



Virtuelle Realität und Serious Games im Schulalltag

Konzeption, Erprobung und Analyse der virtuellen Lernwelt **Faszination Faserverbundwerkstoffe** & des Serious Games **Composites Cup on Tortuga**

von Marietta Menner

Virtuelle Realität und Serious Games im Schulalltag

Konzeption, Erprobung und Analyse
der virtuellen Lernwelt **Faszination Faserverbundwerkstoffe** &
des Serious Games **Composites Cup on Tortuga**

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Philosophisch-Sozialwissenschaftlichen Fakultät
der Universität Augsburg

vorgelegt von Marietta Menner
2019

Erstgutachter: Prof. Dr. Klaus Bredl
Zweitgutachterin: Prof. Dr. Eva Matthes
Tag der mündlichen Prüfung: 07.05.2020

Die Idee zur Themenstellung der vorliegenden Doktorarbeit entstand im Rahmen des Projekts MAl Bildung, welches von 2012 bis 2017 an der Universität Augsburg durchgeführt und vom BMBF gefördert wurde. In seiner 5-jährigen Laufzeit bot es zahlreiche Möglichkeiten, innovative Bildungsansätze zu konzipieren und zu testen. Im Laufe des Projekts entstand der Impuls, ein digitales Lernmedium zu Faserverbund zu entwickeln. In der vorliegenden Arbeit kann der Weg, der zum finalen Serious Game „Composites Cup on Tortuga“ führte, nachvollzogen werden. Die Marschroute war von einigen Umwegen gezeichnet, Edward de Bonos Zitat: „Im Nachhinein ist jede gute Idee logisch, aber um dorthin zu gelangen, muss man die Denkrichtung ändern“¹ und das allgemein bekannte Sprichwort „Aufgeben ist keine Option!“ überschreiben die einzelnen Etappen sehr treffend.

An dieser Stelle möchte ich nun allen Personen danken, die mich auf dem Weg unterstützt und in die richtige Wegabzweigung gelotst haben. Hierzu sind an erster Stelle „meine“ studentischen Unterstützer_innen Alena Rolinski, Monika Reichenberger, Lorenz Ziche, Shanice Powell, Lukas Rust und Stefan Büttner zu nennen, ohne deren unermüdlichen Einsatz die praktische Umsetzung meiner Ideen nicht möglich gewesen wäre. Des Weiteren möchte ich mich bei meinem Betreuer Prof. Dr. Klaus Bredl bedanken, der jeden (Um)weg mitging und mir mit Rat und Tat zur Verfügung stand. Ebenso gilt mein Dank Prof. Dr. Eva Matthes, die mir als Zweitgutachterin jederzeit unterstützend zur Seite stand. Außerdem möchte ich Prof. Dr. Markus Sause für die fachwissenschaftliche Beratung und die inhaltlichen Impulse zu Faserverbund danken, ebenso meinem Team MINT_Bildung und hier im Besonderen Sandra Burger, Nadja Anderle und Andrea Kandler, die mich in vielen Belangen unterstützten. Ein großer Dank gilt auch meinen Korrekturlesern und zu guter Letzt meiner Familie. Allen voran meinen Eltern und meinem Lebensgefährten, die den von mir beschrittenen Weg durch einen unbeschreiblichen Rückhalt im Hintergrund erst möglich machten.

Augsburg, November 2019, Marietta Menner

¹ Abgerufen am 10.10.2019 von <http://www.b4development.com/wp-content/uploads/2010/11/76-Sprichwörter-und-Zitate.pdf>

Zusammenfassung	1
I. Einführung.....	2
1. Untersuchungsgegenstand	2
2. Problemstellung.....	3
3. Zielsetzung	5
4. Zielgruppe.....	5
5. Aufbau der Arbeit.....	5
II. Chancen und Grenzen von digitalen Medien im Schulkontext	6
1. Digitalisierung im Unterrichtskontext.....	7
2. Definition „digitale Medien“	10
3. Medienkompetenz und Medienbildung	12
4. Lehrkräfte im Zeitalter der Digitalisierung.....	16
4.1 Studien zum Einsatz digitaler Medien im Schulunterricht	16
4.2 Arbeitsmodelle zum Einsatz digitaler Medien im Schulunterricht	21
4.2.1 Das SAMR-Modell.....	22
4.2.2 Das ICAP-Modell.....	25
5. Zusammenfassung: Chancen und Grenzen von digitalen Medien im Schulkontext	28
III. Spielerisches Lernen mit digitalen Medien	31
1. Einordnung des Begriffs „Spiel“ und Bedeutung für die Bildung.....	31
2. Nutzung von Computer- und Videospiele in der Gesellschaft	34
3. Begriffsabgrenzungen.....	36
3.1 Edutainment	36
3.2 Gamification.....	36
3.3 Game-Based Learning (GBL) und Digital Game-Based Learning (DGBL)	37
4. Virtuelle Welten	38
4.1 Begriffsdefinition „virtuelle Welten“	39

4.2	Aktuelle Anwendungsbereiche und Zielsetzungen virtueller Welten.....	40
4.3	Virtuelle Welten im Schulunterricht.....	41
4.4	Fazit Genre virtuelle Welten.....	45
5.	Serious Games.....	46
5.1	Begriffsdefinition "Serious Games".....	45
5.2	Aktuelle Anwendungsbereiche und Zielsetzungen von Serious Games.....	47
5.3	Serious Games im Schulunterricht.....	48
5.4	Fazit Genre Serious Games.....	53
IV. Relevanz des digitalen Mediums zum Thema Faserverbund für den Schulunterricht.....		55
1.	Faserverbund im LehrplanPLUS.....	56
1.1	Lehrplananbindung Mittelschulen.....	56
1.2	Lehrplananbindung Realschulen.....	57
1.3	Lehrplananbindung Gymnasium.....	58
2.	Veröffentlichte Unterrichtsmaterialien Faserverbundwerkstoffe.....	59
3.	(Faser-) Verbundwerkstoffe.....	61
3.1	Definition Faserverbundwerkstoffe.....	62
3.2	Faserverbundwerkstoffe in der Natur.....	62
3.3	Carbon- und Glasfaserverstärkte Kunststoffe (CFK und GFK).....	63
3.3.1	Herstellung von Glasfasern.....	64
3.3.2	Herstellung von Kohlenstofffasern (Carbonfasern).....	65
3.3.3	Eigenschaften und Herstellung von Faserverbundwerkstoffen.....	67
3.3.4	Faserverbundwerkstoffe und ihre Zukunftsrelevanz.....	69
3.3.5	Grenzen von Faserverbundwerkstoffen.....	71
V. Dokumentation der Entwicklung des digitalen Mediums zu Faserverbundwerkstoffen.....		73
1.	Entwicklungskonzept virtuelle Welt Faszination Faserverbundwerkstoffe.....	73
1.1	Analyse der Ausgangssituation.....	74
1.2	Analyse der Zielgruppe.....	75
1.3	Relevante Umgebungsvariablen.....	75
1.4	Zielsetzung.....	76

1.5	Lerntheoretische Begründung.....	77
1.6	Mögliche Lehr- und Lernziele.....	78
2.	Entwicklung der virtuellen Welt „Faszination Faserverbundwerkstoffe“.....	79
2.1	Konzeption und Umsetzung Lerninhalte, Lernschritte, Lernsequenzen.....	79
2.2	Erprobung virtuelle Welt FasziFa.....	87
2.3	Zusammenfassung und Problemanalyse.....	90
2.3.1	Technische Umsetzung.....	90
2.3.2	Intuitive Handhabung.....	91
2.3.3	Lernen in Gruppen.....	91
2.3.4	Lernzuwachs durch Immersionserleben.....	92
2.4	Fazit.....	92
2.5	Ausblick.....	93
3.	Entwicklung Serious Game Composites Cup on Tortuga.....	93
3.1	Designbasierte Entwicklung des Serious Game Composites Cup on Tortuga.....	94
3.2	Analyse der Ausgangssituation.....	98
3.3	Didaktische Vorüberlegungen.....	98
3.4	Zusammenfassung Vorüberlegungen Konzeptionsphase.....	101
3.5	Fragestellung.....	103
VI. Evaluationsprozess.....		105
1.	Formative Evaluation.....	106
1.1	Methoden und Instrumente.....	107
1.1.1	Fragebogen F1 Schüler*innen.....	107
1.1.2	Expert*inneninterviews.....	108
1.1.3	Mündliches Feedback.....	109
1.1.4	Fragebogen F1Exp Expert*innen Computerspielforschung.....	109
1.1.5	Game Event Logging (Kraken).....	109
1.2	Durchführung der formativen Evaluierung und Entwicklung des Serious Games.....	112
1.2.1	Design und FE Phase 1.....	113
1.2.2	Design und FE Phase 2.....	131
1.2.3	Design und FE Phase 3.....	140

1.2.4	Design und FE Phase 4	151
1.2.5	Design und FE Phase 5	157
1.3	Fazit formative Evaluierung.....	169
2.	Summative Evaluation	181
2.1	Beschreibung Medien für die summative Evaluierung.....	182
2.1.1	Ausbau Vergleichsmedium Lernzirkel Faserverbund	182
2.1.2	Beschreibung Serious Game CC on Tortuga.....	187
2.2	Instrumente für die summative Evaluierung	192
2.2.1	Game Experience Questionnaire.....	193
2.2.2	Fragebogen zum Lernzuwachs Faserverbund.....	194
2.2.3	Offene Diskussion im World-Café	194
2.2.4	Wissensabfrage mit Moderationskärtchen.....	195
2.3	Pre-Test Fragebogen GEQ und Fragebogen Wissensabfrage.....	195
2.4	Durchführung summative Evaluierung	202
3.	Ergebnisse der summativen Evaluierung	203
3.1	Ergebnisse GEQ und Fragebogen Wissensabfrage	203
3.2	Ergebnisse offene Diskussion im World Café- Format	210
3.3	Ergebnisse Wissensabfrage mit Moderationskärtchen	215
3.4	Ergebnisse Experteninterview Lehrkräfte	217
3.5	Fazit summative Evaluierung	221
VII.	Diskussion	224
1.	Fazit und Defizite medienpädagogischer Anknüpfung.....	224
2.	Fazit und Defizite der Wahl der Erhebungsinstrumente und Methoden	227
3.	Fazit und Defizite der Anwendung des DBR-Ansatzes	230
4.	Zusammenfassung und Beitrag zur Serious-Game-Forschung.....	232
5.	Denkanstöße für die Entwicklung eines Serious Games.....	234
6.	Tipps für Lehrkräfte zum Einsatz des Serious Game Composites Cup on Tortuga	236
Literaturverzeichnis		240

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1	Grafik Perspektiven der Digitalen Bildung, Bildquelle: Gesellschaft für Informatik e.V. 2016, S.3.....	8
Abbildung 2	SAMR-Modell von Puentedura, Bildquelle: Puentedura, 2012, o.S.....	22
Abbildung 3	Veranschaulichung SAMR-Modell, Bildquelle: Medienzentrum des Kreises Coesfeld, 2019.....	24
Abbildung 4	Vergleich menschliches Haar – Carbonfaser, Bildquelle: AMU Univeristät Augsburg.	65
Abbildung 5	Veranschaulichung Laminataufbau, Bildquelle: R&G Faserverbundwerkstoffe GmbH, 2009b, S. 18.....	68
Abbildung 6	Entwicklung des globalen CFK-Bedarfes in Tsd.t von 2010 bis 2022 (Schätzungen, 09/2017), Bildquelle: Carbon Composites e.V. und Industrievereinigung verstärkte Kunststoffe [AVK], 2017, S. 15.....	69
Abbildung 7	Startpunkt Entwicklungszentrum in der virtuellen Welt FasziFa, Bildquelle: Screenshot aus FasziFa.....	81
Abbildung 8	Spielauftrag durch den NPC in der virtuellen Welt FasziFa, Bildquelle: Screenshot aus FasziFa.....	81
Abbildung 9	Spielstation: Eigenschaften von Faserverbundwerkstoffen in der virtuellen Welt FasziFa, Bildquelle: Screenshot aus FasziFa.....	82
Abbildung 10	Aufgabe 1 Lückentext: Eigenschaften Faserverbundwerkstoffe in der virtuellen Welt FasziFa, Bildquelle Screenshot aus FasziFa.....	83
Abbildung 11	Veranschaulichung Faserverbundmaterialien in der Natur in der virtuellen Welt FasziFa, Bildquelle: Screenshot aus FasziFa.....	84
Abbildung 12	Beispiel Wespennest: Texttafel und anklickbares Objekt in der virtuellen Welt FasziFa, Bildquelle: Screenshot aus FasziFa.....	84
Abbildung 13	Aufgabe 2 Zuordnung Werkstücke aus Faserverbundmaterialien in der virtuellen Welt FasziFa, Bildquelle: Screenshot aus FasziFa.....	85
Abbildung 14	Zuordnung geschichtliche Entwicklung Windkraftanlagen in der virtuellen Welt FasziFa, Bidquelle: Screenshot FasziFa.....	85
Abbildung 15	Veranschaulichung Blick in die Zukunft Forschungszentren Faserverbund in der virtuellen Welt FasziFa, Bildquelle Screenshot aus FasziFa.....	86
Abbildung 16	Spielelement am Schluss: Autorennen der Avatare in der virtuellen Welt FasziFa, Bildquelle: Screenshot aus FasziFa.....	86
Abbildung 17	Avatare versperren sich gegenseitig die Sicht in der virtuellen Welt FaziFa, Bildquelle: Bildaufnahme während der Erprobung.....	88
Abbildung 18	Eingriff in das Spielgeschehen durch das Entwicklerteam in der virtuellen Welt FasziFa, Bildquelle: Bildaufnahme während der Erprobung.....	88
Abbildung 19	Prozessmodell von Euler, Bildquelle: Euler, 2014, S.6 und Euler 2011, S.533.....	97
Abbildung 20	Prozessmodell Serious Game Composites Cup on Tortuga orientiert an Euler 2014 und 2011, eigene Darstellung.....	97
Abbildung 21	Überblick Evaluationsprozess Serious Game, eigene Darstellung.....	106

Abbildung 22	Schaubild zyklisches Vorgehen bei der DBR-Entwicklung, eigene Darstellung.....	107
Abbildung 23	Visuelle Darstellung des Kraken-Systems, eigene Darstellung.....	110
Abbildung 24	Überblick Evaluationsprozess FE-Phase 1, eigene Darstellung.....	113
Abbildung 25	Ansicht technische Umsetzung erste Aufgabe, Bildquelle: Screenshot aus CC on Tortuga.....	114
Abbildung 26	Ansicht Spielfigur übermittelt Arbeitsauftrag, Bildquelle: Screenshot aus CC on Tortuga.....	114
Abbildung 27	Ansicht Einstieg in das Spiel, Bildquelle: Screenshot aus CC on Tortuga.....	115
Abbildung 28	Ansicht Level-Auswahl nach fachlichem Schwerpunkt, Bildquelle: Screenshot aus CC on Tortuga.....	115
Abbildung 29	Ansicht erste Umsetzung Einleitungstext, Bildquelle: Screenshot aus CC on Tortuga.....	116
Abbildung 30	Ansicht Einbindung Informationstexte mit dem Button „?“, Bildquelle: Screenshot aus CC on Tortuga.....	116
Abbildung 31	Ansicht Feedback für die Lösung einer Aufgabe, Bildquelle: Screenshot aus CC on Tortuga.....	117
Abbildung 32	Ansicht Umsetzung erste Quizfrage, Bildquelle: Screenshot aus CC on Tortuga.....	117
Abbildung 33	Ansicht Feedback nach Lösung einer Quizfrage, Bildquelle: Screenshot aus CC on Tortuga.....	118
Abbildung 34	Ansicht Aufgabe Level 2, Bildquelle: Screenshot aus CC on Tortuga.....	118
Abbildung 35	Ansicht Intro mit Auswahl der Spielfigur Pirat oder Piratin, Bildquelle: Screenshot aus CC on Tortuga.....	123
Abbildung 36	Ansicht ausführlicher Einführungstext, Bildquelle: Screenshot aus CC on Tortuga.....	124
Abbildung 37	Ansicht Einführungstext mit Zeichnung, Bildquelle: Screenshot aus CC on Tortuga.....	124
Abbildung 38	Ansicht optische Hinweise, Lautsprecher und geänderte Ansicht Workpiecepanel, Bildquelle: Screenshot aus CC on Tortuga.....	125
Abbildung 39	Ansicht Anzeige Objekt, das geangelt werden soll, Screenshot aus CC on Tortuga.....	126
Abbildung 40	Ansicht optisches Feedback zur Lösung der Angel-Aufgabe, Bildquelle: Screenshot aus CC on Tortuga.....	126
Abbildung 41	Ansicht visuelle Umsetzung Stromleitfähigkeit, Bildquelle: Screenshot aus CC on Tortuga.....	127
Abbildung 42	Ansicht Aufgabe Kosten Materialauswahl, Bildquelle: Screenshot aus CC on Tortuga.....	127
Abbildung 43	Ansicht Anpassung der Level-Auswahl, Bildquelle: Screenshot aus CC on Tortuga.....	128
Abbildung 44	Ansicht Aufgabe „Prothesenrennen“, Bildquelle: Screenshot aus CC on Tortuga.....	129
Abbildung 45	Ansicht erste Aufgabe „Plankenspringen“, Bildquelle: Screenshot aus CC on Tortuga.....	130

Abbildung 46	Ansicht erste Umsetzung Aufgabe „Kanonenkunstschießen“, Bildquelle: Screenshot aus CC on Tortuga.....	130
Abbildung 47	Überblick Evaluationsprozess FE Phase 2, eigene Darstellung.....	131
Abbildung 48	Auswertung 1 Bedienung des Spiels.....	132
Abbildung 49	Auswertung 1 Verständlichkeit des Spiels.....	133
Abbildung 50	Auswertung 1 Design des Spiels.....	135
Abbildung 51	Auswertung 1 Gesamtbeurteilung des Spiels.....	135
Abbildung 52	Krakenauswertung „Plankenspringen 2 und 3“, Bildquelle: Krakenauswertung.....	138
Abbildung 53	Ansicht Ausbau Feedback von der Spielfigur, Bildquelle: Screenshot CC on Tortuga.....	139
Abbildung 54	Ansicht Sternsymbol im Fluss, Bildquelle: Screenshot CC on Tortuga.....	140
Abbildung 55	Überblick Evaluationsprozess FE Phase 3, eigene Darstellung.....	140
Abbildung 56	Auswertung 2 Bedienung des Spiels.....	141
Abbildung 57	Auswertung 2 Verständlichkeit des Spiels.....	142
Abbildung 58	Auswertung 2 Design des Spiels.....	145
Abbildung 59	Auswertung 2 Gesamtbeurteilung des Spiels.....	145
Abbildung 60	Auswertung Kraken nach Änderung Spielmechanik, Bildquelle: Krakenauswertung.....	147
Abbildung 61	Ansicht geändertes Intro Streitgespräch mit gegnerischem Team, Bildquelle: Screenshot aus CC on Tortuga.....	148
Abbildung 62	Einführungstexte mit Grafiken, Bildquelle: Screenshot aus CC on Tortuga.....	149
Abbildung 63	Ansicht neue Aufgabe „Kanonenkunstschießen“, Screenshot aus CC on Tortuga.....	149
Abbildung 64	Ansicht optionale Aufgabe, Screenshot aus CC on Tortuga.....	150
Abbildung 65	Überblick Evaluationsprozess FE Phase 4, eigene Darstellung.....	150
Abbildung 66	Ansicht Übersicht spielbare Level und Aufgaben Version 7, Bildquelle: Screenshot aus CC on Tortuga.....	151
Abbildung 67	Auswertung 3 Bedienung des Spiels.....	152
Abbildung 68	Auswertung 3 Verständlichkeit des Spiels.....	153
Abbildung 69	Auswertung 3 Design des Spiels.....	155
Abbildung 70	Auswertung 3 Gesamtbeurteilung des Spiels.....	156
Abbildung 71	Übersicht Evaluationsprozess FE Phase 5, eigene Darstellung.....	157
Abbildung 72	Auswertung 4 Bedienung des Spiels.....	158
Abbildung 73	Auswertung 4 Verständlichkeit des Spiels.....	159
Abbildung 74	Auswertung 4 Design des Spiels.....	161

Abbildung 75	Auswertung 4 Gesamtbeurteilung des Spiels.....	161
Abbildung 76	Übersicht Jahrgangsstufen Testpersonen.	169
Abbildung 77	Graphen Bedienung des Spiels in der Gesamtansicht.	170
Abbildung 78	Graphen Verständlichkeit des Spiels in der Gesamtansicht.....	172
Abbildung 79	Gesamtansicht Graphen Design des Spiels.	176
Abbildung 80	Gesamtansicht Graphen Gesamtbeurteilung des Spiels.....	177
Abbildung 81	Station 1 Faserquiz (eigene Abbildung).....	183
Abbildung 82	Ansicht Lösungsblatt Station 1 Faserquiz (eigene Abbildung).....	183
Abbildung 83	Station 2 Belastbarkeit der verschiedenen Fasern (eigene Abbildung).	184
Abbildung 84	Station 3 Faserrichtung und Bedeutung Matrix (eigene Abbildung).	184
Abbildung 85	Station 4 Stromleitfähigkeit verschiedener Fasern und Stoffe (eigene Abbildung).....	185
Abbildung 86	Station 5 Biegefestigkeit verschiedener Versuchsmaterialien (eigene Abbildung).....	185
Abbildung 87	Station 6 Material zu Gewichts- und Hitzebeständigkeitstests (eigene Abbildung).....	186
Abbildung 88	Station 6 Rechenaufgabe zu Kosten von Faserverbundwerkstoffen (eigene Abbildung).	186
Abbildung 89	Logo Serious Game Composites Cup on Tortuga.	187
Abbildung 90	Ansicht Einführungstext in eine Aufgabe, Bildquelle: Screenshot aus SG CC on Tortuga.....	190
Abbildung 91	Ansicht Aufbau der Benutzeroberfläche, Bildquelle: Screenshot aus CC on Tortuga.....	190
Abbildung 92	Ansicht Feedback im Spiel, Bildquelle: Screenshot aus CC on Tortuga.	191
Abbildung 93	Überblick Evaluationsprozess PreTest summative Evaluierung, eigene Darstellung.....	195
Abbildung 94	Auswertung PreTest Kompetenz.	196
Abbildung 95	Auswertung PreTest Flow.....	197
Abbildung 96	Auswertung PreTest Positive Affect.....	198
Abbildung 97	Auswertung PreTest Sensory and imaginative Immersion.	199
Abbildung 98	Auswertung PreTest Challenge.....	200
Abbildung 99	Auswertung PreTest Tension/Annoyance.	200
Abbildung 100	Auswertung PreTest Negative Affect.....	201
Abbildung 101	Überblick Evaluationsprozess summative Evaluierung, eigene Darstellung.	202
Abbildung 102	Vergleich Graphen Lernzirkel und Serious Game.....	203
Abbildung 103	Vergleich Graphen Serious Game und Lernzirkel nach Geschlechtern.....	205
Abbildung 104	Beispiel Dokumentation Ergebnisse World Cafe-Format.	210
Abbildung 105	Prozessmodell Design Thinking, Bildquelle:Feldhaus et. al, S. 39.....	235

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1	Modell Medienkompetenz nach Baacke, Quelle: Baacke (1997), S.98f, (eigene Darstellung).	13
Tabelle 2	Übersicht verwendete Studien zu digitalen Medien im Unterricht.	17
Tabelle 3	Gegenüberstellung geschlechterspezifische Unterschiede bei der Gestaltung von Serious Games.....	99
Tabelle 4	Übersicht Vorüberlegungen Serious Game.....	101
Tabelle 5	Übersicht Bestandteile eines Evaluationsprozesses nach Gollwitzer und Jäger (2009).....	105
Tabelle 6	Auszug gespeicherte Events Durchlauf Kanonenlevel	111
Tabelle 7	Mittelwerte zu den Items „Bedienung des Spiels“ in der Gesamtansicht	170
Tabelle 8	Mittelwerte des Items „Verständlichkeit des Spiels in der Gesamtansicht“	173
Tabelle 9	Mittelwerte des Items „Design des Spiels“	176
Tabelle 10	Mittelwerte des Items „Gesamtbeurteilung des Spiels“	178
Tabelle 11	Mittelwerte Vergleich Serious Game und Lernzirkel.....	204
Tabelle 12	Vergleich Mittelwerte Serious Game und Lernzirkel nach Geschlechtern.....	205
Tabelle 13	Übersicht Fragen und Punktevergabe	209
Tabelle 14	Dokumentation World Cafe Frage 1	211
Tabelle 15	Dokumentation World Café Frage 2.....	212
Tabelle 16	Dokumentation World Cafe Frage 3.....	213
Tabelle 17	Dokumentation World Café Frage 4.....	214
Tabelle 18	Beschreibung Serious Game Composites Cup on Tortuga nach DIN-Norm.....	236
Tabelle 19	Beschreibung mögliches Lernsetting Serious Game Composites Cup on Tortuga.....	237

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit dem praktischen Einsatz von „Digital-Game Based-Learning (DGBL)“-Medien im Schulkontext. Hierzu wurde eine virtuelle Lernwelt zu Faserverbundwerkstoffen entwickelt und mit der Zielgruppe (Schüler*innen ab der 8. Jahrgangsstufe allgemeinbildender Schulen und deren Lehrkräften) erprobt. Nach der Implementierung und der darauffolgenden Analyse wurde festgestellt, dass das Medium weiter optimiert werden muss. Deshalb schließt sich an die Auswertung der virtuellen Lernwelt die Beschreibung der designbasierten Konzeption und Implementierung eines Serious Games (Lernspiels) an, welches Schüler*innen spielerisch die Eigenschaften von Faserverbundwerkstoffen vermitteln soll.

Nach einer ausführlichen Beschreibung des Themas der Arbeit wird die konkrete Entwicklung der DGBL-Lernmedien beschrieben. Hierbei wird besonders auf den verwendeten Design-Based Research-Ansatz (Brown, 1992; Collins, 1992) eingegangen. Im Anschluss daran werden die einzelnen Evaluierungsschritte und eingesetzten Feedbackinstrumente unter Einbezug der Zielgruppe analysiert. Die Arbeit schließt mit einem Fazit zur Entwicklung und Evaluierung der DGBL-Maßnahmen und mit Handlungsempfehlungen, wie das entwickelte Serious Game im Unterricht zum Einsatz kommen kann.

Schlagworte

Virtuelle Lernwelten, Serious Games, Composites, Lernspiel, Evaluation, Design-Based Research, Faserverbundwerkstoffe

Zentrales Thema dieser Arbeit ist die Dokumentation der Entwicklung und Evaluation eines DGBL-Mediums zum Thema Faserverbundwerkstoffe. Bei der Konzeption eines solchen Mediums müssen sowohl didaktische, lernpädagogische als auch technische Aspekte berücksichtigt werden. „As an educator, I realized that this was just the problem our schools face: How do you get someone to learn something long, hard, and complex, and yet still enjoy it“ (Gee, 2005, S.2–3). Dieses Zitat stammt von dem Forscher und Autor James Paul Gee, der sich intensiv mit der Entwicklung und dem Einsatz von digitalen Medien im Bildungskontext beschäftigt und ein zentrales Thema der Lernpsychologie aufgreift. Wie können Heranwachsende beim effektiven Lernen unterstützt werden und im besten Falle daran auch noch Freude haben? Die vorliegende Arbeit soll zum einen zeigen, wie Schüler*innen in die Erstellung eines digitalen Lernspiels eingebunden werden können und wie dieses gestaltet sein muss, damit die Heranwachsenden es gerne spielen. Darüber hinaus soll Lehrkräften ein Überblick gegeben werden, wie Serious Games im Unterricht zum Einsatz kommen können. Zu guter Letzt soll die Arbeit allgemein zeigen, welche Aspekte bei der Entwicklung eines digitalen Lernspiels für den praktischen Einsatz an Schulen beachtet werden sollten.

1. Untersuchungsgegenstand

Die im Rahmen dieser Arbeit entwickelten digitalen Medien virtuelle Lernwelt „Faszination Faserverbundwerkstoffe“ mit Anteilen eines Serious Games und das Serious Game „Composites Cup on Tortuga“ sollen Schüler*innen einen interaktiven Einblick in die Welt der Faserverbundwerkstoffe ermöglichen. Faserverbundwerkstoffe sind relativ neu (seit dem Schuljahr 2017/2018) im Lehrplan-Plus der allgemeinbildenden Schulen in Bayern (LehrplanPlus Realschule 8. Jahrgangsstufe, 2018). Die im Zuge dieser Arbeit konzipierten, erprobten und evaluierten Medien sollen daher einen Beitrag zur Vermittlung des Unterrichtsinhalts zu Faserverbundwerkstoffen leisten und darüber hinaus an einem praktischen Beispiel zeigen, wie digitale Lernspiele gemeinsam mit der Zielgruppe entwickelt und in den Unterricht integriert werden können.

2. Problemstellung

Den thematischen Schwerpunkt der Medien, deren Entwicklung im Zentrum dieser Arbeit steht, bilden Faserverbundwerkstoffe. Im Zeitalter der Klimaerwärmung leisten diese Werkstoffe einen großen Beitrag zur Klimaschonung. Jedes Kilogramm, das an einer bewegten Masse eingespart werden kann, trägt zum Klimaschutz bei (Jäger & Hauke, 2010, S. 4). Faserverbundwerkstoffe, die auch überwiegend im Leichtbau, zum Beispiel beim Flugzeugbau, Verwendung finden, sind daher ein Querschnittsthema in verschiedenen naturwissenschaftlichen Fächern in der Schule (LehrplanPlus Gymnasium, 2018; LehrplanPlus Mittelschulen, 2018; LehrplanPlus Realschule, Staatsinstitut für Schulqualität und Bildungsforschung München). Faserverbundwerkstoffe bestehen, wie es der Name schon sagt, immer aus einem Verbund zweier Materialien. Durch das Zusammenfügen zweier einzelner Komponenten entsteht ein neuer Werkstoff. Die in der Industrie am häufigsten eingesetzten Faserverbunde bestehen aus Glasfasern oder Carbonfasern, die mit einem Kleber, in der Fachsprache als Matrix bezeichnet, zusammengefügt werden (Henning, 2011a, S. 339). Aus diesem Gemisch entsteht nach dem Trockenvorgang ein sehr leichter und sehr stabiler Werkstoff, der in vielen Branchen zur Anwendung kommt (Breuer, Schlimbach & Neitzel, 2014, S. 5–7; Henning, 2011a, S. 383–389). Damit Schüler*innen das komplexe Spektrum der Faserverbundwerkstoffe verstehen können, ist es wichtig, dass sie die Eigenschaften und Zusammensetzung von Faserverbunden kennenlernen. Carbonmaterialien sind sehr teuer in der Anschaffung (Heine, 2014, S. 16) und können unter anderem auf Grund ihrer Eigenschaft, elektrisch leitfähig zu sein (Henning, 2011a, S. 346), nur unter bestimmten sicherheitstechnischen Voraussetzungen im Unterricht als Demonstrationsmaterial eingesetzt werden (siehe hierzu auch Kapitel IV, Unterpunkt 3 dieser Arbeit). Bei den kostengünstigeren Glasfasermaterialien (Heine, 2014, S. 28) können Glasfilamente in die Haut eindringen und zur vorübergehenden Reizung der Haut führen, wenn keine Schutzkleidung getragen wird (Suter Kunststoffe AG, 2015b, S. 2). Kleber (Matrix), die in der Industrie zur Fertigung von Faserverbundwerkstoffen genutzt werden, dürfen grundsätzlich nur in einer Laborumgebung unter Abzügen verwendet werden (Suter Kunststoffe AG, 2015a, S. 3). Um Heranwachsenden einen authentischen Einblick in diese Materialklasse zu gewähren und ihnen die Möglichkeit zu geben, die Vorteile und Grenzen richtig einzuordnen, sollten sie mit dem Material auch experimentieren können. Aus bereits aufgelisteten Gründen ist das im normalen Schulalltag nur mit Einschränkungen möglich. Deshalb bietet sich das Thema „Faserverbundwerkstoffe“ sehr gut für ein interaktives digitales Medium an, bei dem Schüler*innen mit Materialien digital experimentieren können.

Der Einsatz digitaler Medien im Schulunterricht wird nach wie vor sehr kontrovers diskutiert. So fasst Klaus Zierer, Ordinarius für Schulpädagogik an der Universität Augsburg, in seinem Buch „Lernen 4.0. Pädagogik für Technik“ zusammen, dass Digitalisierung im Hinblick auf Lern- und Entwicklungsprozesse trotz vieler positiver Möglichkeiten auch eine Reihe von Gefahren berge. Die Schwierigkeit bestehe darin, dass sich die Gefahren größtenteils mit den Möglichkeiten deckten und sich beide Optionen in einem Spannungsfeld von Freiheit und Zwang befänden. Studien belegen außerdem, dass die Digitalisierung negative Effekte auf die kognitiven Entwicklungen von Schüler*innen haben können (Zierer, 2018, S. 25). In einem Interview, das Zierer mit John Hattie zum Thema „Was bringt die Digitalisierung der Schulen, Herr Hattie?“ „Viel – wenn...“ für das Bildungsmagazin NEWS4TEACHERS gegeben hat, betonen beide Bildungsforscher, dass beim Einsatz digitaler Technik im Unterricht zwei Perspektiven unterschieden werden müssten. Zum einen die Perspektive des Lernens – es müsse geprüft werden, welchen Einfluss die Digitalisierung auf den Lernerfolg hat. Dabei müsse festgehalten werden, dass die „digitale Revolution“ an den Schulen noch nicht angekommen sei. Derzeit ersetzen digitale Medien im Unterricht nur die traditionellen Medien 1:1, so die beiden Forscher. Die zweite Perspektive, die in den Blick genommen werden müsse, sei die Erziehung. Die Digitalisierung habe schon jetzt einen sehr großen Einfluss, der nicht nur positive Effekte mit sich bringe (zum Beispiel Smartphonesucht, Vereinsamung, Cyberbullying etc.) (Interview mit Hattie J. & Zierer K., 09.03.2019). An dieser Stelle könnten zahlreiche aktuelle Studien und Interviews genannt werden, die das Spektrum Digitalisierung im Schulkontext diskutieren, diesem Thema ist das Kapitel II – Chancen und Grenzen mediengestützten Lernens – dieser Arbeit gewidmet.

Zusammengefasst kann also festgehalten werden, dass die nachfolgende Forschungsarbeit auch einen Beitrag dazu leisten soll, Chancen und Grenzen des Lernens mit digitalen Medien und im konkreten Fall mit digitalen Lernspielen zu betrachten, zu hinterfragen und zu reflektieren.

3. Zielsetzung

Das nachfolgend beschriebene Projekt begann mit der Fragestellung, wie man Schüler*innen ein komplexes naturwissenschaftliches Thema (Faserverbundwerkstoffe) interaktiv und digital vermitteln kann, so dass sie in ihrem eigenen Tempo lernen können, dabei Spaß haben und zugleich aber ein Wissenszuwachs entsteht, auf dem die Lernenden aufbauen können. Durch die Entwicklung, Erprobung und Evaluierung der digitalen Medien virtuelle Welt „Faszination Faserverbundwerkstoffe“ und des Serious Games „Composites Cup on Tortuga“ soll gezeigt werden, inwiefern sich digitale Lernwelten und Lernspiele für den Unterricht eignen und wie sie gestaltet und technisch umgesetzt sein müssen, dass sie dort eingesetzt werden können.

4. Zielgruppe

Die interaktiven digitalen Lernmedien wurden in erster Linie für Schüler*innen ab der 8. Jahrgangsstufe aller allgemeinbildender Schulen entwickelt. Diese Zielgruppe wurde nach der Sichtung der Lehrpläne im Hinblick auf die fachliche Verortung der Themen Leichtbau, Faserverbund, neue Materialien und Elektromobilität in der Mittelschule, in der Realschule und im Gymnasium festgelegt. Eine detailliertere Analyse der Zielgruppe findet sich im Kapitel V unter Punkt 1.2. Das Serious Game „Composites Cup on Tortuga“ eignet sich aber für jeden Interessierten, der die Eigenschaften von Faserverbundwerkstoffen kennenlernen möchte, beispielsweise auch für Auszubildende, die im beruflichen Kontext zum ersten Mal mit diesen Materialien konfrontiert werden.

5. Aufbau der Arbeit

Die nachfolgende Arbeit ist wie folgt gegliedert: Nach einer kurzen Einordnung zu den Themen „Digitale Medien im Unterricht“ und „Spielerisches Lernen mit digitalen Medien“ sowie Ausführungen zu Faserverbundwerkstoffen, werden die konkrete Entwicklung zweier digitaler Medien für den Schulunterricht und deren Möglichkeiten und Grenzen beschrieben. Bei der Dokumentation der Entwicklungsschritte wird der dabei berücksichtigte designbasierte Ansatz erläutert. Die bei der Konzeption integrierte Qualitätssicherung in Gestalt einer formativen und summativen Evaluierung wird ebenfalls ausführlich beschrieben. Am Ende folgen noch eine Diskussion der Vorgehensweise und Handlungsempfehlungen zum Einsatz von Serious Games im Unterricht.

II. Chancen und Grenzen von digitalen Medien im Schulkontext

Die heutige Gesellschaft ist digital geprägt, dies führt auch zu kulturellen Veränderungen in der Arbeits- und Lebenswelt der Menschen (Eichenberg & Auersperg, 2018; Gesellschaft für Informatik e.V., 2016; Zorn, 2011). An dieser Stelle könnten beliebig viele Beispiele genannt werden, wie sich die Digitalisierung im täglichen Leben widerspiegelt. Eines soll nachfolgend kurz beschrieben werden, weil es die Dimensionen der Digitalisierung im Alltag an einer Handlung verdeutlicht, die in der Regel jeder Mensch täglich ausführt, nämlich das Zähneputzen. Eltern haben dabei heutzutage die Möglichkeit, die Zahnputzzeiten ihrer Kinder digital zu gestalten und zu überwachen. Hierzu wurde von Oral-B eine Zahnbürste entwickelt, die mit einer App (Disney Magic Timer by Oral-B²) synchronisiert werden kann. Die Kinder können nach der Installation mit dem Endgerät ihrer Eltern die Zahnbürste abscannen und erhalten dann einen Timer, der ihnen die 2-minütige Zahnputzzeit anzeigt. Ist diese abgelaufen, schaltet sich ein Bild einer Disneyfigur auf dem Bildschirm des Endgeräts frei. Die App bietet, laut Hersteller, auch noch weitere Optionen, wie zum Beispiel einen digitalen Zahnputzkalender zu führen, in dem mit Sternen der Fortschritt dokumentiert wird, und auch ein Sticker-Album ist integriert, in dem man die fürs Putzen gesammelten Sticker digital verorten kann.³ Früher wurde die Zahnputzzeit beispielsweise noch mit einer Sanduhr gestoppt, heute hat die Digitalisierung auch in diesem Bereich Einzug in den Alltag gehalten.

Diese Entwicklung der Gesellschaft stellt auch neue Herausforderungen an Bildungsinstitutionen, denn Bildungsprozesse können nur dann zukunftsfähig gestaltet werden, wenn ein Grundverständnis für die digital vernetzte Welt besteht (Gesellschaft für Informatik e.V., 2016; Schmid, Goertz & Behrens, 2017). Die Vereinigung der bayerischen Wirtschaft e.V. hält in ihrem Gutachten „Digitale Souveränität und Bildung“ fest, dass „wer den Prozess der digitalen Transformation mitgestalten und im digitalen Raum selbstständig und verantwortungsvoll handeln möchte, muss über digitale Souveränität verfügen“ (vbw – Vereinigung der Bayerischen Wirtschaft e.V., 2018, S. 7). In diesem Zusammenhang müssen sich natürlich auch Schulen, welche die heranwachsenden Generationen grundständig ausbilden, mit Fragestellungen der digital vernetzten Welt auseinandersetzen.

² Abgerufen am 28.09.2019 von <https://apps.apple.com/de/app/disney-magic-timer/id747541884>, ein Video zur Benutzung der App ist unter: <https://www.youtube.com/watch?v=WcDpUiosjoY> einsehbar.

³ Abgerufen am 28.09.2019 von <https://www.oralb.de/de-de/mundhygiene/lebensphasen/zahnhygiene-bei-kindern/zaehneputzen-ihren-kindern-spielerisch-beibringen>

1. Digitalisierung im Unterrichtskontext

Laut dem bereits eingangs in dieser Arbeit zitierten Schulpädagogen Zierer ist die Digitalisierung als dienende Funktion zu sehen. Ihr Sinn und Zweck sei es, den Menschen in dessen Bildungsprozessen zu unterstützen (Zierer, 2018, 30f.). Im Dezember 2016 veröffentlichte die Kultusministerkonferenz ihre Strategie zur Bildung in der digitalen Welt. Die Digitalisierung wird darin als Chance und Herausforderung zugleich beschrieben. Als Chance deshalb, weil sie dazu beitragen könne, das Lehren und Lernen so zu verändern, dass Talente und Potentiale individuell gefördert werden könnten. Die Herausforderung bestehe unter anderem darin, bisher praktizierte Lehr- und Lernformen sowie die Struktur von Lernumgebungen zu überdenken und neu zu gestalten. Außerdem müssten infrastrukturelle, rechtliche und personelle Rahmenbedingungen geschaffen werden (Kultusministerkonferenz, 2016, S. 3). Die Herausforderungen der Digitalisierung im Schulkontext wurden im selben Jahr von Expert*innen aus der Medienpädagogik, der Schulpädagogik und Wirtschaft gemeinsam mit Didaktiker*innen der Informatik diskutiert und daraus entstand die sogenannte „Dagstuhl-Erklärung“, die nachfolgend erläutert werden soll.

Die Dagstuhl-Erklärung

Herausgegeben wurde die Dagstuhl⁴-Erklärung von der Gesellschaft für Informatik, die mit rund 20.000 persönlichen und 250 korporativen Mitgliedern die größte und wichtigste Fachgesellschaft für Informatik im deutschsprachigen Raum ist und seit dem Jahr 1969 die Interessen der Informatikerinnen und Informatiker in Wissenschaft, Wirtschaft, öffentlicher Verwaltung, Gesellschaft und Politik vertritt. Die Positionsbestimmung richtet sich an Praktiker*innen und Expert*innen aus dem Bildungswesen sowie an Institutionen des Bundes und der Länder (Gesellschaft für Informatik e.V., 2016, S. 2). Von den Herausgeber*innen wurde eine Grafik entworfen, welche die Perspektiven einer digital vernetzten Welt veranschaulichen soll siehe nachfolgende Abbildung 1.

⁴ Schloss Dagstuhl wurde 1990 gegründet und entwickelte sich rasch zu einem weltweit renommierten Treffpunkt in der Informatikforschung. Schloss Dagstuhl ist ein Institut der Leibniz-Gemeinschaft und wird von Bund und Ländern finanziert. „Schloss Dagstuhl – Leibniz-Zentrum für Informatik GmbH“ hat zum Ziel, die Informatikforschung auf internationalem Spitzenniveau zu fördern und zwar durch die Bereitstellung von Infrastrukturen zur wissenschaftlichen Kommunikation und für den Austausch zwischen Forschenden, Quelle: Gesellschaft für Informatik e.V. (2016).

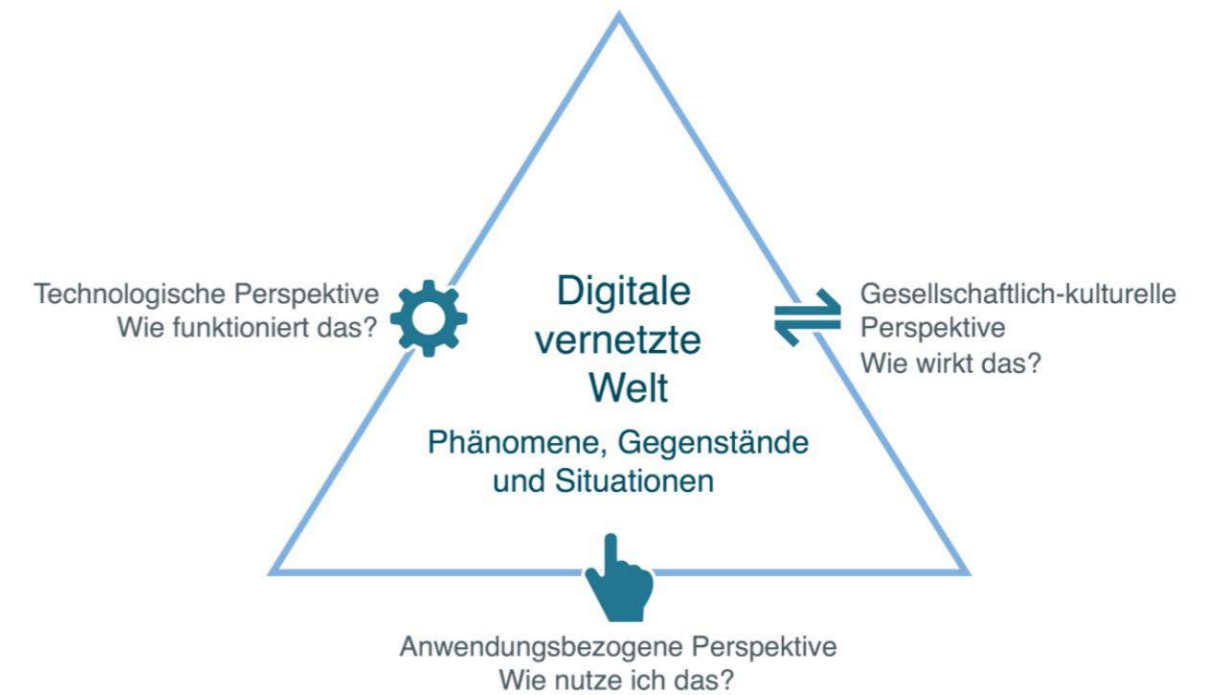


Abbildung 1: Grafik Perspektiven der Digitalen Bildung, Bildquelle: Gesellschaft für Informatik e.V. 2016, S.3.

