Lernens aus der Sicht von Studierenden*.  
<https://doi.org/10.25656/01:18048>
- Paas, F., & Sweller, J. (2021). Implications of Cognitive Load Theory for Multimedia Learning. In R. E. Mayer & L. Fiorella (Hrsg.), *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (3. Aufl., S. 73–81). Cambridge University Press.  
<https://doi.org/10.1017/9781108894333>
- Parong, J. (2021). Multimedia Learning in Virtual and Mixed Reality. In R. E. Mayer & L. Fiorella (Hrsg.), *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (3. Aufl., S. 498–509). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781108894333>

Parong, J., & Mayer, R. E. (2018a). 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. (2018b). Learning science in immersive virtual reality. *Journal of Educational Psychology, 110*(6), 785–797. <https://doi.org/10.1037/edu0000241>

Pellegrino, J. W., & Hilton, M. L. (2012). *Education for life and work: Developing transferable knowledge and skills in the 21st century*. National Academies Press.

Petersen, G. B., Klingenberg, S., Mayer, R. E., & Makransky, G. (2020). The virtual field trip: Investigating how to optimize immersive virtual learning in climate change education. *British Journal of Educational Technology, 51*(6), 2099–2115. <https://doi.org/10.1111/bjet.12991>

Petersen, G. B., Petkakis, G., & Makransky, G. (2022). A study of how immersion and interactivity drive VR learning. *Computers & Education, 179*, 104429. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2021.104429>

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>

Ploetzner, R., & Fillisch, B. (2017). Not the silver bullet: Learner-generated drawings make it difficult to understand broader spatiotemporal structures in complex animations. *Learning and Instruction, 47*, 13–24. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2016.10.002>

Porst, R. (1998). *Im Vorfeld der Befragung: Planung, Fragebogenentwicklung, Pretesting*. Zentrum für Umfragen, Methoden und Analysen -ZUMA-. <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0168-ssoar-200484>

Radianti, J., Majchrzak, T. A., Fromm, J., & Wohlgenannt, I. (2020). A systematic review of immersive virtual reality applications for higher education: Design elements, lessons learned, and research agenda. *Computers & Education, 147*, 103778. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103778>

Reinecke, J. (2022). Grundlagen der standardisierten Befragung. In N. Baur & J. Blasius (Hrsg.), *Handbuch Methoden der empirischen Sozialforschung* (S. 949–967). Springer Fachmedien Wiesbaden. [https://doi.org/10.1007/978-3-658-37985-8\\_62](https://doi.org/10.1007/978-3-658-37985-8_62)

Sauer, R. (2022, Dezember 7). *Virtual Reality Helps Reduce Patient Anxiety and Need for Sedatives During Hand Surgery*. University of Colorado Anschutz Medical Campus. <https://news.cuanschutz.edu/medicine/virtual-reality-helps-reduce-patient-anxiety>

Schäfer, C., Rohse, D., Gittinger, M., & Wiesche, D. (2023). Virtual Reality in der Schule: Bedenken und Potenziale aus Sicht der Akteur:innen in interdisziplinären Ratingkonferenzen. *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung*, 51, 1–24. <https://doi.org/10.21240/mpaed/51/2023.01.10.X>

Schaumburg, H., & Prasse, D. (2019). *Medien und Schule: Theorie - Forschung - Praxis*. Verlag Julius Klinkhardt.

Schermer, F. J. (2006). *Lernen und Gedächtnis* (4., überarb. und erw. Aufl.). Kohlhammer.

Schiefer, B., & Paul, K. (2022). Digitale und innovative Vermarktung von Gebäuden durch Augmented Reality. In C. Jacob & S. Kukovec (Hrsg.), *Auf dem Weg zu einer nachhaltigen, effizienten und profitablen Wertschöpfung von Gebäuden* (S. 485–498). Springer Fachmedien Wiesbaden. [https://doi.org/10.1007/978-3-658-34962-2\\_28](https://doi.org/10.1007/978-3-658-34962-2_28)

Schlegel, C., & Weber, U. (2019). Lernen mit Virtual Reality: Ein Hype in der Pflegeausbildung. *Pädagogik der Gesundheitsberufe*, 3(2019), 182–186.

Schmid Mast, M., Kleinlogel, E. P., Tur, B., & Bachmann, M. (2018). The future of interpersonal skills development: Immersive virtual reality training with virtual humans. *Human Resource Development Quarterly*, 29(2), 125–141. <https://doi.org/10.1002/hrdq.21307>

Schmid, U., Goertz, L., & Behrens, J. (2017). *Monitor Digitale Bildung: Die Schulen im digitalen Zeitalter*. Bertelsmann Stiftung.

Schorb, B. (2010). Medienkompetenz. In J. Hüther (Hrsg.), *Grundbegriffe Medienpädagogik* (5., gegenüber der 4., unveränd. Aufl., S. 257–262). kopaed.

Schulz-Hardt, J., & Fränz, P. (1998). *Einheit in der Vielfalt. 50 Jahre Kultusministerkonferenz 1948—1998. Herausgegeben vom Sekretariat der Kultusministerkonferenz*. Luchterhand.