Die Grafik soll dabei unterstützen, die Erscheinungsformen der Digitalisierung ganzheitlich einzuordnen. „Schüler_innen sollen dazu befähigt werden, selbstbestimmt mit digitalen Systemen umzugehen. Dies erfordert, sie zu verstehen, zu erklären, im Hinblick auf Wechselwirkungen mit dem Individuum und der Gesellschaft zu bewerten sowie ihre Einflussmöglichkeiten zu sehen und nicht nur ihre Nutzungsmöglichkeiten zu kennen“ (Gesellschaft für Informatik e.V., 2016, S. 2).

Kurz zusammengefasst unterscheiden sich die einzelnen Perspektiven wie folgt:

- **Technologische Perspektive:** Dabei steht die Frage „Wie funktioniert das?“ im Vordergrund. Um darauf Antworten zu bekommen, muss eine Analyse der Funktionsweisen von Systemen vollzogen werden, die eine digital vernetzte Welt ausmachen. Hierzu müssen technologische Grundlagen und Hintergrundwissen aufgebaut werden, um sich mit Gestaltungs-, Erweiterungsfragen und Wirkprinzipien von Systemen auseinandersetzen zu können (Gesellschaft für Informatik e.V., 2016, S. 3).
- **Gesellschaftlich-kulturelle Perspektive:** Hier steht die Frage „Wie wirkt das?“ im Fokus. Also wie wirken digitale Medien auf Individuen und die Gesellschaft, wie kann man Informationen beurteilen, eigene Standpunkte entwickeln und Einfluss auf gesellschaftliche und technologische Entwicklungen nehmen? (Gesellschaft für Informatik e.V., 2016, S. 3).

- Anwendungsbezogene Perspektive: Dieser Aspekt beschäftigt sich mit der Frage „Wie nutze ich das?“ und befasst sich mit der zielgerichteten Auswahl von Systemen, also wozu nutze ich am besten was? Um das beurteilen zu können, sind Kenntnisse über die vorhandenen Möglichkeiten und Funktionsumfänge von Systemen und deren sichere Handhabung notwendig (Gesellschaft für Informatik e.V., 2016, S. 3).

Die etwas abstrakt klingenden Perspektiven werden in der Dagstuhl-Erklärung anhand eines praktischen Beispiels, nämlich der Nutzung einer sozialen Netzwerkplattform oder einer App, die alle Perspektiven mit einbezieht, nochmal erläutert. Die Nutzung einer App oder eines „Social-Media-Formats“ setzt einen sachgerechten Umgang damit voraus, in dem zum Beispiel Sicherheits- und Privatsphäre-Einstellungen vorgenommen werden. Allerdings werden erst mit der Kenntnis der technischen Wirkungsweise (z.B. zugrundeliegender Algorithmen) die Auswirkungen klar, was es für die Daten des Nutzers bedeuten kann, sich in einem digitalen Kommunikationsraum zu bewegen, der unter anderem auch noch mit anderen auf den ersten Blick nicht ersichtlichen Systemen verknüpft sein kann. Auf Grundlage dieser technischen Erkenntnis kann souverän gehandelt und beispielsweise eine Überdenkung der Sicherheits- und Privatsphäre-Einstellungen vorgenommen werden (Gesellschaft für Informatik e.V., 2016, S. 4). Dieses skizzierte Beispiel zeigt auf, dass ein Einbezug aller Perspektiven in die digitale Bildung von Schüler*innen notwendig ist, damit sie eine digitale Souveränität ausbilden können.

In der Dagstuhl-Erklärung wird vom Leben in einer digital vernetzten Welt gesprochen und auch der Begriff „Digitalisierung“ im Schulkontext aufgegriffen. Das Wort „Digitalisierung“ wird in vielerlei Kontexten und Definitionen verwendet und bringt eine gewisse Unschärfe mit. Diese wirkt sich auch auf die Einordnung im Schulkontext aus, wie man anhand der beiden nachfolgenden Fragen vom bereits zitierten Schulpädagogen Zierer sehr gut demonstrieren kann: „Ist ein Lernen mit Computer noch digitales Lernen oder erst ein Lernen mit Tablets?“ „Zählt die Arbeit mit Smartphones auch dazu?“ (Zierer, 2018, S. 15). Laut Rummler et al. (2016) würde die Dagstuhl-Erklärung und deren Inhalte von den politischen und wirtschaftlichen Eliten in Deutschland nicht aufgenommen, sondern die Entwicklung ginge eher in die Richtung, „medien- und gesellschaftskritische Positionen an den Rand zu drängen“ (Rummler, Honegger, Moser & Niesyto, 2016, S. 3). Vor diesem Hintergrund sehen die eben genannten Forscher*innen auch die Bestrebungen der Kultusministerkonferenz, Medienbildung auf „Digitalisierung“ und „Lernen mit digitalen Medien“ zu reduzieren, als kritisch an. Sie befürchten, dass

fächerübergreifende, domänenspezifische Grundlagen von Medienbildung und informatischer Bildung zu kurz kommen könnten (Rummler et al., 2016, S. 2)⁵. In den nachfolgenden Unterpunkten soll eine Einordnung der Begrifflichkeiten „digitale Medien“, „Medienkompetenz“ und „Medienbildung“ für die vorliegende Arbeit vorgenommen werden.

2. Definition „digitale Medien“

Zunächst ist zu klären, welche Formate tatsächlich unter den Begriff „digitale Medien“ fallen. Seit den 1980er-Jahren sind sie ein fester Bestandteil medienpädagogischer Arbeit (Rummler et al., 2016, S. 1). Bei der Frage der Definition dieses Medienformats lassen sich verschiedene Ansichten erkennen. Eichenberg und Auersperg (2018) führen in ihrem Ratgeber „Chancen und Risiken digitaler Medien für Kinder und Jugendliche. Ein Ratgeber für Eltern und Pädagogen“ keine direkte Definition von digitalen Medien an, sondern weisen einleitend auf eine Bandbreite von Möglichkeiten hin, die von der Benutzung von Computern, Smartphones und Tablets über konkrete Anwendungen, wie zum Beispiel das Spielen von Computerspielen etc. reicht (Eichenberg & Auersperg, 2018, S. 8–10). Isabell Zorn (2011) fasst, aufbauend auf die Beschreibung von Schelhowe (2007), zusammen, dass bei digitalen Medien nicht einfach nur Informationen digitalisiert werden (wie zum Beispiel bei einem Buchkapitel, das man einscannt und danach als PDF digital zur Verfügung stellt), sondern Informationen durch Rechenprozesse verarbeitet und dadurch verändert werden (Schelhowe, 2007, 45f.; Zorn, 2011, S. 179).

Reinmann und Mandl (2001) definieren digitale Medien wie folgt:

„Digitale Medien zeichnen sich dadurch aus, dass sie Multimedialität, Interaktivität, Kommunikation und Kooperation über die Distanz hinweg ermöglichen. Technisch gesehen, liegt das Besondere an den digitalen Medien

- a. in der Digitalisierung von Information bei der Speicherung, Verarbeitung, Weiter- und Wiedergabe,
- b. in zusätzlichen Nutzungsmöglichkeiten und Funktionserweiterungen analoger Medien über neue Distributionswege und Multimedia-Systeme,

⁵ In dem Dokument „Bildung in der digitalen Welt. Strategie der Kultusministerkonferenz“, auf das sich die Kritik von Rummler et al. vermutlich bezieht, da beide Dokumente aus dem Jahr 2016 stammen, ist der genannte Trend nicht ersichtlich. Die Begriff Digitalisierung (59x genannt in 58 Seiten) ist sicher dominant, er beschreibt aber auch das Gesamtphänomen, mit dem sich Bildungseinrichtungen beschäftigen müssen. Die Begriffe Medienbildung (7x) und Medienkompetenz (5x) werden genannt, Lernen mit digitalen Medien wird lediglich zweimal erwähnt. Auch aus dem Text lässt sich keine Abschwächung der Medienkompetenz oder Medienbildung erkennen.

- c. in der Verbreitung mehrerer Dienste über ein einziges Netz,
- d. in direkten und globalen Zugriffsmöglichkeiten auf Information und
- e. in der interaktiven Komponente digitaler Kommunikationssysteme“

(Reinmann & Mandl, 2001, S. 76; Reinmann, 2010, S. 9).

Karin Oechslein, Direktorin des Staatsinstituts für Schulqualität und Bildungsforschung (ISB) Bayern, fasst in ihrem Grundsatzartikel „Digitale Medien in der Schule – Ist die digitale Bildung in der Schule die Zukunft?“ zusammen: „Der Begriff ‚digitale Medien‘ umfasst eine Vielzahl unterschiedlicher medialer Darbietungsformen von Informationen, deren gemeinsames Merkmal im digitalen Format der Datenverarbeitung besteht“ (Oechslein, 2016, S. 3). Unter E-Learning versteht sie die Unterstützung von Lehr- und Lernprozessen durch digitale Medien (Oechslein, 2016, S. 3). Claudia Bogedan, Präsidentin der Kultusministerkonferenz, nennt in ihrem Grußwort des Strategiepapiers „Bildung in der digitalen Welt“ als Beispiel für digitale Medien Tablets, Smartphones und Whiteboards (Kultusministerkonferenz, 2016, o.S.). Die im Unterpunkt 4.1 zitierte Studie „Monitor Digitale Bildung“ der Bertelsmann Stiftung hat für ihre Befragung der Zielgruppen folgende Definitionen festgelegt:

„Lernen mit digitalen Medien umfasst alle Lernprozesse, in denen stationäre Computer oder mobile Endgeräte zum Einsatz kommen. Damit wird eine große Bandbreite abgedeckt – von der bloßen Unterstützung des Präsenzlernens durch zum Beispiel digitale Videofilme (YouTube) bis hin zum selbst gesteuerten Lernen innerhalb einer Lernumgebung (z. B. Lernmanagementsysteme). Inhaltlich wird das Prinzip „Using ICT (Information and Communication Technology) to learn“ betont, also die Nutzung digitaler Medien als Lernwerkzeug. Im Gegensatz dazu steht „Learning to use ICT“, bei dem die Handhabung digitaler Medien erlernt wird (z. B. Anwendung eines Officeprogramms)“ (Schmid, Goertz, Behrens, 2017, S.13).

Anhand der unterschiedlichen Definitionen von digitalen Medien ist für diese Arbeit festzuhalten, dass es sich bei dem zu erstellenden Lernmedium um ein Lernmaterial handelt, das unter den Begriff „digitale Medien“ fällt. Die Informationen für die Zielgruppe werden nicht nur digital zur Verfügung gestellt, sondern sind in ein technisches, interaktives Lernsetting integriert. Die Eigenschaften der in dieser Arbeit entwickelten digitalen Medien werden im Kapitel V ausführlich beschrieben. Vorweggenommen werden kann, dass die in der Bertelsmann-Stiftung aufgegriffenen Ansätze „Learning to use ICT“ (Schmid et al., 2017, S. 13) im Entwicklungsprozess des digitalen Mediums die Hauptrolle und beim Einsatz des fertigen Mediums mit Schüler*innen im Unterrichtskontext als „Using ICT to learn“ (Schmid et al., 2017, S. 13) eine Nebenrolle gespielt haben. Letzteres kann sicherlich auch als E-Learning oder digitales Lernen bezeichnet werden. Nachfolgend soll kurz darauf eingegangen werden, welche Bezüge die Arbeit zu Medienkompetenz bzw. zur Medienbildung herstellt.

3. Medienkompetenz und Medienbildung

Aufbauend auf die Definitionen von digitalen Medien ist davon auszugehen, dass sie als technologiebasierte Medien besondere technologiebezogene Kompetenzen und Verstehensprozesse voraussetzen (Zorn, 2011, S. 184). Nun stellt sich die Frage, ob diese gerade genannten Voraussetzungen über die Theorien der Begriffe „Medienkompetenz“ und „Medienbildung“ abgebildet werden und inwiefern sie für diese Arbeit unterschieden werden können oder sogar müssen. In der Literatur werden sie sehr unterschiedlich und teilweise auch parallel für die Beschreibung der gleichen Inhalte eingesetzt, (vgl. hierzu auch Spanhel (2011)). So beschreibt Tulodziecki (2016, S. 14), dass sich der Begriff „Medienbildung“ bereits in den 1990er-Jahren anbot, parallel zum Begriff „Medienkompetenz“. Spanhel wiederum betont, dass in den 90er-Jahren „allenthalben von Medienkompetenz die Rede“ gewesen sei (Spanhel, 2011, S. 95). Unter Medienbildung sollten vorhergehende Ansätze zur Medienerziehung, zur informationstechnischen Grundbildung und zur Mediendidaktik in Schule, Jugendarbeit und Erwachsenenbildung zusammengefasst werden (Buschmeyer, 1997, S. 7). Medienbildung setzte sich, so die Meinung einiger Fachwissenschaftler*innen (vgl. hierzu auch (Aufenanger, 2000; Marotzki, 2004; Spanhel, 2011)), erst in der ersten Dekade des 21. Jahrhunderts durch und wurde teilweise auch als Konkurrenz zum Begriff der Medienkompetenz verstanden (Tulodziecki, 2016, S. 14).

Medienkompetenzmodell nach Baacke

Ein sehr bekanntes Modell der Medienkompetenz stammt von Dieter Baacke (1997). Er fasst dazu vier Dimensionen zusammen, die in der nachfolgenden Tabelle 1 dargestellt sind. Bei den Ausführungen Baackes lassen sich auch Parallelen zu den Fragestellungen der Dagstuhl-Erklärung erkennen, vgl. Abbildung 1, Punkt 1 in diesem Kapitel:

Tabelle 1: Modell Medienkompetenz nach Baacke, Quelle: Baacke (1997), S.98f, (eigene Darstellung).

<p style="text-align: center;">Medienkritik:</p> <p>= vorhandenes Wissen und Erfahrungen dreifach reflektieren:</p> <p>Analytisch: Aufbau und Etablierung eines Hintergrundwissens, das Medienentwicklung nicht kritiklos hinnimmt, sondern hinterfragt.</p> <p>Reflexiv: Analytisches und sonstiges Wissen auf den Menschen selbst und sein persönliches Handeln beziehen und anwenden können.</p> <p>Ethisch: Analytisches Denken und reflexiver Rückbezug sozialverantwortet abstimmen und definieren.</p>	<p style="text-align: center;">Medienkunde:</p> <p>= Das Wissen über aktuelle Medien und Mediensysteme</p> <p>Informativ: Aneignung klassische Wissensbestände (zum Beispiel: Sinnvoller Einsatz von Computern).</p> <p>Instrumentell-qualifikatorisch: Bedienung neuer Geräte, beispielsweise Einarbeitung in eine neue App.</p>
<p style="text-align: center;">Mediengestaltung:</p> <p>= Ausbau und Änderung vorhandener Medien</p> <p>Innovativ: Weiterentwicklung und Veränderung eines Mediums innerhalb der angelegten Logik.</p> <p>Kreativ: Neugestaltung von Medien, Betonung ästhetischer Varianten.</p>	<p style="text-align: center;">Mediennutzung:</p> <p>= Nutzung vorhandener Medien</p> <p>Rezeptiv: Programm-Nutzungskompetenz oder auch Rezeptionskompetenz aufbauen.</p> <p>Interaktiv: Selbstständig zu handeln, zum Beispiel Durchführung von Online-Banking.</p>

Zierer (2018) greift dieses Modell von Baacke (1997) ebenfalls auf und erläutert, dass die beschriebenen Dimensionen „Medienkunde“, „Medienkritik“, „Mediengestaltung“ und „Mediennutzung“ gleichermaßen unter dem Überbegriff „Medienbildung“ zusammengefasst werden können. Seine Definition für Medienbildung lautet:

„Medienbildung bezeichnet einen Teilbereich des Bildungs- und Erziehungsauftrags von Schule, der sich im Wesentlichen auf die Bereiche der Medienkunde, der Mediennutzung, der Mediengestaltung und der Medienkritik konzentriert. Da diese Bereiche in einem Wechselwirkungsverhältnis zueinander stehen, sind sie theoretisch zwar unterscheidbar, in der Praxis aber nicht gänzlich voneinander zu trennen“ (Zierer, 2018, S. 33).

Die praktische Umsetzung des Begriffs „Medienkompetenz“ wird von Baacke ebenfalls kritisch gesehen, so fasst er zusammen: „Ein Mangel des Begriffs Medienkompetenz ist seine pädagogische Unspezifität“ (Baacke, 1997, S. 99). Weiter führt er aus, dass Medienkompetenz nicht angebe, wie die Dimensionen Medienkritik, Medienkunde, Mediennutzung und Mediengestaltung praktisch, didaktisch oder methodisch zu organisieren oder zu vermitteln seien. Außerdem merkt er an, dass „Kompetenz“ an sich auch zu eng gedacht sein könnte, da die Körperlichkeit und Emotionalität von Menschen dabei nicht mitgedacht würden. In diesem Zusammenhang stellt er auch die Frage, ob es nicht zum Beispiel auch eine Unterhaltungskompetenz (als ein Teil von Medien-Gestaltung) geben sollte (Baacke, 1997, S. 97). Spanhel (2011) unterscheidet die Begriffe Medienkompetenz und Medienbildung nach den dahinterstehenden Theorien. Kompetenztheorien (Medienkompetenz) würden demnach die allgemeine menschliche Handlungsfähigkeit (Umgang mit oder Aneignung von Medien) umfassen. Bildungstheorien (Medienbildung) würden die grundlegenden Merkmale und Aspekte des menschlichen Bildungsprozesses und die in der Umwelt und Person liegenden Bedingungen definieren (Spanhel, 2011, S. 97). In der vorliegenden Arbeit wird die Entwicklung eines digitalen Mediums für den praktischen Einsatz im Schulunterricht beschrieben, deshalb wird nachfolgend noch auf die begriffliche Einordnung von Medienbildung und Medienkompetenz im Strategiepapier der Kultusministerkonferenz eingegangen. Unter allgemeiner Medienkompetenz werden dort (in Bezug auf Lehrende) folgende Fähigkeiten zusammengefasst:

„... sicher mit technischen Geräten, Programmen, Lern- und Arbeitsplattformen etc. umzugehen, um Vorbereitungstätigkeiten, auch in kollegialer Abstimmung, Vernetzung verschiedener Gruppen, Verwaltungsaufgaben sowie einen reibungslosen Einsatz der digitalen Medien im Unterricht und einen sicheren Umgang mit Daten zu gewährleisten“ (Kultusministerkonferenz, 2016, 20f.).

Im Zusammenhang mit Schüler*innen wird „Medienkompetenz“ nicht genannt, sondern der Ausdruck mit „Kompetenzen in der digitalen Welt“ beschrieben. Damit solle „den zukünftig noch stärker digital vorhandenen Zugängen zu Medien und Diensten“ entsprochen werden (Kultusministerkonferenz, 2016, S. 9). Dafür müsse man die bestehenden Konzepte der Medienbildung im Hinblick auf die Überarbeitung von Bildungs-, Lehr- und Rahmenplänen weiter fassen, um auf die Anforderungen für eine schulische Bildung in der digitalen Welt reagieren zu können (Kultusministerkonferenz, 2016, S. 9).

Fazit:

Die Erstellung, Einführung und Nutzung eines digitalen Mediums, die den Kern der vorliegenden Arbeit bilden, greifen auch die Dimensionen „Mediengestaltung“, „Mediennutzung“, „Medienkunde“ und untergeordnet auch „Medienkritik“ sowie das Schema der Dagstuhl-Erklärung auf. In dieser Arbeit geht es aber nicht darum, ein Medienkompetenzmodell mit einem bestimmten Medium zu verknüpfen und zu prüfen, ob die Dimensionen in der Praxis so umsetzbar sind. Vielmehr geht es darum zu zeigen, wie ein spezielles digitales Genre gestaltet werden muss, damit es in der Praxis eingesetzt werden kann („Learning to use ICT“ (Schmid et al., 2017, S. 13)). Beim Genre der virtuellen Lernwelten und der Serious Games, die im Mittelpunkt dieser Arbeit stehen, spielen auch der Unterhaltungsfaktor und die Emotionalität eine Rolle, die, wie Baacke (1997, S. 97) selbst schon aufgeworfen hat, zum Beispiel in seinem Medienkompetenzmodell noch nicht explizit betrachtet wurden.

Generell ist festzuhalten, dass die Vermittlung von Kompetenzen in der digitalen Welt dazu führen muss, dass Heranwachsende eine digitale Souveränität erreichen müssen, die sie auch dazu befähigt, „mit digitalen Medien unter vollständiger eigener Kontrolle umgehen“ zu können (vbw – Vereinigung der Bayerischen Wirtschaft e.V., 2018, S. 7). Menschen müssen in die Lage versetzt werden, Möglichkeiten von Medien zu erkennen und sie sinnvoll zu nutzen. Gleichzeitig müssen sie lernen, potentielle Gefahren von Medien wahrzunehmen und zu vermeiden (Zierer, 2018, S. 26).

Dies kann nur gelingen, wenn Digitalisierung ganzheitlich und systematisch in das Schulsystem eingebunden und im Unterricht umgesetzt wird, wie die „Dagstuhl-Erklärung: Bildung in der digital vernetzten Welt“ ebenfalls fordert (Gesellschaft für Informatik e.V., 2016; Rummler et al., 2016, S. 5). Für diese Einbindung in den Schulalltag ist auch entscheidend, wie die Lehrkräfte diesen Prozess leben (Schmid et al., 2017, S. 47). Darauf soll im nachfolgenden Unterpunkt eingegangen werden.

4. Lehrkräfte im Zeitalter der Digitalisierung

Orientiert man sich am Strategiepapier der Kultusministerkonferenz, so könnte der Eindruck entstehen, dass sich Lehrkräfte ganz selbstverständlich mit allen Arten von Medien umfassend auskennen sollten: „Alle Lehrkräfte müssen selbst über allgemeine Medienkompetenz verfügen und in ihren fachlichen Zuständigkeiten zugleich ‚Medienexperten‘ werden“ (Kultusministerkonferenz, 2016, S. 19). Wie diese allgemeine Medienkompetenz im Detail aussehen soll, wurde im letzten Punkt schon zitiert, als Schlagwörter seien nochmal „reibungsloser Einsatz digitaler Medien im Unterricht“ und „sicherer Umgang mit Daten“ (Kultusministerkonferenz, 2016, 20f.) genannt. Laut Prensky (2001, S. 2) sind Lehrkräfte in ihrem Schulalltag mit „Digital Natives“ (= Schüler*innen) konfrontiert: „Our students today are all “native speakers” of the digital language of computers, video games and the Internet.“ Dieser Aussage entgegnet Spitzer (2012, S. 221) mit der Feststellung: „Die Vorstellung vom Digital Native, der Computer und Internet gleichsam mit der Muttermilch aufgenommen und verstanden hat, entpuppt sich bei näherem Hinsehen als Mythos. Die für das Lernen notwendige Tiefe geistiger Arbeit wurde durch digitale Oberflächlichkeit ersetzt.“ In der Literatur findet man Einschätzungen, die davor warnen, dass Lehrkräfte „Digital Immigrants“ werden könnten, weil sie mit dem digitalen Erfahrungsschatz der jungen Generation nicht mithalten könnten und dann auch nicht in der Lage seien, für diese Zielgruppe Lernprozesse zu gestalten (Zierer, 2018, S. 17). Allein schon an diesen Aussagen sieht man, in welchem Spannungsfeld sich Lehrkräfte im Zeitalter der Digitalisierung bewegen. In den nachfolgenden Unterpunkten soll gezeigt werden, in welchem Umfang digitale Medien im Schulunterricht zum Einsatz kommen und welche Aspekte bei der Auswahl dieses Medienformats betrachtet werden müssen.

4.1 Studien zum Einsatz digitaler Medien im Schulunterricht

Es gibt zahlreiche Studien zum Einsatz digitaler Medien im Schulunterricht. Exemplarisch sollen Ergebnisse von vier Studien betrachtet werden. Diese waren für die vorliegende Arbeit deshalb interessant, weil sie explizit abfragten, welche Formate digitaler Medien im Unterricht tatsächlich eingesetzt werden (im Zeitraum der Planung dieser Arbeit, bzw. die ICILS-Studie als Startpunkt für die Diskussion der Digitalisierung der Schulen im Jahr 2013) und wie oft. Bei allen Studien war auch das Bundesland Bayern involviert (in dem auch die Erhebungen dieser Arbeit stattgefunden haben) und

alle Studien weisen eine statistisch relevante Stichprobe auf. Die Studien sollen dabei nicht miteinander verglichen werden (das wäre bei den verschiedenen Schwerpunktlegungen auch gar nicht möglich und sinnvoll) und es werden auch nur einzelne Aspekte der Studien herausgegriffen. Folgende Studien (siehe Tabelle 2) wurden herangezogen und sind nachfolgend nach Titel, Herausgeber, Jahr, Stichprobe und Erhebungsmethode tabellarisch gelistet.

Tabelle 2: Übersicht verwendete Studien zu digitalen Medien im Unterricht.

Titel	ICILS 2013	Monitor Digitale Bildung	Schule digital – der Länderindikator 2017	Digitale Bildung an bayerischen Schulen
Hrsg.	Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) für Deutschland	Bertelsmann Stiftung	Deutsche Telekom Stiftung	Verband bayerischer Wirtschaft (vbw)
Jahr	2013	2017	2017	2017
Stichprobe	142 Schulen aller Bundesländer, N=2.225 SuS ⁶ der 8. Jahrgangsstufe ⁷ (Bos et al., 2014, S.12)	N= 542 Lehrkräfte aus Primar und Sekundarstufe I und II und N= 1235 SuS ab der 9. Jahrgangsstufe (Schmid et al., 2017, S.5)	N= 1218 Lehrkräfte der Sekundarstufe I, davon 135 aus Bayern (11,1% der Befragten) (Lorenz, Bos et al., 2017, S.38f.)	N= 410 Lehrkräfte von bayerischen Mittel-, Realschulen und Gymnasien (Sailer, Murböck & Fischer, 2017, S. 1)
Art der Erhebung	Kompetenztest in einer Live-Software-Umgebung (Bos et al., 2014, S. 10)	Fragebogen und Gruppendiskussionen (Schmid et al., 2017, S. 5)	Face to face Computerinterview (Lorenz, Bos et al., 2017, S. 39)	Telefonbefragung (Sailer et al., 2017, S. 1)

⁶ SuS = Schüler*innen.

⁷ An der Studie nahmen neben Deutschland noch folgende Länder teil: Australien, Polen, Argentinien (Buenos Aires), Chile, Russische Föderation, Kanada (Neufundland und Labrador), Dänemark, Republik Korea, Kanada (Ontario), Schweiz, Hongkong, Slowakische Republik, Kroatien, Slowenien, Litauen, Thailand, Niederlande, Tschechische Republik, Norwegen (Jgst. 9), Türkei, Quelle: (Bos et. al. 2014) Anmerkung: Für diese Arbeit sind nur die Angaben zum Abschneiden Deutschlands relevant.

Für die vorliegende Arbeit sind folgende Aspekte interessant:

- Wie häufig und welche digitalen Medien kommen im Schulunterricht zum Einsatz?
- Wie schätzen die Lehrkräfte ihre Kompetenzen ein, digitale Medien selbst zu erstellen oder fertige digitale Medien im Unterricht einzusetzen?
- Sind die Lehrkräfte mit dem Angebot digitaler Medien zufrieden?

Die im Jahr 2013 veröffentlichte „ICILS-Studie“ war mit verantwortlich dafür, dass in Deutschland zahlreiche Initiativen und Aktionen gestartet wurden, das Thema Digitalisierung im Schulbereich aktiver aufzugreifen. Bei der Studie wurden Fähigkeiten abgefragt, die es einem Menschen erlauben, „Computer und neue Technologien zum Recherchieren, Gestalten und Kommunizieren von Informationen zu nutzen und diese zu bewerten, um am Leben im häuslichen Umfeld, in der Schule, am Arbeitsplatz und in der Gesellschaft erfolgreich teilzuhaben“ (Bos et al., 2014, S.10). Ergebnisse der Studie waren unter anderem, dass die Kompetenzstände von Achtklässler*innen in Deutschland im internationalen Mittelfeld eingeordnet sind und dass im internationalen Vergleich die Nutzung digitaler Medien in der Schule unterdurchschnittlich ausgeprägt ist (Bos et al., 2014, S. 16). Die Auszüge der nachfolgenden Studien sollen vor allem dahingehend angesehen werden, inwiefern sich der Einsatz digitaler Medien im Unterricht verändert hat.

Zusammenfassung der Studien im Hinblick auf die Häufigkeit und Art der eingesetzten digitalen Medien im Schulunterricht

Bei der ICILS-Studie wurde die Häufigkeit der Computernutzung im Schulunterricht abgefragt, Deutschland schnitt dabei im internationalen Vergleich unterdurchschnittlich ab. Ein Drittel (34,4%) der Lehrpersonen gab an, mindestens einmal pro Woche den Computer zu benutzen, 9,1% gaben an, ihn täglich zu nutzen (Bos et al., 2014, S. 20). Beim Länderindikator aus dem Jahr 2017 zeigte sich, dass sich die Nutzung von digitalen Medien im Unterricht über die Jahre 2015-2017 kontinuierlich, aber nur geringfügig änderte. Im Jahr 2015 nutzen 47,7% der Lehrpersonen der Sekundarstufe I digitale Medien einmal pro Woche im Unterricht, im Jahr 2016 waren es 49,8% und im Jahr 2017 50,1%. Die Zahl der Lehrkräfte, die digitale Medien überhaupt nicht nutzen, sank im Jahr 2017 auf unter 5%⁸ (Lorenz, Endberg & Eickelmann, 2017, S. 116).

⁸ Die Zahlen beziehen sich auf die Stichprobe N=1218.

Die Studie „Digitale Bildung an bayerischen Schulen – Infrastruktur, Konzepte, Lehrerbildung und Unterricht“ fragte, wie häufig und wie lange Lehrkräfte in ihrem Unterricht insgesamt digitale Medien einsetzen, die Lehrkräfte gaben den Einsatz mit durchschnittlich 42% ihres Unterrichts an (Sailer et al., 2017, S. 32).

Bei der Art der eingesetzten digitalen Medien zeigt sich in allen drei Studien ein ähnliches Bild. So wird in allen drei Studien bestätigt, dass computerbasierte Anwendungen, wie zum Beispiel Übungs-, Trainings-, Simulations- oder Modellierungsprogramme, nur selten oder gar nicht eingesetzt werden (Bos et al., 2014, S. 20; Eickelmann, Lorenz & Endberg, 2017, S. 241; Sailer et al., 2017, S. 7). In die gleiche Kategorie können digitale Lernspiele und Lern-Apps eingeordnet werden, hier gaben 47% der befragten Lehrkräfte des Monitor digitale Bildung an, dass sie diese im Unterricht nutzen (8% häufig, 39% regelmäßig). 53% gaben an, dass sie diese interaktiven Lehrmedien gar nicht einsetzen (Schmid et al., 2017, S. 25). Die am häufigsten eingesetzten digitalen Medien sind Videos, Wikis und Präsentations- und Textverarbeitungssoftware (Eickelmann et al., 2017, S. 241; Schmid et al., 2017, S. 28).

Ein interessanter Aspekt war auch, dass Lehrkräfte digitale Lernmaterialien vor allem dann nutzen, wenn diese kostenlos sind. Open Educational Resources (OER)⁹ haben damit schon in den Schulalltag Einzug gehalten (Schmid et al., 2017, S. 41).

Zusammenfassung Einschätzung der Lehrkräfte zur eigenen Medienkompetenz im Hinblick auf die Erstellung und Einbindung digitaler Medien im Schulunterricht

Bei der Einschätzung der eigenen Medienkompetenz von Lehrkräften gehen die Ergebnisse der Studien auseinander. Bei der ICILS gaben zwei Drittel (67,0%) der Lehrpersonen an, dass sie in der Lage sind, Unterricht, in dem digitale Medien eingesetzt werden, vorbereiten zu können (Bos et al., 2014, S. 180). Beim Monitor digitale Bildung gaben nur 15% der Lehrkräfte an, versierte Nutzer digitaler Medien zu sein und 50% gaben an, Schwierigkeiten bei ihrer eigenen Medienkompetenz zu erkennen (Schmid et al., 2017, S. 6). Beim Länderindikator Schule digital gaben über drei Viertel der Lehrpersonen an, dass sie digitale Medien auswählen können, mit denen sich die Fachinhalte ihres Unterrichts besser vermitteln lassen (Endberg

⁹ Definiton OER: Open Educational Resources (OER) sind jegliche Arten von Lehr-Lern-Materialien, die gemeinfrei oder mit einer freien Lizenz bereitgestellt werden. Das Wesen dieser offenen Materialien liegt darin, dass jedermann sie legal und kostenfrei vervielfältigen, verwenden, verändern und verbreiten kann. OER umfassen Lehrbücher, Lehrpläne, Lehrveranstaltungskonzepte, Skripte, Aufgaben, Tests, Projekte, Audio-, Video- und Animationsformate. Abgerufen am 29.09.2019 von www.open-educational-resources.de – Transferstelle für OER, <https://open-educational-resources.de/unesco-definition-zu-oer-deutsch/>

& Lorenz, 2017, S. 171). Zu einem ähnlichen Ergebnis kam auch die Studie der vbw „Digitale Bildung an bayerischen Schulen“. Die befragten Lehrkräfte gaben

„in Bezug auf ihre eigenen Medienkompetenzen an, dass sie digitale Medien generell (sehr) häufig nutzen (92 Prozent). Ein Großteil der befragten Lehrkräfte nutzt digitale Medien sowohl privat als auch beruflich (sehr) häufig um sich zu informieren (92 Prozent), zu kommunizieren (93 Prozent), zu kooperieren (59 Prozent), für das eigene Lernen (82 Prozent) sowie zum Erstellen und zur Produktion von Medieninhalten (71 Prozent)“ (Sailer et al., 2017, S.27).

Zusammenfassung Einschätzung der Lehrkräfte über Angebot digitaler Medien

Die befragten Lehrkräfte der ICILS-Studie gaben übereinstimmend (96,6%) an, brauchbare Unterrichtsmaterialien im Internet finden zu können (Bos et al., 2014, S.19). In der Studie Monitor Digitale Bildung bemängelte die Hälfte der befragten Lehrkräfte, dass die Suche nach qualitativem Material mit einem hohen Zeitaufwand verbunden sei. Es sahen aber nur ca. 25% ein Problem bei der Qualität der angebotenen digitalen Lernmedien (Schmid et al., 2017, S. 21).

Fazit der Studien:

Zusammengefasst zeigen alle Studien ein ähnliches Bild. Digitale Medien werden im Unterricht eingesetzt, im Vordergrund stehen hierbei aber die gängigen Anwendungen wie Videos, Präsentations- und Textverarbeitungsprogramme. Interaktive, digitale Lernmedien werden nach wie vor eher verhalten oder gar nicht im Unterricht eingesetzt. Die ICILS-Studie forderte bereits im Jahr 2013: „Die Förderung des Erwerbs computer- und informationsbezogener Kompetenzen durch den Einsatz neuer Technologien in schulischen Lehr- und Lernprozessen in den Fächern“ (Bos et al., 2014, S.21). Es ist auch eher erschreckend, dass 80% der Lehrkräfte beim Monitor digitale Bildung digitale Lernmedien lediglich mit der Erleichterung ihrer Verwaltungsaufgaben in Zusammenhang bringen, zumal die Lehrkräfte selbst entscheiden können, ob und welche digitalen Medien sie in ihren Unterricht einbauen. Die befragten Schüler*innen (82%) derselben Studie empfahlen ihren Lehrkräften „häufiger etwas Neues mit digitalen Medien auszuprobieren“ (Schmid et al., 2017, S. 27). Um diesem Anspruch der Schüler*innenschaft gerecht werden zu können, sind sich alle Studien einig darüber, dass die Lehrkräfte intensiv fortgebildet werden müssen. Im Vordergrund sollte der Aufbau medienbezogener (Lehr-) Kompetenzen stehen, der Lehrkräfte befähigt, digitale Medien selbst zu erstellen, in den Unterricht einzubinden und mit Schüler*innen zu reflektieren (Bos et al., 2014, S. 19; Lorenz, Endberg et al.,

2017, S. 119; Sailer et al., 2017, S. 41; Schmid et al., 2017, S. 47). Nachfolgend sollen zwei Arbeitsmodelle vorgestellt werden, die Lehrkräfte dabei unterstützen können, eine Auswahl geeigneter digitaler Medien für den Unterricht zu treffen.

4.2 Arbeitsmodelle zum Einsatz digitaler Medien im Schulunterricht

Der Einsatz digitaler Medien im Schulunterricht wird nach wie vor kontrovers diskutiert. Positiv gesehen wird, dass beim Einsatz digitaler Medien Wissen zeit- und ortsunabhängig angeboten werden kann. Es besteht außerdem die Möglichkeit, Lerninhalte vielfältig zu repräsentieren und Schüler*innen können mit diesem Format sowohl selbsttätig als auch in Interaktion mit anderen lernen (Holmes, Anastopoulou, Schaumburg & Mavrikis, 2018, S. 12; Reinmann & Mandl, 2001, S. 76). Digitale Medien bieten außerdem die Chance, authentische und realistische Probleme aus der Lebensumwelt der Schüler*innen aufzugreifen, damit nicht mit fiktiven Beispielsituationen gearbeitet werden muss. Außerdem wird beim Lernen mit neuen Medien das selbsttätige Lernen, also das Finden, Bewerten und Verwerten von Informationen geschult (Wiater, 2013, S. 20) Schaut man sich die bereits zitierte Bertelsmann Studie „Monitor Digitale Bildung“ an, so zeigt sich, dass die befragten Lehrkräfte daran zweifeln, ob digitale Medien zu einem besseren Lernerfolg der Schüler*innen führen können. Nur etwa ein Drittel der Lehrkräfte (29%) ist der Ansicht, dass sich die Lernqualität mithilfe digitaler Medien verbessern ließe (Schmid et al., 2017, S. 15). Trotzdem soll in dieser Arbeit nicht weiter auf die grundsätzliche Legitimierung des Einsatzes von digitalen Medien im Schulunterricht eingegangen werden. Die Lebenswelt von Kindern, Jugendlichen und Erwachsenen ist heutzutage geprägt von der Digitalisierung und damit auch von digitalen Medien. Deshalb müssen sich Schulen und auch Erziehende den Herausforderungen stellen, welche die neue Medienwelt mit sich bringt (Matthes & Schütze, 2013, S. 8; Zierer, 2018, S. 26). Hillermayr et al. (2017) kommen in ihrer Metastudie „Digitale Medien im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht der Sekundarstufe. Einsatzmöglichkeiten, Umsetzung und Wirksamkeit“, bei der sie seit dem Jahr 2000 veröffentlichte Einzelstudien zum Einsatz digitaler Medien im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht zusammengefasst haben, zu der Erkenntnis, dass zahlreiche Studien aus dem Bereich der Bildungsforschung, der Psychologie und den Fachdidaktiken bereits gezeigt haben, dass sich der Einsatz digitaler Medien positiv auf Schulleistungen und Lernprozesse der Schüler*innen auswirken kann (Hillmayr, Reinhold, Zierwald & Reiss, 2017, S. 9). In den nachfolgenden Punkten sollen nun zwei Modelle gezeigt werden, die Lehrkräfte bei der Auswahl digitaler Medien für den Schulunterricht unterstützen können.

4.2.1 Das SAMR-Modell

Vor 12 Jahren wurde von Ruben R. Puentedura das sogenannte „SAMR-Modell“, siehe auch nachfolgende Abbildung 2, entwickelt, welches aufzeigt, wie die Bearbeitung und Gestaltung von Aufgaben im Schulkontext durch technische Hilfsmittel optimiert werden können (Puentedura, 2012). Das Modell beschreibt verschiedene Stufen, wie technische Unterstützung die Didaktik verändern kann, und es wird auch in der aktuellen Literatur zur Digitalisierung im Schulkontext aufgegriffen, (vgl. hierzu (Wössner, 2019, o.S.; Zierer, 2018, 73f.)

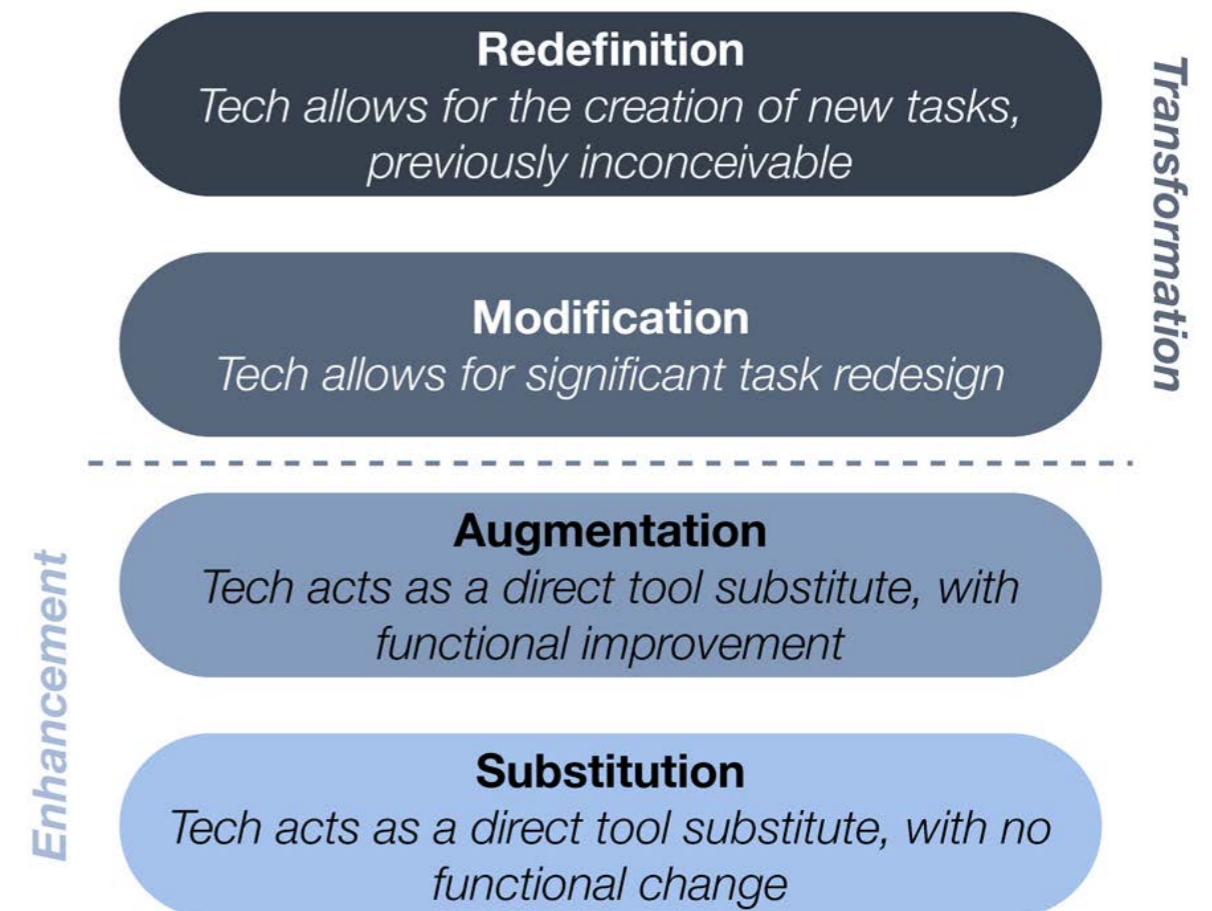


Abbildung 2: SAMR-Modell von Puentedura, Bildquelle: Puentedura, 2012, o.S.