- Schweiger, M., Wimmer, J., Chaudhry, M., Alves Siegle, B., & Xie, D. (2022). Lernerfolg in der Schule durch Augmented und Virtual Reality?: Eine quantitative Synopse von Wirkungsstudien zum Einsatz virtueller Realitäten in Grund- und weiterführenden Schulen. *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung*, 47, 1–25. <https://doi.org/10.21240/mpaed/47/2022.04.01.X>
- Shuell, T. J. (1986). Cognitive conceptions of learning. *Review of educational research*, 56(4), 411–436.
- Slater, M., & Wilbur, S. (1997). A framework for immersive virtual environments (FIVE): Speculations on the role of presence in virtual environments. *Presence: Teleoperators & Virtual Environments*, 6(6), 603–616.
- Spangenberg, P., Matthes, N., Kruse, L., Kybart, M., Schmidt, K., & Kapp, F. (2021). *MARLA – Masters of Malfunction -VR Game zum Trainieren der Fehlerdiagnosekompetenz in der Erstausbildung im Bereich Elektro- und Metalltechnik*. [https://doi.org/10.18420/AVRIL2021\\_01](https://doi.org/10.18420/AVRIL2021_01)
- Ständige Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland. (1995). Medienpädagogik in der Schule. Erklärung der Kultusministerkonferenz vom 12.05.1995; mit Übersicht über wichtige medienpädagogische Aktivitäten in den Ländern. In *Veröffentlichungen der Kultusministerkonferenz*. Sekretariat der Ständigen Konferenzen der Kultusminister. [http://slubdd.de/katalog?TN\\_libero\\_mab2](http://slubdd.de/katalog?TN_libero_mab2)
- Stepan, K., Zeiger, J., Hanchuk, S., Del Signore, A., Shrivastava, R., Govindaraj, S., & Iloreta, A. (2017). Immersive virtual reality as a teaching tool for neuroanatomy: Immersive VR as a neuroanatomy teaching tool. *International Forum of Allergy & Rhinology*, 7(10), 1006–1013. <https://doi.org/10.1002/alr.21986>
- Sweller, J., van Merriënboer, J. J. G., & Paas, F. G. W. C. (1998). Cognitive Architecture and Instructional Design. *Educational Psychology Review*, 10(3), 251–296. <https://doi.org/10.1023/A:1022193728205>
- Thom, S., Behrens, J., Schmid, U., & Goertz, L. (2017). *Monitor Digitale Bildung: Digitales Lernen an Grundschulen*. Bertelsmann Stiftung.
- Tulodziecki, G., Herzig, B., & Grafe, S. (2021). *Medienbildung in Schule und Unterricht: Grundlagen und Beispiele* (3., durchgesehene und aktualisierte Auflage). Verlag Julius Klinkhardt.

Van Blerkom, D. L., Van Blerkom, M. L., & Bertsch, S. (2006). Study Strategies and Generative Learning: What Works? *Journal of College Reading and Learning*, 37(1), 7–18. <https://doi.org/10.1080/10790195.2006.10850190>

Villena Taranilla, R., Cózar-Gutiérrez, R., González-Calero, J. A., & López Cirugeda, I. (2022). Strolling through a city of the Roman Empire: An analysis of the potential of virtual reality to teach history in Primary Education. *Interactive Learning Environments*, 30(4), 608–618. <https://doi.org/10.1080/10494820.2019.1674886>

Waller, G., Suter, L., Bernath, J., Külling, C., Willemse, I., Martel, N., & Süß, D. (2020). *MIKE – Medien, Interaktion, Kinder, Eltern: Ergebnisbericht 2019* [94,application/pdf]. <https://doi.org/10.21256/ZHAW-20219>

WDR. (o.D.a). *Bienen*. Die Maus.  
<https://www.wdrmaus.de/extras/mausthemen/bienen/index.php5>

WDR. (o.D.b). *Einen virtuellen Bienenstock in der App entdecken*. schule digital.  
<https://www1.wdr.de/schule/digital/unterrichtsmaterial/bienenstock-dreisechzig-100.html>

Wiebe, A., Kannen, K., Selaskowski, B., Mehren, A., Thöne, A.-K., Pramme, L., Blumenthal, N., Li, M., Asché, L., Jonas, S., Bey, K., Schulze, M., Steffens, M., Pensel, M. C., Guth, M., Rohlfen, F., Ekhlás, M., Lügering, H., Fileccia, H., ... Braun, N. (2022). Virtual reality in the diagnostic and therapy for mental disorders: A systematic review. *Clinical Psychology Review*, 98, 102213. <https://doi.org/10.1016/j.cpr.2022.102213>

Wilson, J. R. (1997). Virtual environments and ergonomics: Needs and opportunities. *Ergonomics*, 40(10), 1057–1077. <https://doi.org/10.1080/001401397187603>

Wirth, W., Hartmann, T., Böcking, S., Vorderer, P., Klimmt, C., Schramm, H., Saari, T., Laarni, J., Ravaja, N., Gouveia, F. R., Biocca, F., Sacau, A., Jäncke, L., Baumgartner, T., & Jäncke, P. (2007). A Process Model of the Formation of Spatial Presence Experiences. *Media Psychology*, 9(3), 493–525. <https://doi.org/10.1080/15213260701283079>

Wittrock, M. C. (1974). Learning as a generative process <sup>1</sup>. *Educational Psychologist*, 11(2), 87–95. <https://doi.org/10.1080/00461527409529129>

Wittrock, M. C. (2010). Learning as a Generative Process. *Educational Psychologist*, 45(1), 40–45. <https://doi.org/10.1080/00461520903433554>

- Wölfel, M., & Reinhardt, A. (2019). *Immersive Shopping Presentation of Goods in Virtual Reality*. 119–130.
- Wu, B., Yu, X., & Gu, X. (2020). Effectiveness of immersive virtual reality using head-mounted displays on learning performance: A meta-analysis. *British Journal of Educational Technology*, 51(6), 1991–2005. <https://doi.org/10.1111/bjet.13023>
- 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>
- Wuttke, D. (o.D.). *Insights from virtual reality-enhanced teaching in higher education* (S. 27). TUM School of Management.  
<https://www.yumpu.com/en/document/read/66391864/whitepaper-virtual-reality-enhanced-teaching>
- Yalon-Chamovitz, S., & Weiss, P. L. (2008). Virtual reality as a leisure activity for young adults with physical and intellectual disabilities. *Research in Developmental Disabilities*, 29(3), 273–287. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2007.05.004>
- Yang, W., & Wang, X. (2021). Why do Generative Learning Strategy Improve Memory in VR? — Based on ICALM. *International Journal of Information and Education Technology*, 11(12), 646–650. <https://doi.org/10.18178/ijiet.2021.11.12.1576>
- Zender, R., Buchner, J., Schäfer, C., Wiesche, D., Kelly, K., & Tüshaus, L. (2022). Virtual Reality für Schüler:innen: Ein «Beipackzettel» für die Durchführung immersiver Lernszenarien im schulischen Kontext. *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung*, 47, 26–52. <https://doi.org/10.21240/mpaed/47/2022.04.02.X>
- Zhao, J., Lin, L., Sun, J., & Liao, Y. (2020). Using the Summarizing Strategy to Engage Learners: Empirical Evidence in an Immersive Virtual Reality Environment. *The Asia-Pacific Education Researcher*, 29(5), 473–482. <https://doi.org/10.1007/s40299-020-00499-w>
- Zinchenko, Y. P., Khoroshikh, P. P., Sergievich, A. A., Smirnov, A. S., Tummyalis, A. V., Kovalev, A. I., Gutnikov, S. A., & Golokhvast, K. S. (2020). Virtual reality is more efficient in learning human heart anatomy especially for subjects with low baseline knowledge. *New Ideas in Psychology*, 59, 100786.  
<https://doi.org/10.1016/j.newideapsych.2020.100786>

---

Zobel, B., Werning, S., Metzger, D., & Thomas, O. (2018). Augmented und Virtual Reality: Stand der Technik, Nutzenpotenziale und Einsatzgebiete. In C. de Witt & C. Gloerfeld (Hrsg.), *Handbuch Mobile Learning* (S. 123–140). Springer Fachmedien Wiesbaden. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-19123-8>

# Anhang

## Anhang 1: Einverständniserklärung

**Liebe Eltern, liebe Sorgeberechtigte,**

Ihr Kind hat die Möglichkeit an einem Experiment zum Lernen in der virtuellen Realität teilzunehmen. Im Rahmen meiner Masterarbeit möchte ich herausfinden, ob verschiedene Lernstrategien in Verbindung mit dem Lernen in einer virtuellen Realität einen Einfluss auf den Lernerfolg und/oder die Motivation der Schüler:innen haben.

Dazu werden alle teilnehmenden Schüler:innen die gleiche virtuelle Lerneinheit des WDR Schule digital zum Thema Honigbiene erleben und haben damit die Möglichkeit eine VR-Brille (Oculus Quest 2) auszuprobieren. Lediglich die Arbeitsaufgabe im Anschluss wird sich unterscheiden. Denn das erfolgreiche Lernen der Schüler:innen ist nicht allein vom Medium abhängig, sondern auch von der Methode. Daher werden die Schüler:innen unterschiedliche generative Lernstrategien nutzen und anschließend alle den gleichen Fragebogen anonym ausfüllen.

Eine Übersicht über das Angebot des WDR Schule digital finden Sie hier:

<https://www1.wdr.de/schule/digital/unterrichtsmaterial/bienenstock-dreisechzig-100.html>

Hier finden Sie die App:

- SWR Honigbiene VR Android-App | play.google
- SWR Honigbiene VR iOS-App | apps.apple
- SWR Honigbiene VR Oculus | oculus.com

Wir bitten Sie uns mitzuteilen, ob ihr Kind an diesem Experiment teilnehmen darf.

**Einverständniserklärung (Wenn zutreffend, bitte ankreuzen)**

Vorname und Name des Kindes \_\_\_\_\_  
(bitte in Druckbuchstaben ausfüllen)

Ich bin NICHT damit einverstanden, dass mein Kind an dem Experiment „Lernen mit Virtual Reality“ teilnimmt.

Ich bin damit einverstanden, dass mein Kind an dem Experiment „Lernen mit Virtual Reality“ teilnimmt.

Das Experiment findet ohne die Speicherung von persönlichen Daten statt. Im Fragebogen werden lediglich das Alter und Geschlecht anonym abgefragt.

**Bitte lassen sie Ihre Kinder die App „SWR Honigbiene VR“ nicht vorher testen, damit alle Kinder auf dem gleichen Stand sind.**

.....  
Name des/der Sorgeberechtigten 1                      Unterschrift des/der Sorgeberechtigten 1

.....  
Name des/der Sorgeberechtigten 2                      Unterschrift des/der Sorgeberechtigten 2

**Hiermit bestätigen wir, dass wir die beiliegenden Datenschutzhinweise nach DS-GVO gelesen und zur Kenntnis genommen haben.**

.....  
Unterschrift des/der Sorgeberechtigten 1                      Unterschrift des/der Sorgeberechtigten 2

Bei Nachfragen können Sie sich gern an mich wenden.

Josi Reckling  
j\_reckling@web.de  
015209084759

#### **Datenschutzerklärung**

*nachfolgend informieren wir Sie über die Verarbeitung von personenbezogenen Daten und die Ihnen nach der Datenschutz-Grundverordnung (DS-GVO) zustehenden Rechte.*

#### **Zweck der Verarbeitung**

Frau Jos Reckling erfasst, speichert und verarbeitet während des Experiments keine persönlichen Daten. Der Fragebogen wird anonym ausgefüllt und es werden lediglich das Alter und Geschlecht der Teilnehmenden abgefragt.

#### **Verarbeitungsgrundlage**

Wir verarbeiten diese Daten nach Art.6 Abs.1 a der DS-GVO auf Grund Ihrer Einwilligung. Diese Einwilligung kann jederzeit widerrufen werden. Durch den Widerruf wird die Rechtmäßigkeit der bis dahin erfolgten Verarbeitung nicht berührt.

#### **Folgende Daten werden von uns verarbeitet:**

Name des Kindes, Namen der Sorgeberechtigten

#### **Speicherdauer**

Soweit erforderlich, verarbeiten und speichern/archivieren wir die personenbezogenen Daten Ihres Kindes für die Dauer des Experiments. Die Einwilligungserklärungen werden nach spätestens 3 Monaten vernichtet.

#### **Betroffenenrechte**

Sie haben das Recht auf Auskunft nach Art. 15 DS-GVO, das Recht auf Berichtigung nach Art. 16 DS-GVO, das Recht auf Löschung nach Art. 17 DS-GVO, das Recht auf Einschränkung der Verarbeitung nach Art. 18 DS-GVO, das Recht auf Datenübertragbarkeit nach Art.20. DS-GVO sowie das Recht auf Widerspruch nach Art. 21 DS-GVO.

Sofern Sie diese Rechte geltend machen wollen, wenden Sie sich bitte an Josi Reckling. Die Kontaktdaten sind oben benannt.

#### **Beschwerderecht**

Sie haben nach Art. 77 DS-GVO das Recht auf Beschwerde bei einer Aufsichtsbehörde.