Das SAMR-Modell ist als Orientierungshilfe und als allgemeindidaktisches Arbeitsmodell zu verstehen, welches die Möglichkeiten und Grenzen eines Lernens 4.0 sichtbar macht (Zierer, 2018, S. 91). Der Oberbegriff „Substitution“ oder auch „Ersetzung“ fasst die Materialien zusammen, die analog genauso funktionieren würden und digital keinen großen Mehrwert haben, zum Beispiel digitalisierte Texte (Wilke, 2016, o.S.; Wössner, 2019, o.S.; Zierer, 2018, S. 76). „Augmentation“ oder auch „Erweiterung“ beschreibt Aufgaben und Medien, die digital einen Mehrwert haben, wie beispielsweise Programme zur Rechtschreibprüfung, die in ein Textprogramm eingebunden sind (statt dem Wörterbuch, das man beim Verfassen des Textes durchblättern würde) oder auch digitale Schulbücher, die nicht nur das gedruckte Buch ersetzen, sondern beispielsweise auch multimediale Elemente, wie Erklärvideos hinterlegt haben (Wilke, 2016, o.S.; Wössner, 2019, o.S.; Zierer, 2018, S. 77). Mit dem Begriff „Modification“ oder auch „Änderung“ sind Aufgaben gemeint, die unter Einbeziehung von technischen Möglichkeiten neugestaltet werden. Bei diesen Aufgabentypen soll durch die technische Umsetzung das kollaborative Lernen, also der gemeinsame Wissensaufbau, gestärkt werden. Hierbei sollen durch die zur Verfügung stehenden Technologien ganz neue Aufgabenformate entwickelt werden (Wilke, 2016, o.S.; Zierer, 2018, S. 79). Zum Beispiel bestände die Möglichkeit, statt eines herkömmlichen Papierposters ein digitales Poster zu erstellen, an welchem die Schüler*innen auch von zu Hause aus digital, jede(r) für sich, aber trotzdem am selben Produkt weiterarbeiten können. Das Poster könnte auch multimediale Inhalte, wie Videos, zum Anklicken, enthalten (Wössner, 2019, o.S.). Die letzte Stufe „Redefinition“ oder auch „Neubelegung“ beschreibt die Aufgaben und Medien, die ohne technische Unterstützung/Umsetzung nicht möglich/nicht umsetzbar wären (Wilke, 2016, o.S.; Zierer, 2018, S. 79). Dabei sind keine weiterklickbaren Formate gemeint, sondern zum Beispiel interaktive Kombinationen aus Bildern und Videos, wie sie in virtuellen Welten realisiert sein können. Zu dieser Kategorie gehören Aufgaben, die ohne die neue Technik niemals möglich sein könnten, wie zum Beispiel virtuelle Exkursionen etc. (Wössner, 2019, o.S.).

Puentedura (2012) wollte mit seinem Modell Lehrkräften die Scheu nehmen, technische Hilfsmittel zur Unterrichtsgestaltung einzusetzen. Dafür zeigte er verschiedene Herangehensweisen auf, wie herkömmliche Unterrichtsformate schrittweise durch technische Unterstützung optimiert werden können. Das SAMR-Modell ist in der nachfolgenden Grafik, Abbildung 3, (Medienzentrum des Kreises Coesfeld, 2019) anschaulich visualisiert:

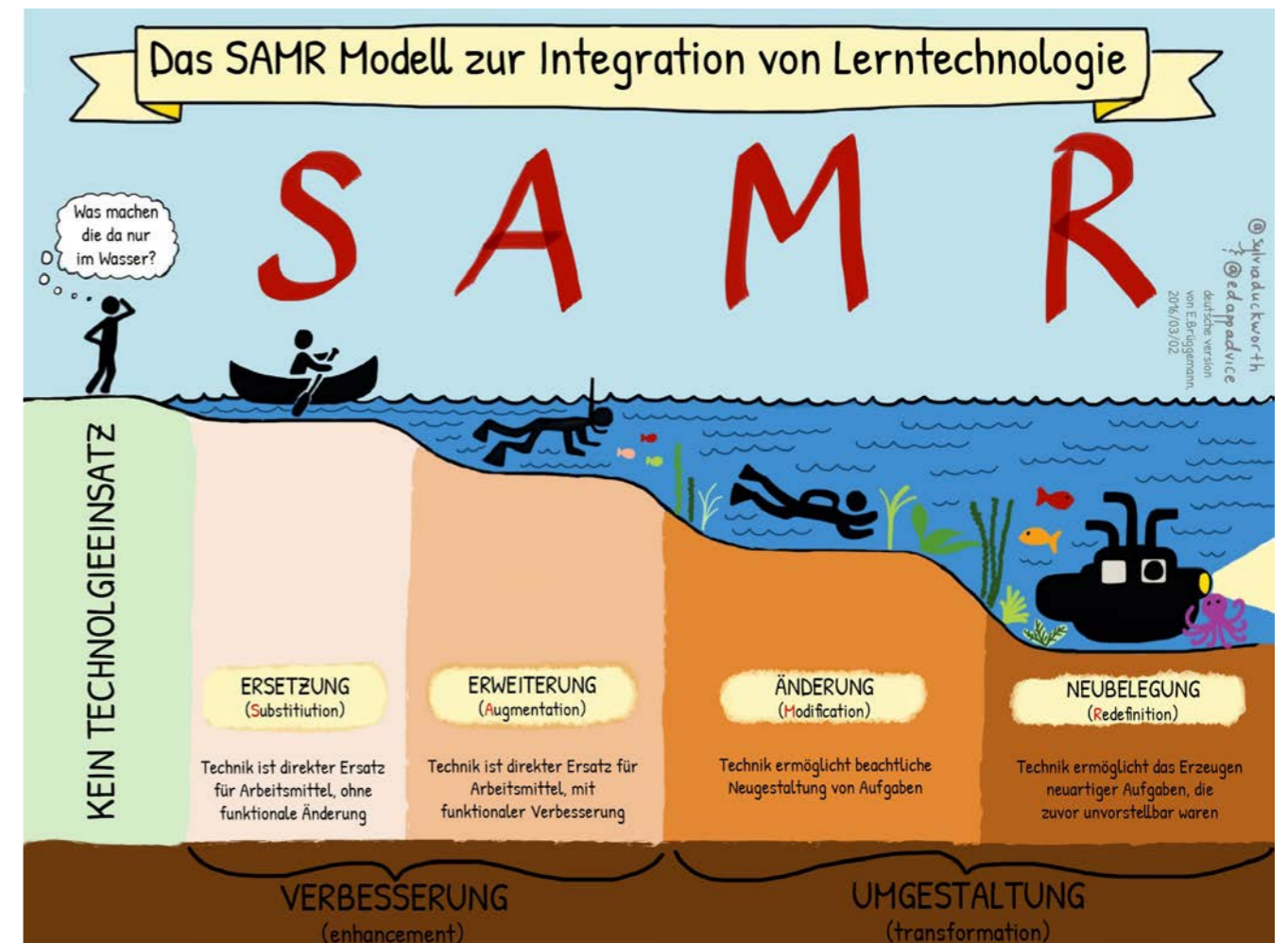


Abbildung 3: Veranschaulichung SAMR-Modell, Bildquelle: Medienzentrum des Kreises Coesfeld, 2019.

In der heutigen Zeit befinden wir uns zum größten Teil immer noch in den Bereichen Substitution und Augmentation (Wössner, 2019, o.S.). Zu bedenken ist, dass jede Stufe auch dahingehend zu betrachten ist, ob das Unterrichtsmaterial oder die Unterrichtsmethode durch einen digitalen Anteil tatsächlich wertvoller werden. Zierer (2018) nennt hierzu ein passendes Beispiel für die Änderung und Neubelegung. Die auf diesen Ebenen anvisierte soziale Vernetzung bietet nur dann einen Mehrwert, wenn sie nicht als Ersatz für traditionelle Kommunikations- und Kooperationsformen (also persönliche Gespräche) verwendet wird. Wenn sich also beispielsweise Schüler*innen über eine Online-Plattform austauschen, obwohl sie im gleichen Raum sitzen und persönliche Gespräche und Abstimmungen möglich wären, könnte man eher wieder von einer Ersetzung statt einer Neubelegung (die vielleicht beabsichtigt war) sprechen. Diese Änderung der Kommunikationsform wäre in diesem Fall vielleicht auch nicht unbedingt positiv für die soziale Entwicklung der Heranwachsenden (Zierer, 2018, S. 81).

4.2.2 Das ICAP-Modell

Bei Einsatz von digitalen Medien wird oft die Interaktivität betont. Chi & Wylie (2014) entwickelten die ICAP-Hypothese (**I**nteractive, **C**onstructive, **A**ctive, **P**assive). Diese Hypothese ordnet Lernaktivitäten auf einer 4-stufigen Skala ein, die von passiv (am wenigsten effektiv) über aktiv und konstruktiv bis zu interaktiv (am effektivsten) reichen (TUM School of Education, 2018, o.S.). Die Lernaktivitäten hängen dabei immer mit dem Engagement der Schüler*innen zusammen. So können sie beim Ansehen eines Videos oder Lesen eines Textes aktiv, passiv, konstruktiv oder interaktiv sein.

Ein Beispiel für eine **passive** Lernaktivität wäre einem Frontalvortrag zuzuhören, ohne sich Notizen zu machen. Die Lernenden erhalten also Informationen von einem Unterrichtsmaterial, ohne eine Lernaktivität zu entwickeln. Bei der Art des Lernens wird neues Wissen nicht in das bisherige Wissen integriert. Dieses Wissen kann dann in der Regel nur abgerufen werden, wenn ein bestimmter Hinweis gegeben wird (Chi & Wylie, 2014, S. 221).

Bei der **aktiven** Lernaktivität würden Schüler*innen beispielsweise Unterstreichungen in einem Text vornehmen, oder ein Video, das sie ansehen, stoppen und wieder zurückspulen. Zu den markierten Sätzen kann ein Wissensschatz aufgebaut werden, der vorhandene Wissenslücken füllt (Chi & Wylie, 2014, 221f.).

Bei der **konstruktiven** Lerntätigkeit erzeugen die Lernenden einen zusätzlichen Output über das vorhandene Lernmaterial hinaus. Zum Beispiel zeichnen Schüler*innen eine Mindmap, verfassen Notizen in eigenen Worten oder interpretieren Sätze. Dabei verknüpfen, vergleichen, unterscheiden die Lernenden verschiedene Informationen aus verschiedenen Quellen und bestätigen ihr vorhandenes Wissen oder korrigieren dieses (Chi & Wylie, 2014, 222f.).

Die **interaktive** Lerntätigkeit zeichnet sich dadurch aus, dass Wissen geschaffen wird. Schüler*innen tauschen sich mit Klassenkamerad*innen aus und beantworten sich Fragen, erklären sich Sachverhalte oder entwickeln gemeinsam neue Ideen (Chi & Wylie, 2014, S. 223).

Das ICAP-Modell ist für die vorliegende Arbeit insofern interessant, indem es nochmal belegt, wie wichtig die Auswahl eines geeigneten Lernmediums ist. Denn ob mit dem eingesetzten Material gelernt werden kann, hängt davon ab, ob die Lernausgangslage von Schüler*innen soweit berücksichtigt wurde, dass sie damit neue Erkenntnisse erlangen können (Zierer, 2018, S. 91). Zugleich

muss darauf geachtet werden, dass die Lernmaterialien nicht überfrachtet werden, dieses Problem kann bei interaktiven, digitalen Medien durchaus auftreten. Wenn sich beispielsweise in einem digitalen Lernprogramm zu viele Dinge auf einmal bewegen, flimmern, im Hintergrund Musik läuft etc., kann es zu einem „cognitive overload“ (Kalyuga, 2011, S. 108) also zu einer Überlastung des Arbeitsgedächtnisses kommen. Dann treten unter Umständen auch die eigentlichen Lerninhalte in den Hintergrund, die Nutzer*innen werden von den visuellen Reizen überfordert. Aus diesem Grund ist es wichtig, diese Aspekte bei der Wahl des Lernmediums zu berücksichtigen und mit Schüler*innen Strategien zur kognitiven Selbstkontrolle zu trainieren, also zu lernen, wie man unwichtige Reize herausfiltert und sie nicht beachtet (Spitzer, 2012, o.S.). Diese reflektierte Herangehensweise ist vor allem bei sehr innovativen Lernsettings, wie sie Schelhowe (2016, S. 55) anregt, zu bedenken. Sie plädiert für „Physical Computing“ und die Einbeziehung des gesamten Körpers in die Lerninteraktion. Die Informatik habe Mittel geschaffen, die an Bildungsprozesse anknüpfen und Körper und Geist, Abstraktion und Sinnlichkeit, Denken und Handeln, Immersion¹⁰ und Reflexion zum Lernprozess verbinden können.

Fazit:

„Für den schulischen Bereich gilt, dass das Lehren und Lernen in der digitalen Welt dem Primat des Pädagogischen – also dem Bildungs- und Erziehungsauftrag – folgen muss. Das heißt, dass die Berücksichtigung des digitalen Wandels dem Ziel dient, die aktuellen bildungspolitischen Leitlinien zu ergänzen und durch Veränderungen bei der inhaltlichen und formalen Gestaltung von Lernprozessen die Stärkung der Selbstständigkeit zu fördern und individuelle Potenziale innerhalb einer inklusiven Bildung auch durch Nutzung digitaler Lernumgebungen besser zur Entfaltung bringen zu können“ (Kultusministerkonferenz, 2016, S. 4).

Die Anforderungen, welche die Kultusministerkonferenz an ein Lehren und Lernen in der digitalen Welt formuliert hat, verdeutlichen nochmal die bei diesem Prozess auftretenden Herausforderungen. Lehrkräfte sehen sich in einer sich technisch rasant entwickelnden Welt mit zahlreichen Aufgaben konfrontiert. Auf der einen Seite sollen sie digitale Medien im Unterricht einsetzen, weil diese zur Lebenswelt ihrer

¹⁰ Definition Immersion: Immersion beschreibt den Eindruck, dass sich die eigene Wahrnehmung in der echten Welt vermindert und die Identifikation in der virtuellen Welt steigert. Der aus dem lateinischen abgeleitete Terminus umschreibt das geistige „Eintauchen“ oder Verschmelzen. In VR ist festzustellen, dass je realistischer sich die Bewegungsübertragung, Reaktion (Latenz) und die Sicht mittels der VR-Headsets dargestellt und vom Nutzer verspürt wird, desto höher ist die Immersion, das Gefühl in eine Materie eingetaucht zu sein. Abgerufen am 15.07.2019 von <https://www.vrnerds.de/vr-brillen-vergleich/> oder auch <https://www.duden.de/rechtschreibung/Immersion>, Punkt 4 Immersion = Eintauchen in eine virtuelle Umgebung.

Schüler*innen gehören, diese vielleicht auch zu einem besseren Lernergebnis führen können, weil die Heranwachsenden unter Umständen motivierter sind oder damit tatsächlich, weil sie zum konstruktiven oder interaktiven Engagement anregen, besser und nachhaltiger lernen. Auf der anderen Seite fehlt ein Überblick, welche digitale Medien tatsächlich einen pädagogischen Mehrwert haben, da diese größtenteils frei und kostenlos im Internet zugänglich sind¹¹, ohne einer vorherigen Prüfung unterzogen worden zu sein. Die digitalen Lernmedien an sich können auch nicht per se Lernaktivitäten bei den Schüler*innen entfalten, denn dazu gehört ein durchdachtes Lernsetting, das bei den Lernenden ein konstruktives oder interaktives Lernverhalten auslösen kann. An dieser Stelle soll noch ein einfaches, analoges Beispiel genannt werden, das die Schwierigkeit, das Lernverhalten von Schüler*innen zu beeinflussen, verdeutlicht. Beispielsweise kann man sie bitten, einen Text zusammenzufassen (das wäre dann konstruktiv), wenn die Schüler*innen dann aber nur Sätze aus dem Text kopieren, wäre die Vorgehensweise wieder aktiv (Chi & Wylie, 2014, S. 221). Im Vordergrund sollte also bei der Medienwahl immer die Frage stehen, welches Ziel mit dem neuen Medium erreicht werden soll. Dabei kann die Unterscheidung nach Meder (2009) eine Hilfestellung sein. Er unterscheidet Medien nach verschiedenen Kriterien (vgl. hierzu (Meder, 2009, S. 743–749)), die von Wiater (2013) wie nachfolgend zusammengefasst wurden:

- „Welche Sinne sollen durch sie angesprochen werden? (Hören, Sehen, Fühlen, Riechen)
- Welche Funktionen sollen sie haben? (Präsentation, Kommunikation, Interaktivität)
- Welche Möglichkeiten der Darstellung und Präsentation bieten sie? (z.B. PowerPoint)
- Welche Formen von Kommunikation ermöglichen sie? (z.B. Handy)
- Welche Interaktion wird durch sie in Gang gesetzt? (z.B. Simulation, virtuelle Welten, YouTube, Facebook, Medien der Kunst)
- Welche Unterstützung bieten sie für das Lernen? (didaktische Medien: Tafel, Overhead usw.)
- Welche Unterstützung leisten sie für die Bildung als Veränderung des Welt- und Selbstverständnisses? (Virtuelle Welten, Spielewelten, Communities)
- Welche technologischen Gesichtspunkte sind wichtig? (z.B. Printmedien, digitale Medien, Radio, Fernseher, Speichermedien usw.)
- Welchen Adressatenkreis sollen sie erreichen? (Individuum, Masse)“

(Wiater, 2013, S.19)

Zu guter Letzt sollten die Lehrkräfte eine umfassende Medienkompetenz haben, die es ihnen

¹¹ In Bayern gibt es die Plattform „mebis“, die ein umfangreiches Informationsangebot zum Themenkomplex Medienbildung in der Schule, eine Online-Mediathek für hochwertige urheber- und lizenzrechtlich einwandfreie digitale Bildungsmedien sowie eine zentrale Lernplattform (Learning Management System) für digitales Lernen bietet. Abgerufen am 18.07.2019 von <https://www.mebis.bayern.de/>

ermöglicht, technische Innovationen didaktisch sinnvoll aufbereitet in den Unterricht zu integrieren. Hierzu fehlen aber größtenteils die grundständige Ausbildung im Studium genauso wie Fortbildungen im Schulalltag (Bos et al., 2014, S. 19; Lorenz, Endberg et al., 2017, S. 119; Sailer et al., 2017, S. 41; Schmid et al., 2017, S. 47).

Die vorliegende Arbeit soll daher einen Beitrag dazu leisten, zwei digitale Lernmedien, nämlich virtuelle Welten und Serious Games zu betrachten und deren Chancen und Grenzen beim Einsatz im Unterricht zu erörtern.

5. Zusammenfassung: Chancen und Grenzen von digitalen Medien im Schulkontext

Im Kapitel II wurden Chancen und Grenzen von digitalen Medien im Schulkontext aufgezeigt. Seit der ICILS im Jahr 2013 wurden in Deutschland und im Bundesland Bayern (relevant für den praktischen Teil dieser Arbeit) zahlreiche Initiativen gestartet, um den Herausforderungen der Digitalisierung zu begegnen. Beispielhaft sollen hier nur

- der „Digitalpakt Schule“¹², Bereitstellung von fünf Milliarden Euro für die Schulen in Deutschland, von denen ein schnelles Internet für jede Schule organisiert und Endgeräte, wie z.B. interaktive Tafeln, beschafft werden sollen;
- die „Strategie BAYERN DIGITAL“¹³, bis 2020 stellt der Freistaat Bayern zusätzlich zum Digitalpakt 212,5 Millionen Euro für die digitale Ausstattung von Schulen bereit;
- die „Qualitätsoffensive Lehrerbildung“¹⁴, das BMBF fördert 43 Projekte, die sich mit den Schwerpunkten „Digitalisierung in der Lehrerbildung“ und / oder „Lehrerbildung für die beruflichen Schulen“ beschäftigen,

genannt werden. Mit diesen Initiativen wird Problemen wie der fehlenden Ausstattung und der unzureichenden Internetanbindung von Schulen begegnet. Den Herausforderungen, mit denen sich Lehrkräfte beim Lehren im digitalen Zeitalter täglich konfrontiert sehen, können damit aber nicht

¹² Abgerufen am 18.07.2019 von <https://www.bmbf.de/de/wissenswertes-zum-digitalpakt-schule-6496.php>

¹³ Abgerufen am 18.07.2019 von <https://www.stmwi.bayern.de/digitalisierung/bayern-digital/>

¹⁴ Abgerufen am 18.07.2019 von <https://www.qualitaetsoffensive-lehrerbildung.de/>

ausreichend Sorge getragen werden. Hierzu wären strukturelle Änderungen erforderlich, wie sie auch von den Verfasser*innen der Dagstuhl-Erklärung gefordert werden:

- „Es muss ein eigenständiger Lernbereich eingerichtet werden, in dem die Aneignung der grundlegenden Konzepte und Kompetenzen für die Orientierung in der digitalen vernetzten Welt ermöglicht wird“ (Gesellschaft für Informatik e.V., 2016, S. 3).
- „Digitale Bildung im eigenständigen Lernbereich sowie innerhalb der anderen Fächer muss kontinuierlich über alle Schulstufen für alle Schüler_innen im Sinne eines Spiralcurriculums erfolgen“ (Gesellschaft für Informatik e.V., 2016, S. 3).
- „Eine entsprechend fundierte Lehrerbildung in den Bezugswissenschaften Informatik und Medienbildung ist hierfür unerlässlich. Dies bedeutet:
 - a. Ein eigenständiges Studienangebot im Lehramtsstudium, das Inhalte aus der Informatik und aus der Medienbildung gleichermaßen umfasst, muss eingerichtet werden.
 - b. Die Fachdidaktiken aller Fächer und die Bildungswissenschaften müssen sich der Herausforderung stellen und Forschung und Konzepte für Digitale Bildung weiterentwickeln.
 - c. Umfassende Fort- und Weiterbildungsangebote für Lehrkräfte aus technologischer, gesellschaftlich-kultureller und anwendungsbezogener Perspektive müssen kurzfristig eingerichtet werden“ (Gesellschaft für Informatik e.V., 2016, S. 3).

Diese Forderungen sind sehr umfangreich und müssen unter den verschiedensten Kriterien betrachtet werden, eine schnelle Umsetzung ist daher weder empfehlenswert noch realisierbar. Aus diesem Grund wurde die letzte Forderung wie folgt formuliert:

- „Bis diese Forderungen umgesetzt sind, bedarf es kurzfristiger Maßnahmen, die direkt die Schüler_innen und Lehrer_innen adressieren, z.B. unter Einbezug außerschulischer Lernorte und externer Expert_innen und Bildungspartner“ (Gesellschaft für Informatik e.V., 2016, S. 3).

Die vorliegende Arbeit stellt eine solche kurzfristige Maßnahme dar. Im praktischen Teil wird gezeigt, welche Faktoren bei der Entwicklung eines digitalen Lernmediums eine Rolle spielen. Die beiden entwickelten Lernmedien sind an Schüler*innen und Lehrkräfte adressiert, beim zweiten Medium wurden sie auch in den Entwicklungsprozess integriert. Bevor die Planung und Umsetzung der Medien in Kapitel V beschrieben wird, folgt noch eine Einführung zum Thema „Spielerisches Lernen mit digitalen Medien“.

III. Spielerisches Lernen mit digitalen Medien

Ein Spielverhalten tritt bei Menschen aller Kulturen auf und ist, je nachdem was man unter einem Spiel definiert, so alt wie das menschliche Leben. Der Völkerkundler Johann Huizinga beschäftigte sich mit seinem 1938 erstmals veröffentlichten Werk „Homo Ludens. Vom Ursprung der Kultur im Spiel“ intensiv mit dem Phänomen des Spiels: „Seit langer Zeit hat sich bei mir die Überzeugung in wachsendem Maße befestigt, daß menschliche Kultur im Spiel – als Spiel – aufkommt und sich entfaltet“ (Huizinga, 2013, S. 7). Er behandelt das Spiel als Kultureigenschaft und nicht unbedingt als biologische Funktion, in der sich das Spielen entwickelt hat, weil der Mensch überschüssige Kraft loswerden wollte oder weil die Nahrungssuche mit dem Jagen eines Tieres einen spielerischen Charakter hat (vergleichbar mit dem „Fangenspielen“ – ein beliebtes Spiel bei Kindern). Er beschränkt diese Anschauung auch nicht nur auf die Menschen: „Die Realität Spiel erstreckt sich, für jedermann wahrnehmbar, über Tierwelt und Menschenwelt zugleich“ (Huizinga, 2013, S.11). „Ein jedes denkende Wesen kann sich die Realität Spiel, Spielen, sogleich als ein selbstständiges, eigenes Etwas vor Augen führen, sogar wenn seine Sprache kein allgemeines Begriffswort dafür besitzen sollte“ (Huizinga, 2013, S. 11). Die Auseinandersetzung Huizingas mit der Definition vom Spiel war vermutlich mit Wegbereiter für die „ernsthafte“ Auseinandersetzung mit Spielen im Bildungskontext.

1. Einordnung des Begriffs „Spiel“ und Bedeutung für die Bildung

Die Frage, was ein „Spiel“ ist, erscheint eigentlich einfach zu beantworten, aber dann auch wieder nicht, weil sich die Vielfalt von Erscheinungen des Spiels nur schwer unter einer Definition zusammenfassen lässt. „Alles Spiel ist zunächst und vor allem ein freies Handeln. Befohlenen Spiel ist kein Spiel mehr“ (Huizinga, 2013, S. 16) „Spiel ist nicht das gewöhnliche oder das eigentliche Leben. Es ist vielmehr das Heraustreten aus ihm in eine zeitweilige Sphäre von Aktivität mit einer eigenen Tendenz“ (Huizinga, 2013, S. 16). Der Begriff des Spielens wird in zwei Formen unterschieden: Freies, unstrukturiertes und nicht an Regeln gebundenes Spielen (play oder paidia) oder regelgebunden, strukturiert und organisiert (game oder ludens) (Wiemeyer, 2016, S.14), (vgl. hierzu auch (Mead, 1973)). In der englischen Sprache wird ebenfalls zwischen den Begriffen „play“ und „game“ unterschieden. Unter

der Kategorie „game“ werden dabei Regelspiele verstanden. Mittlerweile wird der Begriff „Game“ aber auch häufig für Spiele generell verwendet, auch im deutschen Sprachgebrauch¹⁵ (Oerter, 2007, S. 8).

Als Definition für das Genre „Spiel“ soll in dieser Arbeit beispielhaft die Beschreibung von Salen und Zimmermann genannt werden: „A game is a system in which players engage in an artificial conflict, defined by rules, that result in a quantifiable outcome“ (Salen & Zimmermann, 2004, S. 80).

Wenn man Menschen beim Spielen beobachtet, zeigen sich eine Reihe von Merkmalen, Wiemeyer (2016) hat dazu die Ausführungen von Huizinga (2013), O’Connor (2016a), O’Connor (2016b) zusammengefasst und ergänzt:

- „Zweckfreiheit: Spielen ist eine Tätigkeit, welche um ihrer selbst willen und ohne äußere Zwänge ausgeführt wird (intrinsische Motivation)“ (Wiemeyer, 2016, S.13).
- „Wechselnder Realitätsbezug: Spielen ist nicht Realität, sondern geprägt durch Scheinhaftigkeit; man „tut so als ob“ (Wiemeyer, 2016, S.13).
- „Räumliche und zeitliche Abgeschlossenheit und Begrenztheit: Spielen hat einen Anfang und ein Ende. Spielen findet in bestimmten Räumen statt, z.B. auf dem Spielplatz, im Kinderzimmer oder am Wohnzimmertisch“ (Wiemeyer, 2016, S.14).
- „Gegenwärtigkeit und Unmittelbarkeit: Spielende erleben ihre Handlungen mit-samt ihren Resultaten direkt; bei geeigneten Bedingungen kann sich ein Flow-Erlebnis einstellen, d.h. Spielende werden vollständig vom Spiel gefesselt, verlieren das Gefühl für die Zeit und erleben sich selbst als (kompetente) Urheber ihrer Handlungen“ (Wiemeyer, 2016, S.14)
- „Offenheit: Spielen ist geprägt durch eine gewisse Offenheit bzgl. Verlauf und Ausgang; im Spiel ist nie ganz klar, wie es weitergehen wird, was passieren wird und wie das Spiel angesehen wird. Dies erzeugt Fantasie, Neugier und Spannung“ (Wiemeyer, 2016, S. 14)
- „Regelgebundenheit: Trotz seiner Offenheit hinsichtlich Verlauf und Ausgang basiert Spielen auf (impliziten oder expliziten) Regeln. So wird z.B. geregelt, welche Aktivitäten erlaubt sind und welche nicht“ (Wiemeyer, 2016, S. 14).
- „Wiederholungen und Ritual: Spielen bedeutet in der Regel ritualartige Wiederholung; man spielt nicht nur einmal, sondern häufig wiederholt. Die Abläufe sind häufig mehr oder weniger klar vorgeben“ (Wiemeyer, 2016, S. 14).

¹⁵ Vgl. Der Duden „Game“ = [Computer]spiel, Spielgewinn beim Tennis, Herkunft althochdeutsch „gaman=“ für Lust, Vergnügen, abgerufen am 06.09.2018 von <https://www.duden.de/rechtschreibung/Game>

Spiele sind deshalb auch aus didaktischer Sicht ein interessantes Phänomen. Kinder sammeln ihr erstes Wissen instinktiv, indem sie spielerisch ihre Umgebung erforschen (Zimpel, 2016, S. 8). Die besondere Bedeutung des Spielens für Kinder wurde auch in Artikel 31 (1) der UN-Konvention über die Rechte des Kindes etabliert: „Die Vertragsstaaten erkennen das Recht des Kindes auf Ruhe und Freizeit an, auf Spiel und altersgemäße aktive Erholung sowie auf freie Teilnahme am kulturellen und künstlerischen Leben“ (UNICEF, 1989, S. 35f.).

Spiele sind sehr beliebt, weil sie Bedürfnisse nach Zuneigung, Aufmerksamkeit, Anerkennung, Stärke, Errungenschaft, Unabhängigkeit oder Freiheit erfüllen können (Maslow, 1943; Winny, 2013). Aus den genannten historischen, evolutionären und sozialen Gründen ist es nicht verwunderlich, dass die Methodik des Spielens auch in der Didaktik des Schulunterrichts zum Einsatz kommt, im Zeitalter der Digitalisierung natürlich auch digital.

Der Einsatz digitaler Spiele im Bildungskontext ist nicht neu. Seit den Anfängen digitaler Spiele in den 1970er und 80er-Jahren gibt es Bestrebungen, diese Formate für das Lehren und Lernen zu nutzen (Abt, 1975, S. 9). Die Entwicklung des Game-Marktes hat die Verbreitung beschleunigt und damit die Chance eröffnet, das damals neue „populäre“ Medium auch für das Lernen und die Bildung einzusetzen (Prensky, 2007, S. 16).

Bevor die einzelnen Formate, wie digitale Spielelemente in den Unterricht eingebunden werden können, vorgestellt werden, folgt ein kurzer Abriss zur aktuellen Nutzung von Computer- und Videospiele in der Gesellschaft. Dieser zeigt, dass sich der Markt nach wie vor rasant weiterentwickelt und damit auch einen Einfluss auf die derzeit heranwachsende Generation hat.

2. Nutzung von Computer- und Videospiele in der Gesellschaft

In Deutschland spielen insgesamt 34,3 Mio. Menschen Computer- und Videospiele. 47% der Spielenden sind weiblich und das Durchschnittsalter der Gamer*innen in Deutschland hat sich im Jahr 2018 auf 36,1 Jahre (im Vorjahr 35,5) erhöht. Der Anstieg ist auf die Altersgruppe der über 50-Jährigen zurückzuführen. Die Anzahl der Spieler*innen der 50+ - Generation vergrößerte sich in nur einem Jahr um 800.000 auf insgesamt 9,5 Millionen (game – Verband der deutschen Games-Branche e.V., 2018, S. 6). An diesen Zahlen lässt sich erkennen, dass Computer- und Videospiele ein gesamtgesellschaftliches Thema sind und nicht, wie man vielleicht vermuten würde, nur die jüngeren Generationen betrifft. Im Vergleich dazu spielen in den Altersgruppen der 10 bis 19-Jährigen 5,8 Mio, der 20 bis 29-jährigen 5,3 Mio. und der 30 bis 49-Jährigen im Schnitt 5,5 Mio. Menschen mindestens gelegentlich Computer- und Videospiele (game – Verband der deutschen Games-Branche e.V., 2018, S. 8).

Der Verband „game“ unterstreicht in seinem Jahresreport die wichtige Rolle von Games als Vermittler digitaler Kompetenzen. Digitale Spiele, die zum Beispiel ältere Spieler*innen für den Umgang mit Smartphones, Laptops, Tablets etc. begeistern, brächten diese dazu, sich mit der digitalen Welt und ihren Möglichkeiten auseinanderzusetzen.

Es ist also nicht verwunderlich, dass der deutsche Markt für Computer- und Videospiele weiterwächst. Im Jahr 2018 wurde ein Umsatzanstieg um 15% auf 3,3 Milliarden Euro erreicht. Dabei sind Spiele-Apps der größte Wachstumstreiber (Umsatzanstieg um 21% auf 497 Mio. €) (game – Verband der deutschen Games-Branche e.V., 2018, S. 6).

Nutzung von Computer- und Videospiele durch Kinder und Jugendliche

Der Digitalverband Bitkom e.V. veröffentlichte im Jahr 2017 nach einer repräsentativen Befragung von 926 Kindern und Jugendlichen (im Alter von 10-18 Jahren) folgende Zahlen zum Game-Verhalten der Heranwachsenden:

- 89% der 10 bis 18-Jährigen spielen Computer- und Videospiele.
- Im Schnitt verbringen Kinder und Jugendliche täglich fast zwei Stunden mit Computer- und Videospiele.

- 117 Minuten spielen 10 bis 18-Jährige im Schnitt am Tag am Computer, an der Spielkonsole, am Smartphone oder am Tablet

(Bitkom e.V., 2017).

Das internationale Zentralinstitut Jugend- und Bildungsfernsehen (IZI) veröffentlichte Anfang 2019 die aus verschiedenen deutschen Erhebungen entstandene Studie „Grunddaten Jugend und Medien 2019“. Für die vorliegende Arbeit waren dabei die folgenden Aspekte interessant:

- Welche Medien besitzen Jugendliche (N=1200, 12-19 Jahre)? Nahezu alle befragten Mädchen (99%) und Jungen (97%) besitzen ein eigenes Smartphone, 65% der Mädchen und 77% der Jungen einen Computer/Laptop, 26% der Befragten einen Tablet-PC (Internationales Zentralinstitut für das Jugend- und Bildungsfernsehen [IZI], 2018, S. 4), zitiert nach (Medienpädagogischer Forschungsverbund Südwest [mpfs], 2018, S. 9).
- Mit welchen Medien beschäftigen sich Jugendliche täglich bzw. mehrmals die Woche (N=1200, 12-19 Jahre)? 97% der Befragten gaben das Internet und das Smartphone an, 43% der Mädchen und 73% der Jungen digitale Spiele (IZI, 2018, S. 8), zitiert nach (mpfs, 2018, S. 14).
- Onlinetätigkeiten und Anwendungen der 14 bis 19-Jährigen im Vergleich zur Gesamtbevölkerung (N=2.009, deutschsprachige Bevölkerung ab 14 Jahren): 17% der 14 bis 19-Jährigen spielen Onlinespiele, im Vergleich zur restlichen Bevölkerung (9%) (IZI, 2018, S. 41), zitiert nach (Frees & Koch, 2018, S. 407).
- Nutzungsfrequenz digitaler Spiele 2018: (N=1.200): 43% der Mädchen und 76% der Jungen gaben an, digitale Spiele täglich oder mehrmals wöchentlich zu nutzen, 18% der Mädchen und 5% der Jungen nutzen digitale Spiele nie (IZI, 2018, S. 45), zitiert nach (mpfs, 2018, S. 56).

Dieser kurze Exkurs zeigt, dass Computer- und Videospiele ein vielgenutztes Medium in unserer Gesellschaft sind und bei Kindern und Jugendlichen eine große Rolle spielen. Digitale Spiele sind ein fester Bestandteil der Lebenswelt von Kindern und Jugendlichen, welche nicht mehr aus deren Alltag wegzudenken sind: „Digital games have become a pervasive component of contemporary life and culture, as millions of players every day engage in playful practices mediated and supported by technology“ (Marone, 2016, S. 2).

3. Begriffsabgrenzungen

In dieser Arbeit stehen digitale Spiele im Mittelpunkt. Der edukative Einsatz solcher Spielformate ist unter den Schlagworten (Digital) Game-Based Learning oder Serious Games ein großes Thema in der psychologischen und pädagogischen Forschung sowie in der erzieherischen Praxis und der Produktion von Computer- und Videospiele (Breuer, 2010, S. 12; Prensky, 2007; Rüh, 2017; Scanlon & O’Shea, 1992; Winny, 2013; Zagal, Rick & Hsi, 2006; Zielinski, Aßmann, Kaspar & Moormann, 2017). Neben den Begriffen Game-Based Learning und Serious Games tauchen aber auch die Schlagworte „Gamification“ und „Edutainment“ in Veröffentlichungen auf. Die einzelnen Definitionen sind teilweise noch nicht sehr trennscharf (Müller-Kreiner, 2017, S. 59). Nachfolgend werden die Begriffe kurz erläutert, um eine Einordnung für die vorliegende Arbeit vornehmen zu können.

3.1 Edutainment

Diesen Begriff gibt es seit den 1990er-Jahren. Er setzt sich aus „Education“ und „Entertainment“ zusammen und umschreibt Lernen durch Entertainment. Gemeint ist damit die Nutzung von Video- und Computerspielen zu Lernzwecken in schulischer Umgebung (Michael & Chen, 2006, S. 24). Beim Edutainment werden beispielsweise kommerzielle Computerspiele, die einen historischen Kontext haben, dazu verwendet, geschichtliche Ereignisse verständlicher zu machen. Dazu werden häufig nur Sequenzen eines Spiels zur Veranschaulichung genutzt (Müller-Kreiner, 2017, S. 59). Von Breuer (2010) wird „Edutainment“ als „buzz word“ bezeichnet, das in seinen Augen lange Zeit der Überbegriff für „unterhaltendes Lernen und spielerische Bildung“ war (Breuer, 2010, S. 13). Für die vorliegende Arbeit spielt dieser Begriff keine Rolle mehr, vermutlich kann man ihn tatsächlich als einen Vorläufer des zehn Jahre später vermehrt in Publikationen auftretenden Begriffs „Digital Game-Based Learning“ (Prensky, 2007) ansehen.

3.2 Gamification

Der Begriff taucht in der Literatur erst ab ca. 2010 auf (Deterding, Khaled, Nacke & Dixon, 2011, S. 1; Ebner & Schön, 2013, S. 9). Mit dem Begriff „Gamification“ (Spielerzeugung) werden Methoden bezeichnet, die Spielelemente in „non-gaming Systems“ implementieren (Deterding et al., 2011, S.2). Dieser Ansatz wird

hauptsächlich dafür genutzt, um die Motivation zu erhöhen, sich mit einem Lerninhalt oder einer Aufgabe zu beschäftigen. Verbesserte Lernergebnisse stehen dabei nicht im Vordergrund. Praxisbeispiele für Gamification sind beispielsweise Wettbewerbe wie die Auszeichnung des Mitarbeiters des Monats oder die Fitness-App, welche die Joggingrunde aufzeichnet und danach in einer Community veröffentlicht (Groh, 2012, S. 39; Müller-Kreiner, 2017, S. 61). Es gibt immer mehr Anwendungen, die Gamification-Elemente aufweisen, im Schulkontext wird er sicherlich auch eingesetzt (zum Beispiel bei „Bestenlisten“), in der vorliegenden Arbeit spielt der Begriff aber keine Rolle mehr.

3.3 Game-Based Learning (GBL) und Digital Game-Based Learning (DGBL)

Der Begriff „Game-Based Learning (GBL)“ oder mit DGBL (durch digital ergänzt) wurde Anfang des Jahrtausends durch die medienwirksame Verbreitung vieler Autoren populär, unter anderem sind hierbei Gee (2003), Oblinger (2006), Prensky (2007) und van Eck (2006) nennen. Von GBL wird dann gesprochen, wenn Lernprozesse durch Spielen unterstützt werden und das Erlernen von Fähigkeiten und Fertigkeiten das erklärte Ziel ist (Egenfeldt-Nielsen, Meyer & Sorenson, 2011, S. 10). Hierzu können auch herkömmliche Unterhaltungsspiele verwendet werden, Prensky (2007) bezeichnet Game-Based Learning in diesem Zusammenhang als „any marriage of educational content and computer games“ (Prensky, 2007, S. 145). Le, Weber und Ebner (2013, S. 1) kommen zu der Ansicht, dass es in der Literatur keine Abgrenzung zwischen dem GBL/DGBL-Ansatz und beispielsweise Serious Games gibt. Da Game-Based Learning-Anwendungen zwar nicht deckungsgleich mit Serious Games sind, aber gerade DGBL-Ansätze als eine Art von Serious Games angesehen werden können, kann an dieser Stelle kaum eine weitere Definition ausgeführt werden, ohne Serious Games zu definieren. DGBL und Serious Games bedingen sich in gewisser Weise gegenseitig und haben einige Schnittmengen (Felicia & Egenfeldt-Nielsen, 2011, S. 21; Prensky, 2007, S. 5). Der Definition von Serious Games wird ein eigenes Kapitel gewidmet, da dieses Medienformat maßgeblich für die vorliegende Arbeit ist. In den nachfolgenden Kapiteln sollen zwei digitale Medienformate vorgestellt werden, die im Kontext des Digital Game-Based-Learning-Ansatzes in Schulen zum Einsatz kommen können und für den Hauptteil dieser Arbeit von großer Bedeutung sind.

4. Virtuelle Welten

Die ersten virtuellen Welten wurden bereits Anfang der 1980er Jahre entwickelt. Diese Umsetzungen waren textbasierte Rollenspiele am Computer und der spielerische Charakter der digitalen Medien stand im Vordergrund. Seit dieser Zeit haben sich virtuelle Welten mit zunehmender Popularität in alle möglichen Richtungen weiterentwickelt (Bartle, 2004). Virtuelle Welten können einen spielerischen Charakter haben, zu den bekanntesten Arten virtueller Unterhaltungswelten gehören Massively Multiplayer Online Games (MMOGs – das bekannteste Beispiel ist vermutlich das Online-Rollenspiel „World of Warcraft“), Simulationen (Bootcamps, Flugsimulator etc.) sowie Multi-User Virtual Environments (MUVES), wie zum Beispiel Second Life (Bredl & Bösche, 2013, xv; Cullmann, 2012, S. 1; Klement & Thimm, 2010, S. 193). In zuletzt Genanntem ist eine digitale Parallelwelt abgebildet, in der man mit seinem Avatar (virtuelle Spielfigur) (Klement & Thimm, 2010, S. 199) wie im richtigen Leben agieren kann (Second Life, 2018). Diese Umgebungen haben keine von den Entwickler*innen vorgegebene Rahmenhandlung: „Es ist in diesem Sinne kein Spiel, sondern eine vom Anbieter zur Verfügung gestellte Infrastruktur, die durch die Phantasie und Programmierfähigkeiten der Nutzer mit Inhalt gefüllt wird“ (Mersch, 2008, S. 67). Konkret sind diese virtuellen Welten als soziale Umgebungen zu verstehen, in denen sich Menschen mit einem/einer virtuellen Repräsentant*in bewegen und verschiedenen Handlungen nachgehen können. Die Handlungsmöglichkeiten in diesen Parallelwelten unterscheiden sich je nach Anbieter*innen der virtuellen Welt. Second Life beispielsweise unterstützt das kreative Mitwirken der Nutzer*innen und lässt diese auch mitentwickeln, indem sie unter anderem Objekte oder Skripte implementieren, kaufen oder verkaufen können (Klement & Thimm, 2010, S. 192). Bei anderen Welten wird der/die Nutzer*in hingegen durch eine Hintergrundgeschichte gesteuert, die ihr/ihm bestimmte Aufgaben oder Abenteuer anbietet. Diese müssen dann gelöst oder bestanden werden, um beispielsweise den Avatar weiterentwickeln zu können (Cullmann, 2012, S. 1).

Virtuelle Welten sind aber längst nicht mehr nur im Freizeitleben anzutreffen, sondern haben durch die Digitalisierung auch einen großen Durchbruch unter anderem in der Industrie, Wirtschaft, in der Therapie- und Medizinbranche und im Bildungsbereich erfahren, wie die Ausführungen in den nachfolgenden Unterpunkten (4.2 und 4.3) zeigen werden.

Charakteristisch für virtuelle Welten sind die Eigenschaften Präsenzerleben und Immersion. Beim Präsenzerleben geht es darum, inwiefern sich ein(e) Nutzer*in in der virtuellen Welt präsenter fühlt als am

eigenen physischen Standort und wie er/sie in eine virtuelle Welt „eintauchen“ kann (Slater, 2003; Steuer, 1992; Zinn, Guo & Duygu, 2016). Das „Eintauchen“ in die virtuelle Welt wird als „Immersion“¹⁶ bezeichnet. Geprägt wurde der Begriff von Murray (1997), sie beschreibt das Gefühl der Immersion wie folgt:

“Immersion is a metaphorical term derived from the physical experience of being submerged in water. We seek the same feeling from a psychologically immersive experience that we do from a plunge in the ocean or swimming pool: the sensation of being surrounded by a completely other reality, as different as water is from air, that takes over all of our attention, our whole perceptual apparatus.” (Murray, 1997, S.99).