## Anhang 2: Fragebogen vor dem Experiment

### Lernen mit Virtual Reality

Vielen Dank, dass du an dem Experiment zum Lernen mit Virtual Reality teilnimmst. Bitte beantworte zunächst einige Fragen zu dir und zum Thema Bienen, bevor du den virtuellen Bienenstock erkundest.

**1. Wie alt bist du?** \_\_\_\_\_

**2. Was ist dein Geschlecht?**

- Männlich
- Weiblich
- Divers
- keine Angabe

**3. Hast du bereits vor dem heutigen Tag eine VR-Brille genutzt?**

- Nein, ich nutze heute das erste Mal eine VR-Brille.
- Ja, ich habe eine VR-Brille bereits einmal genutzt.
- Ja, ich habe eine VR-Brille bereits mehr als einmal aber nicht regelmäßig genutzt.
- Ja, ich nutze regelmäßig eine VR-Brille.

Vielen Dank für die Beantwortung des ersten Teils. Jetzt werden dir einige Wissensfragen zum Thema Biene gestellt. Wenn du eine Frage nicht beantworten kannst, dann ist das kein Problem. Du kannst raten, welche Antwort dir am ehesten richtig erscheint oder die Frage auslassen.

**4. Zu welcher Tierart gehören Bienen?**

- Wirbellose
- Vögel
- Insekten

**5. Aus wie vielen Bienen kann ein Bienenvolk im Frühsommer bestehen?**

- 5.000
- 50.000
- 500.000

**6. Wie heißen die Bienen, die in einem Bienenvolk leben? (Du kannst mehr als ein Kreuz setzen)**

- Königin
- Arbeiterinnen
- Fliegerbienen
- König
- Drohnen
- Wachsienen

**7. Was sammeln die Bienen auf der Wiese für ihr Volk? (Du kannst mehr als ein Kreuz setzen)**

- |                                 |                                   |                                 |
|---------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Blüten | <input type="checkbox"/> Knospen  | <input type="checkbox"/> Honig  |
| <input type="checkbox"/> Pollen | <input type="checkbox"/> Pflanzen | <input type="checkbox"/> Nektar |

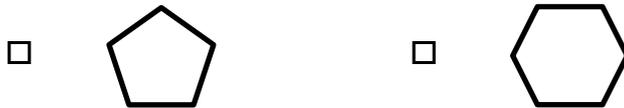
**8. Wie kommunizieren Bienen?**

- |                                     |                                     |                                      |
|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Sie tanzen | <input type="checkbox"/> Sie summen | <input type="checkbox"/> Sie pfeifen |
|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|

**9. Sterben Honigbienen, nachdem sie einen Menschen gestochen haben?**

- |   |  |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> Ja, in den meisten Fällen. | <input type="checkbox"/> Nein, sie können auch ohne Stachel weiterleben. |
|---|--|

**10. Wie sieht eine Bienenwabe aus? Kreuze die richtige Lösung an.**



Vielen Dank für die Beantwortung der Fragen. Jetzt kannst du die Erkundung des virtuellen Bienenstocks starten. Bitte frag nach einer VR-Brille und nach einem Aufgabenblatt.

## Anhang 3: Aufgabenblätter

### Aufgabenblatt (VRohne)

Heute lernst du etwas über die Honigbiene.

Die folgenden Schauplätze kannst du der Reihe nach besuchen.

1. Besuche die virtuelle Blumenwiese und höre dir die ersten Informationen an.
2. Schau dir eine Blüte genauer an.
3. Erkunde den Eingangsbereich des Bienenstocks und das Flugloch. Informiere dich darüber, wie die Bienen ihren Stock schützen.
4. Betrete den virtuellen Bienenstock und sieh dich um.
5. Schau dir die Waben genauer an.
6. Informiere dich darüber, wie die Bienenlarven aufgezogen werden.
7. Besuche den innersten Teil des Bienenstocks und informiere dich über den Tanz der Bienen.

Wenn du dir alle Schauplätze angesehen hast, dann leg die VR-Brille zur Seite. Frag nach einem Fragebogen und fülle diesen bitte aus.

Du hast 20 Minuten Zeit alles zu erkunden. Wenn du es in dieser Zeit nicht schaffst, dann ist das kein Problem, aber wir werden dich trotzdem bitten deine Erkundung zu beenden.

## Aufgabenblatt (VRZusammen)

Heute lernst du etwas über die Honigbiene.

Die folgenden Schauplätze kannst du der Reihe nach besuchen.

1. Besuche die virtuelle Blumenwiese und höre dir die ersten Informationen an.
2. Schau dir eine Blüte genauer an.
3. Erkunde den Eingangsbereich des Bienenstocks und das Flugloch. Informiere dich darüber, wie die Bienen ihren Stock schützen.
4. Betrete den virtuellen Bienenstock und sieh dich um.
5. Schau dir die Waben genauer an.
6. Informiere dich darüber, wie die Bienenlarven aufgezogen werden.
7. Besuche den innersten Teil des Bienenstocks und informiere dich über den Tanz der Bienen.

Wenn du dir alle Schauplätze angesehen hast, dann leg die VR-Brille zur Seite. Frage nach einem Arbeitsblatt und schreibe dir anhand der Fragen auf, was du dir gemerkt hast.

Du hast 20 Minuten Zeit alles zu erkunden. Wenn du es in dieser Zeit nicht schaffst, dann ist das kein Problem, aber wir werden dich trotzdem bitten deine Erkundung zu beenden.

## Aufgabenblatt (VRPaar)

Heute lernst du etwas über die Honigbiene.

Die folgenden Schauplätze kannst du der Reihe nach besuchen.

1. Besuche die virtuelle Blumenwiese und höre dir die ersten Informationen an.
2. Schaue dir eine Blüte genauer an.
3. Erkunde den Eingangsbereich des Bienenstocks und das Flugloch. Informiere dich darüber, wie die Bienen ihren Stock schützen.
4. Betrete den virtuellen Bienenstock und sieh dich um.
5. Schaue dir die Waben genauer an.
6. Informiere dich darüber, wie die Bienenlarven aufgezogen werden.
7. Besuche den innersten Teil des Bienenstocks und informiere dich über den Tanz der Bienen.

Wenn du dir alle Schauplätze angesehen hast, dann leg die VR-Brille zur Seite. Anschließend wird dir eine Partnerin oder ein Partner zugeteilt. Warte bitte, bis diese Person ebenfalls fertig ist. Fragt gemeinsam nach einem Arbeitsblatt und erklärt euch, anhand der Fragen, was ihr euch gemerkt habt. Wechselt euch dabei ab.

Du hast 20 Minuten Zeit alles zu erkunden. Wenn du es in dieser Zeit nicht schaffst, dann ist das kein Problem, aber wir werden dich trotzdem bitten deine Erkundung zu beenden.

## Anhang 4: Arbeitsblätter

### Arbeitsblatt – Paararbeit

Aufgabe: Erklärt euch gegenseitig, was ihr euch über die Honigbiene gemerkt habt. Wechselt euch beim Erklären ab.

1. Aus wie vielen Bienen kann ein Bienenvolk im Frühsommer bestehen?
2. Wie und was sammeln die Bienen auf der Wiese für ihr Volk?
3. Wie entstehen neue weiblichen und männlichen Bienen im Bienenstock?
4. Was machen Bienen, um auf Nektarquellen aufmerksam zu machen?
5. Welche Aufgaben haben die folgenden Bienen?
  - a. Sammelbienen
  - b. Stockbienen
  - c. Honigmacherinnen
  - d. Baubienen
  - e. Wächterbienen
  - f. Heizerbienen
6. Wie sieht eine Bienenwabe aus?

Wenn ihr euch alle Fragen gegenseitig erklärt habt, dann gebt dieses Blatt wieder ab. Fragt anschließend bitte nach einem Fragebogen und füllt diesen jeder für sich alleine aus.

## **Arbeitsblatt – Zusammenfassung**

Aufgabe: Schreib dir anhand der Fragen eine kleine Zusammenfassung über das, was du heute über die Honigbiene gelernt hast. Schreib alles auf, was du für wichtig empfindest. Bitte schreib deine Antworten in ganzen Sätzen und pro Frage mindestens einen Satz.

1. Aus wie vielen Bienen kann ein Bienenvolk im Frühsommer bestehen?
2. Wie und was sammeln die Bienen auf der Wiese für ihr Volk?
3. Wie entstehen neue weibliche und männliche Bienen im Bienenstock?
4. Was machen Bienen, um auf Nektarquellen aufmerksam zu machen?

## Arbeitsblatt – Zusammenfassung

5. Welche Aufgaben haben die folgenden Bienen?
  - a. Sammelbienen
  - b. Stockbienen
  - c. Honigmacherinnen
  - d. Baubienen
  - e. Wächterbienen
  - f. Heizerbienen

6. Wie sieht eine Bienenwabe aus?

Wenn du deine Zusammenfassung über die Honigbiene fertig geschrieben hast, dann gib dieses Blatt wieder ab. Frag anschließend bitte nach einem Fragebogen und fülle diesen aus.

## Anhang 5: Fragebogen direkt nach dem Experiment

### Lernen mit Virtual Reality

Vielen Dank, dass du an dem Experiment zum Lernen mit Virtual Reality teilgenommen hast. Bitte beantworte zum Abschluss einige Fragen dazu, wie du die virtuelle Realität erlebt hast und was du dabei gelernt hast.

#### 1. Hattest du Zeit, dir alle Informationen anzuhören?

- Ja (weiter mit Frage 2)  
 Nein

**Wenn nein, an welchen Schauplätzen und zu welchen Themen hast du dir Informationen angehört?**

- 1 – die Blumenwiese  
 2 – die Biene an der Blüte  
 3 – der Eingang des Bienenstocks  
 4 – die Bienenwaben  
 5 – die Aufzucht der Bienenlarven  
 6 – der Tanz der Bienen

#### 2. Wie hat dir das Lernen über Bienen in der virtuellen Realität gefallen?

Bitte kreuze an, ob du den folgenden Aussagen zustimmst oder nicht.

Aussage	Stimme voll zu	Stimme ein bisschen zu	Teils/teils	Stimme eher nicht zu	Stimme überhaupt nicht zu
Ich lerne sehr gern in der virtuellen Realität.					
Das virtuelle Lernen macht Spaß.					
Das virtuelle Lernen ist langweilig.					
Das Lernen in der virtuellen Realität hat meine Aufmerksamkeit überhaupt nicht gefesselt.					
Ich würde das virtuelle Lernen als sehr interessant beschreiben.					

Vielen Dank für die Beantwortung des ersten Teils. Jetzt werden dir einige inhaltliche Fragen zu dem gestellt, was du in der virtuellen Realität entdecken konntest. Wenn du eine Frage nicht beantworten kannst, dann ist das kein Problem. Du kannst raten, welche Antwort dir am ehesten richtig erscheint oder die Frage auslassen.

**3. Aus wie vielen Bienen kann ein Bienenvolk im Frühsommer bestehen?**

- 5.000                       50.000                       500.000

**4. Was sammeln die Bienen auf der Wiese für ihr Volk? (Du kannst mehr als ein Kreuz setzen)**

- Blüten                       Knospen                       Honig  
 Pollen                       Pflanzen                       Nektar

**5. Fülle den Lückentext mit den unten stehenden Wörtern aus. Achtung: Nicht alle Wörter lassen sich einsetzen.**

Die \_\_\_\_\_ verlassen den Stock im Alter von drei \_\_\_\_\_. Mit Hilfe ihres \_\_\_\_\_ nehmen die Bienen den \_\_\_\_\_ auf. Dieser wird von der Blume in speziellen Drüsenzellen produziert, den \_\_\_\_\_. Den eiweißreichen \_\_\_\_\_ sammeln die Bienen an den \_\_\_\_\_.