Bei einer absoluten Immersion spricht man von einem „Flow-Erleben“: „The metaphor of „flow“ is one that many people have used to describe the sense of effortless action they feel in moments that stand out as the best in their lives“ (Csikszentmihalyi, 1997, S. 1).

4.1 Begriffsdefinition „virtuelle Welten“

Die Anwendungsgebiete von virtuellen Welten sind unterschiedlich, wie gerade erwähnt und es auch im nachfolgenden Punkt ersichtlich sein wird. Unter anderem aus diesem Grund sind die Definitionen und Klassifizierungen von virtuellen Welten unterschiedlich. Ojstersek und Adamus (2010) verstehen unter virtuellen Welten

„... computerbasierte, simulierte Umgebungen, die es mehreren Nutzern gleichzeitig ermöglichen, in einem dreidimensionalen Raum mittels einer grafischen Repräsentation ihrer selbst in der Form sog. Avatare miteinander und mit ihrer Umwelt zu (inter)agieren. Elemente der persistenten Welten können (nachhaltig) von den Nutzern manipuliert werden. Darüber hinaus stehen vielfältige synchrone und asynchrone Kommunikations- und Kollaborationswerkzeuge zur Verfügung“ (Adamus & Ojstersek, 2010, S. 178).

Guadagno et al. haben eine noch etwas ausführlichere Beschreibung festgehalten:

„Digital virtual worlds can be two- or three-dimensional representations of a space (room, landscape, planet, etc.) containing objects (chairs, flora, oceans, etc.) and representations of humans. The latter can be online representations of actual persons (i.e., avatars) or computer algorithms simulating persons (i.e., agents). Individuals in an immersive virtual environment (IVE) are typically experience visual aspects of the virtual world via computer controlled head-mounted displays (HMD) that project the world stereoscopically“ (Guadagno, Blascovich, Bailenson & McCal, 2007, 2f).

¹⁶ Definition Immersion: Siehe auch Fußnote 9, S. 25.

Die wichtigsten Merkmale einer virtuellen Welt sind nach Castronova (2001):

- „Interactivity: it exists on one computer but can be accessed remotely (i.e. by an internet connection) and simultaneously by a large number of people, with the command inputs of one person affecting the command results of other people“
- „Physicality: people access the program through an interface that simulates a first-person physical environment on their computer screen; the environment is generally ruled by the natural laws of Earth and is characterized by scarcity of resources“
- „Persistence: the program continues to run whether anyone is using it or not; it remembers the location of people and things, as well as the ownership of objects“

(Castronova, 2001, S. 6)

Schröder (2008) fasst kurz und knapp zusammen: „Virtual worlds are persistent virtual environments in which people experience others as being there with them – and where they can interact with them“ (Schroeder, 2008, S. 2). Basierend auf den in diesem Kapitel zitierten Definitionen wird für die vorliegende Arbeit die Erklärung nach Ojstersek und Adamus (2010, S.178) zu virtuellen Welten verwendet.

4.2 Aktuelle Anwendungsbereiche und Zielsetzungen virtueller Welten

Virtuelle Welten werden nicht nur im privaten Bereich genutzt, sondern haben zahlreiche weitere Einsatzgebiete. So unterstützen sie beispielsweise die Kommunikationswege der zunehmend globaler werdenden Arbeitswelt: „Because they facilitate both the exchange of information and the perception of being present with others, virtual worlds have the potential to enhance the capacity of geographically distributed teams to accomplish collaborative work“ (Nardon & Aten, 2012, S. 773). Auf diese Art und Weise können sich beispielsweise Mitarbeitende einer Firma oder einer Institution, die an verschiedenen Standorten in der Welt tätig sind, in einem virtuellen, dreidimensionalen Raum treffen und dort, zum Beispiel repräsentiert durch einen Avatar, miteinander interagieren, Informationen austauschen etc., ohne selbst körperlich anwesend sein zu müssen (Bredl, Bräutigam & Herz, 2017, S. 1). Virtuelle Welten und Räume kommen auch in der Mitarbeiter*innenaus- und -fortbildung, bei Coachings und therapeutischen Settings immer verstärkter zum Einsatz (Bredl et al., 2017, S. 1; Hughes, 2019, o.S.), weil so bestimmte Arbeitsabläufe oder auch Gesprächssituationen virtuell geübt werden können, bevor sie in der Praxis in der realen Welt ausgeführt oder umgesetzt werden.

Virtuelle Umgebungen leisten auch einen wichtigen Beitrag bei der Entwicklung neuer Produkte. Durch den stetig wachsenden Einsatz von AR¹⁷ / VR¹⁸ und MR¹⁹-Systemen im Zeitalter der Industrie 4.0 eröffnen sich völlig neue Möglichkeiten der Produktsimulation (Schweitzer, 2019, o.S.). Kunden, die sich ein neues Auto zulegen möchten, können dieses mittlerweile bequem von zu Hause aus virtuell am Tablet oder Smartphone zusammenstellen und erhalten einen realistischen Eindruck, wie ihr künftiges Fahrzeug von innen und von außen aussehen könnte (Beutnagel, 2018, o.S.).

In diesem Zusammenhang bieten virtuelle Welten, die mit VR/MR-Systemen²⁰ verbunden sind, auch im Medizinsektor ein großes Potential (Schlaefli, 2019, o.S.). Angehende Mediziner*innen können, bevor sie beispielsweise in der Realität am offenen Herzen operieren, diese Handlung schon einmal virtuell erfahren oder sich mit bestimmten Operationstechniken und Geräten vorab vertraut machen.²¹

Die „Learntec“ – eine der größten europäischen Fachmessen für digitales Lernen und digitale Medien – widmete virtuellen Welten unter dem Motto „AR / VR Area: Virtuelle Welten beflügeln das Lernen“ den Messeschwerpunkt im Frühjahr 2019/22. Aus den bereits genannten Beispielen lässt sich also erschließen, dass virtuelle Welten ein fester Bestandteil der Digitalisierung sind.

4.3 Virtuelle Welten im Schulunterricht

Viele Arten virtueller Welten werden im Unterhaltungserleben eingesetzt, aktuelle technische Entwicklungen zu diesem Medium, die den Arbeitsalltag im heutigen Zeitalter prägen und verändern, wurden im letzten Punkt skizziert. Virtuelle Welten bieten den großen Vorteil, dass zu vermittelnde Inhalte durch Bilder, Videos und interaktive Objekte visualisiert oder auditiv im dreidimensionalen Raum

17 Definition Augmented Reality (AR): In der sogenannten erweiterten Realität vermischt sich die reale mit der virtuellen Welt. Das Bild- oder Videomaterial der echten Welt wird in Echtzeit mit digitalen Zusatzinformationen erweitert. Dies kann z.B. durch Videos oder Bilder erfolgen. Abgerufen am 29.03.2019 von <http://www.immersivelearning.news/immersive-learning-glossar/#1505808736552-c1c38c8d-fb45>

18 Definition Virtual Reality (VR): Virtuelle Realität bezeichnet die Schaffung einer scheinbaren computergenerierten Welt, in die der Betrachter eintauchen und mit der er interagieren kann. Abgerufen am 29.03.2019 von <http://www.immersivelearning.news/immersive-learning-glossar/#1505810078458-66fc592a-e38c>

19 Definition Mixed Reality (MR): Mixed Reality (vermischte Realität) bezeichnet die Verbindung von echten mit virtuellen Welten, um eine neue Art von Umwelten und Visualisierungen zu schaffen, in denen physische und digitale Objekte koexistieren und in Echtzeit miteinander interagieren. Man kann es sich wie einen Mix aus AR und VR vorstellen. Abgerufen am 29.03.2019 von <http://www.immersivelearning.news/immersive-learning-glossar/#1505809796100-64295cd1-5ed7>

20 VR/MR-Systeme wurden bereits kurz erläutert. Im konkreten Fall werden virtuelle Welten mit einem Head-Mounted Display (HMD), also einem auf dem Kopf zu tragenden Ausgabegerät (sieht aus wie eine Ski-Brille) verbunden. Die Inhalte der virtuellen Welt werden dann auf den augennahen Bildschirm projiziert. Bei VR-HMD ist der Träger völlig in einer anderen Welt, bei MR-HMD sieht er die reale Welt gleichzeitig eingeblendet. Beispiele für die Ausgabegeräte wurden am 17.06.2019 abgerufen von <https://www.vive.com/de/> (VR-System) und <https://www.microsoft.com/de-de/hololens> (MR).

21 Beispielvideo Einsatz virtueller Szenarien in der Medizin, abgerufen am 17.06.2019 von <https://www.youtube.com/watch?v=PzPKdIFbVM>

22 Abgerufen am 17.06.2019 von <https://www.learntec.de/de/learntec/die-fachmesse/news/ar-vr-area-virtuelle-welten-befluegeln-das-lernen.html>

dargestellt werden können (Martens & Maciuszek, 2013, S. 16). Durch diese Multimedialität entsteht auch mehr Interaktion der Lernenden mit dem Lernmedium, als bei konventionellen Lernmaterialien (Freina & Ott, 2015, o.S.; Martín-Gutiérrez, Mora, Añorbe-Díaz & González-Marrero, 2017, 479f.) Dies bietet auch ein großes Potential für den Schulunterricht. Seit den 1990er Jahren wird zunehmend versucht, die vielfältigen Potenziale von virtuellen Welten zur Verbesserung und Diversifizierung von Lernprozessen zu nutzen (Bredl & Groß, 2012, S. 36; Freitas, 2008, S. 11). Die Interaktivität virtueller Lernwelten ermöglicht eine enge Kopplung von Lernen und direkter Erfahrung (Bailenson et al., 2008, S. 42; Köhler, Münster & Schlenker, 2013, S. 104). Durch die direkte Interaktion mittels digitaler Stellvertreter (Avatare) mit Lerngegenständen in einer virtuellen Welt wird das Erleben eines „embodied learning“, d.h. eines verkörperten bzw. (multi-) sensorischen Lernens eröffnet (Breuer, 2010, S. 15). Dieses wiederum könnte dazu führen, bei den Schüler*innen ein konstruktives oder auch ein interaktives Engagement auszulösen (vgl. hierzu (Chi & Wylie, 2014; Schelhowe, 2016) Kapitel II, Punkt 4.2.2).

Durch Koppelung der virtuellen Welten mit VR-Systemen entsteht ein „extrem hoher Grad Immersion“, (Wolff, 2017, S. 1). Durch das Aufsetzen einer VR-Brille²³ beispielsweise erhält der/die Nutzer*in in Augennähe eine dreidimensionale Umgebung, die reale Welt ist komplett ausgeblendet. Die VR-Systeme sind so konzipiert, dass sie Bewegungsänderungen sofort ausgleichen. So entsteht der Eindruck, dass man ein Teil der anderen Umgebung/virtuellen Welt ist, die man auf dem Display in der Brille sieht. Dieser Zustand wird als Immersion (bereits in diesem Kapitel erklärt) bezeichnet und mit den Verben „abtauchen“ und „verschmelzen“ in und mit der gezeigten virtuellen Realität beschrieben (Mijic, Reitmaier & Popp, 2009, S. 292). Durch Sensoren, die an den Armen befestigt werden, oder Controller²⁴, die man in den Händen hält, kann man in und mit der virtuellen Welt auch interagieren. Die Immersion, bzw. das Flow-Erleben, das durch die Kombination virtueller Welten mit VR-Systemen ausgelöst wird, kann situiertes Lernen unterstützen (Dede, 2009, S. 66).

Christoph Strobel (2015) beschreibt folgende Chancen beim Einsatz von virtueller Realität im Klassenzimmer in seinem Artikel „Immersive Education: Virtuelle Realität im Klassenzimmer“:

„Schüler und Studierende haben die Möglichkeit, Lerninhalte direkt und praktisch zu erleben, die zu weit weg, zu gefährlich, außerhalb der sinnlichen Wahrnehmung oder historisch sind – ganz ohne ihr Klassenzimmer zu verlassen. Die Lehrer und Dozenten können mittels der Technik komplexe und nur schwer erreichbare Lerninhalte ganz anschaulich präsentieren“ (Strobel, 2015, o.S.).

23 Siehe auch Fußnote 11 und 14.

24 Beispiel für Controller abgerufen am 15.07.2019 von <https://www.vive.com/de/accessory/controller/>

Die didaktischen Argumente, die für den Einsatz einer virtuellen Welt im Schulkontext sprechen, werden bei der konkreten Entwicklung des in dieser Arbeit entwickelten Mediums genauer betrachtet, (siehe auch Kapitel V, Punkt 1). Nachfolgend werden bereits erprobte Beispiele für den Einsatz im Unterricht genannt.

Unterrichtsbeispiele

Mit der VR-App „Google-Expeditionen“²⁵ sind virtuelle Exkursionen möglich. Für die Nutzung der App sind keine teuren VR-Systeme notwendig. Laut dem Artikel „Virtual Reality für den Unterricht: Exkursionen 2.0 (erschieden auf „Zeit für die Schule“)²⁶ werden lediglich ein Tablet, mehrere Smartphones und kostengünstige VR-Brillen aus Pappe (Halterungen mit Linsen, in die das Smartphone eingelegt und dann als Display verwendet wird²⁷) benötigt. Die Schüler*innen können an 700 verschiedenen virtuellen Exkursionen teilnehmen und zum Beispiel an Bord des deutschen Tiefseeforschungsschiffes „Sonne“ gehen, Sehenswürdigkeiten virtuell erkunden oder in das menschliche Herz „eintauchen“ (Wochnik, 2015, o.S.).

Der Medienpädagoge Christoph Wolff hat mit 200 bisher nicht mit VR-Systemen konfrontierten Schülerinnen eines Gymnasiums in München im Schuljahr 2015/2016 in einer Geographie-Reihe die VR-Brille „Samsung Gear VR“ und die VR-Apps „The Wild Within“²⁸ und „Ocean Rift“²⁹ getestet (Wolff, 2017, o.S.). Er berichtet in seinem auf der Plattform „mebis“ veröffentlichtem Artikel: „Virtuelle Realität & Schulisches Lernen: Potentiale, Grenzen und Gefahren“ von durchwegs positiven Erfahrungen und einem hohen Grad an Immersionserleben bei den Schülerinnen. Auch die oft in Zusammenhang mit VR-Systemen genannte „Visually Induced Motion Sickness – kurz: VIMS“³⁰ blieb bei den Schülerinnen aus (Wolff, 2017, o.S.).

25 Link zur App abgerufen am 15.07.2019 von <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.google.vr.expeditions&hl=de>

26 Abgerufen am 15.07.2019 von <https://service.zeit.de/schule/digitalisierung/virtual-reality-fuer-den-unterricht/>, gesponsert von Google, kein Autor angegeben.

27 Beispiel für eine VR-Brille aus Pappe, abgerufen am 15.07.2019 von <https://vr.google.com/cardboard/>

28 Link und Beschreibung zur App abgerufen am 15.07.2019 von https://www.oculus.com/experiences/ge-ar-vr/772273116219706/?locale=de_DE

29 Link und Beschreibung zur App abgerufen am 15.07.2019 von https://play.google.com/store/apps/details?id=com.picselica.Ocean-RiftDaydream&hl=en_US

30 „Visually Induced Motion Sickness – kurz: VIMS = kurzzeitige Übelkeit, die von widersprüchlichen Signalen von Augen und Innenohr ausgelöst wird, die das Gehirn nicht so recht zu interpretieren weiß. Während den Augen eine Bewegung des Körpers im Raum vorgegaukelt wird, vermeldet der Gleichgewichtssinn Stillstand – dieser Konflikt kann zu Übelkeit führen“, Quelle: Porwol, T.: Warum VR-Spiele Übelkeit auslösen – und was man dagegen tun kann, abgerufen am 16.07.2019 von <https://www.techbook.de/entertainment/warum-vr-spiele-uebelkeit-ausloesen-und-was-man-dagegen-tun-kann>

Auf der Internetseite des Landesmedienzentrums Baden-Württemberg findet sich ein Unterrichtsbeispiel, bei dem Schüler*innen ihre eigene VR-Umgebung in Form eines virtuellen Romans bauen können³¹.

Kurz beschrieben geht es darum, dass die Heranwachsenden nach der Lektüre eines Buches dieses nochmal Kapitel für Kapitel in einer 3D-Welt darstellen. Hierzu könnten sie zum Beispiel ein Tagebuch aus Sicht des Protagonisten führen und die festgehaltenen Inhalte virtuell abbilden. Am Ende können alle Schüler*innen das virtuelle Buch anschauen. Durch diesen Ansatz soll beispielsweise ein Roman erlebbarer und die Kreativität der Schüler*innen angeregt werden (Wössner, 2019, o.S.).

Ein Projekt, das für diese Arbeit von großer Bedeutung war, wurde im Jahr 2014 in Irland umgesetzt. Dort machten Schüler*innen eine Exkursion zu einer historischen Stätte und bauten diese danach als 3D-Modell in OpenSim³² nach. Anschließend wurden die von den Schüler*innen gebauten virtuellen Welten mit einem VR-System (Oculus Rift Headset) verbunden. Das Projekt wurde mit Schüler*innen im Alter von 10-12 Jahren und an 11 Regelschulen in Irland durchgeführt (Korolov, 2014, o.S.)³³.

Möglich gemacht wurde das Projekt durch die Plattform MissonV³⁴, die für Schulen eine OpenSim-Umgebung (Programmierungsumgebung) zur Verfügung stellt, in der sie selbst virtuelle Welten bauen können und diese danach auch mit der Unterstützung von VR-Systemen virtuell erkunden können. Die Lehrkräfte, die das Projekt betreuten, kamen zu der Ansicht, dass sich virtuelle Welten für Schüler*innen mit unterschiedlichen Bedürfnissen und Lernstilen eignen. Außerdem sahen sie ein großes Potential für Gruppenarbeiten, da sich die Schüler*innen in dem Pilotprojekt gegenseitig gut unterstützten (Abrosimova, 2014, o.S.).

31 Als Software wird CoSpaces in der Edu-Version und / oder Minecraft Education empfohlen, abgerufen am 15.07.2019 von <https://www.lmz-bw.de/medien-und-bildung/medienwissen/virtual-und-augmented-reality/virtual-reality-unterrichtsbeispiele/>

32 Eine Erläuterung zu OpenSim findet sich im Kapitel V, Punkt 2. OpenSim wurde auch als Programmierungsumgebung für die virtuelle Welt in dieser Arbeit verwendet.

33 Filmische Dokumentation des Projekts abgerufen am 16.07.2019 von: https://www.youtube.com/watch?time_continue=98&v=p30VmcH0jE

34 Abgerufen am 16.07.2019 von <http://missionv.ie/>

4.4 Fazit Genre virtuelle Welten

Die Beispiele zeigen, dass sich die Schulen bereits national wie international mit der virtuellen Realität auseinandersetzen. Es besteht auch Einigkeit darüber, dass virtuelle Welten in den Schulalltag integriert werden sollten (Abrosimova, 2014; Bredl & Bösche, 2013; Freitas, 2008; Strobel, 2015; Wolff, 2017; Wössner, 2019). Allerdings bestehen nach wie vor große Herausforderungen beim flächendeckenden Einsatz von virtuellen Welten im Schulkontext, wie sich an den Artikeln der in diesem Punkt zitierten Forscher*innen und Praxisexpert*innen zeigen lässt. Zusammengefasst lassen sich folgende Punkte festhalten:

Möchte man mit Original-VR-Systemen arbeiten, ist die Anschaffung der technischen Ausstattung sehr teuer (siehe Beispiel Fußnote 13). Für die technische Umsetzung eigener virtueller Welten müssen Lehrkräfte in den möglichen Programmierumgebungen geschult werden. Die Marktlage zu „fertigen“ virtuellen Welten/VR-Apps für den Schulunterricht ist unübersichtlich. Laut Wolff (2017) ist man „in Sachen pädagogisch wertvoller Apps . . . erst 5 Minuten nach der Geburt des neuen Genres an sich“ (Wolff, 2017, S.7). Hierzu lässt sich ergänzen, dass es vielleicht auch schon viele Anbieter und Programme gibt, die aber nicht gesammelt auf einer Plattform zur Verfügung stehen.³⁵ Eine Sammlung der Apps und Programme würde auch nach sich ziehen, dass diese nach bestimmten Kriterien beurteilt werden, um Lehrkräften die Auswahl zu erleichtern. Ein Beispiel für eine solche Plattform findet sich in dieser Arbeit im nachfolgenden Punkt „Serious Games“.

Virtuelle Welten können, vor allem wenn sie mit VR-Systemen gekoppelt sind, ein Immersionserleben auslösen, das, wie bereits erwähnt, positive Effekte auf das Lernen haben kann. Wird der „Flow“ allerdings zu stark, ist auch zu bedenken, dass Lerninhalte in den Hintergrund rücken können (Magner, Schwonke, Alevon, Popescu & Renkel, 2014;). Im Kapitel V, Punkt 2 wird die Entwicklung der virtuellen Welt „Faszination Faserverbundwerkstoffe“ mit Anteilen eines Serious Games beschrieben. Dieses Genre wird im nachfolgenden Unterpunkt erläutert.

³⁵ Bei der Internetrecherche wurde keine Plattform gefunden, die pädagogisch überprüfte oder nach DIN-Kriterien bewertete VR-Apps sammelt. Eine App-Sammlung findet sich zum Beispiel bei „Medien in die Schule – Werkzeugkasten Lernen & Lehren mit Apps.“, abgerufen am 17.07.2018 von <https://www.medien-in-die-schule.de/>

5. Serious Games

Der Begriff „Serious Game“, der im Verlauf der Arbeit schon mehrmals erwähnt wurde, geht auf Clark C. Abt zurück, welcher 1975 in Bezug auf Gesellschafts- und Rollenspiele formulierte: „We are concerned with serious games in the sense that these games have an explicit and carefully thoughtout educational purpose and are not intended to be played primarily for amusement“ (Abt, 1975, S. 9). Bei Serious Games hat man es also mit ernstesten Spielen in dem Sinne zu tun, dass diese Spiele einen ausdrücklichen und sorgfältig durchdachten Bildungszweck verfolgen und nicht in erster Linie zur Unterhaltung gedacht sind. Synonyme für Serious Games sind die Begriffe „Educational Game“, „Social Impact Games“, „Persuasive Games“, „Game for Change“.

5.1 Begriffsdefinition „Serious Games“

Die Definitionen zu Serious Games gehen alle in eine ähnliche Richtung: „A serious game is a game in which education (in its various forms) is the primary goal, rather than entertainment“ (Michael & Chen, 2006, S. 17). „A serious game is a digital game created with the intention to entertain and to achieve at least one additional goal (e.g. learning or health). These additional goals are named characterizing goals“ (Dörner, Göbel, Effelsberg & Wiemeyer, 2016, S.1).

„In speaking of a serious (computer) game, we mean that the objective of the computer game is not to entertain the player, which would be an added value, but to use the entertaining quality for training, education, health, public policy, and strategic communication objectives“ (Wouters, van Nimwegen, van Oostendorp & van der Spek, 2013, S. 2).

Im Juni 2018 wurde die „DIN SPEC 91380“ veröffentlicht, die es Anbieter*innen von Serious Games ermöglicht, ihre Spiele standardisiert zu beschreiben. Anwender*innen sollen durch die Umsetzung der Richtlinie die Möglichkeit erhalten, strukturiert nach geeigneten Serious Games zu recherchieren.

In der DIN-Norm findet sich auch eine aktuelle Definition von Serious Games:

„Serious Games sind digitale Spiele, die nicht nur der Unterhaltung dienen, sondern zusätzlich ein charakterisierendes Ziel verfolgen, zum Beispiel einen bestimmten Lerneffekt, eine Verhaltensänderung (beispielsweise in Bezug auf den Lebensstil, Bewegung, Ernährung, Mobilitätsverhalten) oder für gesellschaftlich relevante Themen wie Sicherheit, Gesundheit, Religion, Klima und Energie zu sensibilisieren“ (DIN Deutsches Institut für Normung e.V., 2018, S. 6).

Als Serious Games werden also Spiele bezeichnet, die zusätzlich zur Generierung von Spielspaß mindestens ein weiteres charakterisierendes Ziel verfolgen. Serious Games-Entwickler nutzen spielerische Konzepte und Game-Technologien und wenden diese – oftmals im Zusammenspiel mit weiteren Konzepten und Technologien – in unterschiedlichen Anwendungsbereichen an.

5.2 Aktuelle Anwendungsbereiche und Zielsetzungen von Serious Games

Die Anwendungsbereiche von Serious Games sind vielseitig. Sie werden als Lernspiele für Kinder im Bildungskontext eingesetzt oder auch als Medium zum kollaborativen Training am Arbeitsplatz. Nach und nach erobern sie als sogenannte „Exergames“³⁶ auch den Medizinsektor, dort werden sie als Gesundheitsspiele für Körper und Geist, zur Prävention und in der Rehabilitation/Therapie angewendet (Kopka, 2013, S. 265). Außerdem werden sie in den Bereichen Marketing, Werbung, Kultur und Tourismus eingesetzt. In weiteren gesellschaftlich relevanten Bereichen, wie zum Beispiel Mobilität, Energie, Klima und Sicherheit, finden sie ebenfalls vermehrt Anwendung (Bredl & Bösche, 2013; Freyermuth, Gotto & Wallenfels, 2013; Göbel et al., 2018; Ritterfeld, Cody & Vorderer, 2009).

Die charakterisierende Zielsetzung eines Serious Game ist eng mit seinen Anwendungsbereichen verknüpft. Beispiele für „characterizing goals“ sind Lern- oder Trainingseffekte im Bildungsbereich, Änderungen des Vitalstatus durch Sport- und Gesundheitsspiele oder allgemeine Verhaltensänderungen (beispielsweise bei der Ernährung oder im Mobilitätsverhalten). Jedes Serious Game verfolgt, wie man auch den bereits zitierten Definitionen entnehmen kann, einen Hauptzweck bzw. ein primäres „characterizing goal“. Zusätzlich können mit einem Serious Game weitere Ziele verfolgt werden (DIN Deutsches Institut für Normung e.V., 2018, S. 7).

In den letzten Jahrzehnten wurden Serious Games immer populärer und kommen, wie bereits erwähnt, in verschiedensten Bereichen wie therapeutischen Behandlungen, politischer oder gesundheitlicher Bildung und Trainingsszenarien für Rettungskräfte zum Einsatz. Eines der bekanntesten Serious Games aus dem Gesundheits- und Therapiebereich ist „ReMission“³⁷ (erstmalig 2006 von der HopeLab Foundation³⁸ veröffentlicht). ReMission 2 erschien im Jahr 2012, seit dem Jahr 2014 wird es als mobile App für iOS und Android angeboten. Entwickelt wurde es in erster Linie für Jugendliche und junge Erwachsene, die unter Krebs leiden. Die Spieler*innen steuern bei ReMission einen Avatar, in Form eines kleinen,

³⁶ Exergames = Wortneuschöpfung aus „Exercise“, Englisch für „Ausführung“, „Übung“, „Training“ und „Game“ für „regelbasiertes Spiel“, Quelle: Kopka (2013), S. 266.

³⁷ Abgerufen am 06.06.2019 von <http://www.re-mission.net/>

³⁸ Abgerufen am 06.06.2019 von <https://www.hopelab.org/projects/re-mission/>

weiblichen Nanoroboter namens Roxxi durch den Körper von 19 virtuellen Krebspatient*innen. In der Spielgeschichte lernt der Nanoroboter, wie man Krebszellen bekämpft, indem man die richtigen Medikamente einsetzt und wie man mit den Nebenwirkungen, die diese auslösen können, zurechtkommen kann (Göbel, Gutjahr & Hardy, 2013, S. 109; Kato, Cole, Bradlyn & Pollock, 2008, S. 306–307).

Eine wissenschaftliche Studie von Kato et al. (2008), die in medizinischen Zentren in USA, Kanada und Australien durchgeführt wurde, untersuchte die Auswirkung von Re-Mission auf das gesundheitsbezogene Verhalten der Spieler*innen und den Erfolg der Krebstherapie. 375 Patient*innen im Alter zwischen 13 und 29 Jahren spielten Re-Mission (Kato et al., 2008, S. 305). Bei der Auswertung der Blutwerte der Experimentalgruppe (die Patient*innen die Re-Mission spielten) zeigte sich an den Blutwerten, dass sie ihre Medikamente regelmäßiger einnahmen, als die Teilnehmer*innen der Kontrollgruppe (Patient*innen, welche die gleichen Medikamente erhielten, aber das Spiel nicht spielten) (Kato et al., 2008, S. 14–15). Das Spiel, so die Studie, führte durch das zur Verfügung gestellte Wissen über Krebs und die aufgezeigte Einstellung (Kampf gegen die Krankheit mit den Medikamenten) zu einer Verhaltensänderung bei den Spielenden (Kato et al., 2008, S. 14).

Zu den populärsten Serious Games im Trainingsbereich gehört das Spiel „America’s Army“³⁹ (erstmalig 2012 veröffentlicht). Herausgegeben wurde es vom US Verteidigungsministerium mit dem Ziel, authentische Trainingsszenarien anzubieten, die Einstellung der Menschen gegenüber der Army zu überdenken und Nachwuchs zu generieren. Es wird von den Spieler*innen als sehr authentisch wahrgenommen (Shen, Wang & Ritterfeld, 2009, S. 53). Durch die große öffentliche Wahrnehmung von „America’s Army“ erfuhr auch das Genre Serious Game eine größere Bekanntheit (Djaouti, Alvarez, Jessel & Rampoux, 2011, S. 2).

5.3 Serious Games im Schulunterricht

Warum Serious Games für den Unterricht interessant sein könnten, wurde in den letzten Jahren basierend auf lerntheoretischen und medienpädagogischen Implikationen immer wieder diskutiert und es herrscht weitestgehend Einigkeit darüber, dass sie positive Einflüsse auf die Motivation und die Lernprozesse von Schüler*innen haben können (Wilson et al., 2009, S. 234). Wie Serious Games gestaltet sein müssen, damit sie diese Auswirkungen erzielen können, wurde bisher in empirischen Studien noch wenig aufgegriffen (Minocha & Hardy, 2016, S. 4). Beispiele für vorliegende Studien und deren Erkenntnisse sind:

³⁹ Abgerufen am 06.09.2018 von <https://www.americasarmy.com/>

- Mitchell und Savill-Smith (2004) „The use of computer and video games for learning. A review of the literature.“ Die Zusammenfassung bietet einen Überblick über den Nutzen von Computer- und Videospiele für das Lernen. Der Nutzen liegt demnach darin, dass die Spiele Spaß machen, eine Herausforderung und ein sofortiges Feedback bieten und dass über so ein Medium große Mengen an Inhalt verarbeitet werden können (Mitchell & Savill-Smith, 2004, S. 58).
- Shen et al. (2009) zeigen mit ihrer Studie „Serious Games and Seriously Fun Games: Can They Be One and the Same?“, dass diese genauso unterhaltsam sein können, wie herkömmliche Video- und Computerspielen (Shen et al., 2009, S. 60).
- Die Zusammenfassung von 129 Einzelstudien: „A systemic literature review of empirical evidence on computer games and serious games“ von Connolly et al. (2012) führte zu der folgenden Erkenntnis: „The most frequently occurring outcomes and impacts were knowledge acquisition/content understanding and affective and motivational outcomes“ (Connolly, Macarthur, Boyle & Hailey, 2012, S. 661).
- Die Metaanalyse zu den kognitiven und motivationalen Effekten von Serious Games von Wouters et al. (2013) fasst zusammen: . . .serious games were found to be more effective in terms of learning . . . and retention . . ., but they were not more motivating . . . than conventional instruction methods“ (Wouters et al., 2013, S. 249).

Anhand der genannten Studien sieht man, wie kontrovers die Wirkung von Serious Games diskutiert wird. Allerdings spricht keiner der Befunde dagegen, dieses Genre im Unterricht einzusetzen. Nachfolgend werden zwei Beispiele für Serious Games, die im Unterricht zum Einsatz kommen können, vorgestellt.

Unterrichtsbeispiele Serious Games

Fast zeitgleich mit dem Entwicklungsprozess der vorliegenden Arbeit startete die Produktion des Serious Games „Serena Supergreen“⁴⁰. Es wurde im Zeitraum 2015 bis 2017 vom Wissenschaftsladen Bonn, der Firma „The good evil“, der Technischen Universität Dresden und der Technischen Universität Berlin entwickelt (Spangenberg, Draeger, Kapp & Kruse; Spangenberg, Kapp, Kruse & Matthes, 2018; Spangenberg, Kruse & Kapp, 2019). Das Entwicklungsteam beschäftigte sich mit der Fragestellung, wie das Interesse von Mädchen für Technik geweckt werden kann. Gleich zu Beginn der Konzeption des Spiels wurden Schülerinnen sowie junge Gamerinnen in die Spielentwicklung mit einbezogen. Im Projektverlauf wurde das Spiel in verschiedenen Entwicklungsstadien

40 Abgerufen am 07.09.2019 von <http://serena.thegoodevil.com/>

getestet und evaluiert.⁴¹ Serena Supergreen ist ein Point-and-Click-Adventure⁴², das eine lebensnahe Abenteuergeschichte erzählt, in der 11- bis 16-Jährige zentrale technische Aufgabenbereiche spielerisch erproben können. Hierzu gehören beispielsweise das Abseilen von einer Windkraftanlage, das Entschlüsseln von Schaltplänen und das Reparieren von technischem Gerät.^{43/44} Das Spiel kann als App (kostenlos) auf einem Endgerät installiert und dort gespielt werden. Es ist inhaltlich sehr umfangreich und hat auch eine längere Spieldauer. Über Sprungcodes kann man aber an ausgewählte Stellen gelangen, so dass man das Spiel im Unterricht auch auszugsweise spielen kann. Für die Planung der Unterrichtseinheiten gibt es auch ein umfangreiches Unterrichtsmaterial⁴⁵. Die Forschung zu Serena Supergreen wurde zusammenfassend wie folgt kommentiert:

„Die Evaluation des Prototypens von SERENA SUPERGREEN im Rahmen des Projekts „Serena“ (Laufzeit 2015-2017) hat gezeigt, dass das Spiel die Zielgruppe der Mädchen zur Auseinandersetzung mit technischen Aufgaben bringt und ein Ausgangspunkt für die Berufsorientierung im Feld Erneuerbare Energien ist.“⁴⁶

Für die vorliegende Arbeit war das Projekt dahingehend relevant, dass die Zielgruppe ebenfalls in die Entwicklung mit einbezogen wurde. Die Rahmenbedingungen der Entwicklungen waren ansonsten nicht vergleichbar. Serena Supergreen wurde über ein gefördertes Projekt und mit einem professionellen Game Studio umgesetzt. Für das in dieser Arbeit umgesetzte Medium standen nur begrenzte finanzielle Ressourcen zur Verfügung und die Entwicklung sollte auch so gestaltet sein, dass sie von Lehrkräften fortgeführt werden könnte.

Ein weiteres Serious Game, das von der gemeinnützigen Hertie-Stiftung für den Einsatz an Schulen entwickelt wurde, ist „Blue Brain Club – Spielerisch das Gehirn entdecken“⁴⁷. Es wurde 2018 veröffentlicht, ist webbasiert und bietet Schüler*innen einer Klasse in einem Multiplayer-Modus die Möglichkeit, gemeinsam Aufgaben und Rätsel rund um das menschliche Gehirn zu lösen. Spielbar ist

41 Abgerufen am 07.09.2019 von <http://serena.thegoodevil.com/projekt/>

42 Das „Point-and-Click-Adventure“ ist ein Spiel-Genre bei dem es darum geht, Dinge, die auf dem Bildschirm angezeigt werden, anzuklicken und zum Beispiel einzusammeln. Mit dem „Weiterklicken“ bewegt sich die Spielfigur, unterhält sich mit anderen Spielfiguren etc., abgerufen am 12.10.2019 von https://praxistipps.chip.de/point-and-click-adventure-das-versteht-man-unter-diesem-videospiel-genre_108551

43 Abgerufen am 07.09.2019 von <http://www.serenasupergreen.de/presskit/index.php?l=de>.

44 Trailer zum Spiel Serena Supergreen, abgerufen am 07.09.2019 von <https://www.youtube.com/watch?v=HCtCj6Bq7G8>

45 Abgerufen am 07.09.2019 von <https://serena.thegoodevil.com/unterricht/>

46 Abgerufen am 07.09.2019 von <http://serena.thegoodevil.com/forschung/>

47 Abgerufen am 12.10.2019 von <https://www.bluebrainclub.de/login>

Blue Brain am PC und am Tablet.⁴⁸ Zu dem Spiel gibt es auch eine Anleitung für Lehrkräfte⁴⁹. Das Spiel wurde ebenfalls von einem professionellen Serious-Game-Unternehmen technisch umgesetzt. Die genannten Beispiele zeigen, dass es Bemühungen gibt, Serious Games als Medium in den Unterricht zu integrieren. Es bestehen zwar Annahmen, dass der Einsatz von Serious Games zu mehr Motivation und besseren Lernprozessen sowie -ergebnissen führt (Wilson et al., 2009, S. 234). Trotzdem sind nach wie vor wenige Forschungsergebnisse zum tatsächlichen Einsatz an deutschen Schulen, weil sie dort bisher nur selten eingesetzt werden, vorhanden (Albrecht & Revermann, 2016, S. 72; Helm & Schultheiss, 2013, S. 151–152). Weil die meisten Evaluationsstudien in der Regel einzelne Projekte betrachten, fehlt in Deutschland eine Gesamtübersicht zum Einsatz digitaler Spiele in den verschiedenen Bildungsbereichen (Breuer, 2010, S. 29).

Einsatz Serious Games im Schulkontext international

Vor zehn Jahren wurde in den europäischen Ländern Dänemark, Großbritannien, Frankreich, Italien, Niederlande, Österreich, Spanien und Litauen das Projekt „Games in Schools“ (Laufzeit 2008–2009) durchgeführt. Dabei wurden Lehrkräfte und Schulklassen beim Einsatz unterschiedlichster digitaler Spiele zu Lernzwecken begleitet. Über 500 Lehrkräfte wurden zu Gründen für ein Interesse oder Desinteresse an digitalen Lernspielen und zu Schwierigkeiten beim Einsatz dieses Mediums im Schulkontext befragt (Wastiau, Kearney & van den Berghe, 2009). Die Studie kam zu folgenden Ergebnissen: Die meisten befragten Lehrkräfte zeigten ein generelles Interesse am Einsatz von Computer- und Videospielen im Unterricht. Sie hoben in diesem Zusammenhang vor allem eine Verstärkung der Lernmotivation heraus und sahen Potentiale, dass durch den Einsatz digitaler Lernspiele die Erreichung von Lernzielen erleichtert werden könnte (Wastiau et al., 2009, S. 85). Als Herausforderungen sahen sie, neben den Kosten für Spielesoft- und -hardware, eine geringe zeitliche Flexibilität im Lehrplan, Probleme bei der Auswahl der richtigen Spiele und skeptische Haltungen im Kollegenumfeld (Wastiau et al., 2009, S. 80).

48 Trailer zum Spiel abgerufen am 12.10.2019 von https://www.youtube.com/watch?time_continue=1&v=xonqhi7d6LI

49 Abgerufen am 12.10.2019 von <https://www.bluebrainclub.de/login#teacher>

Mitgutsch und Wagner (2010) führten das Projekt „Didaktische Szenarien des Digital Game Based Learning“ an Schulen in Österreich durch. Dabei wurden populäre Computerspiele im Unterricht eingesetzt und eruiert, inwiefern ein Einsatz unter den Rahmenbedingungen (Zeitbudget von Lehrkräften und Schüler*innen, Einverständnis der Eltern, technische Ausstattung der Schulen, Möglichkeit des Ankaufs von Computerspiellizenzen) im Unterricht möglich ist (Wagner & Mitgutsch, 2009, S.5). Zentrale Ergebnisse des Projekts waren, dass die Lehrkräfte die Spiele überwiegend deshalb einsetzen würden, weil ihre Schüler*innen dadurch motivierter sind. Außerdem würde die kreative und selbstständige Aneignung von Wissen durch digitales Spielen angeregt. Die Lehrkräfte gaben aber auch an, dass beim Einsatz von digitalen Spielen im Unterricht ein (zu) hoher Zeitaufwand notwendig sei und es die strikten Lehrpläne auch schwer machten, diese Medien im Unterricht einzusetzen (Wagner & Mitgutsch, 2009, S. 31).

In den USA werden digitale Spiele bereits seit einigen Jahren an Schulen, Universitäten und in Unternehmen zu Bildungszwecken eingesetzt (Breuer, 2010; Farber, 2017; Marr, 2010; Michael & Chen, 2006). Das ist nicht weiter verwunderlich, weil Sawyer und Reyeski das erste Serious Game-Netzwerk⁵⁰ in Amerika gründeten und dem Genre Serious Games damit zu einem weltweiten Aufschwung verhelfen (Bopp, 2009; Djaouti et al., 2011; Marr, 2010; Sawyer & Rejeski, 2002). Einen Einblick gibt die Plattform FilamentGames. Die Institution möchte Lehrkräften, Schulleiter*innen und Pädagog*innen weltweit die Vorteile und die Stärke von GBL und DGBL vermitteln. Von FilamentGames werden Lernspiele entwickelt und Studien zum Einsatz der Spiele durchgeführt, um Erkenntnisse zur Optimierung der Spielentwicklung zu erhalten.⁵¹ In Amerika gibt es auch seit 2010 die „National Stem Video Game Challenge“⁵², die Schüler*innen mit einem Wettbewerb dafür begeistern möchte, digitale Spiel selbst zu designen und zu programmieren. Sie werden dabei von einem kompetenten Netzwerk unterstützt. An dem Wettbewerb beteiligen sich von Jahr zu Jahr mehr Teilnehmer*innen, im Jahr 2010 waren es noch 600 eingereichte Projekte, im Jahr 2016 beteiligten sich schon 5000 Akteur*innen. Im Jahr 2008 wurde von Baek die Studie „What hinders teachers in using computer and video games in the classroom? Exploring factors inhibiting the uptake of computer and video games“, mit 444 koreanischen Lehrkräften durchgeführt (Baek, 2008, S. 666). Auch in Korea wurden von den Lehrkräften ähnliche Gründe (im Vergleich zu den bereits genannten internationalen Studien) genannt, die

50 Abgerufen am 02.04.2019 von www.seriousgame.org

51 Weiterführende Informationen zu filamentgames, abgerufen am 02.04.2019 von <https://www.filamentgames.com/>

52 Abgerufen am 20.07.2019 von <http://stemchallenge.org/about/>

sie davon abhalten würden, digitale Spiele im Unterricht einzusetzen:

- “Inflexibility of curriculum,
- Negative effects of gaming,
- Students’ lack of readiness
- Lack of supporting materials
- Fixed class schedules
- Limited budgets” (Baek, 2008, S. 665).

Zusammengefasst lässt sich festhalten, dass Serious Games im Unterrichts- und Schulkontext bisher ihren Schwerpunkt in Amerika haben, aber seit den letzten zehn Jahren auch in europäischen Ländern zum Einsatz kommen. In Deutschland werden sie bisher vereinzelt eingesetzt, wie unter anderem auch im Kapitel II, Unterpunkt 4.1 bereits an den in den letzten beiden Jahren durchgeführten Studien gezeigt wurde.

5.4 Fazit Genre Serious Games

Die im vorausgegangen Unterpunkt 5.3 gerade genannten Faktoren, die Lehrkräfte entweder dazu motivieren oder davon abhalten, Serious Games im Unterricht einzusetzen, sind bei der Planung der Implementierung von Serious Games im Unterricht zu bedenken. Der Ausbau der Expertise bei Lehrkräften zur Nutzung von digitalen Lernspielen und der Abbau von Barrieren bei Schüler*innen können mit entsprechenden Schulungskonzepten und hochwertigen Unterrichtsmaterialien sicherlich realisiert werden. Lehrkräfte müssen vom Nutzen der Serious Games überzeugt sein, sonst werden sie nicht in den Unterricht integriert (Helm & Schultheiss, 2013, S. 155). In diesem Zusammenhang spielt auch die Qualität der digitalen Spiele eine Rolle. Shen et al. (2009, S. 59) und Jantke (2007, S. 7) haben in ihren Analysen gezeigt, dass viele digitale Lernspiele von „fragwürdiger“ Qualität sind. Die notwendigen strukturellen Änderungen (Ausstattung und Internet) und gesellschaftliches Ansehen des Genres „Spiel“ im Unterrichtskontext stellen vermutlich die größten Hürden dar. Hierzu passt auch eine der zehn Forderungen des game – Verband der deutschen Games-Branche e.V. die in ihrem Jahresreport 2018 veröffentlicht wurden: „Digitale Bildung stärken: Unser Bildungssystem muss besser als bisher digitale Fertigkeiten vermitteln. Hierzu können gerade auch Serious Games einen wesentlichen Beitrag leisten. Ihr Einsatz in Schule und Ausbildung muss gemeinsam mit der Vermittlung von Medienkompetenz gestärkt

werden“ (game – Verband der deutschen Games-Branche e.V., 2018, S. 35). Die Bundesregierung ist dieser Forderung zwar schon nachgekommen, indem Serious Games im aktuellen Koalitionsvertrag erwähnt werden, allerdings sind sie hier nur als Medium in der beruflichen Fortbildung vorgesehen:

„Im Bereich der beruflichen Bildung kommt neben dem praxisnahen Einsatz digitaler Elemente im Unterricht der Ausstattung zeitgemäßer Lehrwerkstätten eine besondere Bedeutung zu. Wir wollen eine zukunftsfähige Ausbildung für die Entwicklung der vernetzten Produktion unterstützen und den Einsatz adaptiver Lernsysteme und ‚Serious Games‘ in der Berufsbildung schaffen“ (Koalitionsvertrag, 2018, S. 40).

Wie eine Anbindung an den Lehrplan gelingen kann, liegt auch in den Händen der Game-Entwickler*innen. Wenn sich Spiele auch inhaltlich am Lehrplan orientieren, sollte es kein Problem sein, ein qualitatives digitales Spiel anstatt eines anderen Lernmediums einzusetzen. Die Auswahl von geeigneten Serious Games würde sicherlich dadurch erleichtert, wenn diese vor der Veröffentlichung durch bestimmte Kriterien auf ihre Eignung für den Unterricht beurteilt werden würde. Das „Serious Games Information Center“⁵³, das im Jahr 2018 gegründet wurde, hat hierzu schon ein Projekt auf den Weg gebracht. Das Netzwerk bietet eine Plattform, auf der Game-Entwickler*innen ihre Spiele, kategorisiert nach DIN-Kriterien, einstellen können. Eine weitere Möglichkeit, um digitale Spiele für den Unterricht zu finden, bietet die Online-Kompetenzplattform für Medienpädagogik in der digitalen Spielkultur „Digitale Spielwelten“⁵⁴. Die Plattform stellt Lehrkräften und Eltern Materialien und Informationen zum Thema digitale Spiele zur Verfügung.

Im Kapitel V wird die Konzeption und Erprobung der digitalen Medien virtuelle Welt „Faszination Faser-verbundwerkstoffe“ (FasziFa) mit Anteilen eines Serious Games“ und des Serious Game „Composites Cup on Tortuga“ beschrieben. Bevor der praktische Teil dieser Arbeit vorgestellt wird, soll im vorgeschalteten Kapitel IV. die Relevanz von digitalen Medien mit dem Themenschwerpunkt „Faserverbund“ für den Schulunterricht erläutern werden.

⁵³ Abgerufen am 07.07.2019 von <https://seriousgames-portal.org/>

⁵⁴ Abgerufen am 20.07.2019 von <https://digitale-spielwelten.de/>

IV. Relevanz des digitalen Mediums zum Thema Faserverbund für den Schulunterricht

Wie im Kapitel I.2 dieser Arbeit beschrieben, leisten Faserverbundwerkstoffe gerade im Bereich des Leichtbaus einen Beitrag zur Ressourcenschonung. Wie eingangs bereits zitiert, trägt jedes eingesparte Kilogramm an bewegter Masse zur Klimaschonung bei (Kopp, Burkhardt & Majic, 2011, S. 75). In der Publikation „Ressourceneffizienz im Leichtbau“ des Verbandes deutscher Ingenieure (VDI) wird der Leichtbau als ein Musterbeispiel für die Verdeutlichung von Ressourceneffizienz-Potentialen beschrieben. Flugzeuge sind seit jeher für ihre Leichtbauweisen bekannt. Doch das aktuell in der Gesellschaft immer mehr an Bedeutung gewinnende Thema Elektromobilität erfordert ebenfalls neue Strategien bei der Materialauswahl. So werden in der Automobilindustrie vermehrt Leichtbaukonzepte entwickelt, die zur Reduktion von Treibhausgasen und zur Erhöhung der Reichweiten von Elektrofahrzeugen beitragen sollen (Kaiser, Krauss, Seitz & Kirmes, 2016, S. 8–10). In der Leichtbau-Produktion werden immer mehr spezifische hochfeste Stähle und faserverstärkte Kunststoffe eingesetzt, welche die klassischen, teilweise sehr schweren Stähle, nach und nach ablösen (Gude et al., 2015, S. 24; Kaiser et al., 2016, S. 10).

Damit Schüler*innen das komplexe Thema „Leichtbau“ verstehen und sich mit dem für die Gesellschaft immer mehr an Bedeutung gewinnenden Thema „Ressourcenschonung“ in vielen Facetten auseinandersetzen können, ist es notwendig, dass sie die Grundlagen dieser Bauweise verstehen. Dazu gehört vor allem, dass sie die Besonderheit von Leichtbaumaterialien, wie zum Beispiel Faserverbundwerkstoffen, kennenlernen. Unter Punkt 3 dieses Kapitels wird ausführlicher auf Faserverbundwerkstoffe im Allgemeinen eingegangen und ein Bezug zur Bionik⁵⁵ hergestellt. Die Einführung von Faserverbundwerkstoffen und der Leichtbauweise im Unterricht können mit einem Exkurs zur Bionik, die Naturbeobachtungen in einen technischen Anwendungskontext überträgt (Nachtigall & Wisser, 2013, S. 244), verbunden werden. Nachfolgend soll gezeigt werden, welche Anknüpfungspunkte die Lehrpläne der bayerischen Mittel- und Realschulen sowie des Gymnasiums für die Einbindung von Faserverbundwerkstoffen im Unterricht bieten.

⁵⁵ Der Begriff Bionik wurde erstmals im Jahre 1960 verwendet und setzt sich aus den Worten Biologie und Technik zusammen, Quelle: Küppers, E. W. Udo: Systemische Bionik.

1. Faserverbund im LehrplanPLUS

In Bayern wurden unter anderem die Lehrpläne für die Mittelschule, die Realschule, das Gymnasium und die berufliche Oberschule überarbeitet. Der neue LehrplanPLUS startete im Schuljahr 2017/18 (LehrplanPlus, 2018, o.S.).

Die neuen Lehrpläne sind kompetenzorientiert ausgerichtet und geben Auskunft über die im Unterricht nachhaltig aufzubauenden Kompetenzen, außerdem beschreiben sie, durch welche Inhalte diese erworben werden sollen. Die aufgeführten Kompetenzen gehen über reines Wissen hinaus und haben stets konkrete Anwendungssituationen im Blick. Die Schüler*innen werden demnach in die Lage versetzt, „Werkzeuge“ zu schaffen, die sie zur Lösung lebensweltlicher Problemstellungen, zur aktiven Teilhabe an gesellschaftlichen Prozessen und an kulturellen Angeboten sowie nicht zuletzt zum lebenslangen Lernen befähigen. Eine weitere Besonderheit des LehrplanPLUS-Systems ist die Bereitstellung von zusätzlichen Materialien, Aufgaben, Medien und erläuternden Informationen im Serviceteil der Online-Version, so die Kurzbeschreibung auf der Internetseite des Staatsinstituts für Schulqualität und Bildungsforschung (ISB) (LehrplanPlus, 2018, o.S.).

Das Thema Faserverbundwerkstoffe ist ein Bestandteil der Lehrpläne für die Mittelschulen, Realschulen und Gymnasien. Im LehrplanPLUS der Realschulen, der im Schuljahr 2020/2021 startet, hat das Thema im Fach Werken einen eigenen Lernbereich mit 28 Stunden in der 8. Jahrgangsstufe (LehrplanPlus Realschule 8. Jahrgangsstufe, 2018, o.S.) und 24 Stunden in der 10. Jahrgangsstufe (ab dem Schuljahr 2022/2023) (LehrplanPlus Realschule 10. Jahrgangsstufe, 2018, o.S.) erhalten. Im Folgenden werden die Lehrplaninhalte der Mittel- und Realschule sowie des Gymnasiums vorgestellt, die das Thema Faserverbund beinhalten.

1.1 Lehrplananbindung Mittelschulen

Im Lehrplan der Mittelschulen wird das Thema Faserverbund in der 9. Jahrgangsstufe im Fachbereich „Natur und Technik“ (gültig ab Schuljahr 2021/2022)⁵⁶ aufgegriffen. Die Schüler*innen sollen verschiedene Kunststoffe (zum Beispiel Thermoplaste, Duroplaste etc.) und deren spezifische

⁵⁶ Abgerufen am 11.04.2019 von <https://www.lehrplanplus.bayern.de/fachlehrplan/mittelschule/9/nt/mittlere-reife-klasse>

Eigenschaften und Verwendungsmöglichkeiten kennenlernen. Darauf aufbauend sollen sie sich mit Fertigungsverfahren und abschließend mit dem Recycling der Werkstoffe beschäftigen (LehrplanPlus Mittelschulen, 2018).

1.2 Lehrplananbindung Realschulen

Der Lehrplan der Realschulen greift das Thema Faserverbund im Fach Werken (gültig ab dem Schuljahr 2020/2021) sehr umfangreich auf. In der 8. Jahrgangsstufe sind für den Themenkomplex 28 Stunden vorgesehen. Zusammengefasst sollen die Schüler*innen die Entwicklungsgeschichte und Anwendungsbereiche von Kunststoffen sowie die Ausgangsstoffe, die zur Produktion benötigt werden (z.B. Erdöl, Erdgas, Kohle), kennenlernen. Darauf aufbauend setzen sie sich mit den Eigenschaften und den Aufbau von Faserverbundwerkstoffen (Faserarten, Matrix, Laminat) auseinander.

Im Fach Werken spielt auch die Ver- und Bearbeitung eine wichtige Rolle, deshalb werden die Schüler*innen verschiedene Fertigungsmöglichkeiten kennenlernen. Hierzu gehören unter anderem thermisches Umformen (linear und flächig, z. B. Heißluftgerät, Heizstab), Schleifen, Schneiden etc.. Die Schüler*innen setzen sich in diesem Zusammenhang auch mit dem Gesundheitsschutz (Schutz vor Dämpfen und Stäuben) auseinander. Zu guter Letzt werden auch die Themen Entsorgung, Recycling und Alternativen zu nicht nachwachsenden Rohstoffen thematisiert (LehrplanPlus Realschule 8. Jahrgangsstufe, 2018, o.S.).

In der 10. Jahrgangsstufe ist ein weiterer umfangreicher Lernbereich (ca. 24 Std.) im Fach Werken (gültig ab dem Schuljahr 2022/2023) vorgesehen, der das Thema Kunststoffe noch mehr vertieft⁵⁷. Aufbauend auf die in der 8. Jahrgangsstufe erworbenen Kompetenzen sollen sich die Schüler*innen tiefergehend mit den Herstellungsverfahren der Kunststoffe (Polymerisation, Polykondensation, Polyaddition) und industriellen Formungsverfahren (Spritzgießen, Extrudieren, Kalandrieren, Tiefziehen, Extrusionsblasformen, Schäumen) sowie mit Faserverbundwerkstoffen (Aufbau, textile Halbzeuge, Harze, Leime) und deren spezifischen Eigenschaften (z. B. sehr geringes Gewicht, lange Lebensdauer) beschäftigen (LehrplanPlus Realschule 10. Jahrgangsstufe, 2018, o.S.).

⁵⁷ Abgerufen am 11.04.2019 von <https://www.lehrplanplus.bayern.de/fachlehrplan/realschule/10/werken>

1.3 Lehrplananbindung Gymnasium

Im LehrplanPlus der Gymnasien wird das Thema Kunststoffe in der 12. Klasse im Fach Chemie aufgegriffen. Unter dem Punkt „Synthetische Makromoleküle – Werkstoffe nach Maß“ sollen die Schüler*innen Kunststoffe den Gruppen Thermoplaste, Elastomere und Duroplaste zuordnen und bewerten. Auf Grund dieser Einteilung werden die Schüler*innen die Eignung ausgewählter Kunststoffe für verschiedene Einsatzgebiete abwägen können. Weiter lernen sie die Struktur und Eigenschaften der Kunststoffe und deren Schmelzverhalten, Zersetzung, Härte und Elastizität kennen. Ein weiterer Schwerpunkt der Unterrichtseinheit wird auf der Verwendung von Kunststoffen in Alltag und Technik liegen. Die Schüler*innen sollen sich in diesem Zusammenhang mit Natur- und Kunstfasern (u.a. Wolle, Seide, Baumwolle, Nylon, Polyethylenterephthalat (PET)) und dem Ersatz von klassischen Werkstoffen beschäftigen und Spezialkunststoffe (z.B. Klebstoffe, Carbonfasern, Kunststoffe in der Nanotechnologie) erforschen.

Dieser Teil des Lehrplans befindet sich allerdings (Stand August 2018) noch in der Überarbeitung, so dass weitere Anknüpfungspunkte derzeit nicht dargestellt werden können (LehrplanPlus Gymnasium, 2018).

Unabhängig von den Fachlehrplänen bietet das Gymnasium mit dem Format „P-Seminar“⁵⁸, welches zur Studien- und Berufsorientierung dient, viele weitere Anknüpfungspunkte für Schüler*innen, die Faserverbundbranche sowohl theoretisch, als auch praktisch kennenzulernen. So können Gymnasien ein P-Seminar zu einem Themenfeld der Faserverbundbranche anbieten und ihren Schüler*innen so die Möglichkeit geben, sich mit dem Thema über einen längeren Zeitraum (drei Halbjahre) zu beschäftigen.⁵⁹ Wie man an den Lehrplanauszügen sieht, bieten sich in allen allgemeinbildenden Schulen viele Möglichkeiten an, das Thema Faserverbundwerkstoffe im Unterricht zu behandeln. Neben den bereits genannten Anbindungsmöglichkeiten an die jeweiligen Lehrpläne der Schulen besteht die Möglichkeit, Projekttag für eine theoretische und praktische Auseinandersetzung mit Faserverbundwerkstoffen zu nutzen.

⁵⁸ Erklärung P-Seminar: Das P-Seminar in der Oberstufe des bayerischen Gymnasiums unterstützt die Schüler*innen bei ihrer Studien- und Berufsorientierung. Im Laufe von drei Halbjahren eignen sie sich allgemeine Kenntnisse über Studiengänge und Berufsfelder an und erhalten über die Zusammenarbeit mit externen Partnern Einblicke in die heutige Arbeits- und Berufswelt. Die Verknüpfung der Studien- und Berufsorientierung mit dem gemeinsam geplanten und durchgeführten Projekt schafft den Rahmen, Selbst- und Sozialkompetenzen weiterzuentwickeln, den Blick für die eigenen Wünsche, Interessen und Stärken zu schärfen und diese zu hinterfragen. Die erlernten Methoden fördern die Entwicklung einer umfassenden Handlungskompetenz zur Studien- und Berufsorientierung. Abgerufen am 05.07.2019 von <http://www.oberstufenseminare.bayern.de/p-seminar/p-seminar-ziel/>

⁵⁹ Beispiel für die Ergebnispräsentation eines Carbon – P-Seminars abgerufen am 05.07.2019 von <https://www.youtube.com/watch?v=xJKNKa-2pX0>

2. Veröffentlichte Unterrichtsmaterialien Faserverbundwerkstoffe

Da Faserverbundwerkstoffe erst in den letzten Jahren einen großen Durchbruch in der Industrie und Wirtschaft erreichen konnten, sind sie auch für viele Lehrkräfte noch eher unbekannt. Nachfolgend werden kurz die bereits veröffentlichten Unterrichtsmaterialien⁶⁰ und Weiterbildungsangebote für Lehrkräfte vorgestellt.

Das CFK-Valley Stade e.V. hat in Kooperation mit dem Bildungsbüro Stade das Programm „CFK-Kiste“⁶¹ entwickelt. Diese gliedert sich in ein Lehrkräftemodul, ein Schüler*innenmodul und ein Exkursionsmodul zum Thema CFK. Mit dem Programm sollen die Heranwachsenden die Anwendungsmöglichkeiten und die vielfältigen Berufs- und Studiemöglichkeiten der CFK-Branche kennenlernen können.

Auf dem Portal „skyfuture“⁶² finden Lehrkräfte Arbeitsblätter⁶³ zum Thema CFK, die sich mit Experimenten zu Faserverbundmaterialien beschäftigen. Dort wird beschrieben, wie man selber ein Werkstück aus Faserverbundmaterialien erstellen kann. Außerdem gibt es ein Arbeitsblatt, auf dem die Schüler*innen die Eigenschaften von CFK zuordnen können.

Auf dem Wissensportal DLR_next⁶⁴ gibt es zahlreiche Unterrichtsmaterialien und Informationen für Lehrkräfte und Schüler*innen zum Thema Luft- und Raumfahrt. Diese beschäftigen sich in vielseitiger Art und Weise, mal im Schwerpunkt, mal im Querschnitt, mit Faserverbundwerkstoffen.

Der Carbon Composites e.V.⁶⁵, die Hochschule Augsburg⁶⁶ und die Initiative Junge Forscherinnen und Forscher e.V. haben den Schulbesuch Leichtbau⁶⁷ gemeinsam entwickelt und bieten diesen für Schulen in verschiedenen Regionen Bayerns an. Er gibt Schüler*innen der 9. Jahrgangsstufe in vier

60 Es besteht kein Anspruch auf Vollständigkeit, Stand der Recherche 02.08.2018.

61 Abgerufen am 31.07.2018 von http://www.bildungslotse.info/index.php?article_id=147 und <http://polymercompositeconsulting.de/cfk-kiste/bestellungen/>

62 Abgerufen am 31.07.2018 von https://www.skyfuture.de/portal-zu-ausbildung-und-studium-in-der-luft-und-raumfahrttechnik/?no_cache=1

63 Abgerufen am 31.07.2018 von <http://www.skyfuture.de/aktionen/follow-me-box/>

64 Abgerufen am 31.07.2018 von <https://www.dlr.de/next/>

65 Abgerufen am 31.07.2018 von <https://www.carbon-composites.eu/de/wissen/%C3%BCberpunkt-4/aktionsprogramme/schulbesuch-leichtbau/>

66 Abgerufen am 31.07.2018 von <https://www.hs-augsburg.de/>

67 Abgerufen am 31.07.2018 von <https://www.initiative-junge-forscher.de/lehrer/schulbesuche/leichtbau/>

Schulstunden einen Überblick über das Thema Leichtbau und soll zeigen, welches Potenzial, welche technische, wirtschaftliche und ökologische Bedeutung diese Schlüsseltechnologie hat und welche Berufschancen sie bietet.

Ebenfalls vom Carbon Composites e.V. und von der Initiative Junge Forscherinnen und Forscher e.V. wurde eine Fortbildung für Lehrkräfte zum Thema Leichtbau⁶⁸ entwickelt, die an vielen verschiedenen Standorten Bayerns angeboten wird. Die Lehrkräfte erhalten eine Einführung in die Grundprinzipien von Leichtbau und Faserverbundwerkstoffen und können testen, wie man Schüler*innen durch einfache Experimente das Thema Leichtbau näherbringen kann.

Vom Anwenderzentrum Material- und Umweltforschung (AMU)⁶⁹ der Universität Augsburg und dem Carbon Composites e.V. wurde das Lehrerhandbuch Faserverbundwerkstoffe erarbeitet. Es bietet Lehrkräften eine Überblicksdarstellung über die Grundlagen, Herstellungsverfahren, beruflichen Möglichkeiten und praktische Umsetzung von Faserverbund-Werkstücken im Unterricht. Das Lehrerhandbuch ist als Unterrichtsmaterial im LehrplanPlus der Realschulen hinterlegt⁷⁰.

Ebenfalls vom Anwenderzentrum Material- und Umweltforschung der Universität Augsburg wurde ein Lernkoffer Faserverbund⁷¹ erarbeitet. Der Lernkoffer beinhaltet Materialien für eine Unterrichtseinheit zum Thema Faserverbundwerkstoffe. In dem Koffer befinden sich verschiedene Materialproben und eine Anleitung für die Erstellung eines Werkstücks aus Glasfasermatten und Leim. Außerdem wurden vom AMU Wissensfilme zu Carbon gedreht, die über YouTube abrufbar sind. Dabei handelt es sich um den Kinderfilm „Was ist eigentlich Carbon?“⁷² – ein Film, der Kindern im Grundschulalter auf spielerische Art und Weise die Grundlagen von Faserverbundwerkstoffen vermittelt. Außerdem wurde ein Film (Zukunftschance Faserverbund⁷³) für Heranwachsende ab der 8. Jahrgangsstufe konzipiert, der über die Anwendungsbereiche von Carbon in der Forschung und Industrie sowie über Berufs- und Studiemöglichkeiten informiert.

68 Abgerufen am 31.07.2018 von <https://www.carbon-composites.eu/de/wissen/%C3%BCberpunkt-4/unterrichtsmaterialien/lehrerfortbildung/>

69 Abgerufen am 31.07.2018 von <https://www.uni-augsburg.de/de/forschung/einrichtungen/institute/amu/bildung/>

70 Abgerufen am 31.07.2018 von https://www.lehrplanplus.bayern.de/sixcms/media.php/71/CCeV_Lehrerhandbuch_Faserverbundwerkstoffe.pdf

71 Abgerufen am 31.07.2018 <https://www.uni-augsburg.de/de/forschung/einrichtungen/institute/amu/bildung/unterrichtsmaterialien/>

72 Abgerufen am 31.07.2018 <https://www.youtube.com/watch?v=JtRxKqatBfk>

73 Abgerufen am 31.07.2018 <https://www.youtube.com/watch?v=L0kBlqiB-A0>

Das Schullandheim Bliensbach⁷⁴ und das Anwenderzentrum Material- und Umweltforschung der Universität Augsburg betreiben gemeinsam außerschulische Lernorte⁷⁵, die im Schullandheim Bliensbach und an der Universität Augsburg verortet sind. In diesen barrierefreien Laboren können Schüler*innen ab der 6. Jahrgangsstufe mit ihren Lehrkräften das Programm „Carbon unter die Lupe genommen“ buchen. Das Tagesprogramm sieht sowohl die theoretische Wissensvermittlung von Faserverbundgrundlagen sowie die Erstellung eines Werkstücks aus Faserverbundmaterialien im Labor vor.

Es gibt also schon einige Unterrichtsmaterialien, Unterrichtsangebote und Fortbildungen für Lehrkräfte zum Thema Faserverbund. Was bisher noch fehlt, ist ein Medium, das den Schüler*innen eine selbsttätige Beschäftigung mit den Eigenschaften von Faserverbundwerkstoffen ermöglicht, welches auch außerhalb einer Laborumgebung und ohne Einsatz teurer Anschauungsmaterialien nutzbar ist. Dafür eignen sich virtuelle Welten oder Serious Games, da die Experimente durch diese Medien virtuell durchgeführt werden können (Schultheiss & Helm, 2013, S. 146). So ist die Idee entstanden, eine virtuelle Welt mit Anteilen eines Serious Games zu entwickeln, die sich im Schwerpunkt mit Faserverbundwerkstoffen beschäftigt.

3. (Faser-) Verbundwerkstoffe

In der Technikentwicklung werden immer höhere Anforderungen an Werkstoffe gestellt. Diese können einzelne Materialien, wie zum Beispiel Metalle, Keramiken, Gläser und Kunststoffe, nicht mehr ohne weiteres erfüllen. Aus diesem Grund macht man sich die Kombination von zwei oder mehreren Werkstoffen zu einem Verbundwerkstoff zunutze (Seidel & Hahn, 2014; Henning, 2011; Kopp et al., 2011; Weidenmann & Wanner, 2011). Jeder, der schon einmal mit einem Flugzeug geflogen, mit einem Zug gefahren ist, auf Skiern stand oder ein Windkrafttrrad gesehen hat, wurde bewusst oder unbewusst mit Verbundwerkstoffen (meist Faserverbundwerkstoffen) konfrontiert. Die Aufzählung der Anwendungsgebiete lässt sich beliebig fortsetzen. So kommen Verbundmaterialien auch im Bauwesen, in der Medizintechnik, in der Raumfahrt und in der Sportbranche vielseitig zum Einsatz (Breuer et al., 2014, S. 5–14; Kopp et al., 2011, S. 59). Nachfolgend wird speziell auf Faserverbundwerkstoffe eingegangen, weil diese Materialklasse den Schwerpunkt der im Rahmen dieser Arbeit entwickelten Lernmedien bildet.

⁷⁴ Abgerufen am 31.07.2018 von <http://www.schullandheim-bliensbach.de/>

⁷⁵ Abgerufen am 31.07.2018 von https://www.uni-augsburg.de/de/forschung/einrichtungen/institute/amu/bildung/school_lab/

3.1 Definition Faserverbundwerkstoffe

Faserverbundwerkstoffe bestehen immer aus der Kombination von mindestens zwei Materialien, nämlich Fasern und Matrix. Es können unterschiedliche Fasern (zum Beispiel Naturfasern: Flachs, Hanf, Baumwolle; Technische Fasern: Aramidfasern, Kohlenstofffasern, Glasfasern) mit verschiedenen Matrices kombiniert werden (Karger-Kocsis, 2014, S. 34–39). Aus den kombinierten Materialien entsteht dann ein Werkstoff, der die positiven Eigenschaften von mindestens zwei Materialien vereint. Die Matrix (eingangs in dieser Arbeit zur Vorstellung bereits als „Kleber“ bezeichnet) hat die Funktion, die Fasern gegen äußere Einflüsse zu schützen und die Fasern an Ort und Stelle zu fixieren. Die Fasern wiederum bringen die Steifigkeit und die Festigkeit in den Verbund, übertragen die Lasten und bilden damit die Verstärkungskomponente (Henning, 2011a, S. 341).

Etwas einfacher gedacht kann man sich auch einen Faserverbundwerkstoff aus beispielsweise Wachs und Wolle vorstellen. Die Wolle wäre in dem Fall die Verstärkungskomponente (Fasern), die mit flüssigem Wachs (Matrix) umhüllt wird. Durch das Zusammenfügen der Materialien und das Aushärten (Trocknen des Wachses) entsteht ein neues Material.

3.2 Faserverbundwerkstoffe in der Natur

Faserverbundwerkstoffe sind, auch wenn sie ihren industriellen Durchbruch erst vor ca. 70 Jahren erlebten (Breuer et al., 2014, S. 4), kein Phänomen neuzeitlicher Entwicklung, sondern im Grunde so alt wie das menschliche Leben. In der Natur lassen sich viele Leichtbauprinzipien erkennen, die auf Faserverbundwerkstoffen gründen. So ist lasttragende, lebende Materie in der Regel als Faserverbundwerkstoff aufgebaut. Lasttragende Fasern sind dabei in eine formgebende, lasteinleitende Grundgewebematrix eingelagert (R&G Faserverbundwerkstoffe GmbH, 2009a, S. 3). Zur Verdeutlichung kann man sich die Bauweise eines Baumes ansehen. Holz besteht aus einer Verbindung von hochfesten Zellulosefasern in einer Matrix aus Lignin, einem vernetzten Kohlenwasserstoff. Dieser hat die Aufgabe, die Zellulosefasern zu verbinden, deren Ausknicken zu verhindern und sie auf Abstand zu halten (Seidel & Hahn, 2014, S. 333). Ein Baum kann sich dadurch in seinem Wachstum durch die Faser-Matrix-Kombination an die jeweilige Belastung und Umwelтанforderung anpassen. Verantwortlich dafür ist die geschickte, anisotrope Anordnung gebündelter Faserstränge auf mehreren

hierarchischen Ebenen. So werden richtungsabhängige Materialeigenschaften erzeugt. Die Festigkeit und Steifigkeit der Gewebe sind somit an die Größe und Richtung der äußeren auf sie einwirkenden Kräfte angepasst (R&G Faserverbundwerkstoffe GmbH, 2009a, S. 3). Die Natur verfolgt bei der Gestaltung von Strukturen in der Pflanzen- und Tierwelt immer ein Prinzip: Minimaler Einsatz von Energie und Material bei bestmöglicher Erfüllung der Funktion. Hierzu wurden in Jahrtausenden optimale Werkstoffe, Bauweisen und Geometrien entwickelt. Die Natur verfolgt damit auch die Strategie der Adaptivität, also die Anpassung von Werkstoffeigenschaften und Form an die jeweiligen Belastungen und Umwelтанforderungen (Drechsler, Karb, Kehrle & Witzel, 2007, S. 14).

Die sich in der Natur bewährenden optimalen Geometrien, Werkstoffe und Bauweisen hat der Mensch unter anderem in technische Entwicklungsprozesse übernommen. Der Fachbegriff für dieses Vorgehen nennt sich „Bionik“. Dieser beschreibt die Erforschung und systematische Übertragung von Konstruktionsprinzipien und Problemlösungen der Natur auf technische Anwendungen. Die Bionik ist also eine grenzüberschreitende Disziplin, welche die Vorbilder der Natur sichtet und analysiert und sie dann in technische Kontexte überträgt (Nachtigall & Wissler, 2013, S. 244). Als einer der ersten „Bioniker“ wird Leonardo da Vinci (1452 – 1519) verstanden. Er beobachtete zum Beispiel intensiv den Flug von Vögeln und probierte, ausgehend von diesen Erkenntnissen, die ersten Flugapparate zu konstruieren (Küppers, 2015, S. 3; Nachtigall & Wissler, 2013, S. 3). Damit versuchte er das Leichtbauprinzip eines Vogels auf ein eigenes Flugmodell zu übertragen. Die Leichtbauweise mit Verbundwerkstoffen hat also schon eine lange Geschichte und die Materialzusammenstellungen wurden immer weiter optimiert und erforscht. Heutzutage werden in der Leichtbauproduktion hauptsächlich Carbon (CF)- und Glasfaserverstärkte (GF) Kunststoffe eingesetzt, diesen widmet sich das nächste Unterkapitel.

3.3 Carbon- und Glasfaserverstärkte Kunststoffe (CFK und GFK)

Kunststoffe an sich sind kein modernes Material, sondern werden schon seit vielen Jahren in vielen verschiedenen Branchen und Anwendungsbereichen eingesetzt. Die großtechnische Produktion von Kunststoffen begann bereits im Jahr 1938 (Arbeitsgemeinschaft Deutsche Kunststoff-Industrie [AKI], 2003, S. 12). Kunststoffe haben eine vergleichsweise niedrige Festigkeit und Steifigkeit. Diese kann durch den gerichteten Einbau von Kohlenstoff- oder Glasfasern erheblich optimiert werden (Seidel & Hahn, 2014, S. 338). Fasern, die im Bereich der Fertigung von Verbundwerkstoffen zum Einsatz

kommen, sind in der Regel lange, dünne, biegbare und flexible Gebilde, die eine sehr hohe Zugfestigkeit aufweisen, aber unter Druckbeanspruchungen ausknicken (Henning, 2011a, S. 342). Die Fasern kommen aber nicht nur in ihrer ursprünglichen Form als einzelne Fasern oder Faserbündel (Rovings) in Faserverbunden zum Einsatz, sondern werden oft schon als sogenannte „textile Halbzeuge“ vorgeformt. Hierzu gehören zum Beispiel Matten und Fliese, Gewebe, Geflechte und Gestricke, welche aus verschiedenen langen verwebten oder verflochtenen Fasern bestehen (Ogale, Weimer, Grieser & Mitschang, 2014, S. 74–92; Seidel & Hahn, 2014, S. 340).

Die Matrix (in der Erklärung hier als Kunststoff bezeichnet) ist in der Regel ein Harz, ein Dispersionskleber oder Leim, in den die Fasern, die ohne „Schutz“ knicken könnten, eingebettet werden. Die Matrix schützt und fixiert die Fasern aber nicht nur, sondern ist auch für die Krafteinleitung und Übertragung von Spannungen in die Faser verantwortlich. Die optimale Benetzung der Fasern durch das Harz ist die Voraussetzung, um hohe Werkstoffeigenschaften, die Formgebung sowie die optische Gestaltung von Faserverbundbauteilen zu erzielen (Henning, 2011a, S. 342–344; Lechler & Menner, 2016, S. 16). Aus der Verbindung von Fasern und Matrix (Kunststoff) entsteht dann ein Faserverbundwerkstoff. Ob ein Material für eine bestimmte Produktion eingesetzt wird, hängt in der Regel zum einen von den Kosten und zum anderen von den Eigenschaften, die das Endprodukt abbilden sollte, ab. Die Herstellungsprozesse von GFK und CFK sind unterschiedlich aufwendig.

3.3.1 Herstellung von Glasfasern

Glasfasern werden aus einer Glasschmelze (Quarz mit hohem Siliziumoxidanteil) hergestellt. Das Glas wird bei hohen Temperaturen von über 1800° C geschmolzen und beispielsweise durch die Bohrdüsen einer Platte (Lochplatte) durchgedrückt. Daraus entstehen feine Filamente (Einzelfasern) von etwa 3,5 bis 24 µm Durchmesser. Einzelfilamente werden zu einem Roving (Bündel) zusammengeführt und auf Spulen für eine Weiterverarbeitung gewickelt. Glasfasern sind kostengünstig und werden in der Regel bei Bauteilen eingesetzt, die eine hohe Festigkeit aufweisen sollen, aber keine hohe Steifigkeit benötigen (Karger-Kocsis, 2014, S. 34; Lechler & Menner, 2016, S. 12).

3.3.2 Herstellung von Kohlenstofffasern (Carbonfasern)

Die Herstellung von Kohlenstofffasern ist deutlich aufwendiger, wie die nachfolgenden Ausführungen zeigen. Sie werden in einem Temperaturbereich von 1000 bis 2000 °C hergestellt bzw. behandelt und ihr Kohlenstoffgehalt liegt zwischen 92 und 99,90 Gew.-% (Karger-Kocsis, 2014, S. 36). Kohlenstofffasern werden aus organischen Ausgangsmaterialien (z.B. Cellulose, Pechfasern oder Polyacrylnitril) mit einem bereits hohen Kohlenstoffanteil hergestellt. Der typische Durchmesser von Kohlenstoff- bzw. Carbonfasern beträgt ca. 7µm, damit sind sie etwa 10-mal dünner als ein menschliches Haar (Jäger & Hauke, 2010, S. 11). In der nachfolgenden Abbildung sieht man den Unterschied visualisiert. Bei der Bildaufnahme wurde ein menschliches Haar und eine Carbonfaser unter einem Mikroskop aufgenommen. Die schuppig erscheinende Faser ist das menschliche Haar.

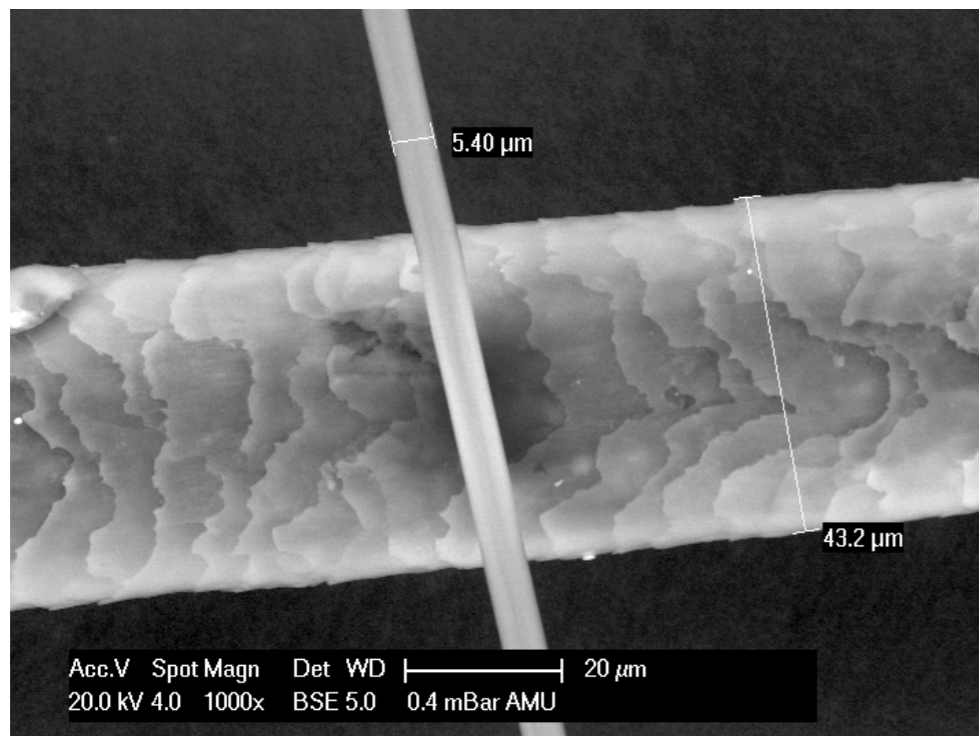


Abbildung 4: Vergleich menschliches Haar – Carbonfaser, Bildquelle: AMU Universität Augsburg.

Der größte Teil der heute gebräuchlichen Hochleistungsfasern wird aus Polyacrylnitril (PAN) gefertigt, deshalb wird dieses Herstellungsverfahren auch nachfolgend kurz vorgestellt (Henning, 2011a, S. 346). Der erste Herstellungsschritt ist die Polymerisation. Bei dieser entsteht aus einem kleinen Molekül, dem Monomer, durch Reaktion ein ketten- oder netzartiges Makromolekül, das Polymer. Das hier verwendete Monomer ist das farblose und flüssige Acrylnitril. Das bei der Polymerisation entstehende kettenartige Polymer heißt Polyacrylnitril (PAN). Nachfolgend wird die Reaktion genauer beschrieben.

Zu Beginn wird das monomere Acrylnitril in einem Lösungsmittel gelöst oder in Wasser emulgiert. Der Lösung oder Emulsion werden ein oder zwei weitere Monomere, wie beispielsweise Itacon- oder Methacrylsäure hinzugefügt. Um die Reaktion einzuleiten, werden zusätzlich sogenannte Initiatoren zugesetzt. Diese starten den Polymerisationsprozess, indem sie die Kohlenstoff-Kohlenstoff-Doppelbindung (C=C) aufbrechen. An aufgebrochenen Bindungen lagern sich weitere Acrylnitrilmoleküle an. Dieser Prozess setzt sich fort, bis keine Monomere mehr verfügbar sind. Das entstandene PAN wird in einem weiteren Schritt zu dünnen Fasern verarbeitet. Diese Fasern sind Vorläufer der Carbonfaser. Sie werden als Precursor bezeichnet und für die weitere Verarbeitung gesponnen, gewaschen, getrocknet und verstreckt. Um die PAN-Fasern in Carbonfasern umzuwandeln, müssen diese weitere Wärmebehandlungen durchlaufen, nämlich die Carbonisierung (Henning, 2011a, S. 346–348; Jäger & Hauke, 2010; Karger-Kocsis, 2014, S. 36–38; Lechler & Menner, 2016, S. 12). Der Prozess, der als eigentliche Carbonfaserherstellung verstanden wird, beinhaltet zwei bis drei Einzelschritte: die Stabilisierung, die Carbonisierung und optional die Graphitisierung.

- Die Stabilisierung der Precursorfasern findet bei 200 bis 300 °C an der Luft statt, um sie für weitere Prozessschritte bei sehr hohen Temperaturen beständig zu machen.
- Die Carbonisierung wird bei 1300 bis 1500 °C unter Schutzgas (Stickstoff) durchgeführt. Hier werden alle nicht Kohlenstoffelemente zersetzt und abgebaut, sodass eine reine Kohlenstoffstruktur zurückbleibt. Nach diesem Schritt ist der PAN-Precursor komplett in eine Carbonfaser umgewandelt.
- Gegebenenfalls kann eine Graphitisierung durchgeführt werden. Dies ist eine nachträgliche Wärmebehandlung, um die Eigenschaften der Carbonfaser weiter zu erhöhen (höhere Steifigkeit und Festigkeit). Dabei wird eine Temperatur oberhalb von 1800 °C verwendet.

Anschließend an diese Prozesse werden die Carbonfasern an der Oberfläche elektrochemisch aktiviert und durch ein Finish (je nach branchenspezifischer Anforderung) für die späteren textiltechnischen Verarbeitungsschritte handhabbar gemacht. Im industriellen Prozess werden alle Carbonfasertypen nach der Oberflächenaktivierung getrocknet und zur weiteren Verarbeitung mit einer Schlichte (Beschichtung) überzogen (Henning, 2011a, S. 346–348; Jäger & Hauke, 2010; Karger-Kocsis, 2014, S. 36–38; Lechler & Menner, 2016, S. 12). Der beschriebene Herstellungsprozess macht sicher deutlich, warum Kohlenstofffasern deutlich teurer sind als Glasfasern. Ihre hervorragenden Eigenschaften führen aber trotzdem dazu, dass sie fester Bestandteil der Leichtbauproduktion sind.

3.3.3 Eigenschaften und Herstellung von Faserverbundwerkstoffen

Bei der Kombination von Fasern und Kunststoff zu einem Faserverbundwerkstoff können hochleistungsfähige Materialien erzielt werden, die insbesondere wegen ihrer herausragenden Steifigkeit und der spezifischen Festigkeit, aber auch wegen ihres geringen Gewichts immer häufiger in der Produktion eingesetzt werden (Kaiser et al., 2016, S. 9). Durch das Zusammenfügen verschiedener Materialien können die Eigenschaften des neu entstehenden Werkstoffs gezielt auf die vorgesehene Anwendung hin optimiert und ungewöhnliche Eigenschaftskombinationen erzielt werden, welche die Einzelkomponenten (Matrix, Verstärkung) nicht besitzen würden. Hierzu zählen zum Beispiel:

- eine hohe Festigkeit und Steifigkeit bei geringer Dichte (z.B. für Autokarosserien) (Henning, 2011a, S. 386),
- eine hohe Härte, Biegefestigkeit und großer Verschleißwiderstand auch bei hohen Temperaturen (z. B. für Anwendungen in Luft- und Raumfahrt) (Henning, 2011a, S. 384),
- eine hohe elektrische und thermische Leitfähigkeit bei geringer Neigung zum Abbrand (z.B. für Anwendungen im Maschinenbau, in der Luft- und Raumfahrt) (Henning, 2011a, S. 384; S. 389).

Auf Grund der genannten Eigenschaften können Faserverbundwerkstoffe die Produktion verschiedener Gegenstände und Bauteile optimieren. Hergestellt werden Faserverbundwerkstoffe durch verschiedene Verfahren. Hierzu gehören unter anderem das Handlaminieren, das Faser-Harz-Spritzen, verschiedene Vakuumverfahren und das Faser-Wickeln⁷⁶ (Henning, 2011b, S. 621–629). Exemplarisch soll an dieser Stelle kurz das Handlaminieren vorgestellt werden, da diese Technik auch Bestandteil des Lernmediums ist. Bei dieser Herstellungsart spielt der Laminataufbau eine entscheidende Rolle. Die bereits genannten Eigenschaften Zug- und Biegefestigkeit erreichen Faserverbunderzeugnisse nur in Faserrichtung. Bei der Herstellung von Faserverbundwerkstoffen ist es deshalb wichtig, dass die Fasern in die entsprechende Richtung der Krafteinwirkung ausgerichtet sein müssen. Laminataus faserverstärkten Kunststoffen bestehen meist aus mehreren Schichten gleicher oder unterschiedlicher Faserdicke. Beim Handlaminieren werden die Halbzeuge, wie zum Beispiel Fasermatten, Rovings oder Fasergewebe⁷⁷ in einer Form oder auf einer Fläche abgelegt. Mit Hilfe eines Pinsels oder einer Rolle werden sie mit Harz (Matrix) getränkt und angedrückt (R&G Faserverbundwerkstoffe GmbH,

⁷⁶ Eine Beschreibung der Herstellungsverfahren findet sich in der zitierten Fachliteratur, einen ersten kurzen Überblick findet man dazu auch im Lehrerhandbuch Faserverbundwerkstoffe (Lechler und Menner, 2016), welches ebenfalls in dieser Arbeit zitiert wird.

⁷⁷ Der Unterschied zwischen Fasermatten und Fasergeweben liegt in der Länge und Anordnung der Fasern.

2009b, S. 18–21). Die Faserablage und die Benetzung der Fasern erfolgen hier gleichzeitig mit dem Formgebungsverfahren. So entsteht ein schichtweise aufgebautes Faserverbundbauteil, ein Laminat. Neben der Festigkeit und der Steifigkeit sind auch die thermischen Ausdehnungskoeffizienten in Faserlängs- und Querrichtung der verschiedenen Fasern stark unterschiedlich. Dieser Aspekt muss beim Laminataufbau beachtet werden. Die Lagen gleicher Dicke und gleichen Werkstoffes müssen winkelsymmetrisch angeordnet werden, sonst verformt sich das Laminat bei sich ändernder Temperatur und Belastung (Henning, 2011b, S. 625–626; Lechler & Menner, 2016, S. 15, S. 19). Die nebenstehende Grafik, Abbildung 5, die auch Bestandteil des finalen digitalen Mediums ist, visualisiert den Laminataufbau.

Mit dem Handlaminierverfahren können Bauteile in beliebiger Größe hergestellt werden. Durch den geringen Automatisierungsgrad und den hohen Personaleinsatz ist eine Reproduzierbarkeit nur bedingt gegeben, deshalb eignet sich das Verfahren für Seriengrößen unter 1000 Stück (Henning, 2011b, S. 626). Der Laminataufbau spielt im Lernmedium eine Rolle, weil er die Herausforderungen der Herstellung von Faserverbundwerkstoffen (Ablegen des Rohmaterials, verbinden mit dem Harz, Beachtung der Faserrichtung) visualisiert. Des Weiteren besteht die Möglichkeit, dass die Schüler*innen, selbst ein Laminat bauen können und damit ein noch tiefergehendes Verständnis des Materials, das auch großes Zukunftspotential beinhaltet, bekommen.