*Hinterbeinen, Wildbienen, Wochen, Monaten, Tagen, Saft, Rüssels, Nektar, Arbeitsbienen, Nektarien, Pollen, Vorderbeinen, Orangien*

**6. Woran erkennen die Wächterbienen die Sammelbienen, die heimkehren?**

- am Aussehen  
 am Geruch  
 am Summen

**7. Was sind die drei Aufgaben der Wächterbienen?**

- Überwachen des Flugverkehrs am Stock  
 Produzieren des Honigs  
 Verjagen von fremden Bienen und anderen Insekten  
 Bekämpfen von feindlichen Insekten  
 Säubern der Bienenwaben

**8. Beschreibe den Vorgang von der Eiablage bis zum Schlüpfen der Bienen.** Beachte dabei, wer die Eier legt, welches Futter gegeben wird und was die erste Aufgabe der frischgeschlüpften Bienen ist. **(Schreibe ganze Sätze)**

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**9. Was ist der Unterschied zwischen befruchteten und unbefruchteten Eiern?** (Schreibe ganze Sätze)

---

---

---

**10. Die Heizerbienen setzen sich bei kühler Witterung in freie Brutzellen, um diese zu wärmen. Sie verbrauchen hierbei viel Energie. Wie erhalten sie wieder neue Energie?**

- Sie fliegen zum Honigvorrat um neue Nahrung aufzunehmen.
- Sie bekommen Honig von den Tankerbienen.
- Sie erhalten keine neue Energie und sterben.

**11. Wie heißen die zwei Tänze, mit denen Pfadfinderbienen auf Nektarquellen aufmerksam machen?**

- Kreistanz
- Rundtanz
- Balltanz
- Schwänzeltanz





## Anhang 6: Fragebogen zwei bis fünf Wochen nach dem Experiment

### Lernen mit Virtual Reality

Vielen Dank, dass du an dem Experiment zum Lernen mit Virtual Reality teilgenommen hast. Bitte beantworte noch einmal einige Fragen zu dir und dazu, wie du das Lernen mit Virtual Reality erlebt hast.

#### 1. An welchem Datum hast du das Experiment durchgeführt?

- 03.01.2023                       05.01.2023                       16.01.2023  
 19.01.2023                       23.01.2023                       26.01.2023

#### 2. Welchen Farbpunkt hatte deine VR-Brille?

- rosa                                       gelb                                       grau  
 rot                                         blau

#### 3. Wie hat dir das Lernen über Bienen in der virtuellen Realität gefallen?

Bitte kreuze an, ob du den folgenden Aussagen zustimmst oder nicht.

Aussage	Stimme voll zu	Stimme ein bisschen zu	Teils/teils	Stimme eher nicht zu	Stimme überhaupt nicht zu
Ich lerne sehr gern in der virtuellen Realität.					
Das virtuelle Lernen macht Spaß.					
Das virtuelle Lernen ist langweilig.					
Das Lernen in der virtuellen Realität hat meine Aufmerksamkeit überhaupt nicht gefesselt.					
Ich würde das virtuelle Lernen als sehr interessant beschreiben.					

Vielen Dank für die Beantwortung des ersten Teils. Jetzt werden dir einige inhaltliche Fragen zu dem gestellt, was du in der virtuellen Realität entdecken konntest. Wenn du eine Frage nicht beantworten kannst, dann ist das kein Problem. Du kannst raten, welche Antwort dir am ehesten richtig erscheint oder die Frage auslassen.

**4. Aus wie vielen Bienen kann ein Bienenvolk im Frühsommer bestehen?**

- 5.000                       50.000                       500.000

**5. Was sammeln die Bienen auf der Wiese für ihr Volk? (Du kannst mehr als ein Kreuz setzen)**

- Blüten                       Pollen                       Nektar  
 Knospen                       Pflanzen                       Honig

**6. Fülle den Lückentext mit den unten stehenden Wörtern aus. Achtung: Nicht alle Wörter lassen sich einsetzen.**

Die \_\_\_\_\_ verlassen den Stock im Alter von drei \_\_\_\_\_. Mit Hilfe ihres \_\_\_\_\_ nehmen die Bienen den \_\_\_\_\_ auf. Dieser wird von der Blume in speziellen Drüsenzellen produziert, den \_\_\_\_\_. Den eiweißreichen \_\_\_\_\_ sammeln die Bienen an den \_\_\_\_\_.

*Hinterbeinen, Wildbienen, Wochen, Monaten, Tagen, Saft, Rüssels, Nektar, Arbeitsbienen, Nektarien, Pollen, Vorderbeinen, Orangien*

**7. Woran erkennen die Wächterbienen die Sammelbienen, die heimkehren?**

- am Aussehen  
 am Summen  
 am Geruch

**8. Was sind die drei Aufgaben der Wächterbienen?**

- Produzieren des Honigs  
 Säubern der Bienenwaben  
 Verjagen von fremden Bienen und anderen Insekten  
 Bekämpfen von feindlichen Insekten  
 Überwachen des Flugverkehrs am Stock

**9. Beschreibe den Vorgang von der Eiablage bis zum Schlüpfen der Bienen.** Beachte dabei, wer die Eier legt, welches Futter gegeben wird und was die erste Aufgabe der frischgeschlüpften Bienen ist. **(Schreibe ganze Sätze)**

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**10. Was ist der Unterschied zwischen befruchteten und unbefruchteten Eiern? (Schreibe ganze Sätze)**

---

---

---

**11. Die Heizerbienen setzen sich bei kühler Witterung in freie Brutzellen, um diese zu wärmen. Sie verbrauchen hierbei viel Energie. Wie erhalten sie wieder neue Energie?**

- Sie bekommen Honig von den Tankerbienen.
- Sie fliegen zum Honigvorrat, um neue Nahrung aufzunehmen.
- Sie erhalten keine neue Energie und sterben.

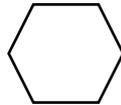
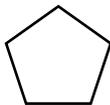
**12. Wie heißen die zwei Tänze, mit denen Pfadfinderbienen auf Nektarquellen aufmerksam machen?**

- Rundtanz
- Kreistanz
- Schwänzeltanz
- Balltanz

**13. Ordne den Bienen ihre Aufgaben zu. Verbinde die Biene mit ihrer jeweiligen Aufgabe.**

Sammelbienen	Formen von neuen Waben oder Erweitern von bestehenden Waben
Stockbienen	Hereintragen von Nektar und Pollen
Honigmacherinnen	Weitertransportieren von Nektar und Pollen
Baubienen	Verarbeiten von Nektar zu Honig

**14. Wie sieht eine Bienenwabe aus? Kreuze die richtige Lösung an.**



**15. Warum ist die Biene wichtig für unsere Erde und den Menschen?  
(Schreibe ganze Sätze)**

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---



## Anhang 7: Lösungen des Fragebogens vor dem Experiment

### Lernen mit Virtual Reality

Vielen Dank, dass du an dem Experiment zum Lernen mit Virtual Reality teilnimmst. Bitte beantworte zunächst einige Fragen zu dir und zum Thema Bienen, bevor du den virtuellen Bienenstock erkundest.