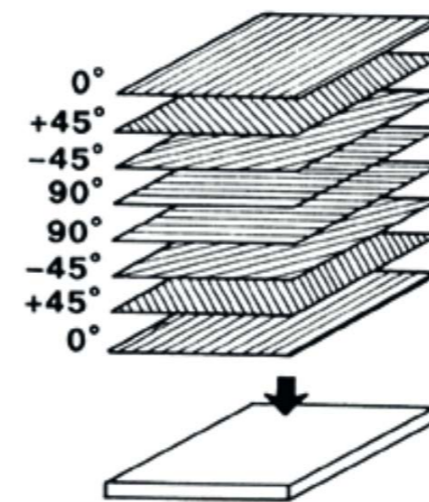


Abbildung 5: Veranschaulichung Laminataufbau, Bildquelle: R&G Faserverbundwerkstoffe GmbH, 2009b, S. 18.

3.3.4 Faserverbundwerkstoffe und ihre Zukunftsrelevanz

Derzeit werden zum Beispiel, wie bereits in diesem Kapitel (unter „Relevanz des digitalen Mediums zum Thema Faserverbund für den Schulunterricht“) erwähnt, in der Automobilbranche über Jahre verwendete Materialien ausgetauscht oder optimiert, um die Autos zukunftsfähig zu machen. Im Fahrzeugbau kann durch Leichtbau ein enormes Potenzial zur Kraftstoffeinsparung ausgeschöpft werden (Kopp et al., 2011, S. 74). So bedeutet eine Gewichtsreduktion von 100kg beispielsweise die Einsparung von 0,3l Kraftstoff pro 100km (Niesing, 2010, S. 9). Mittlerweile erobern auch immer mehr Elektroautos den Markt. Laut einer Erhebung der Verkaufszahlen des Jahres 2017 durch das Center of Automotive Management (CAM) konnten 54.492 Elektrofahrzeuge (plus 117% im Vergleich zum Vorjahr) verkauft werden, wodurch sich der Marktanteil von 0,8% auf 1,6% verdoppelt hat (Viehmann, 2018, o.S.). Für diese Elektroautos ist der Leichtbau mit Verbundwerkstoffen essenziell. Beispielsweise müssen schwere Batterien an anderen Stellen des E-Cars durch Gewichtsreduzierung kompensiert werden (Pank, 2015, o.S.).

Wie sich die Entwicklung von Faserverbundwerkstoffen auf dem Markt in den letzten Jahren darstellt und wie die weitere Zukunft prognostiziert wird, lässt sich sehr gut an der nachfolgenden Grafik, Abbildung 6, ablesen. Diese stammt aus dem Composites-Marktbericht 2017 und zeigt das Wachstum und die Wachstumsprognosen des CFK-Markts auf.

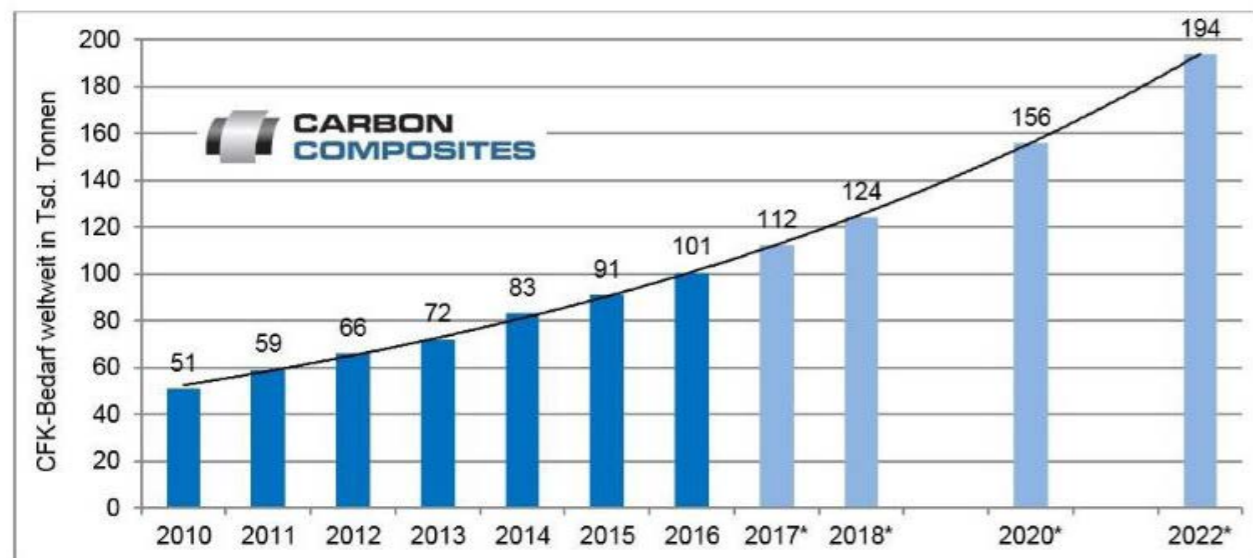


Abbildung 6: Entwicklung des globalen CFK-Bedarfes in Tsd.t von 2010 bis 2022 (Schätzungen, 09/2017),
Bildquelle: Carbon Composites e.V. und Industrievereinigung verstärkte Kunststoffe [AVK], 2017, S. 15.

Kohlenfaserverstärkter Kunststoff stellt derzeit die relevanteste Werkstoffklasse für das Carbon Composite Markt Segment dar. Diese Materialkombination wird, wie bereits schon mehrfach in dieser Arbeit erwähnt, vor allem aufgrund ihres hervorragenden Leichtbaupotentials auch für die kommenden Jahre als wesentlicher Wachstumstreiber innerhalb der Branche erachtet. Im CFK-Bereich zeigte sich im Jahr 2016 eine globale Bedarfsmenge von ca. 101 Tsd. Tonnen. Es wurde ein Wachstum von etwa 10,99 % bezogen auf das Vorjahr (91 Tsd. t) erreicht. Ausgehend vom Jahr 2010 ergibt dies eine jährliche Wachstumsrate (CAGR) von etwa 11,98 %. In der Grafik sieht man, dass auch für die kommenden Jahre eine weiterhin positive Entwicklung mit konstant zweistelligen Wachstumszahlen im Bereich 10 bis 13 % erwartet wird (Carbon Composites e.V. und Industrievereinigung verstärkte Kunststoffe [AVK], 2017, S. 15). Aus diesem Marktbericht kann man herauslesen, dass bei der Verbundwerkstoffherstellung Glas- und Kohlenstofffasern zu den wichtigsten Faserarten zählen. Deshalb wurden sie auch als Schwerpunktthema für das entwickelte digitale Medium ausgewählt, da sie für die Schüler*innen einen Alltagsbezug haben. Mit den Branchen, in denen carbon- und glasfaserverstärkte Kunststoffe zum Einsatz kommen, werden Heranwachsende in ihrem täglichen Leben konfrontiert.

3.3.5 Grenzen von Faserverbundwerkstoffen

Wie in diesem Kapitel dargestellt, bieten Faserverbundwerkstoffe ein großes Potential für ressourceneffiziente Anwendungen, hier sei vor allem nochmal das Stichwort „Gewichtseinsparung“ genannt. Trotzdem sind Faserverbundwerkstoffe kein „Wundermaterial“. Wie bereits in den vorhergehenden Unterkapiteln gezeigt, ist beispielsweise die Herstellung von Carbonfasern mit einem hohen Energieaufwand verbunden und das Material ist im Vergleich zu anderen (Metall, Glasfasern etc.) sehr teuer. Auf die Herausforderungen bei der Entwicklung und der Be- und Verarbeitung von Faserverbundwerkstoffen wird in dieser Arbeit bewusst nicht eingegangen, da diese Aspekte auch kein Bestandteil der entwickelten Lernmedien sind.⁷⁸ Abschließend soll nun noch auf den Umgang nach der Nutzungsphase, also das Recycling von Faserverbundwerkstoffen eingegangen werden. Dieser Aspekt ist ebenfalls kein Bestandteil des finalen Lernmediums, sollte aber in einer ergänzten Unterrichtseinheit, siehe auch Kapitel VII, Punkt 6, behandelt werden.

Beim Recycling muss unterschieden werden, ob die Materialien nach der ersten Nutzung einer Weiter- und Wiederverwendung in neuen Bauteilen zugeführt werden, oder ob sie beseitigt bzw. verwertet werden müssen. Ziel sollte es sein, dass durch den Recyclingprozess Sekundärstoffe in einer so guten Qualität entstehen, dass sie wieder als Primärstoffe eingesetzt werden können. Im Bereich der Carbonfaserverstärkten Kunststoffe ist das eine bestehende Herausforderung und damit noch ein großes Forschungsgebiet (Kaiser et al., 2016, S. 80). Derzeit kommen häufig Pyrolyse- und Solvolysenverfahren zum Einsatz, bei denen die Fasern wieder von der Matrix getrennt werden. Bei der Pyrolyse werden die Verbundwerkstoffe bei ca. 600 °C unter Sauerstoffabschluss behandelt. Dabei wird die Kunststoffmatrix zersetzt und als Pyrolysegas abgetrennt. Dieses kann als Energiequelle genutzt werden. Die Fasern müssen danach einem mechanischen Aufbereitungsverfahren unterzogen werden. Bei der Solvolyse wird die Matrix chemisch zersetzt und mit den Fasern wird wie bei der Pyrolyse verfahren (Witten, 2014, S. 464; Woidasky, S. 1200–1202). Bei beiden Verfahren ist ein sehr hoher Energie- und Kosteneinsatz und deshalb sind sie größtenteils nicht wirtschaftlich (Kaiser et al., 2016, S. 80–82). Faserverbundwerkstoffe können aber auch einer stofflichen Verwertung zugeführt werden, hierzu gehört zum Beispiel das sogenannte Partikelrecycling.

⁷⁸ Informationen hierzu finden sich in der in diesem Kapitel zitierten Fachliteratur.

Dabei werden die Faserverbundmaterialien zerkleinert und das zermahlene Material kann wieder als Füllstoff- oder Ausgangsstoff, zum Beispiel für Auto-Innenausstattungen eingesetzt werden. Dieses Verfahren ist deutlich günstiger als die bereits genannten thermischen und chemischen Recyclingverfahren und wird im industriellen Maßstab eingesetzt. Allerdings ist zu beachten, dass durch dieses Verfahren die Faserstruktur nicht mehr in der Ursprungsqualität zur Verfügung steht. Geschredderte und von Fremdstoffen gereinigte Faserverbundwerkstoffe kommen auch in der Zementindustrie zum Einsatz. Dort werden die zerstückelten Materialien, justiert mit anderen Recyclingmaterialien, als Roh- und Brennstoffsubstitut im Zementklinkerherstellungsprozess eingesetzt (Witten, 2014, S. 465).

Die Leichtbauweise und hier speziell der Einsatz und das Recycling von Faserverbundwerkstoffen hat, wie die Ausführungen in diesem Exkurs zeigen, in vielerlei Hinsicht Potentiale. Heranwachsende werden in ihrem Alltag (z.B. beim Sport, beim Fliegen, bei verschiedenen medizinischen Anwendungen) mit diesen Materialien konfrontiert und durch die Verankerung im LehrplanPlus lernen sie die Chancen und Grenzen von Materialinnovationen einzuschätzen. Im nächsten Kapitel wird die Entwicklung eines digitalen Lernmediums, welches sich mit den in diesem Kapitel dargestellten fachlichen Schwerpunkten zu Faserverbundwerkstoffen auseinandersetzt, beschrieben.

V. Dokumentation der Entwicklung des digitalen Mediums zu Faserverbundwerkstoffen

Am Anwenderzentrum Material- und Umweltforschung der Universität Augsburg gibt es, wie im Kapitel IV.2 beschrieben, Lernmaterialien und ein Schülerlaborprogramm zum Thema Faserverbundwerkstoffe. Im Schülerlabor lernen die Schüler*innen in einem Halbtagesprogramm, aus welchen Komponenten Faserverbundwerkstoffe bestehen, welche Eigenschaften sie haben, wie sie im Alltag und in der industriellen Fertigung zum Einsatz kommen und sie fertigen selbst einen Faserverbundwerkstoff an. Von vielen Lehrkräften wurde angeregt, dass man die theoretische Einführung zu Faserverbundwerkstoffen auch über ein Lernmedium abbilden könnte, das vorab in der Schule eingesetzt wird. Da Faserverbundmaterialien, wie bereits erwähnt, teilweise sehr teuer sind und zum selbständigen Experimentieren im Unterricht auch nicht ohne große Vorbereitung eingesetzt werden können, ist die Idee entstanden, ein interaktives digitales Lernmedium zu entwerfen. Dieses sollte einen spielerischen Charakter beinhalten, um die Motivation, sich mit Faserverbundwerkstoffen zu beschäftigen, bei den Schüler*innen zu erhöhen und auch zu testen, ob diese digitalen Spielmöglichkeiten einen Lernzuwachs erzielen.

1. Entwicklungskonzept virtuelle Welt Faszination Faserverbundwerkstoffe

Im Frühjahr 2016 wurde mit der Konzeption und technischen Entwicklung der virtuellen Welt „Faszination Faserverbundwerkstoffe“ (FasziFa) mit Anteilen eines Serious Games begonnen. FasziFa wurde im Herbst des Schuljahres 16/17 mit Schüler*innen im Schülerlabor getestet. Dieses digitale Medium wurde in Zusammenarbeit zwischen zwei Bachelorstudierenden der Professur für Digitale Medien der Universität Augsburg, die die Welt programmierten, einem Lehramtsstudierenden mit der Fächerkombination Physik/Mathematik, der die Konzeption fachwissenschaftlich stützte und einer Pädagogin, welche die Inhalte zur Verfügung stellte, diese schüler*innengerecht und didaktisch aufbereitete und für das Gesamtprojekt verantwortlich zeichnete, entwickelt.

1.1 Analyse der Ausgangssituation

Einige Aspekte der Ausgangssituation, wie die mögliche Anbindung des Lernmaterials an die Lehrpläne der allgemeinbildenden Schulen, wurden bereits in dieser Arbeit und im letzten Kapitel IV, Punkt 1 beschrieben. Entscheidend für die Vorüberlegungen und die Planung des Mediums waren außerdem folgende Punkte:

Didaktische Überlegungen

- Um den Hintergrund und den Sinn von Faserverbundwerkstoffen verstehen zu können, sollten Schüler*innen die Möglichkeit bekommen, selbst mit den Materialien zu experimentieren.
- Faserverbundmaterialien können, je nach eingesetztem Material, nicht ohne Sicherheitsvorkehrungen / Laborumgebung und damit verbundener größerer Vorbereitung im Unterricht zum Einsatz kommen.
- Faserverbundmaterialien, die in der Industrie zum Einsatz kommen, sind sehr teuer und eignen sich deshalb nur bedingt als Material zum selbstständigen Experimentieren
- Neue Werkstoffe und speziell Faserverbundwerkstoffe sind noch relativ neu im Lehrplan, wie in Kapitel IV.1 ausgeführt, so dass sich viele Lehrkräfte auch erst selbst damit auseinandersetzen oder sich fortbilden müssen, um Lernmaterialien erstellen zu können.
- Virtuelle Lernwelten und digitale Serious Games werden derzeit im Unterricht noch eher verhalten eingesetzt, der Lernzuwachs solcher digitalen Medien wird kontrovers diskutiert, siehe auch III, Punkt 5.

Technische Überlegungen

- Das Lernmedium sollte so konzipiert sein, dass es die Schüler*innen ohne große technische Instruktion der Lehrkräfte verwenden können. Wie eingangs im Kapitel II.2 beschrieben, werden manche digitalen Medienformate auf Grund der eventuell auftretenden technischen Hürden eher verhalten im Unterricht eingesetzt.
- Das Lernmedium sollte technisch so entwickelt werden, dass es gegebenenfalls von den Schüler*innen und Lehrkräften nach einer entsprechenden Einweisung selbstständig erweitert werden kann.

Ausgehend von diesen Vorüberlegungen wurde ein Entwicklungskonzept erstellt, das die Analyse der Zielgruppe, relevante Umgebungsvariablen, die Zielsetzung allgemein, die lerntheoretische Begründung und die Lehr-Lernziele des geplanten Mediums enthält.

1.2 Analyse der Zielgruppe

Das Entwicklerteam ist davon ausgegangen, dass Schüler*innen in der 8. Jahrgangsstufe Computer und Browser-Programme bedienen können und mit Computerspielen vertraut sind. Diese Annahme wurde durch die in Kapitel III.2 zitierten Studien (IZI, 2018, S. 8), zitiert nach (mpfs, 2018, S. 14) und (Bitkom e.V., 2017) untermauert, die angeben, dass sich Schüler*innen im Alter zwischen 13 und 15 Jahren durchschnittlich mehrmals die Woche und ein Großteil sogar 117 Minuten am Tag mit Computerspielen beschäftigt (Bitkom e.V., 2017, o.S.). Bei der ebenfalls bereits zitierten Bertelsmann Studie „Monitor Digitale Bildung. Die Schulen im digitalen Zeitalter“ gaben 25% der befragten Schüler*innen (N=1228-1233) an, dass sie digitale Lernspiele und Simulationen nutzen, 32% gaben an, Lern-Apps zu verwenden. Abgefragt wurde die Nutzung in den Kategorien „für Hausaufgaben“, „im Unterricht“ oder zum „Lernen zu Hause“ (Schmid et al., 2017, S. 24). Die befragten Schüler*innen gaben auch an, dass sie der Unterricht mit Lernprogrammen wie Lern-Apps, Lernspielen oder Simulationen zu 59% sehr motiviert, 24% motiviert und 35% eher motiviert (Schmid et al., 2017, S. 26).

Auf Grund der zitierten Studien ist das Entwicklerteam davon ausgegangen, dass sich Schüler*innen motivierter mit Lerninhalten zu Faserverbundwerkstoffen auseinandersetzen, wenn sie sich diese selbstständig, spielerisch und digital aneignen können und dadurch ein Lernzuwachs erzielt werden kann. Das Entwicklerteam kam bei der Analyse der Zielgruppe auch zu der Annahme, dass ein digitales Lernmedium ein barrierefreies Lernen ermöglicht. Jede(r) Schüler*in kann das Tempo, mit dem er/sie sich eigeninitiativ mit den digital angebotenen Lerninhalten beschäftigt, selbst bestimmen und wird nicht durch schnellere Mitschüler*innen abgelenkt oder durch langsamere Schüler*innen aufgehalten.

1.3 Relevante Umgebungsvariablen

Als relevante Umgebungsvariablen wurde vor allem die intuitive Handhabung des zu entwickelnden digitalen Mediums angesehen. Es sollten sowohl die Lehrkräfte an Schulen, als auch das Personal des Schülerlabors der Universität Augsburg das Medium ohne großen Aufwand mit Schüler*innen einsetzen können. Ein weiterer Aspekt war, dass die Bedienung ohne Spielkonsolen und ohne spezielle Game-Computer funktionieren sollte. Außerdem sollte kein Speicherplatz auf Endgeräten beansprucht werden und die Möglichkeit bestehen, das Medium an jedem beliebigen Ort mit Internetverbindung starten zu können.

1.4 Zielsetzung

Nach der Analyse der Ausgangssituation, der Zielgruppe und der Umgebungsvariablen entschied sich das Entwicklerteam, basierend auf der Recherche zu virtuellen Welten und deren Zukunftspotentialen (siehe auch Kapitel III. Punkt 4), eine browserbasierte, virtuelle Lernwelt mit Anteilen eines Serious Games für Schüler*innen ab der 8. Jahrgangsstufe zu entwickeln. Für dieses Genre entschied man sich auch deshalb, weil digitale Spiele auf Grund ihrer Multimedialität auch sehr komplexe Inhalte, wie es bei Faserverbundwerkstoffen der Fall ist, darstellen können (Breuer, 2010, S. 15). Außerdem zeigen einige Studien (unter anderem zur Personalentwicklung in der Industrie und zum Emotions-training beim Militär), dass Elemente von Serious Games unterstützend wirken können, virtuelle Lern- und Arbeitsumgebungen attraktiver zu gestalten und die intrinsische Motivation der Nutzer zu fördern (Callaghan, Shen, Gardner, Shen & Wang, 2010; Deterding et al., 2011; McGonigal, 2011; Zinn et al., 2016). Diese interaktive Lernwelt sollte den Nutzer*innen einen Überblick über die Herkunft, die Geschichte und die Einsatzmöglichkeiten von Faserverbundwerkstoffen geben. Da Lernende unter hoher kognitiver und sozialer Vernetzung arbeiten, wenn mehrere Personen, deren Ideen und Gedanken in die Bearbeitung einer Aufgabe einbezogen werden, sollten die Schüler*innen in Gruppen spielen können (Zierer, 2018, S. 37). Ähnlich argumentiert auch Gee (2009), er plädiert dafür, digitale Lernumgebungen mit Spielanteilen so zu konzipieren, dass sie Interaktionsmöglichkeiten, Kollaboration und Kommunikation mit den Mitspieler*innen beinhalten. Als Begründung führt er an, dass Serious Games, die in Gruppen gespielt werden, als motivierender empfunden werden und zu besseren Lernergebnissen führen (Gee, 2009, S. 71). Bei der Entwicklung sollte außerdem darauf geachtet werden, dass jede(r) Spieler(in) in der Gruppe gleichmäßig gefordert wird, so dass kein Nutzer Lerninhalte versäumt oder die Anstrengungen ungleich verteilt werden (Zagal et al., 2006, S. 25).

Technisch sollte die virtuelle Lernwelt mit Anteilen eines Serious Games in der Open-Source Programmierumgebung „OpenSimulator (OpenSim)“ umgesetzt werden. OpenSim ist eine frei nutzbare Serverplattform für virtuelle Welten. Nutzer können sich dort selbst sogenannte Regionen anlegen und dort ihre eigene virtuelle Welt aufbauen⁷⁹. Die Studentinnen, die die Welt programmierten, waren mit dem Programm aus dem Studium vertraut. Außerdem sollte die technische Umsetzung bewusst so gestaltet werden, dass auch Laien, die nicht Informatik studiert haben, die virtuelle Welt selbstständig erweitern könnten.

⁷⁹ Link zur OpenSim-Seite: http://opensimulator.org/wiki/Main_Page, letzter Zugriff am 16.07.2019.

1.5 Lerntheoretische Begründung

Bei der zu entwickelnden virtuellen Lernwelt sollte es sich um eine computerbasierte, virtuelle Umgebung, die als Abbild einer Parallelwelt funktioniert und in der eine Vielzahl von Nutzer*innen, repräsentiert durch ihre Avatare, der synchronen Interaktion mit anderen Nutzern nachgehen können (Adamus & Ojstersek, 2010, S. 178) handeln. (Diese Definition wurde bereits im Kapitel III, Punkt 4.1 erwähnt und für diese Arbeit festgelegt.) Bei der Umsetzung von FasziFa wurden die Charakteristika einer virtuellen Welt, die von der „Federation of American Scientists (FAS)“⁸⁰ veröffentlicht wurden, berücksichtigt. Demnach sollten virtuelle Welten folgende Eigenschaften besitzen:

- „Avatar-based: Die Benutzer/innen werden durch Avatare repräsentiert.“
- „Multiuser: Viele Benutzer/innen können gleichzeitig in der Online-Welt sein.“
- „Interactive: Benutzer/innen können mit der Umwelt interagieren, anstatt nur passive Beobachter/innen zu sein.“
- „Immediate: Interaktion mit anderen Benutzer/inne/n und dem System findet in Echtzeit statt. Jedoch kann es zu geringfügigen Verzögerungen kommen.“
- „Persistent: Die virtuelle Welt mit ihren Objekten existiert weiter, unabhängig davon ob, der/die Benutzer/in eingeloggt ist“.

(Mijic et al., 2009, S. 291)

FasziFa sollte den Schüler*innen also einen Einblick in die geschichtliche Entwicklung von Faserverbundwerkstoffen geben, erklären, wie und aus welchen Bestandteilen ein Faserverbundwerkstoff entsteht und am Ende einen Überblick über die Anwendungsfelder geben. In der Welt sollten sich die Schüler*innen als Avatare bewegen und in Teamarbeit bestimmte Aufgaben lösen. Um den spielerischen Charakter zu erhöhen, sollte noch ein weiterer motivierender Aspekt mit eingebaut werden: Je nach Erfolg bei der Lösung der Aufgaben sollten die Teams Autoteile aus verschiedenen Materialien (Holz oder Carbon) bekommen. Aus diesen Teilen sollte sich am Ende ein Auto zusammensetzen, mit dem die Spielerteams gegeneinander antreten können.

Aus medienpädagogischer Sicht sollte die virtuelle Lernwelt mit Anteilen eines Serious Game folgende, bereits im Kapitel II ausführlich vorgestellte, Aspekte behandeln:

⁸⁰ Abgerufen am 05.07.2019 von <https://fas.org/>

- Mediengestaltung (Baacke, 1997) und technologische Perspektive des Dagstuhl-Dreiecks (Gesellschaft für Informatik e.V., 2016): Das Medium sollte so gestaltet werden, dass es mit Lehrkräften und Schüler*innen gemeinsam weiterentwickelt werden könnte und sowohl die Schüler*innen als auch die Lehrkräfte selber weiterbauen könnten. Modell hierfür war das in Kapitel III, Punkt 4.3 genannte Modell-Projekt an Schulen in Irland.
- Mediennutzung/Medienkunde (Baacke, 1997), Using ICT to Learn (Schmid et al., 2017) und anwendungsbezogene Perspektive des Dagstuhl-Dreiecks (Gesellschaft für Informatik e.V., 2016): Die Lehrkräfte und Schüler*innen sollten das vorhandene Medium selbstständig nutzen können und neue digitale Formate wie virtuelle Welten in Kombination mit Serious Games kennenlernen.

1.6 Mögliche Lehr- und Lernziele

Zu Beginn des Entwicklungsprozesses wurden die inhaltlichen Schwerpunkte und Lerninhalte, die sich die Schüler*innen durch FasziFa aneignen sollten, festgelegt. Diese lauteten⁸¹:

- Was sind Faserverbundmaterialien?
- Wie entsteht ein Faserverbundwerkstoff?
- Seit wann gibt es Faserverbundwerkstoffe?
- Warum verwendet man Faserverbundwerkstoffe zur Fertigung von Werkstücken etc.?
- In welchen Bereichen des Alltags begegnen einem Faserverbundwerkstoffe?
- Leisten Faserverbundwerkstoffe einen Beitrag zur Ressourceneffizienz?
- Sind Faserverbundwerkstoffe recycelbar?
- In welchen Bereichen werden Faserverbundwerkstoffe in der Zukunft zum Einsatz kommen?

⁸¹ Die Beschreibung der Welt ist bewusst in der Vergangenheit gehalten, da sie nach der Erprobung in dieser Arbeit nicht fortgeführt wurde und derzeit auch nicht für Testzwecke zur Verfügung steht.

2. Entwicklung der virtuellen Welt „Faszination Faserverbundwerkstoffe“

Die fachlichen Inhalte zu Faserverbundmaterialien und Faserverbundwerkstücken (siehe Kapitel IV, Unterpunkt 3) wurden in fünf Stationen unterteilt. Diese waren:

- Station 1 Entwicklungszentrum: Alles rund um die Eigenschaften von Faserverbundmaterialien und Erklärung, was ein Faserverbundwerkstoff ist.
- Station 2 Gewächshaus: Beschreibung, warum Faserverbundwerkstoffe so alt sind wie das menschliche Leben.
- Station 3 Zeitreise-Tunnel: Beschreibung der geschichtlichen Entwicklung von Faserverbundwerkstoffen.
- Station 4 Informationsstand: Grenzen von CFK.
- Station 5 Ausblick in die Zukunft: Anwendungsbereiche von Faserverbundwerkstoffen.

Innerhalb dieser Stationen wurden die Inhalte dann zu kurzen Text-Sequenzen formuliert, die als Infotexte in das Spiel integriert wurden. Bei der Entwicklung stellte sich schnell heraus, dass interaktive Aufgaben sehr zeitintensiv und umfangreich in der technischen Umsetzung sind, so dass viele Inhalte über Bildmaterial und Texttafeln transportiert werden mussten. So entstand eine kleine Faserverbundwelt, die sich mit dem Avatar erkunden ließ.

Um von Station zu Station zu gelangen, mussten Aufgaben gelöst werden, so erhielt die Welt einen Serious-Game-Anteil. Die Aufgaben bezogen sich immer auf die Lerninhalte, die an den Stationen über interaktive Objekte oder Texttafeln angeboten wurden.

2.1 Konzeption und Umsetzung Lerninhalte, Lernschritte, Lernsequenzen

Wie bereits erläutert, war die virtuelle Lernwelt FasziFa in fünf Stationen aufgeteilt, bei denen die Schüler*innen vier Aufgaben lösen mussten. Beim Eintritt in die Spielumgebungen erhielten die Avatare den Auftrag, als Forscherinnen und Forscher tätig zu werden und in Teams möglichst viele Informationen zu Faserverbundmaterialien und Faserverbundwerkstoffen zu sammeln, damit ein leichtes und schnelles Rennauto aus einem neuen Material gebaut werden kann. Als zusätzlichen Spielanreiz erhielten sie bei jeder gelösten Aufgabe ein Lösungswort, das dann am Ende des Spiels in Teile für

ein Rennauto eingelöst werden konnte. Für richtige Lösungswörter erhielten die Spieler*innen ein Autoteil aus Carbon, bei falschen Lösungswörtern aus Holz. Am Ende des Spiels konnten die Avatare dann mit ihren Autos ein Rennen fahren, bei dem sie je nach Spielerfolg ein schnelleres Auto (viele oder alle Teile aus Carbon) oder ein langsames Auto (mit Teilen aus Holz) zur Verfügung hatten. Die Schüler*innen sollten die Welt selbstbestimmt erkunden können, es sollte also keine dezidierte Spielabfolge vorgegeben werden. Die Spielzeit war auf 90 Minuten ausgelegt. Nachfolgend wird der Spielverlauf beschrieben.

Einstieg in das Spiel:

Um in die Welt zu gelangen, musste man sich über einen „Viewer“ anmelden. Bei der virtuellen Welt FasziFa wurde der Firestorm Viewer verwendet (The Phoenix Firestorm Project Inc., 2017). Der Viewer muss auf einem Computer installiert werden und ermöglicht die Anmeldung in der virtuellen Welt. Bevor man sich anmelden konnte, musste noch ein Avatar erstellt werden. Dazu musste man sich auf der Internetseite von Hypergrid e.V. registrieren und konnte dort seinen Avatar zusammenstellen (Hypergrid e.V., 2015).

Nach der Registrierung in der virtuellen Welt standen die Avatare (registrierte Schüler*innen) auf dem Vorplatz eines Entwicklungszentrums (siehe Abbildung 7). Dort erhielten sie eine Einführung in das Spiel, beispielsweise wie die Avatare zu steuern sind etc.. Darauf folgte eine Aufforderung, in das Entwicklungszentrum zu gehen. Im Gebäude wurden die Avatare in Gruppen eingeteilt, die farblich unterschiedlich markiert waren. Jede Gruppe hatte ihren eigenen Kommunikationskanal, symbolisiert über ein „Walkie-Talkie“, das die Avatare bei sich trugen. Über das Walkie-Talkie konnten sich die Gruppenmitglieder untereinander austauschen. Jede Gruppe löste unabhängig von anderen Gruppen die gestellten Aufgaben. Die Avatare erhielten Notizkarten, welche sie jederzeit noch einmal aufrufen konnten, darauf waren grundsätzliche Erklärungen zum Spiel aufgeführt. Alle Stationen waren mit „Rettungsringen“ versehen, damit die Avatare zu einer bereits erledigten Station zurückkehren konnten, wenn sie nochmal etwas lesen wollten etc..



Abbildung 7: Startpunkt Entwicklungszentrum in der virtuellen Welt Faszifa, Bildquelle: Screenshot aus Faszifa.

Spielmotivation:

Die Avatare erhielten nach der Gruppenzuteilung von einem Entwickler (NPC)⁸² den Auftrag, ihn bei der Erforschung eines neuen Materials zu unterstützen, damit er einen leichteren und schnellen Rennwagen bauen kann. Siehe auch Abbildung 8.



Abbildung 8: Spielauftrag durch den NPC in der virtuellen Welt Faszifa, Bildquelle: Screenshot aus Faszifa.

⁸² NPC= Non-player character – Figur, die nicht unmittelbar von einem Spieler geführt wird (<https://minecraft-de.gamepedia.com/NPC>).

Spielstationen

Bei der ersten Spielstation hielten sich die Avatare noch im Entwicklungszentrum auf. Dort konnten sie sich grundlegende Informationen zu Faserverbundmaterialien und Faserverbundwerkstoffen aneignen. Hierzu gehörten zum Beispiel die Beschaffenheit von Fasern und Matrix, die Verbindung der beiden Komponenten zu einem Werkstoff sowie die Eigenschaften von Verbundwerkstoffen (siehe auch Abbildung 9). Die Avatare mussten in diesem Teil der Welt noch keine Aufgaben lösen. Durch das Klicken auf Objekte konnten Informationen abgerufen werden, die durch Animationen verstärkt wurden. Beispielsweise wurde die thermische Beständigkeit von Carbon veranschaulicht, indem man einen Würfel aus Carbon und einen aus Holz mit einem Klick in Brand setzen konnte. Der Carbon-Würfel blieb unversehrt, bei dem Holzwürfel änderte sich die Textur, er sah verbrannt aus (siehe auch Abbildung 9, rechte Seite unter der roten Beschriftung). In der Chatfunktion wurde ein Text mit Informationen zur Hitzebeständigkeit eingeblendet. Neben den anklickbaren Objekten und vielen Bildern konnten sich die Avatare auch einen kurzen Film über Carbon⁸³ ansehen.



Abbildung 9: Spielstation: Eigenschaften von Faserverbundwerkstoffen in der virtuellen Welt Faszifa, Bildquelle: Screenshot aus Faszifa.

Auf die Einführung folgte die erste Aufgabe. Bei dieser fanden die Avatare sechs Aussagen zu den Eigenschaften von Faserverbundwerkstoffen als Lückentext vor, die mit den gelernten Informationen vervollständigt werden mussten. Wurden alle Aussagen richtig eingetragen, erhielten die Avatare ein

⁸³ Wissensfilm „Was ist eigentlich Carbon?“ abgerufen am 04.01.2018 von <https://www.youtube.com/watch?v=JtRxKqatBfk>

Lösungswort, das am Ende des Spiels in ein Autoteil eingelöst werden konnte. Bei allen Stationen wurden „SOS-Schilder“ angebracht. Falls es für die Spielenden Probleme bei der Eingabe der Lösungen gab, konnten sie sich dort Unterstützung holen. Bei den Aufgaben hatten die Gruppen jeweils eine eigene „Station“, damit sich die Avatare aller Gruppen nicht im Weg standen und jede Gruppe die Aufgabe alleine lösen konnte.



Abbildung 10: Aufgabe 1 Lückentext: Eigenschaften Faserverbundwerkstoffe in der virtuellen Welt FasziFa, Bildquelle Screenshot aus FasziFa.

Um in den nächsten Raum zu gelangen, mussten die Avatare eine Frage beantworten: „Wofür steht die Abkürzung CFK?“ Bei der richtigen Antwort gelangten sie in das Gewächshaus.

Dort wurden die Avatare wieder von einem NPC empfangen, welcher ihnen erklärte, dass der geschichtliche Ursprung von Verbundwerkstoffen in der Natur liegt. Danach konnten die Avatare durch das Gewächshaus laufen und Natur-Objekte, die auch als Verbundwerkstoffe klassifiziert sind, anklicken (siehe auch Abbildung 11 und Abbildung 12). An dieser Stelle wurde auch das Leichtbauprinzip eingeführt. Dies geschah durch ein Bild von einem Vogelskelett, das man anklicken konnte. In dem Text wurde das Leichtbauprinzip von einem Vogelskelett erläutert und mit einer Lupe konnte man in die innere Struktur eines Knochens sehen.



Abbildung 11: Veranschaulichung Faserverbundmaterialien in der Natur in der virtuellen Welt FasziFa, Bildquelle: Screenshot aus FasziFa.

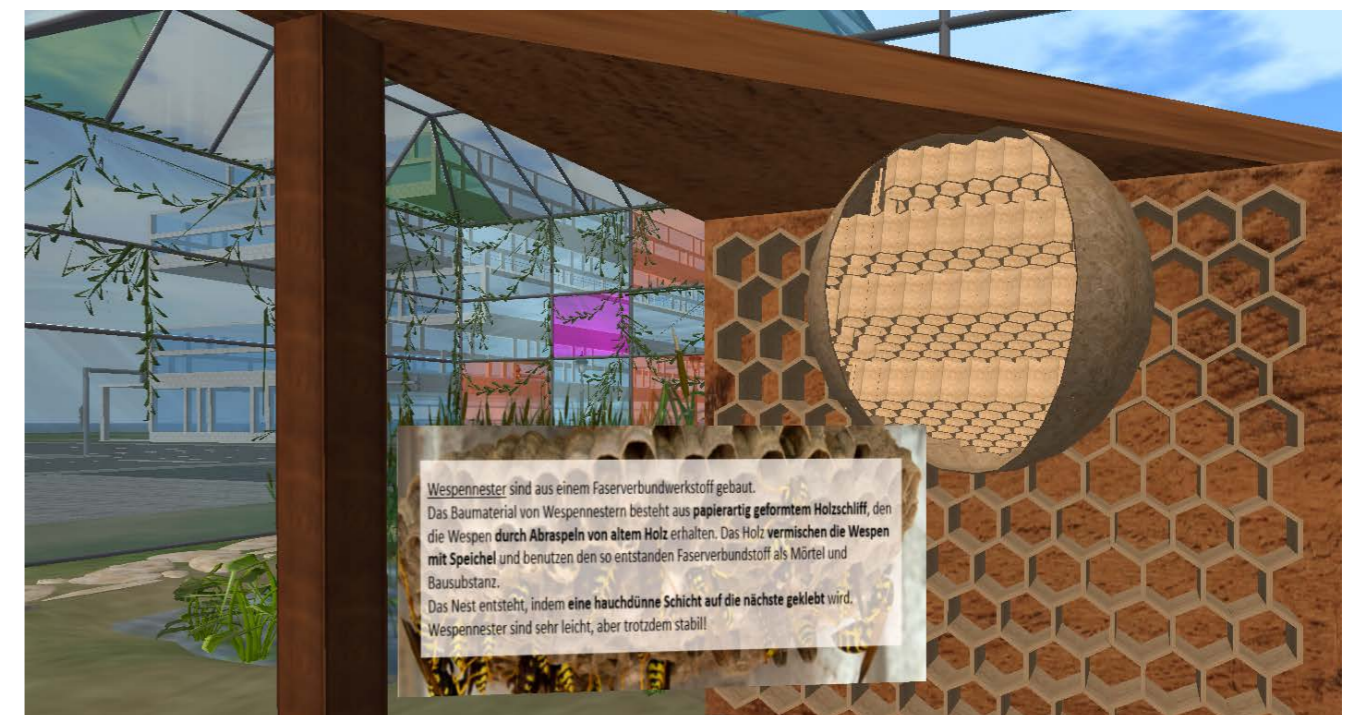


Abbildung 12: Beispiel Wespennest: Texttafel und anklickbares Objekt in der virtuellen Welt FasziFa, Bildquelle: Screenshot aus FasziFa.

Nach dem Besuch des Gewächshauses mussten die Spieler*innen ihr bereits gesammeltes Wissen anwenden. Die Avatare fanden einige Gegenstände vor und mussten herausfinden, welche davon aus Faserverbundmaterialien bestehen. Die Gegenstände waren mit einem Buchstaben versehen, (siehe auch Abbildung 13). Klickten die Avatare alle nicht aus Faserverbundmaterialien bestehenden Objekte weg, so blieb ein Lösungswort übrig, das am Ende des Spiels in ein Autoteil eingetauscht werden konnte.



Abbildung 13: Aufgabe 2 Zuordnung Werkstücke aus Faserverbundmaterialien in der virtuellen Welt FasziFa, Bildquelle: Screenshot aus FasziFa.



Abbildung 14: Zuordnung geschichtliche Entwicklung Windkraftanlagen in der virtuellen Welt FasziFa, Bildquelle: Screenshot FasziFa

Bei der nächsten Station wurde die geschichtliche Entwicklung von Faserverbundwerkstoffen anhand der Materialentwicklung im Flugzeugbau visualisiert. Die Avatare bewegten sich dabei durch einen Tunnel, in dem sie Bilder von Flugzeugen aus Holz, Metall, glasfaserverstärktem Kunststoff und kohlenstofffaserverstärktem Kunststoff anschauen konnten. Im Anschluss daran folgte die dritte Aufgabe. Hier mussten die Spieler*innen gewonnene

Wissen zur Entwicklung der Materialien auf die Geschichte der Windkraftanlagen transferieren. Die Avatare mussten die Materialabfolge auf einem Zeitstrahl einordnen (siehe auch Abbildung 14). Bei der richtigen Zuordnung erhielten die Avatare das nächste Lösungswort.

Nach dem Tunnel und dem Lösen der Aufgabe kamen die Avatare an eine Informationsstation zum Thema „Grenzen von CFK“. Dort waren Texttafeln mit Inhalten zu Grenzen von Faserverbundwerkstoffen aufgeführt (beispielsweise kostenintensive Produktion, aufwendiger Recycling-Vorgang etc.). Als letzte Station gelangten die Avatare zu verschiedenen Forschungszentren. In drei Gebäuden, die als „Sport und Medizin“, „Bauwesen und Energie“ sowie „Automobil-, Luft- und Raumfahrt“-Forschungszentren gekennzeichnet waren, fanden die Avatare Anwendungsbeispiele und Forschungsfelder von Faserverbundwerkstoffen (siehe auch Abbildung 15).

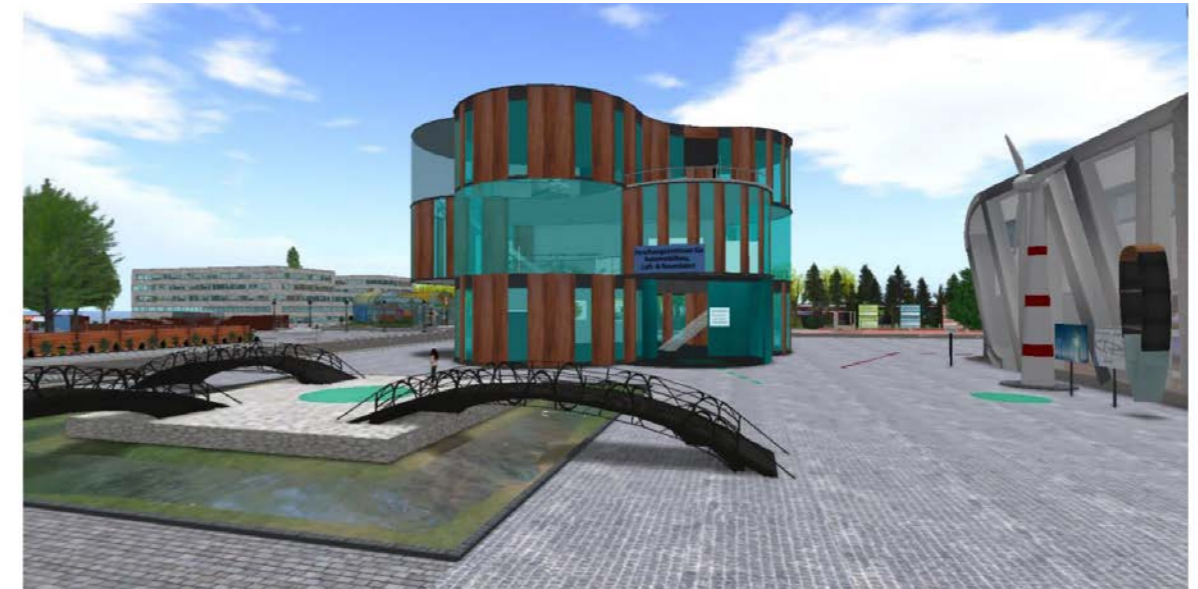


Abbildung 15: Veranschaulichung Blick in die Zukunft Forschungszentren Faserverbund in der virtuellen Welt FasziFa, Bildquelle Screenshot aus FasziFa.

Nach der Besichtigung der Forschungszentren mussten die Avatare das Abschlussquiz lösen. Die Spielerinnen und Spieler sollten dabei sechs Fragen zu Inhalten, die sie im Spielverlauf kennengelernt hatten, lösen.

Im Anschluss daran konnten die im Spielverlauf gesammelten Lösungswörter in Teile für ein Rennauto eingelöst werden. Für richtige Lösungswörter wurden leichte und damit schnelle Teile aus Carbon eingebledet, für falsche Lösungswörter erschienen schwere Teile aus Holz. Die Teile setzten sich danach zu einem Auto zusammen, mit dem die Schüler*innen auf der Rennstrecke gegeneinander antreten konnten (siehe auch Abbildung 16).



Abbildung 16 Spielelement am Schluss: Autorennen der Avatare in der virtuellen Welt FasziFa, Bildquelle: Screenshot aus FasziFa.