#### 1. Wie alt bist du?

#### 2. Was ist dein Geschlecht?

- Männlich
- Weiblich
- Divers
- keine Angabe

#### 3. Hast du bereits vor dem heutigen Tag eine VR-Brille genutzt?

- Nein, ich nutze heute das erste Mal eine VR-Brille.
- Ja, ich habe eine VR-Brille bereits einmal genutzt.
- Ja, ich habe eine VR-Brille bereits mehr als einmal aber nicht regelmäßig genutzt.
- Ja, ich nutze regelmäßig eine VR-Brille.

Vielen Dank für die Beantwortung des ersten Teils. Jetzt werden dir einige Wissensfragen zum Thema Biene gestellt. Wenn du eine Frage nicht beantworten kannst, dann ist das kein Problem. Du kannst raten, welche Antwort dir am ehesten richtig erscheint oder die Frage auslassen.

#### 4. Zu welcher Tierart gehören Bienen? (1 Punkt)

- Wirbellose                       Vögel                       Insekten

#### 5. Aus wie vielen Bienen kann ein Bienenvolk im Frühsommer bestehen? (1 Punkt)

- 5.000                       50.000                       500.000

**6. Wie heißen die Bienen, die in einem Bienenvolk leben? (Du kannst mehr als ein Kreuz setzen) (3 Punkte)**

- |   |   |  |
|---|---|--|
| <input checked="" type="checkbox"/> Königin | <input checked="" type="checkbox"/> Arbeiterinnen | <input type="checkbox"/> Fliegerbienen |
| <input type="checkbox"/> König              | <input checked="" type="checkbox"/> Drohnen       | <input type="checkbox"/> Wachsbienen   |

**7. Was sammeln die Bienen auf der Wiese für ihr Volk? (Du kannst mehr als ein Kreuz setzen) (2 Punkte)**

- |  |                                   |  |
|--|-----------------------------------|--|
| <input type="checkbox"/> Blüten            | <input type="checkbox"/> Knospen  | <input type="checkbox"/> Honig             |
| <input checked="" type="checkbox"/> Pollen | <input type="checkbox"/> Pflanzen | <input checked="" type="checkbox"/> Nektar |

**8. Wie kommunizieren Bienen? (1 Punkt)**

- |  |                                     |                                      |
|--|-------------------------------------|--------------------------------------|
| <input checked="" type="checkbox"/> Sie tanzen | <input type="checkbox"/> Sie summen | <input type="checkbox"/> Sie pfeifen |
|--|-------------------------------------|--------------------------------------|

**9. Sterben Honigbienen, nachdem sie einen Menschen gestochen haben? (1 Punkt)**

- |  |  |
|--|--|
| <input checked="" type="checkbox"/> Ja, in den meisten Fällen. | <input type="checkbox"/> Nein, sie können auch ohne Stachel weiterleben. |
|--|--|

**10. Wie sieht eine Bienenwabe aus? Kreuze die richtige Lösung an. (1 Punkt)**



Vielen Dank für die Beantwortung der Fragen. Jetzt kannst du die Erkundung des virtuellen Bienenstocks starten. Bitte frag nach einer VR-Brille und nach einem Aufgabenblatt.

## Anhang 8: Lösungen des Fragebogens nach dem Experiment

### Lernen mit Virtual Reality

Vielen Dank, dass du an dem Experiment zum Lernen mit Virtual Reality teilgenommen hast. Bitte beantworte zum Abschluss einige Fragen dazu, wie du die virtuelle Realität erlebt hast und was du dabei gelernt hast.

#### 1. Hattest du Zeit, dir alle Informationen anzuhören?

- Ja (weiter mit Frage 2)
- Nein

**Wenn nein, an welchen Schauplätzen und zu welchen Themen hast du dir Informationen angehört?**

- 1 – die Blumenwiese
- 2 – die Biene an der Blüte
- 3 – der Eingang des Bienenstocks
- 4 – die Bienenwaben
- 5 – die Aufzucht der Bienenlarven
- 6 – der Tanz der Bienen

#### 2. Wie hat dir das Lernen über Bienen in der virtuellen Realität gefallen?

Bitte kreuze an, ob du den folgenden Aussagen zustimmst oder nicht.

Aussage	Stimme voll zu	Stimme ein bisschen zu	Teils/teils	Stimme eher nicht zu	Stimme überhaupt nicht zu
Ich lerne sehr gern in der virtuellen Realität.	5	4	3	2	1
Das virtuelle Lernen macht Spaß.	5	4	3	2	1
Das virtuelle Lernen ist langweilig.	1	2	3	4	5
Das Lernen in der virtuellen Realität hat meine Aufmerksamkeit überhaupt nicht gefesselt.	1	2	3	4	5
Ich würde das virtuelle Lernen als sehr interessant beschreiben.	5	4	3	2	1

Vielen Dank für die Beantwortung des ersten Teils. Jetzt werden dir einige inhaltliche Fragen zu dem gestellt, was du in der virtuellen Realität entdecken konntest. Wenn du eine Frage nicht beantworten kannst, dann ist das kein Problem. Du kannst raten, welche Antwort dir am ehesten richtig erscheint oder die Frage auslassen.

**3. Aus wie vielen Bienen kann ein Bienenvolk im Frühsommer bestehen?**

(1 Punkt)

- 5.000                       50.000                       500.000

**4. Was sammeln die Bienen auf der Wiese für ihr Volk? (Du kannst mehr als ein Kreuz setzen) (2 Punkte)**

- Blüten                       Knospen                       Honig  
 Pollen                       Pflanzen                       Nektar

**5. Fülle den Lückentext mit den unten stehenden Wörtern aus. Achtung: Nicht alle Wörter lassen sich einsetzen. (7 Punkte)**

Die Arbeitsbienen verlassen den Stock im Alter von drei Wochen. Mit Hilfe ihres Rüssels nehmen die Bienen den Nektar auf. Dieser wird von der Blume in speziellen Drüsenzellen produziert, den Nektarien. Den eiweißreichen Pollen sammeln die Bienen an den Hinterbeinen.