2.2 Erprobung virtuelle Welt FaziFa

Die fertige virtuelle Lernwelt wurde unter anderem mit Heranwachsenden, die sich freiwillig für den Test zur Verfügung stellten und im Alter der angedachten Zielgruppe waren, im Dezember 2016 an der Uni Augsburg getestet (N=10). Dieser Test galt als Pre-Test für eine Erhebung im Januar 2017, bei der die virtuelle Welt mit einer Frontalunterrichtsstunde verglichen wurde (N=21)⁸⁴ (Rolinski, 2017). Neben der Zielgruppe wurde die Welt auch mit 15 Lehrkräften im Zuge eines Workshops getestet. Das Ergebnis des ersten Tests war, dass die Testpersonen eine umfangreiche Unterstützung bei der Anmeldung in der virtuellen Welt benötigten und das selbstbestimmte „Herumspazieren“ in der virtuellen Umgebung dazu führte, dass keine der Testpersonen das Spiel in 90 Minuten zu Ende spielte. Bei der Feedbackrunde mit den Tester*innen kam heraus, dass es nicht an den Inhalten lag, sondern daran, dass die Spieler*innen nicht wussten, wie sie zur nächsten Station kommen und sich in der Welt „verirrten“. Bei der zweiten, größeren Testgruppe (N=21) wurden deshalb grüne Linien auf dem Boden der virtuellen Welt eingefügt, die den Schüler*innen den Weg zeigen sollten. Außerdem erhielten die Testpersonen eine detaillierte, schriftliche Anleitung, wie sie sich in der Welt anmelden können und wie die Steuerung des Avatars funktioniert etc..

Bei diesem Praxistest mit 21 Nutzer*innen gab es Serverprobleme, die den Zugriff auf die Lernregion verhinderte, woraufhin die Region wieder neu gestartet werden musste. Dies führte zu Unmut bei den Spielenden. Die Spielerinnen und Spieler nutzten die virtuelle Welt sehr kreativ und fanden auch Möglichkeiten, die Avatare, die eigentlich hätten nicht verändert werden können, zu entkleiden, diese Ablenkung störte verständlicherweise die Konzentration der Gruppe. Außerdem irritierten sich die Spieler*innen gegenseitig bei der Lösung der Aufgaben, indem sie vor Texttafeln „herumhüpften“, (siehe Abbildung 17), so dass kein Bild mehr zu sehen war und keiner mehr den Arbeitsauftrag sehen konnte.

Bei einer Aufgabe musste das Entwicklerteam „inworld“ in Person eines Avatars (weiblicher Avatar mit blauer Bluse und schwarzem Rock, siehe nachfolgende Abbildung 18) eingreifen. Die Spielenden konnten den Film auf der Leinwand nicht mehr selbst starten, weil sie zu mehreren gleichzeitig das Kommando immer wieder eingaben. Beim laufenden Film ergab sich dann ein ähnliches Bild wie in Abbildung 18. Einige Schüler*innen nutzen ihre Avatare dazu, den anderen die Sicht auf den Film absichtlich zu versperren.

⁸⁴ Die Untersuchung, die im Rahmen einer unveröffentlichten Bachelorarbeit durchgeführt wurde, war für die Weiterentwicklung des Spiels nicht relevant, deshalb fließen nur die Erkenntnisse der Beobachtung der spielenden Schüler*innen und deren mündliches Feedback zur Handhabung der virtuellen Welt in die vorliegende Arbeit mit ein.



Abbildung 17: Avatare versperren sich gegenseitig die Sicht in der virtuellen Welt FaziFa, Bildquelle: Bildaufnahme während der Erprobung.

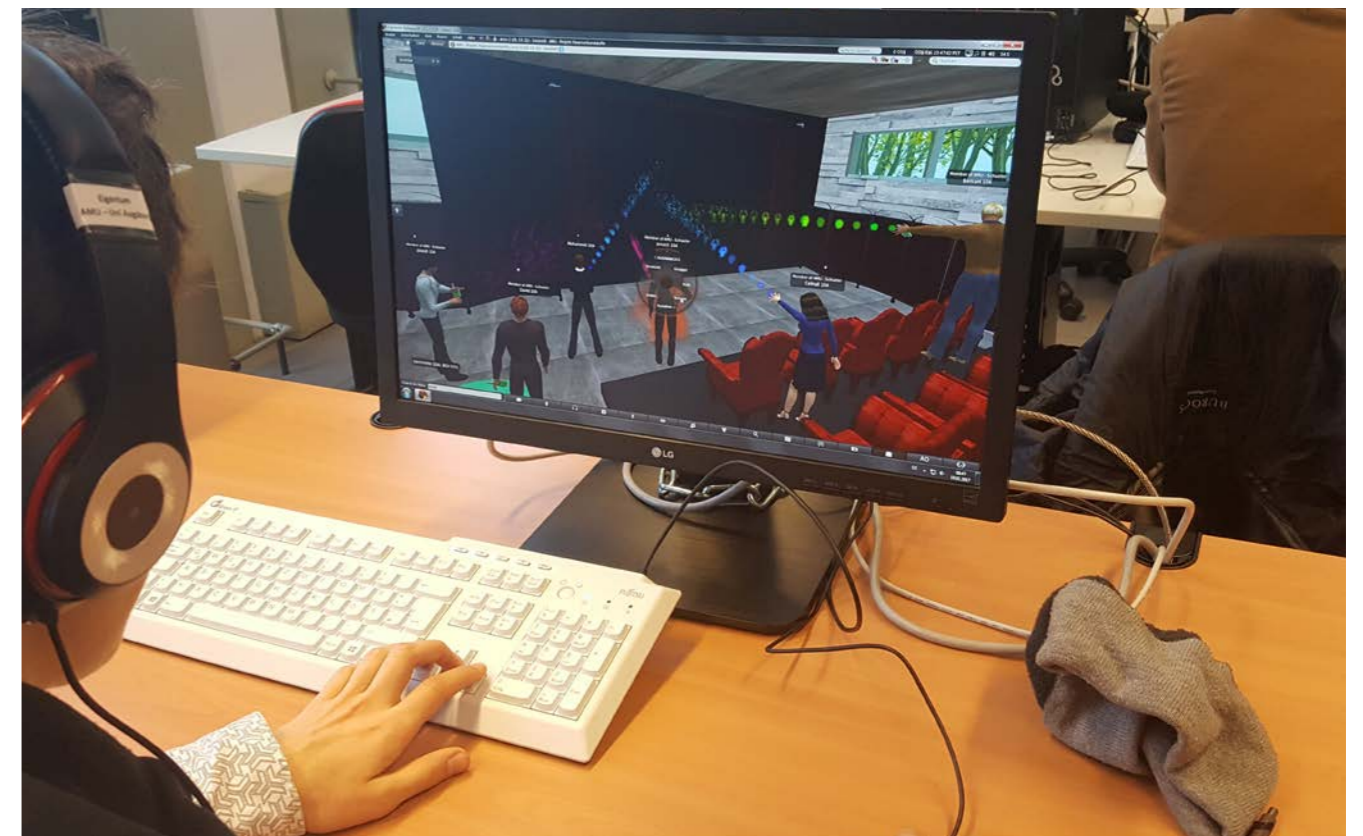


Abbildung 18: Eingriff in das Spielgeschehen durch das Entwicklerteam in der virtuellen Welt FaziFa, Bildquelle: Bildaufnahme während der Erprobung.

Bei einigen Schüler*innen blieb der Avatar nach der Anmeldung eine Wolke (aufgrund einer zu geringen Bandbreite der Datenverbindung), dies trug nicht unbedingt zur Identifikation mit dem eigenen Repräsentanten im Spiel bei. Zudem kam es immer wieder zu Systemabstürzen aufgrund der zu geringen Internetkapazität, so dass einige Testpersonen von vorne beginnen mussten. Die Schüler*innen merkten zudem mehrmals an, dass die Handhabung der Welt nicht intuitiv sei. Die Gruppenteilung der Avatare hatte zur Folge, dass nur einzelne Spieler*innen eine Aufgabe lösten (pro Gruppe konnte immer nur ein Avatar die Aufgabe bearbeiten). Die restlichen Schüler*innen hätten eigentlich beratend zur Seite stehen sollen, taten das aber nicht. So konnte auch das individuelle Lerntempo nicht berücksichtigt werden, da der geschickteste und damit schnellste Spieler immer schon die Aufgabe für die Gruppe gelöst hatte. Die Testpersonen verstanden auch nicht, warum sie zunächst anstatt Autoteile Lösungswörter erhielten. Dieser Umstand war technisch nicht anders umsetzbar, aber führte immer wieder zu Nachfragen (trotz Erläuterung zu Beginn des Spiels). Die Schüler*innen gelangten letztendlich nur durch Unterstützung durch die Welt, beziehungsweise fühlten sich nur durch Anleitung dazu animiert, weiterzuspielen, um die letzte Station zu erreichen.

Der letzte Praxistest mit Faszifa fand im Rahmen eines Workshops mit Lehrkräften auf einer Tagung zur digitalen Didaktik statt. Hier wurde das Spiel mit 15 Lehrkräften getestet, die danach ein mündliches Feedback gaben. Bei der Tagung wurde die Lernwelt Faszifa das erste Mal in größerem Rahmen außerhalb der Universität Augsburg an einer Schule getestet. Die Lehrkräfte erhielten im Vorfeld die Informationen zur Registrierung ihrer Avatare und zum Download des Viewers, so dass man zu Beginn des Workshops gleich in der virtuellen Welt hätte starten können. Die Lernregion funktionierte im WLAN der Schule hinsichtlich der Bandbreite sehr gut, dafür ergaben sich andere technische Unzulänglichkeiten.

Die Lehrkräfte hatten alle versucht, die Avatare zu registrieren, teilweise konnten sie sich aber dann nicht mit dem Viewer anmelden. Danach konnten sich auch wieder einige Avatare nicht materialisieren und der Viewer stürzte bei zwei Lehrkräften ab. Die Lehrkräfte brauchten ebenfalls Unterstützung bei der Handhabung der virtuellen Welt, so dass die eigentlichen Inhalte in den Hintergrund rückten. Das Fazit der Lehrkräfte war daher, dass sie die Welt nicht in der Praxis einsetzen würden. Zum einen sei die Vorarbeit (Installation der Viewer, Registrierung der Avatare) zu umfangreich, zum anderen die Handhabung der virtuellen Welt zu kompliziert, so dass die Lehrkräfte sich nicht in der Lage sahen, den Schüler*innen bei Problemen helfen zu können. Außerdem gaben die Lehrkräfte noch den Tipp, die Welt inhaltlich mehr einzugrenzen. Sie fänden es besser, ein digitales Medium beispielsweise zur

Einführung in den Unterricht zu verwenden, anstatt zu versuchen in 90 Minuten alle Themenfelder, die Faserverbundwerkstoffe betreffen, anzureißen. Der zeitliche Umfang entsprach der Dauer der Einführung zu Faserverbundwerkstoffen im Schülerlabor. Dort werden zu Beginn des Tages möglichst viele Grundlagen vermittelt, damit die Schüler*innen den Input danach bei der Fertigung ihrer Werkstücke nutzen können.

2.3 Zusammenfassung und Problemanalyse

Ausgehend von den Vorüberlegungen sollen die Erfahrungen mit der virtuellen Lernwelt Faszifa nachfolgend nochmal strukturiert zusammengefasst werden.

Ein zentraler Aspekt für die Wahl des Formats war die Recherche zu virtuellen Welten und die bereits in der Praxis erprobten Beispiele aus den Jahren 2014 bis 2017, (siehe auch Kapitel III., Punkt 4). Die Überlegungen, das digitale Medium zu Faserverbundwerkstoffen in der Open-Source Programmierumgebung OpenSim zur Verfügung zu stellen, beruhten auch auf der Entscheidung, das Spiel mit Studierenden umzusetzen, um mit einem geringen Budget für die Entwicklung zurecht zu kommen und die virtuelle Welt danach kostenlos anbieten zu können. Des Weiteren sollte, wie bereits erwähnt, eine Programmierumgebung genutzt werden, die Lehrkräfte selbst bedienen können. Am Beispiel des im Kapitel III., Punkt 4.3 vorgestellten Modellprojekts an Schulen in Irland hatte sich auch gezeigt, dass OpenSim sogar von Schüler*innen bedient werden kann, es war im Vorfeld also nicht mit derart großen technischen Herausforderungen zu rechnen.

2.3.1 Technische Umsetzung

Bei der technischen Umsetzung stellte sich schnell heraus, dass die Welt zwar viele Möglichkeiten der visuellen Vermittlung bietet, der Interaktionsgrad für die Spielenden aber lediglich darin besteht, Texttafeln anzuklicken, diese zu lesen, Objekte anzuklicken, welche dann die Textur ändern können, und Zuordnungsaufgaben zu lösen. Inhaltlich gesehen bietet diese Auswahl einige Möglichkeiten, für Schüler*innen der 8. Jahrgangsstufe waren diese aber eher langweilig. Eine Idee des Entwicklerteams war auch, Faszifa nach der Fertigstellung Schulen und Lehrkräften zu Verfügung zu stellen, um die Welt selber weiterzubauen. Hierzu sollten Lehrerworkshops organisiert werden, welche die technischen Grundlagen zum Ausbau der Welt vermittelten. So wäre es auch denkbar gewesen, dass

Schüler*innen höherer Jahrgangsstufen Inhalte für jüngere Schüler*innen in der Welt bauen. Nach dem Praxistest mit den Lehrkräften musste von diesen Ideen erstmal abgerückt werden. Die Lehrkräfte sahen, wie bereits beschrieben, schon allein große Schwierigkeiten in der Handhabung der fertigen Welt.

2.3.2 Intuitive Handhabung

Die bereits beschriebene, eher komplizierte Handhabung der Lernwelt Faszifa (die Spieler*innen gaben im Feedbackgespräch an, sonst Spiele zu spielen, die über eine App gestartet werden und dann einfach und intuitiv zu spielen sind) fand weder bei Lehrkräften noch bei Schüler*innen Anklang. Der Spielecharakter, also der Anteil an Serious Game in der virtuellen Welt, kam nicht wirklich zum Tragen, da die Testpersonen, wie bereits erwähnt, beispielsweise nicht verstanden, warum sie statt Autoteilen Lösungswörter erhielten, die erst am Ende in Autoteile getauscht werden. So sahen sie auch nicht die Notwendigkeit, eine Aufgabe nochmals zu lösen, wenn ihnen das Lösungswort seltsam vorkam, weil sie ja nicht wussten, welches Teil am Ende herauskam. Das vom Entwicklerteam angedachte selbstbestimmte Erkunden der Welt konnte auch nicht genutzt werden. Durch die grünen Linien, die den Weg kennzeichneten, ging ein gewisser Reiz der virtuellen Welt verloren.

2.3.3 Lernen in Gruppen

Ein weiterer Aspekt für die Wahl des Formats virtuelle Welt war der Einsatz von Avataren und die Möglichkeit in Gruppen zu lernen. In der virtuellen Welt Faszifa mussten die Avatare auch aus technischer Sicht in Gruppen eingeteilt werden, denn nur so konnte die hohe Anzahl an Spieler*innen, welche sich gleichzeitig (und vor allem mit demselben Ziel in dieselbe Richtung) in der virtuellen Welt bewegen, organisatorisch und technisch bewältigt werden. Die Umsetzung der Gruppenarbeit in der Welt war nicht erfolgreich, wie bereits ausführlich in der Beschreibung des Praxistests erläutert. Die technischen Grenzen führten auch dazu, dass die Spielenden nicht in ihrem eigenen Tempo lernen konnten, da, wie schon erwähnt, immer nur ein Avatar der Gruppe die Aufgabe lösen konnte. So war für die anderen Avatare das Ablenkungspotential relativ hoch.

2.3.4 Lernzuwachs durch Immersionserleben

Zu dem genannten Immersions-Gefühl (siehe auch Kapitel III., Punkt 4.2) konnte es aus Sicht des Entwicklerteams bei Faszifa nicht kommen, da auf Grund technischer Schwierigkeiten und des Gruppenarbeits-Modus zu viel Ablenkung in der Welt herrschte und sich die Spieler*innen nicht auf die Inhalte fokussierten und damit auch nicht in die virtuelle Realität eintauchen konnten. Der Lernzuwachs wurde nach den aufgetretenen technischen Schwierigkeiten nicht weiter überprüft, da nicht alle Testpersonen Aufgaben lösen konnten.

2.4 Fazit

Abschließend lässt sich sagen, dass die technische Umsetzung und der Praxistest der virtuellen Welt einige Probleme aufgeworfen haben, die erst im Rahmen der Entwicklung auftauchten und im Vorfeld nicht vollumfänglich abschätzbar waren. Laut Wouters et al. eignen sich virtuelle Welten nicht für alle Inhalte und Themen gleich gut (Wouters et al., 2013, S. 10). Eine Schwierigkeit war sicherlich auch die Programmierung für eine hohe Anzahl an Nutzern. Bei Multi-Player-Szenarien ist die Erstellung wesentlich komplexer als bei Single-Player-Umgebungen. In Single-Player-Welten gibt es wesentlich weniger mögliche Zustände als in einem Multiplayer-Spiel. Die Programmier*innen müssen jeden möglichen Zustand beachten und sicherstellen, dass das Spiel mit jeder Kondition funktioniert (Mehm, Reuter & Göbel, 2013, S. 65). Hierzu kann man für Faszifa noch ergänzen, dass sich eine freie virtuelle Welt ohne vorgegebenen Weg vielleicht auch nicht für alle Zielgruppen eignet und der Einsatz mit Schüler*innen ab der 8. Jahrgangsstufe – in diesem Fall – nicht zielführend war.

2.5 Ausblick

Da die Anpassung der Welt zu umfangreich gewesen wäre und vor allem auch die technischen Herausforderungen und Probleme nicht gänzlich hätten beseitigt werden können, entschloss man sich, das digitale Medium komplett neu aufzusetzen und die Zielgruppe gleich in die Entwicklung mit einzubeziehen. An dieser Stelle sei aber erwähnt, dass es auch andere technische Möglichkeiten der Umsetzung virtueller Lernwelten für den Schulunterricht gibt. Ein Beispiel hierfür ist CoSpaces Edu⁸⁵. Bei dieser Programmierumgebung ist allerdings zu beachten, dass nur die Basisversion für 30 Personen kostenlos ist. Gleichermaßen verhält es sich mit der Programmier-Plattform „Minecraft Education Edition“⁸⁶. Auch hier ist eine kostenlose Nutzung für einen begrenzten Nutzer*innenkreis möglich, bei einer erweiterten Nutzung ist sie kostenpflichtig. Die beiden Möglichkeiten wurden für die Neuauflage nicht gewählt, da das fertige Medium für Schüler*innen kostenlos zur Verfügung gestellt werden und bei der Entwicklung auch nicht klar war, von welcher Teilnehmer*innenzahl es endgültig genutzt werden sollte.

3. Entwicklung Serious Game Composites Cup on Tortuga

Nach der Auswertung der Erfahrungen mit dem Prototypen „Faszination Faserverbundwerkstoffe“ wurde nochmals eine Recherche durchgeführt und beschlossen, das neue digitale Medium komplett als Serious Game zu entwickeln und die Zielgruppe von Anfang an in die Entwicklung mit einzubinden. Dabei lag es nahe, den sogenannten Design-Based Research-Ansatz (DBR), zu Deutsch „designbasierte Forschung“, für die Entwicklung zu nutzen. In der Literatur findet man ihn auch unter den Schlagwörtern „Design Experiments“ (Brown, 1992; Collins, 1992), „Development Research“ (Akker, Branch, Gustafson, Nieveen & Plomp, 1999; Plomp & Nieveen, 2010; van den Akker, 1999) oder „Design Research“ (Kelly, Lesh & Baek, 2008).

Eine designbasierte Forschung wird auch explizit für die Entwicklung von Serious Games vorgeschlagen:

⁸⁵ Abgerufen am 02.03.2019 von <https://cospaces.io/edu/>

⁸⁶ Abgerufen am 02.03.2019 von <https://education.minecraft.net/>

„Die Forschung sollte nicht nur als summative Evaluation für fertige Produkte dienen: Um die Qualität edukativer Spiele und ihrer Integration in Lernvorhaben zu sichern, ist eine frühe und enge Zusammenarbeit von Forschern, Entwicklern und Lehrern notwendig. Im Idealfall wird eine Produktion von Beginn an wissenschaftlich begleitet, so dass das Design Lerntheorien und bisherige Befunde zugrunde legt und formative Evaluationen in allen Phasen der Entwicklung und des pädagogischen Einsatzes durchgeführt werden können, um Probleme kenntlich zu machen und Lösungs- bzw. Verbesserungsstrategien zu entwickeln. Die Forschung sollte also vor- und nachbereitend sowie begleitend tätig sein“ (Breuer, 2010, S. 36).

Der DBR-Ansatz soll im Folgenden kurz vorgestellt werden, bevor die Anwendung des Ansatzes auf die konkrete Entwicklung des Serious Games beschrieben wird.

3.1 Designbasierte Entwicklung des Serious Game Composites Cup on Tortuga

Designbasierte Forschung wird wie folgt definiert:

„... educational design is the systematic study of designing, developing and evaluating educational interventions (such as programs, teaching-learning strategies and materials, products and systems) as solutions for complex problems in educational practice, which also aims at advancing our knowledge about the characteristics of these interventions and the processes of designing and developing them“ (Plomp & Nieveen, 2010, S. 13).

Wang und Hannafin (2005) definieren DBR als: „A systematic but flexible methodology aimed to improve educational practices through iterative analysis, design, development, and implementation, based on collaboration among researchers and practitioners in real-world settings, and leading to contextually-sensitive design principles and theories“ (Wang & Hannafin, 2005, S.6). Brahm, & Jenert (2014) als:

„Designbasierte Forschung zielt darauf ab, praktische Problemstellungen zu lösen und gleichzeitig wissenschaftliche Theorien (weiter) zu entwickeln. Dabei durchläuft designbasierte Forschung in der Regel die Phasen der Problemdefinition, der Entwicklung eines didaktischen Designs, der zyklischen Design-Implementation sowie der Evaluation und Reflexion in enger Kooperation von Wissenschaft und Praxis“ (Brahm & Jenert, 2014, S. 45).

Ähnliche Definitionen finden sich bei vielen Autoren, die sich mit diesem Forschungsansatz auseinandersetzen, sie beschreiben auch alle ähnliche Kriterien, die einen DBR-Ansatz ausmachen. Hierzu gehören:

- die Anwendungsorientierung muss im Vordergrund stehen (Allert & Richter, 2011, S. 3; Edelson, 2002, S. 116),
- eine iterative und zirkuläre Vorgehensweise bei der Entwicklung von Problemlösungen (in einem designbasierten Forschungsprozess werden mehrere Zyklen, auch Entwicklungsphasen genannt, durchlaufen, eine Problemlösung wird also so lange weiterentwickelt, bis sie für den Praxiseinsatz tragfähig ist) (Allert & Richter, 2011, S.3; Edelson, 2002, S. 117),
- die theoriegeleitete Verankerung des Forschungs- und Gestaltungsprozesses (um einen Beitrag zur Weiterentwicklung pädagogischer Theorien zu leisten) (Allert & Richter, 2011, S. 3; Reinmann, 2005, S. 57),
- der integrative Einsatz von Forschungsmethoden (Reinmann, 2005, S. 57),
- der kontinuierliche Einbezug von Praktiker*innen und die Kooperation zwischen Forscher*innen und Praktiker*innen (Reinmann, 2005, S. 59).

Da sich der DBR-Prozess am besten an der konkreten Anwendung erklären lässt, wird nachfolgend erläutert, wie der DBR-Ansatz bei der Entwicklung des Serious Games „Composites Cup on Tortuga“ umgesetzt wurde.

Anwendung DBR-Ansatz bei der Entwicklung des Serious Games (SG)

Laut Euler (2014) beginnt „Design Research“ mit der Suche und Identifizierung von bedeutsamen Problemen in konkreten Praxiskontexten (beispielsweise einer Herausforderung, die einer Lehrkraft begegnet ist), deren Bewältigung innovative Lösungsansätze (im Sinne von Interventionen, wie zum Beispiel ein Lehr-Lern-Angebot oder didaktische Materialien etc.) erfordern (Euler, 2014, S. 2). Die designbasierte Forschung verfolgt daher in der Regel das Ziel, eine Intervention (zum Beispiel ein Lehr-Lern-Angebot oder didaktische Materialien etc.) für ein komplexes, praktisches Problem zu entwickeln (Plomp & Nieveen, 2010, S. 13).

Bei dem in dieser Arbeit beschriebenen Beispiel lag die Herausforderung vor, wie man ein digitales Medium zu Faserverbundwerkstoffen konzipieren muss, damit es in der Praxis (in diesem Fall im schulischen Bildungskontext bzw. am außerschulischen Lernort) zum Einsatz kommen kann. Teilaspekte dieser Problemstellung waren unter anderem, wie man den Themenbereich „Faserverbundwerkstoffe“,

der neu in den bayerischen Lehrplänen verankert ist und für den es bisher keine digitalen Unterrichtsmaterialien gibt (siehe Kapitel IV), so eingrenzen und visuell aufbereiten kann, dass er für die Schüler*innen verständlich ist und mit der Intervention eine Wissensgenerierung erreicht werden kann. Der Forschungsansatz DBR soll auch dazu beitragen, für die Praxis zu klären, wie aktuelle curriculare Lernziele, in diesem Fall die Implementierung des Themas Faserverbundwerkstoffe im Unterricht, erreicht werden können und welche Designs dafür besonders geeignet sind (Reusser, 2009, S. 309). Ausgangspunkt für die Entwicklung des Serious Games CC on Tortuga waren außerdem die Erkenntnisse des praktischen Einsatzes der virtuellen Welt „Faszination Faserverbundwerkstoffe“ (FasziFa). FasziFa konnte aus mehreren Gründen (siehe auch Kapitel V, Punkt 2.3) in der Praxis nicht etabliert werden. Mit dem neuen Medium soll gezeigt werden, dass Serious Games einen Mehrwert als Unterrichtsmaterial bieten und ohne großen Aufwand im Unterricht eingesetzt werden können.

Designbasierte Forschung wird, wie bereits erwähnt, dadurch charakterisiert, dass sich Forschende und Praktiker*innen am Prozess beteiligen. Bei der Entwicklung von Serious Games ist es ebenfalls von Vorteil, wenn das Entwicklerteam verschiedene Disziplinen abdecken kann. Hierzu gehören die Expertisen von mehreren Fachexpert*innen. Bei einem Serious Game für die Schule wären das Pädagog*innen, Spieldesigner*innen, Inhaltsproduzent*innen und Spielprogrammierer*innen (Mehm et al., 2013, S. 60). Das SG CC on Tortuga wurde deshalb in einem interdisziplinären Team aus zwei Informatiker*innen, Expert*innen aus der Faserverbundforschung und der Usability-Forschung, einer Materialwissenschaftlerin, Schüler*innen, Lehrkräften (kamen erst bei der summativen Evaluierung dazu) und einer Pädagogin entwickelt.

Bei der designbasierten Forschung ist die Forschungsmethode nicht festgelegt. Im Ergebnis soll eine Intervention entwickelt werden, die wirksam und alltagstauglich zugleich ist. Der Weg zum Ergebnis ist von hoher Relevanz bei diesem Forschungsansatz, Gestaltungs- und Entwicklungsprozesse müssen deshalb beschrieben und dokumentiert werden (Edelson, 2002, S. 116). Aus diesem Grund wurde für das Forschungsprojekt eine Kombination aus quantitativen und qualitativen Forschungsmethoden genutzt, wobei der Fokus auf einer qualitativen Begleitung und Erforschung des Entwicklungsprozesses lag, der durch quantitative Methoden ergänzt wurde.

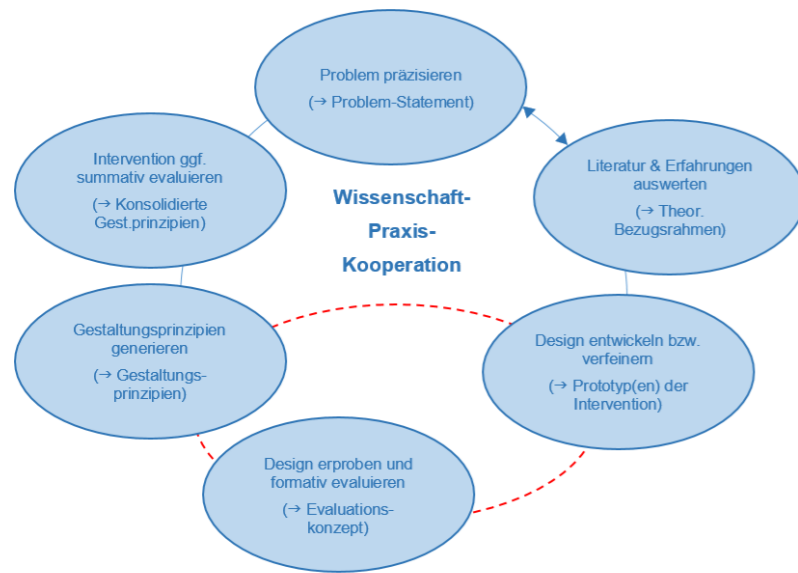


Abbildung 19: Prozessmodell von Euler, Bildquelle: Euler, 2014, S.6 und Euler 2011, S.533.

Für die Beschreibung und Dokumentation des Entwicklungsprozesses einer Intervention im Sinne des DBR-Ansatzes gibt es zahlreiche Prozessmodelle von unterschiedlichen Autor*innen (McKenney & Reeves, 2012, S. 73; Reinking & Bradley, 2008, S. 67–69). Diese Modelle unterscheiden sich zwar zum Teil in der Anzahl und Benennung der einzelnen Phasen, weisen aber in ihrer Grundstruktur eine große Ähnlichkeit

auf. Nebenstehend befindet sich das Prozessmodell von Euler (2014, S. 6; 2011, S. 533).

Das Entwicklerteam erstellte nachfolgendes Modell, angelehnt an Euler (2014; 2011), für die Entwicklung des Serious Game.

Die Entwicklung zur „Alltagstauglichkeit“ des Serious Game CC on Tortuga wurde mit einer formativen Evaluierung begleitet und der Gestaltungs- und Entwicklungsprozess dokumentiert. Die „Wirksamkeit“ des Serious Games wurde mittels einer summativen Entwicklung untersucht. Hierzu wurde das

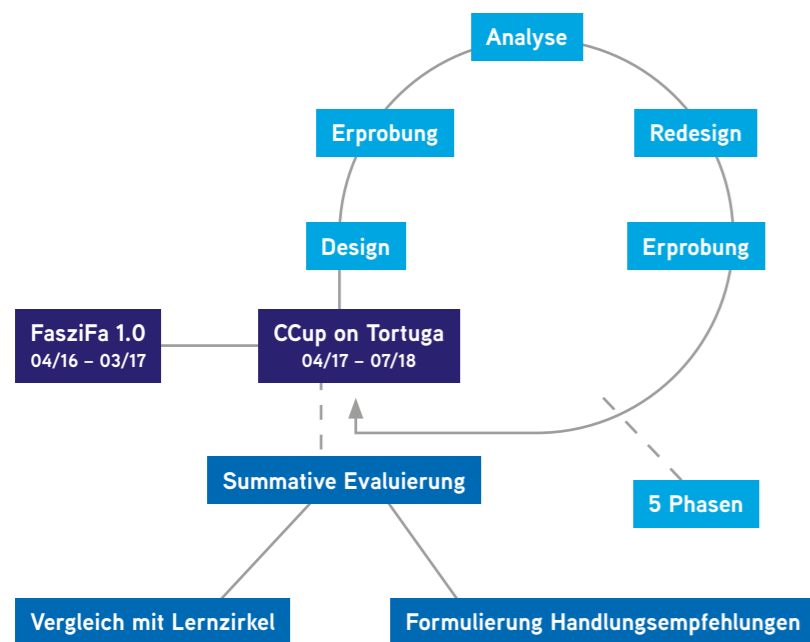


Abbildung 20: Prozessmodell Serious Game Composites Cup on Tortuga orientiert an Euler 2014 und 2011, eigene Darstellung.

fertige Spiel mit einem Lernzirkel zu Faserverbundwerkstoffen verglichen und untersucht, inwiefern beim Einsatz der beiden Medien Unterschiede in Bezug auf den Lernzuwachs und die Erfahrungen mit dem Medium bestehen. Bevor nun die konkrete Umsetzung des Serious Games, begleitet durch den DBR-Ansatz, vorgestellt wird, werden noch die didaktischen Parameter, die für das neue Medium wichtig waren, aufgeführt.

3.2 Analyse der Ausgangssituation

Aufbauend auf den Erkenntnissen der Entwicklung und Erprobung des Mediums FasziFa wurde das Entwicklungskonzept angepasst. Bei der Analyse der Zielgruppe wurde keine Änderung vorgenommen, die Zielgruppe war die Gleiche wie im Kapitel V., Punkt 1.2 dieser Arbeit beschrieben. Die Annahme, dass die Zielgruppe gut mit Computern und browserbasierten Anwendungen zurechtkommen würde, wurde teilweise bestätigt, wobei die Probleme in der Handhabung vermutlich auch auf die technischen Unwägbarkeiten der Entwicklungsplattform zurückgeführt werden müssen. Bei der Erprobung zeigte sich auf jeden Fall, dass die Jugendlichen motiviert waren, das interaktive, digitale Lernmedium zu spielen, und so behielt man dieses Genre auch bei. Das Format virtuelle Lernwelt mit Anteilen eines Serious Games wurde allerdings auf ein reines Serious Game umgestellt.

3.3 Didaktische Vorüberlegungen

Aus pädagogischer Sicht waren zahlreiche Aspekte für die Konzeptionierung des Serious Games wichtig, denn schlecht gestaltete Lernumgebungen können die individuellen Lernprozesse einzelner Schüler*innen, unabhängig vom Vorwissen, zusätzlich erschweren (Kalyuga, 2011, S. 110). Bei der Entwicklung von Serious Games muss zahlreichen didaktischen Herausforderungen Rechnung getragen werden. Sie sollen

- interaktiv und strukturiert sein (Gee, 2005, S. 34; Prensky, 2007, S. 106),
- Feedback und Leistungsbewertungen geben (Gee, 2005, S. 35; Prensky, 2007, S. 106),
- erfahrungs-, problem- und handlungsorientiertes Lernen ermöglichen (Gee, 2005, S. 35; Prensky, 2007, S. 106),
- Immersionserleben ermöglichen (Prensky, 2007, S. 106),
- motivierend sein und Vergnügen bieten (Prensky, 2007, S. 106),
- kreativ gestaltet sein (Prensky, 2007, S. 106),

Außerdem sollten Serious Games, damit Lernprozesse ausgelöst werden und die Lernenden motiviert sind, eine Herausforderung darstellen, zugleich aber den Fähigkeiten der Lernenden angepasst und damit nicht überfordernd sein. Der optimale Schwierigkeitsgrad kann als „pleasantly frustrating“ (Gee, 2005, S. 155) beschrieben werden. Er liegt also etwas über den Kompetenzen der Lernenden, kann aber trotzdem gemeistert werden.

Bei der Planung des Serious Games sollten auch geschlechterspezifische Präferenzen mit einbezogen werden. Eichenberg, Künzel und Sindelar (2016) haben in ihrem Aufsatz „Computerspiele im Kindes- und Jugendalter: Geschlechterspezifische Unterschiede in der Präferenz von Spiel-Genres, Spielforderungen und Spielfiguren und ihre Bedeutung für die Konzeption von Serious Games“ Aspekte, die bei der geschlechterspezifischen Gestaltung eine Rolle spielen sollen, zusammengefasst:

Tabelle 3: Gegenüberstellung geschlechterspezifische Unterschiede bei der Gestaltung von Serious Games.

Empfehlungen für die Entwicklung von Computerspielen für Mädchen (Eichenberg, Künzel & Sindelar, 2016; Eichenberg & Auersperg, 2018, S. 16–17)	Empfehlungen für die Entwicklung von Computerspielen für Jungen (Eichenberg et al., 2016; Eichenberg & Auersperg, 2018, S. 16–17)
„Soziale Beziehungen stehen im Vordergrund.“	
„Fortlaufende Handlung mit Entwicklungsmöglichkeiten des Charakters.“	„Spielsteuerung sollte Geschick erfordern; Entwicklungsmöglichkeiten in der Beherrschung der Spielsteuerung sollten gegeben sein.“
„Vermeidung eines polarisierten Konflikts guter und böser Mächte.“	
„Das Prinzip „Wettkampf“ sollte nicht im Zentrum des Spielekonzepts stehen.“	„Wettbewerbsartige Modi sollten implementiert sein (z.B. Highscores).“
„Das Spiel sollte actionreich, aber möglichst gewaltfrei sein.“	„Actionbetonte Auseinandersetzungen, die nicht zwangsläufig brutal oder gewalttätig sein müssen, erhöhen das Spielinteresse.“
„Das Einbeziehen anderer Personen sollte möglich sein (z.B. mit anderen zusammen spielbar).“	„Kommunikative Aspekte brauchen nicht im Vordergrund des Spielgeschehens stehen.“
„Spielwelten sollten möglichst real sein.“	„Spielfiguren sollen, wenn diese fiktiv sind, eine mögliche Funktion mit einem Äquivalent aus der realen Welt abbilden (z.B. einen Beruf oder eine spezifische Aufgabe haben).“
„Spielfiguren sollten vornehmlich weiblichen Charakters sein; fiktive Figuren sind möglich; Figuren, die männliche Stereotype abbilden, sollten jedoch eher vermieden werden.“	„Das Geschlecht der Spielfigur sollte deutlich nicht weiblichen Geschlechts sein und zumindest theoretisch auch dem männlichen Geschlecht einer „Spezies“ zugeordnet werden können.“
	„Eine Spielaneignung über Versuch und Irrtum sollte gewährleistet sein.“

Zusammenführung Lernen und digitales Spielen:

Lernen und (Computer-) Spielen haben einige gemeinsame Merkmale, die von Breuer (2012) zusammengefasst wurden:

1. Es gibt zuvor verbindlich formulierte Ziele
2. Spieler/Lerner widmen im Idealfall ihre ganze Aufmerksamkeit der Aufgabe
3. Erfolgserlebnisse vermitteln ein Gefühl der Selbstwirksamkeit
4. Fortschritte sind für den Spieler/Lerner spürbar
5. Spieler/Lerner erhalten eine Rückmeldung über ihre Leistung
6. Spieler/Lerner sind idealiter motiviert, die Ziele zu erreichen
7. Die Schwierigkeit der Aufgaben nimmt mit dem Fortschritt der Spieler/Lerner zu
8. Das Lösen der Aufgaben erfordert ein bestimmtes Maß an Anstrengung
9. Spieler/Lerner sollen weder unter- noch überfordert werden
10. Spieler/ Lerner müssen selbst aktiv sein“

(Breuer, 2010, S. 12).

Beim „Wissen“ wird zwischen deklarativem Wissen (Faktenwissen) und prozeduralem Wissen (Handlungswissen) unterschieden. In der unter Kapitel II, Punkt 4.2 zitierten Metastudie der TU München wird deutlich, dass sich insgesamt ein größerer positiver Effekt auf die Lernleistung beim Einsatz von digitalen Medien zeigt, wenn prozedurales Wissen im Vordergrund steht (Hillmayr et al., 2017, S. 26). In der eben zitierten Studie Hillmayr et al. (2017) wurde aber auch darauf hingewiesen, dass ein komplexer Versuchsaufbau dazu führen kann, dass Lernende ihre Aufmerksamkeit nicht auf den eigentlichen Lerngegenstand fokussieren, sondern sich vielmehr auf die Durchführung konzentrieren (Hillmayr et al., 2017, S. 6).

Basierend auf diesen didaktischen Vorüberlegungen wurde ein Konzeptionsschema für das Serious Game entworfen, das nachfolgend vorgestellt wird.

3.4 Zusammenfassung Vorüberlegungen Konzeptionsphase

Tabelle 4: Übersicht Vorüberlegungen Serious Game.

Technische Umsetzung	Software Unity
<p>Zur technischen Umsetzung wurde Unity⁸⁷ genutzt, eine spezielle Entwicklungsumgebung für Spiele. Unity bot auch den Vorteil, dass die ersten Versionen des Serious Games auf der kostenlosen Unity-Lizenz für Studierende⁸⁸ getestet werden konnten. Im Laufe des Entwicklungsprozesses wurde die Vollversion gekauft.</p> <p>Für die Programmierung des Serious Games wurden zwei Informatiker (zugleich Masterstudierende der Informatik) in das Entwicklerteam aufgenommen.</p>	
Spielmodus	Adventure & Action / Jump and Run als Single Player-Variante
<p>Als Genre entschied man sich für eine Mischung aus „Adventure (Point & Click) & Action“ und „Jump and Run“, das sowohl auf einem iPad als auch auf dem Computer spielbar ist (Wouters & van Oostendorp, 2016, S. 5). Das Spiel sollte ein gewisses Maß an Action beinhalten, welches das Spielinteresse anregt, vgl. hierzu auch (Eichenberg et al., 2016).</p> <p>Bei der Auswahl „Single Player“ oder „Dual Player“ entschied man sich bewusst für die Single Player-Variante. Denn auch wenn die gemeinsame Nutzung und Bearbeitung bestimmter Lerninhalte gewinnbringend sein kann, (vgl. Eichenberg, Küsel und Sindelar (2016)), weil die Kommunikation unter den Schüler*innen über die zu erlernenden Themen angeregt wird und sich positiv auf die Lernleistung auswirken kann (Hillmayr et al., 2017, S. 14), so haben die Erfahrungen der Erprobung der virtuellen Welt FasziFa gezeigt, dass beim gemeinsamen Arbeiten ein hohes Ablenkungspotential entsteht.</p>	
Grafische Gestaltung	Piratensetting
<p>Für die grafische inhaltliche Gestaltung wurde bewusst ein Piratensetting gewählt, da sich in dem Piraten-Kontext eine sinnvolle Rahmenhandlung ergab, auf welche die Faserverbundinhalte gut übertragen werden konnten. Serious Games sollten auch eine spannende und in sich schlüssige Rahmenhandlung haben, die das Interesse der Spielenden weckt (Gee, 2005, S. 36).</p> <p>Als Spielfigur sollten die SpielerInnen zwischen einem Mann und einer Frau wählen können. Damit wurde den Empfehlungen von Eichenberg, Küsel & Sindelar (2016) nur in der Hinsicht Rechnung getragen, dass die User sich das Geschlecht ihrer Spielfigur selbst aussuchen können. Die reale Spielwelt bzw. die Spielfiguren, deren Funktion mit einem Äquivalent aus der realen Welt übereinstimmen sollten, wurden vernachlässigt.</p> <p>Denn neben einer einprägsamen Visualisierung ist es besonders wichtig, die Lerninhalte in einen Anwendungskontext zu bringen: „When we look inside science classrooms in schools, we often see students being lectured on abstract ideas and concepts. We often see students copying down notes about crafted problems with fixed meanings“ (Dede, Clarke, Ketelhut, Nelson, & Bowman, 2005, S. 6). Dieser konnte über das Piratensetting aus Sicht des Entwicklerteams gut abgebildet werden.</p>	

87 Abgerufen am 12.12.2018 von <https://unity3d.com/de>

88 Abgerufen am 12.12.2018 von https://store.unity.com/de/education?&_ga=2.211253781.1856583389.1533550234-990672697.1494400728#student

Fachlicher Umfang

Zusammensetzung und Eigenschaften von Faserverbundwerkstoffen

Die Erfahrungen mit der virtuellen Welt FaziFa hatten gezeigt, dass eine zu große inhaltliche Fülle die Lernenden überfordert. Das Entwicklerteam entschied sich daher, die Fragestellungen für das Serious Game auf die nachfolgenden Aspekte einzugrenzen:

Was sind Faserverbundmaterialien?

Wie entsteht ein Faserverbundwerkstoff?

Seit wann gibt es Faserverbundwerkstoffe?

Warum verwendet man Faserverbundwerkstoffe zur Fertigung von Werkstücken etc.?

Die fachlichen Inhalte zu den Fragestellungen sollen so gestaltet sein, dass die Schüler*innen die Möglichkeit haben, Wissen aufzubauen und Problemlöseverhalten zu lernen.

Didaktische Aufbereitung

Deklaratives Wissen soll so vorhanden sein, dass es jederzeit von den Spieler*innen und auch mehrmals im Spiel aufgerufen werden kann. Das heißt, wichtige Informationen zum Aufbau von Wissen sollten „just in time“ und „on demand“ (Gee, 2003, S. 138).- also genau dann – wenn es nötig ist, zur Verfügung stehen.

In den Spiel-Leveln selbst sollte das prozedurale Wissen im Vordergrund stehen. Die Nutzer*innen sollten das aufeinander aufbauende Wissen im Laufe des Spiels erkennen, da die Inhalte aus den einzelnen Spielsequenzen auf spätere, herausforderndere Sequenzen transferiert werden müssen. Das in den Spiel-Leveln angeeignete Wissen soll im Spiel über kleine Quizze abgefragt werden. Dieses Vorgehen wird auch von Shute und Ke (2012, S. 55) vorgeschlagen, die eine separierte Überprüfung des Lernfortschritts nach dem Spiel als nicht zielführend erachten und unter dem Schlagwort ‚embedded assessment‘ Methoden diskutieren, die ein Überprüfen und Testen möglichst übergangslos in das eigentliche Spielerlebnis einbinden sollen.