*Hinterbeinen, Wildbienen, Wochen, Monaten, Tagen, Saft, Rüssels, Nektar, Arbeitsbienen, Nektarien, Pollen, Vorderbeinen, Orangien*

**6. Woran erkennen die Wächterbienen die Sammelbienen, die heimkehren? (1 Punkt)**

- am Aussehen  
 am Geruch  
 am Summen

**7. Was sind die drei Aufgaben der Wächterbienen? (3 Punkte)**

- Überwachen des Flugverkehrs am Stock  
 Produzieren des Honigs  
 Verjagen von fremden Bienen und anderen Insekten  
 Bekämpfen von feindlichen Insekten  
 Säubern der Bienenwaben

**8. Beschreibe den Vorgang von der Eiablage bis zum Schlupf der Bienen.**

Beachte dabei, wer die Eier legt, welches Futter gegeben wird und was die erste Aufgabe der frischgeschlüpften Bienen ist. **(Schreibe ganze Sätze)** (6 Punkte)

Die Bienenkönigin prüft, ob die **Brutzelle leer** und sauber ist. **Die Bienenkönigin legt** ein einzelnes **Ei** in jede Zelle. Die Bienenlarven erhalten in den ersten Tagen den speziellen **Futters Gelée Royale**. **Bienenpuppen werden nicht mehr gefüttert**. Später erhalten die Larven, die sich zu Arbeiterinnen und Drohnen entwickeln, ein **Gemisch aus Honig und Pollen als Futter**. Unter einem **Wachsdeckel** entwickeln sich die Larven zu Puppen weiter. Die Biene beißt sich beim **Schlüpfen durch den Wachsdeckel** der Wabenzelle. Die erste Aufgabe der frischgeschlüpften Bienen ist es, die **Brutzellen reinigen**.

**9. Was ist der Unterschied zwischen befruchteten und unbefruchteten Eiern? (Schreibe ganze Sätze)** (1 Punkt)

Aus befruchteten Eiern entstehen die neuen Arbeitsbienen und aus unbefruchteten Eiern die männlichen Bienen, die Drohnen.

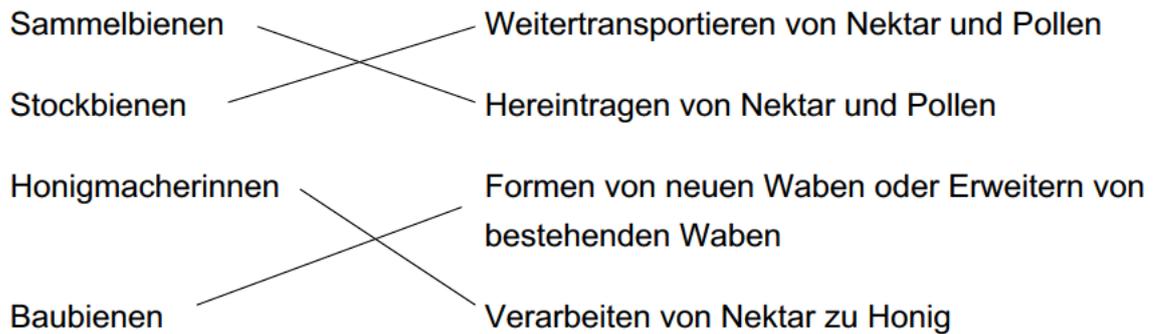
**10. Die Heizerbienen setzen sich bei kühler Witterung in freie Brutzellen, um diese zu wärmen. Sie verbrauchen hierbei viel Energie. Wie erhalten sie wieder neue Energie?** (1 Punkt)

- Sie fliegen zum Honigvorrat um neue Nahrung aufzunehmen.
- Sie bekommen Honig von den Tankerbienen.
- Sie erhalten keine neue Energie und sterben.

**11. Wie heißen die zwei Tänze, mit denen Pfadfinderbienen auf Nektarquellen aufmerksam machen?** (2 Punkte)

- Kreistanz
- Rundtanz
- Balltanz
- Schwänzeltanz
- Stachelanz

**12. Ordne den Bienen ihre Aufgaben zu. Verbinde die Biene mit ihrer jeweiligen Aufgabe. (4 Punkte)**



**13. Wie sieht eine Bienenwabe aus? Kreuze die richtige Lösung an. (1 Punkt)**



**14. Warum ist die Biene wichtig für unsere Erde und den Menschen? (3 Punkte)**

Bienen sorgen für die **Bestäubung der Pflanzen**. So wachsen und entstehen **immer mehr und verschiedene Pflanzen**. Außerdem wachsen bei vielen Arten erst durch die Bestäubung von Blüten die Früchte, sodass Obst und Gemüse entstehen können. Dies sichert **Nahrung für andere Lebewesen**. Bienen produzieren auch **Honig und Wachs**, den wir Menschen nutzen.

**15. Wie könntest du im Garten oder auf dem Balkon Bienen schützen oder helfen? (Schreibe ganze Sätze) (3 Punkte)**

- (Wild-) Blumen pflanzen
- Bienenhotel bauen
- Unkraut, Rasen, Wiese wachsen lassen
- Bienen nicht töten
- Keine Pestizide verwenden

Vielen Dank für die Beantwortung der Fragen. Damit ist das Experiment „Lernen mit Virtual Reality“ für dich beendet. Du kannst nun den Fragebogen und die VR-Brille abgeben und leise den Klassenraum verlassen.

Wenn du Fragen zum Experiment hast, dann kannst du dich gern an Frau Josi Reckling wenden

## Eigenständigkeitserklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und nur unter Verwendung der angegebenen Literatur und Hilfsmittel angefertigt habe. Stellen, die wörtlich oder sinngemäß aus Quellen entnommen wurden, sind als solche kenntlich gemacht. Diese Arbeit wurde in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt.

Josi Reckling



Leipzig, der 13.03.2023