Das Spiel soll so intuitiv sein, dass eine Spielaneignung ohne Instruktion durch einen Lehrenden mit dem Prinzip des „Try and Error“ möglich ist. Trotzdem soll sich die Herausforderung der Spielsteuerung im Laufe des Spiels steigern und es soll Geschick erfordern, um die Schüler*innen nicht zu langweilen (vgl. hierzu auch (Eichenberg et al., 2016)).

Aus medienpädagogischer Sicht sollten die bereits bei der virtuellen Lernwelt adressierten Aspekte „Mediengestaltung“, „Mediennutzung“, „Medienkunde“ sowie die Herangehensweisen Learning to Use ICT (formative Evaluierung) und Using ICT to Learn (summative Evaluierung) und die technologische sowie die anwendungsbezogene Perspektive des Dagstuhl-Dreiecks aufgegriffen werden. Vergleiche hier auch die Kapitel II und V (1.4 bis 1.6).

Zeitlicher Umfang

45 Minuten

Der zeitliche Umfang des Serious Games sollte sich für eine Einführungsstunde zu Faserverbund eignen. Diese dauert sowohl im School-Lab als auch im Unterricht (so das Ergebnis der Befragung von Lehrkräften) in der Regel 45, höchstens 90 Minuten. Der Einsatz eines digitalen Mediums sollte zeitlich auch beschränkt sein. Laut Hillmayr et al. (2017) zeige sich der positive Einfluss digitaler Medien bei kurzfristigem Einsatz am stärksten, dieser positive Effekt nehme bei zunehmender Einsatzdauer kontinuierlich ab (Hillmayr et al., 2017, S. 11).

3.5 Fragestellung

Die aktuelle Forschung zur Wirksamkeit von Serious Games wurde im Kapitel II, Punkt 5.3 vorgestellt. Bei der Erstellung von Serious Games, die den Schwerpunkt dieser Arbeit bildet, werden in der Forschung derzeit unter anderem nachfolgende, von Mayer (2014) zusammengefasste Kategorien diskutiert:

- Value-added approach (Mayer, 2014, S. 123): Welche Funktionen müssen in ein Serious Game integriert sein, damit man mit ihm lernen kann?
- Cognitive consequences approach (Mayer, 2014, S. 123): Welches Wissen wird durch die Nutzung von Serious Games generiert?
- Media comparison approach (Mayer, 2014, S. 123): Können Menschen durch Serious Games besser lernen, als mit anderen digitalen oder analogen Medien?

In der vorliegenden Arbeit wurde bei der summativen Evaluierung, (siehe auch Kapitel VI., Punkt 2) der letzte Aspekt, ob Schüler*innen mit/durch Serious Games besser lernen als mit konventionellen Medien, aufgegriffen. Im Vordergrund stand bei der Fragestellung für die vorliegende Forschung allerdings die designbasierte Entwicklung eines Serious Games für den Praxiseinsatz. Aus diesem Grund orientierte man sich vor allem an den nachfolgenden Fragestellungen von Euler (2014, S. 13):

- Wie muss das Medium gestaltet sein, damit es in sich schlüssig, verständlich und zielangemessen ist?
- Worin liegt der Mehrwert der digitalen Umsetzung?
- Was macht das Medium für einen potentiellen Anwender*innen in der Praxis attraktiv?
- Welche Kompetenzen (Wissen, Fertigkeiten, Einstellungen) setzt die Nutzung des Mediums seitens der Anwender*innen voraus?
- Wo liegen Schwierigkeiten in der Umsetzung des Mediums und wie kann ihnen begegnet werden?
- Inwieweit lässt das Medium eine flexible Anpassung bei wechselnden Anwendungsbedingungen zu?

Daraus wurden drei Leitfragen für die vorliegende Arbeit fixiert:

- Wie muss ein Serious Game gestaltet sein, damit es im außerschulischen Lernort als Intervention für die Einführung des fachwissenschaftlichen Themas zum Einsatz kommen kann?
- Wie kann ein Serious Game gestaltet werden, damit es intuitiv und selbsterklärend in der Handhabung ist?
- Welche Gestaltungsprinzipien benötigt ein Serious Game, damit es wirksam ist (z.B. Lernzuwachs generiert, die Motivation steigert, Schüler*innen zum konstruktiven Lernen anregt) (siehe auch Kapitel II, Punkt 4.2.2)?

Laut Göbel et. al (2013, S.111) ist es unbedingt notwendig, umfassende Evaluationsstudien zu Serious Games durchzuführen, um deren nachhaltigen Nutzen nachweisen zu können. Dieser Forderung stellt sich die Arbeit ebenfalls, siehe nachfolgendes Kapitel.

VI. Evaluationsprozess

Wie bereits im vorherigen Kapitel beschrieben, wurde die Entwicklung des Serious Games designbasiert umgesetzt. Diese Form der Konzeptionsbegleitung zeichnet sich durch eine regelmäßige Evaluation einer Maßnahme aus, um diese auf Basis der Zwischenevaluationsergebnisse weiter optimieren zu können. Bevor der konkrete Evaluationsprozess dieser Arbeit beschrieben wird, soll noch kurz eine Einordnung des Begriffs Evaluation erfolgen. Wissenschaftliche Evaluationen werden wie folgt definiert:

„Die Evaluationsforschung („evaluation research“) bzw. wissenschaftliche Evaluation („evaluation“) nutzt sozialwissenschaftliche Methoden, um einen Evaluationsgegenstand (z.B. ein Produkt oder eine Maßnahme) unter Berücksichtigung der relevanten Anspruchsgruppen (z.B. Patienten, Angehörige, Produktentwickler, Evaluationsauftraggeber) anhand bestimmter Evaluationskriterien (z.B. Akzeptanz, Wirksamkeit, Effizienz, Nachhaltigkeit) und Maßgaben zu ihren Ausprägungen zu bewerten“ (Döring & Bortz, 2016, S.18).

„Evaluationen stellen ein wichtiges Instrument zur Generierung von Erfahrungswissen dar. Sie werden durchgeführt, indem Informationen gesammelt und anschließend bewertet werden, um letztendlich Entscheidungen zu treffen. Die dabei verwendeten Bewertungskriterien können sehr verschieden sein, orientieren sich jedoch sehr oft an dem Nutzen eines Gegenstandes, Sachverhaltes oder Entwicklungsprozesses für bestimmte Personen oder Gruppen“ (Stockmann, 2000, S.11).

Gollwitzer und Jäger (2009) stellen in ihrer Veröffentlichung „Evaluation kompakt“ verschiedene Facetten eines Evaluationsprozesses vor. Bei dieser Arbeit sind die nachfolgend kurz beschriebenen Kriterien relevant:

Tabelle 5: Übersicht Bestandteile eines Evaluationsprozesses nach Gollwitzer und Jäger (2009).

Evaluationsmodell:	Praxisorientierte Evaluation
Dabei wird ein vorhandenes Projekt/Produkt dahingehend beurteilt, wie und ob es sich im Praxis-einsatz bewährt und welche konkreten Effekte es hervorbringt.	
Zeitpunkt der Evaluation:	Prozessevaluation
Eine Interventionsmaßnahme wird in der Durchführung begleitet bewertet. Es werden regelmäßig Zwischenevaluationen durchgeführt, um Informationen über die Qualität der Implementierung und über bisher eingetretene Effekte zu erhalten. Aufbauend auf den Zwischenevaluationen werden Maßnahmen/Produkte gegebenenfalls verändert und damit optimiert oder durch andere Maßnahmen/Produkte ersetzt.	

Durchführungsmodi:

Formativ und Summativ

Die formative Evaluierung wird durchgeführt, um Maßnahmen/Produkte zu verbessern oder Rahmenbedingungen zu schaffen, die eine Wirksamkeit der Maßnahme wahrscheinlicher machen. Die summativ Evaluierung dient der nachträglichen Bewertung einer Maßnahme/eines Produkts im Hinblick auf ihre/seine Eignung und Wirksamkeit.

Metaevaluation:

Programm-Design-Evaluation

Bei einer Programm-Design-Evaluation werden evaluative Ansätze dazu genutzt, „Erfahrungszusammenfassungen und Überprüfungen zum Zwecke einer verbesserten zukünftigen Durchführung hinsichtlich Planung, Gestaltung, verwendeter Methoden und Zielsetzungen zu beschreiben“.

(Gollwitzer & Jäger, 2009, S.15-16)

Der vollständige Evaluationszyklus, der bei der vorliegenden Arbeit durchgeführt wurde, wird anhand der nachfolgenden Abbildung visualisiert und im Folgenden detailliert beschrieben.

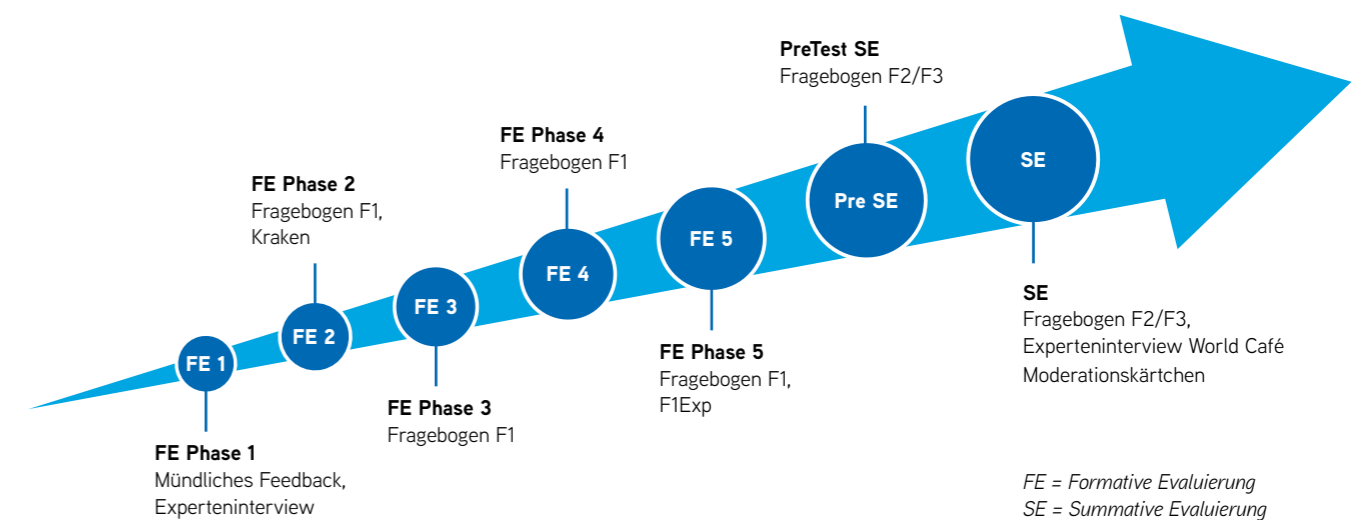


Abbildung 21: Überblick Evaluationsprozess Serious Game, eigene Darstellung.

1. Formative Evaluation

Bei der formativen Evaluierung stand die optische und inhaltliche Gestaltung des Serious Games im Vordergrund. Die Zielgruppe sollte bewerten, ob das Spiel sinnvoll aufgebaut ist (allgemeines Verständnis des Spielverlaufs und der Rahmenhandlung), die Inhalte verständlich sind (Umfang und Inhalte der Einführungs- und Informationstexte) und ob die Handhabung des Mediums intuitiv ist.

Die Entwicklung und formative Evaluierung des Spiels verlief in fünf Phasen. Jedes DBR-Projekt folgt dem Prinzip der Iteration, also einem kontinuierlichen, zyklischen Vorgehen, bei dem eine Intervention

wiederholt theoriebasiert entwickelt, implementiert und analysiert wird (Knogler & Lewalter, 2014, S. 3). So beinhaltet der DBR-Prozess der vorliegenden Arbeit ebenfalls die einzelnen Teilschritte „Design“, „Erprobung“, „Analyse“ und „ReDesign“. Der neue Zyklus beginnt beim zweiten Durchlauf mit der Erprobung (Euler, 2014, S. 5), wie im nachfolgenden Schaubild, Abbildung 22, visualisiert wird.



Abbildung 22: Schaubild zyklisches Vorgehen bei der DBR-Entwicklung, eigene Darstellung.

Nachfolgend werden die bei der formativen Evaluierung eingesetzten Feedbackinstrumente erläutert. Die jeweilige Stichprobe, also die Zielgruppe, die das Spiel in den verschiedenen Phasen getestet hat, wird bei jeder Phase kurz beschrieben, weil sie im Verlauf stark variierte. Das war vom Entwicklerteam gewünscht, weil das Spiel jahrgangs- und schulartenübergreifend zum Einsatz kommen soll.

1.1 Methoden und Instrumente

In der Serious-Game-Forschung werden sowohl qualitative als auch quantitative Erhebungsinstrumente zur Evaluation eingesetzt. Hierzu gehören nutzerzentrierte Fragebögen, Interviews, Beobachtungen, Expert*innenaussagen, Loganalysen oder auch Videoanalysen (Göbel et al., 2013, S. 107). Im DBR-Prozess haben qualitative Daten eine große Bedeutung, da bei der Entwicklung innovativer Problemlösungen auch die relevanten Kontextfaktoren identifiziert werden müssen (Euler, 2014, S. 16). Um ein möglichst umfassendes Feedback von der Zielgruppe zu erhalten, wurden deshalb bei der Entwicklung des Serious Games sowohl qualitative als auch quantitative Erhebungsinstrumente eingesetzt, die nachfolgend vorgestellt werden.

1.1.1 Fragebogen F1 Schüler*innen

Bei der formativen Evaluierung des Serious Games kam ein eigens konstruierter Fragebogen (F1), siehe Anlage 0, der dem Entwicklerteam ein Feedback zum jeweiligen Spielentwicklungsstand geben sollte und überwiegend aus geschlossenen Aussagen bestand (Döring & Bortz, 2016, S. 405), zum Einsatz. Diese waren in die Kategorien „Bedienung des Spiels“ (fünf Items), die „Verständlichkeit des Spiels“ (18 Items), das „Design des Spiels“ (vier Items) und die „Gesamtbeurteilung des Spiels“

(sieben Items) gegliedert. Der Fragebogen F1 enthielt außerdem zwei offene Aussagen „Optimieren könnte man noch“ und „Was ich euch sonst noch sagen möchte“. Es wurde eine fünfstufige Skala (Stimme völlig zu, Stimme zu, Neutral, Stimme nicht zu, Stimme gar nicht zu) verwendet. Der Fragebogen wurde einem Pretest mit 20 Personen der Zielgruppe unterzogen. Die Testpersonen gaben im anschließenden Feedbackgespräch an, dass sie keinerlei Schwierigkeiten mit dem Fragebogen hatten und die Aussagen verstanden haben.

1.1.2 Expert*inneninterviews

Beim DBR-Prozess ist es notwendig, dass in verschiedenen Forschungs- und Entwicklungsphasen des Projekts erfahrene Praktiker*innen mit einbezogen werden. So können zum einen andere Zugänge zur Untersuchung von Praxisfeldern eröffnet und die Qualität der Problemlösung gesteigert und zum anderen kann durch die gemeinsame Entwicklung der Transfer in die Praxis besser gestaltet werden (Euler, 2014, S. 3). Bei der vorliegenden Arbeit wurde deshalb auch das Instrument „Experteninterview“ für den Einbezug von Praktiker*innen in den Entwicklungsprozess eingesetzt. Bei einem Experteninterview werden die Befragten als Fachleute zu einem bestimmten Thema angesprochen (Döring & Bortz, 2016, S. 375). Bei der Konzeption des Serious Games war es für das Entwicklerteam notwendig Fachexpert*innen hinzuziehen. So wurden die verwendeten Inhalte zum Thema Faserverbundwerkstoffe mit einem Fachexperten besprochen, um eine fachliche Korrektheit zu garantieren. Da die technische Umsetzung des Spiels von Studierenden vorgenommen wurde, konnten aus dem Interview mit dem Usability-Expert*innen fachwissenschaftliche Erkenntnisse für die Umsetzung des Spiels gewonnen werden. Außerdem wurden Lehrkräfte als Praxisexpert*innen in die Entwicklung eingebunden, da sie am besten einschätzen können, ob ein Medium für einen Einsatz mit Schüler*innen geeignet ist. Als Expert*innen wurden Personen ausgewählt, die über eine mindestens fünfjährige Berufs- und Praxiserfahrung im Bereich Faserverbundwerkstoffe, Usability und Lehramt verfügten. Mit den Fachexperten Faserverbundwerkstoffe und Usability wurden persönliche Gespräche durchgeführt, da sie räumlich gut erreichbar waren. Die interviewten Lehrkräfte (Fachexpert*innen Lehramt) wurden ebenfalls im persönlichen Gespräch befragt.

1.1.3 Mündliches Feedback

Bei der mündlichen Feedbackrunde wurden die Testpersonen direkt nach dem Spielen des Spiels beispielsweise zur Handhabung des Spiels befragt. Das mündliche Feedback war zu Beginn der Entwicklung sinnvoll, da die Schüer*innen frei äußern konnten, was ihnen aufgefallen ist, was sie verbessern würden. Das Gespräch wurde von einer betreuenden Person (Labormitarbeiterin) geführt, damit alle Testpersonen zu Wort kommen konnten. Die geäußerten Anmerkungen wurden nicht kommentiert oder bewertet, sondern lediglich für das Entwicklerteam dokumentiert.

1.1.4 Fragebogen F1Exp Expert*innen Computerspielforschung

Zum Abschluss der formativen Evaluierung wurde das Spiel mit Master-Studierenden der Informatik, die sich intensiv mit der Entwicklung von Computerspielen in ihrem Bachelor- und in ihrem Masterstudium befasst haben und befassen, gespielt. Die Studierenden erhielten einen Fragebogen mit offenen Fragen, dieser wird im Punkt 1.2.5 in Verbindung mit den Antworten im Detail vorgestellt.

1.1.5 Game Event Logging (Kraken)

Für die formative Evaluierung wurde ein Modul namens „Kraken“ zur automatischen, anonymisierten Spielerdatenerhebung entwickelt, dessen Daten die Ergebnisse der anderen Feedbackinstrumente unterstützt hat. Solche Systeme werden eingesetzt, um eventuelle Designprobleme zeitnah beheben und verbessern zu können (Moura, Seif el-Nasr & Shaw, 2011, o.S.). Das technische Evaluierungsinstrument „Kraken“, welches die Analyse des Spielerverhaltens unterstützt, leistete einen wichtigen Beitrag bei der Konzeption des Serious Games. Die Datenerhebung funktioniert über eine eigens dafür entwickelte Client-Server-Anwendung mit dem Namen „Kraken“. Diese besteht aus drei Teilen:

- Unity Plugin⁸⁹: Das Unity Plugin zeichnet Events auf, sammelt diese und sendet sie, wenn genügend Daten vorhanden sind, per Web-Request an den Server. Da im Schülerlabor nicht in allen Räumen immer eine Internetverbindung vorhanden ist, wurden die Daten in einer Datei zwischengespeichert und gesendet, wenn der Server wieder erreicht werden konnte.
- Kraken Server: Der Server besteht aus einer Webschnittstelle und einer MongoDB-Datenbank, welche die eingehenden Events speichert. Tabelle 7 zeigt einen Auszug der gespeicherten Events für einen Durchlauf der ersten Aufgabe des Levels Kanonenkunstschießen.

⁸⁹ Abgerufen am 05.08.2018 von <https://docs.unity3d.com/Manual/Plugins.html>

- Kraken Client: Für die Daten steht dann eine Python-Bibliothek zur Verfügung, die diese vom Kraken Server einlesen kann und zur Evaluation zur Verfügung stellt.

Eine schematische Darstellung des Systems ist in der nachfolgenden Abbildung 23 dargestellt.

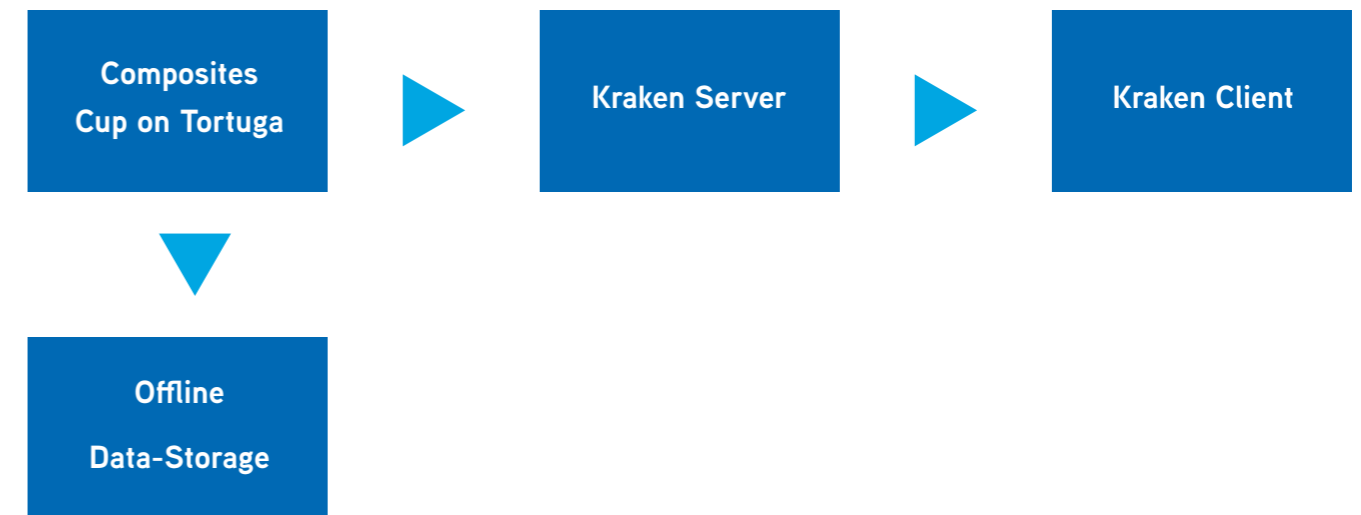


Abbildung 23: Visuelle Darstellung des Kraken-Systems, eigene Darstellung.

Das Eventformat besteht aus sieben Parametern, die im Folgenden kurz beschrieben werden. Anhand der *GUID* lässt sich jeder Spieldurchlauf eindeutig identifizieren. Dieser wird beim Start eines neuen Spiels erneut generiert und ermöglicht keine Rückschlüsse auf personenbezogene Daten der Testpersonen. Die *Session Number* erhöht sich, wenn das Spiel neu gestartet wird und vom vorherigen Speicherstand fortgesetzt wird. Zusammen mit dem Parameter *Time*, der die Zeit seit dem Start des Spiels angibt, kann so gemessen werden, wie lange die Spieler*innen für die Programmabschnitte benötigen. Diese beiden Daten bieten keine Möglichkeit, die genaue Uhrzeit des Events wiederherzustellen. Der *Levelname* gibt das Level an, das geladen ist, wenn das Event aufgezeichnet wird. Der *Eventname* muss gesetzt werden und gibt den Namen des Events an. Das Event kann optional durch einen String-Parameternamen und Float-Parameterwert erweitert werden. Die Parameter *GUID*, *Session Number*, *Time* und *Levelname* werden dabei automatisch vom Kraken Unity Plugin ausgefüllt.

Die Tabelle 8 zeigt ein kurzes Beispiel für die Events, die in jedem Level aufgezeichnet werden. Bei der Auswahl der Events wurde darauf geachtet, dass alle Möglichkeiten für Fehleingaben in den Levels aufgezeichnet werden. Im Log ist zu erkennen, dass nach der Einführung (IntroductionDelivered) mit verschiedenen Materialtypen (ChangeDesignPart.Material/ChangeDesignPart.Matrixmaterial)

experimentiert wurde. Die Entwicklung und ein Beispiel für die Evaluierung mit „Kraken“ wurde bereits veröffentlicht (Menner, Bredl, Büttner, Rust & Flutura, 2018).

Tabelle 6: Auszug gespeicherte Events Durchlauf Kanonenlevel.

Zeit	Eventname	Levelname	Parametername	Parameterwert
1623.65	LevelStart	Cannon_1		
1624.53	CloseInfoPanel	Cannon_1		
1629.6	IntroductionDelivered	Cannon_1		
1634.5	ChangeDesignPart.Material	Cannon_1	Steel	0
1635.17	StartTest	Cannon_1		
1644.4	StartTest	Cannon_1		
1652.37	ChangeDesignPart.Matrixmaterial	Cannon_1	Epoxyrasin	0
1654.44	StartTest	Cannon_1		
1662.7	ChangeDesignPart.Matrixmaterial	Cannon_1	Ceramic	0
1663.3	StartTest	Cannon_1		
1671.27	StartTest	Cannon_1		
1677.7	ChangeDesignPart.Matrixmaterial	Cannon_1	Cement	0
1678.44	StartTest	Cannon_1		
1683.14	ChangeDesignPart.Matrixmaterial	Cannon_1	Ceramic	0
1685.24	ChangeDesignPart.Faserart	Cannon_1	Glas	0
1685.84	StartTest	Cannon_1		
1690.07	ChangeDesignPart.Faserart	Cannon_1	Carbon	0
1696.97	StartTest	Cannon_1		
1712.37	HomeButton	Cannon_1		

1.2 Durchführung der formativen Evaluierung und Entwicklung des Serious Games

Alle Teilnehmer*innen erklärten sich freiwillig dazu bereit, das Spiel zu testen und ein anonymes Feedback dazu zu geben. Es konnte auch keine Zuordnung zwischen dem iPad, mit dem das Spiel getestet wurde, und dem verwendeten Erhebungsinstrument gemacht werden. Alle Testdurchläufe wurden im außerschulischen Lernort „School-Lab der Universität Augsburg“ durchgeführt.

Im Folgenden werden nun die Entwicklungs- und Evaluierungsschritte des Serious Games Composites Cup on Tortuga beschrieben und analysiert.

An dieser Stelle soll noch angemerkt sein, dass die virtuelle Welt Faszifa nicht als Prototyp im Sinne der Prototypen-Entwicklung des DBR-Prozesses angesehen werden soll und kann. Das neue Serious Game wurde sowohl vom Design, der technischen Umsetzung wie auch von den didaktischen Überlegungen her komplett anders gestaltet als die virtuelle Welt. Die Entwicklung und der Test von Faszifa gaben aber wichtige Anhaltspunkte für die zweite Prototypen-Entwicklung und letztendlich auch den Anstoß dazu, den DBR-Ansatz für die Konzeption und die Erprobung des nächsten Prototyps einzusetzen. Hätte man den DBR-Ansatz auf die virtuelle Welt anwenden wollen, wäre auch von Beginn an eine andere Vorgehensweise zu wählen gewesen. Beim DBR-Ansatz geht es nicht um die Untersuchung bereits bestehender Wirklichkeiten, sondern um die Exploration von Möglichkeiten (Euler, 2014, S. 2).

Mit der Entwicklung des Serious Games Composites Cup on Tortuga wurde im März 2017 begonnen. Im Sinne des DBR-Ansatzes wurde ein Prototyp nach theoretischen Designgrundsätzen, die nachfolgend aufgeführt sind, entwickelt. Dieser wurde implementiert (Rapid Prototyping) und auf Basis der gewonnenen Informationen über Usability, Motivation der Spieler*innen und Lernzuwachs in weiteren Iterationen fortgehend modifiziert und erprobt (Knogler & Lewalter, 2014, S. 3). Die technische Entwicklung des Spiels war im Frühjahr des Jahres 2018 abgeschlossen.

1.2.1 Design und FE Phase 1

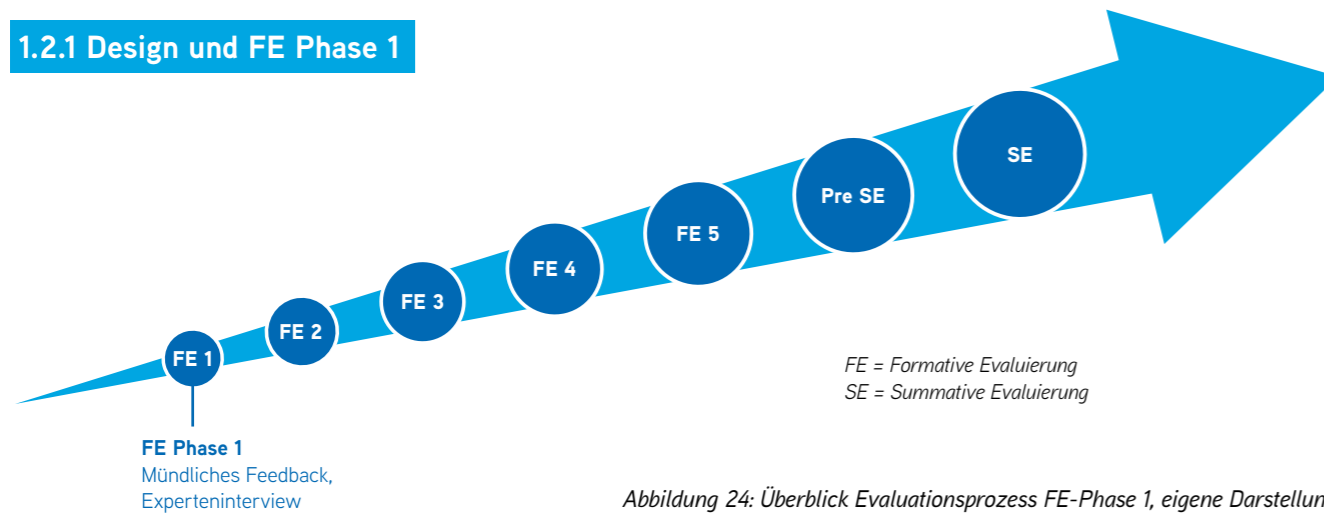


Abbildung 24: Überblick Evaluationsprozess FE-Phase 1, eigene Darstellung.

Nachfolgend wird die erste Phase der formativen Evaluierung beschrieben. Diese begann mit einem ersten Design des Spiels, der Erprobung der dadurch entstandenen Spielsequenzen mit der Zielgruppe, der Analyse des Feedbacks der Testenden und endete mit einer ersten Überarbeitung der ersten Testversion (ReDesign).

Design

Es wurde, basierend auf den didaktischen Überlegungen (siehe auch Kapitel V, Punkt 3.3), ein Storyboard für das erste Level festgelegt und die Ideen dazu technisch umgesetzt. Im Fokus stand die Überlegung, wie die Level-Auswahl (Button-Anordnung etc.) und das erste Level aussehen könnten, damit es zum einen in das Piratensetting passt und zum anderen, wie die Infopanel und weitere Buttons platziert werden können, damit sie von den Nutzer*innen gut gesehen werden können. Danach wurde die erste Aufgabe im Piratensetting umgesetzt, um eine Strukturierung und Gestaltung der vorgesehenen Inhalte vornehmen zu können. Bei der ersten Aufgabe sollten die Testpersonen verschiedene Fasern kennenlernen und entscheiden, mit welcher Faser sie am einfachsten einen Gegenstand aus dem Wasser angeln können. Die Buttons, die zur Auswahl der Angelschnur Informationen lieferten, waren im unteren Bildrand platziert. Die Spielfigur „Pirat“ wurde mit Sprechblasen versehen, über welche die zu lösende Disziplin vorgestellt wurde.

Zu Beginn der Entwicklung wurde die Zielgruppe (Schüler*innen, die den Laborbaustein „Faserverbund“ im School-Lab der Universität Augsburg besuchten) hin und wieder eingebunden, indem ein einzelnes Level gespielt wurde. Mit diesen Levels wurde getestet, ob die Spieler*innen mit der Handhabung des Spiels auf dem iPad zurechtkommen, ob die Spielsteuerung intuitiv ist etc.. Bei den ersten Tests wurde keine ausführliche Analyse vorgenommen, da die Schüler*innen lediglich beim Spielen der ersten Aufgabe beobachtet und danach gefragt wurden, ob sie mit der Gestaltung des Levels so zurechtkämen.



Abbildung 25: Ansicht technische Umsetzung erste Aufgabe, Bildquelle: Screenshot aus CC on Tortuga.

Nach dem Feedback der Schüler*innen blieb man dabei, dass die Spielfigur den Arbeitsauftrag der jeweiligen Aufgabe beschreiben sollte. Die Testpersonen fanden die an verschiedenen Stellen platzierten Infopanel irritierend, deshalb wurden sowohl die Anzahl wie auch die Platzierung überarbeitet, siehe nachfolgende Abbildung 26.



Abbildung 26: Ansicht Spielfigur übermittelt Arbeitsauftrag, Bildquelle: Screenshot aus CC on Tortuga.

Danach wurde die erste Testversion, wie nachfolgend in Einzelheiten beschrieben, weiterentwickelt. Für den nächsten Testlauf wurde eine Ansicht zum Einstieg in das Spiel programmiert, siehe Abbildung 27 (Anmerkung: Der Spielname „Composites Cup on Tortuga“ wurde erst im Laufe der

Umsetzung festgelegt, der Arbeitstitel der Entwicklung des Serious Game war weiterhin FasziFa). Über den „Tür“-Button konnte das Spiel ohne Nutzung der ESC-Taste verlassen werden. Mit dem Play-Button konnte das Spiel gestartet werden.



Abbildung 27: Ansicht Einstieg in das Spiel, Bildquelle: Screenshot aus CC on Tortuga.

Des Weiteren wurde die Level-Auswahl mit einem optischen Erfolgsfortschritt (erreichte Sterne in den einzelnen Aufgaben) umgesetzt, siehe Abbildung 28. Während der Entwicklung des Spiels sollten verschiedene Feedbackmöglichkeiten des Spiels getestet werden.



Abbildung 28: Ansicht Level-Auswahl nach fachlichem Schwerpunkt, Bildquelle: Screenshot aus CC on Tortuga.

Außerdem wurden ein erster Einführungstext und Infotexte (markiert mit dem Button „?“), siehe Abbildungen 29 und 30, in der Rohform (der Text war noch nicht schlüssig aufgebaut und eher skizzenhaft) hinterlegt.



Abbildung 29: Ansicht erste Umsetzung Einleitungstext, Bildquelle: Screenshot aus CC on Tortuga.



Abbildung 30: Ansicht Einbindung Informationstexte mit dem Button „?“, Bildquelle: Screenshot aus CC on Tortuga.

Nach der ersten Aufgabe wurde ein weiteres optisches Feedbackinstrument eingebaut. Je nachdem, wie die Aufgabe vom Testenden gelöst würde, erscheinen ein, zwei oder drei Sterne – die Texte, die in der nachfolgenden Abbildung 31 zu sehen sind, wurden zu Testzwecken aufgenommen. Es wurde so noch ein zweites, persönlicheres Feedbacksystem eingesetzt.



Abbildung 31: Ansicht Feedback für die Lösung einer Aufgabe, Bildquelle: Screenshot aus CC on Tortuga.

Neben den interaktiven Spielelementen sollten im Spiel auch Quizfragen zum Einsatz kommen, um die im Spiellevel erworbenen Informationen nochmals zu festigen, diese wurden ebenfalls mit eingebaut, siehe Abbildung 32. Bei den Quizfragen wurden zwei bis drei Antwortmöglichkeiten vorgegeben, ein Quizlevel sollte aus drei Fragen bestehen.



Abbildung 32: Ansicht Umsetzung erste Quizfrage, Bildquelle: Screenshot aus CC on Tortuga.

Die Testpersonen sollten nach dem Beantworten der Quizfragen ebenfalls sofort ein Feedback erhalten. Hierzu wurde ein etwas persönlicheres Feedback eingebaut, um zu testen, welche Feedbackvariante von den Schüler*innen bevorzugt wird.



Abbildung 33: Ansicht Feedback nach Lösung einer Quizfrage, Bildquelle: Screenshot aus CC on Tortuga.

Außerdem wurde eine weitere Aufgabe eingebaut, um zu testen, wie man das Zusammenspiel von Fasern und Matrix gut im Spiel visualisieren kann. Bei der ersten Testversion sollten die Spieler*innen eine Beinprothese für den Piraten auswählen, mit der er über das Schiffsdeck laufen und springen kann. Hierzu konnten die Testenden sowohl verschiedene Faser- wie auch Matrixarten ausprobieren, siehe nachstehende Abbildung 34.



Abbildung 34: Ansicht Aufgabe Level 2, Bildquelle: Screenshot aus CC on Tortuga.

Erprobung

In der ersten großen Testversion gab es also insgesamt drei Aufgaben und ein Quiz-Level zu lösen. Diese Version wurde wieder mit Schüler*innen getestet, um zu sehen, wie sie mit der Handhabung am iPad zurecht kommen und ob sie die Spielsteuerung intuitiv finden. Die Testpersonen (26 Schüler*innen der 7. und 8. Jahrgangsstufe) benötigten im Schnitt acht Minuten zum Testen des Spiels.

Diese Testversion wurde außerdem mit einer Beschreibung, wie die anderen Level fachwissenschaftlich und visuell dargestellt werden sollen, von zwei Experten (Faserverbund und Usability) getestet.

Analyse

Mündliches Feedback:

Die Schüler*innen wurden in einem gelenkten Gespräch dazu animiert, alles, was ihnen aufgefallen war, zu sagen. Die Laborbetreuerin, die das Gespräch durchführte, fragte außerdem konkret nach, ob die Handhabung des Spiels einfach genug war und ob es Probleme bei der Bedienung des iPads gegeben hatte. Die Antworten der Testpersonen wurden in Stichpunkten mitnotiert. Die für die Entwicklung entscheidenden Punkte des mündlichen Feedbacks waren dabei:

- Das Spiel war leicht zu spielen.
- Ich konnte die Aufgaben lösen.
- Ich wusste nicht, wie die Aufgabe startet.
- Eine Piratin fehlt.
- Die Aufgabe mit dem Piratenbein fand ich langweilig.
- Ich wusste nicht, was ich angeln soll.
- Die Einführungstexte waren zu kurz.
- Das Spiel sollte mehrere Aufgaben haben.
- Worum geht es in dem Spiel überhaupt?
- Ich habe keine Infotexte gefunden.

Experteninterview Faserverbundwerkstoffe:

Durchführung und Dokumentation des Experteninterviews: Das Experteninterview wurde mit einem Professor, der seinen Forschungsschwerpunkt im Bereich der Faserverbundwerkstoffe hat, durchgeführt. Bei dem Gespräch war der Faserverbundexperte, die beiden angehenden Informatiker, die das Spiel programmierten, die Materialwissenschaftlerin und die Pädagogin anwesend. Die aktuelle Spielversion und die Ideen zu den neuen Aufgaben und Leveln wurden dabei schrittweise durchgegangen

und der Experte gab sein Feedback. Das Gespräch wurde aufgezeichnet und transkribiert, siehe Anlage 1a. Die Analyse des Experteninterviews erfolgte nach der qualitativen Inhaltsanalyse nach Meuser und Nagel (Meuser & Nagel, 2009). Demnach wurde das Transkript paraphrasiert und danach eine thematische Zuordnung vorgenommen. Da sich das Experteninterview im Wesentlichen um ein fachwissenschaftliches Feedback zum Spiel drehte, werden im Folgenden die für die Weiterentwicklung des Spiels wesentlichen Punkte des Experteninterviews kurz zusammengefasst.

Auswertung des Experteninterviews:

- Erläuterung zu der Begriffsbezeichnung „Zugfestigkeit“ (#00:07:26-4# und #00:07:58-9#, siehe Anlage 1b): Der Experte merkt an, dass der Begriff „Zugfestigkeit“ fachlich bei den Leveln zu den Fasern richtig ist, bei der Planung für die Level Prothesenrennen und Plankenspringen müssten aber andere Begriffe eingeführt werden. Der Unterschied zwischen Zug-, Druck- und Biegebelastung muss klar herausgearbeitet werden, damit die unterschiedlichen Materialeigenschaften verständlich werden.
- Erläuterungen zur Aufgabe „Kosten Fasern“ im Level „Harpunieren“ (#00:12:10-7#, siehe Anlage 1b): Bei der Aufgabe zu den Kosten der verschiedenen Materialien rät der Experte davon ab, CfK-Werkstoffe pauschal als „teuer“ zu bewerten. Es wäre sinnvoller, die Kosten zum Beispiel in das Verhältnis zu den Belastungsmöglichkeiten des Materials zu setzen.
- Erläuterungen zur Aufgabe „Zugfestigkeit der Fasern“ im Level „Harpunieren“ (#00:17:58-4#, siehe Anlage 1b): Die Aussage, „Eine dickere Angelschnur liefert eine höhere Zugfestigkeit“, ist falsch und muss geändert werden. Eine Carbonfaser hat einen Absolutwert als Zugfestigkeit, bis dahin kann man sie belasten, das hat aber nichts mit der Dicke der Angelschnur zu tun. Man kann bei gegebener Zugfestigkeit eines Materials und größerem Durchmesser mehr Last übertragen, also in dem Fall mehr Spannung.
- Erläuterungen zum Level „Prothesenrennen“ (#00:24:42-8#, #00:25:23-4#, #00:26:09-1#, #00:28:00-8#, siehe Anlage 1b): Bei einer typischen Prothese, die ein Sportler tragen würde, spielen verschiedene Beanspruchungsarten eine Rolle. Der Experte rät, beim Oberbegriff Belastbarkeit zu bleiben. Dann würde man in den Aufgaben eine Materialmischung zum Beispiel auf das Gewicht bezogen optimieren. Die besten Faser-Matrix-Kombinationen wären derzeit Carbon-Kunststoff und Glas-Kunststoff. Um die Eigenschaften der Matrix darzustellen, rät der Experte, die Matrixmaterialien Zement und/oder Keramik mit einzubauen. Diese Materialien sind

extrem spröde und für eine Prothesenanwendung überhaupt nicht geeignet, da sie die typischen Dehnungen, die bei der Beanspruchung einer Prothese auftreten, nicht aushalten können. Man könnte auch noch Stahl als Matrixmaterial mit angeben. Stahl kann man mit beliebigen Fasern kombinieren, er wird dann leichter oder schwerer. Zum „Springen“ wäre er aber in jedem Fall eine zu schwere Komponente und die Kombinationsmöglichkeit mit Stahl wäre dann wahrscheinlich generell die schlechteste Wahl. Das sollte im Spiel so dargestellt werden.

- Erläuterungen zum Level „Plankenspringen“ (#00:24:42-8#, #00:33:28-0#, #00:54:11-4#, siehe Anlage 1b): Beim Einführungstext zum Plankenspringen fehlt der Hinweis, warum die Planke aus Leichtbau gefertigt sein soll (weil sonst ja das Schiff umkippt). Der Experte merkt außerdem noch an, dass in diesem Level genau auf die Begrifflichkeiten zu achten ist. Als Beispiel nennt er eine Planke, auf der eine Person steht und damit auf eine Seite drückt (so wie die Spielfigur beim Plankenspringen). Dadurch entstehen auf der Oberseite der Planken Zugspannungen und auf der Unterseite Druckspannungen. Dazwischen, in der Mitte der Planke, dann Schubspannungen als maximale Komponente. Das Ganze nennt man dann Biegebeanspruchung, diese ergibt eine effektive Biegespannung. Es gibt allein durch das Matrixmaterial zwei Kombinationen, die technisch nicht funktionieren sollten. Da gehören dann alle Faserarten dazu, das heißt, das Matrixmaterial Kunststoff wäre die einzige richtige Lösung, so der Experte. Bei den Faserarten wären alle möglich, die bereits im Spiel zum Einsatz gekommen sind. Es ändert sich hierbei lediglich die Performance beim Springen. Der Experte rät, die Aufgaben zum Plankenspringen, wie nachfolgend beschrieben, aufeinander aufzubauen: Man beginnt mit der Faserrichtung in einer Aufgabe und greift dann die Materialpaarung bei konstanter Wandstärke und Beachtung der Faserrichtung auf. In der letzten Aufgabe könnte man dann die Wandstärke noch näher beleuchten.

Experteninterview Usability:

Durchführung und Dokumentation des Experteninterviews: Das Experteninterview wurde mit einem Professor, der seine Forschungsschwerpunkte im Bereich Serious Games und virtuelle Welten hat, sowie mit den Informatikstudierenden und der Pädagogin durchgeführt. Das Entwicklerteam ging mit dem Usability-Experten alle bereits spielbaren Aufgaben und Level durch und bat ihn um ein Feedback. Dieses wurde schriftlich fixiert, aber nicht aufgezeichnet, siehe auch Anlage 2. Im Folgenden werden die für die Weiterentwicklung des Spiels wesentlichen Punkte des Experteninterviews kurz zusammengefasst.

Auswertung des Experteninterviews (Anlage 2):

Der Experte merkte an, dass die Klick-Hinweise mit einem Text versehen werden sollten (zum Beispiel „Anklicken“, „Klicke für den nächsten Schritt“), da sie sonst als Spielelemente wahrgenommen werden könnten.

Außerdem riet er dazu, die Schrift in den Panels zu vergrößern und sie außerdem im Schriftbild zu vereinheitlichen. Des Weiteren gab er den Tipp, oberhalb des Workpiecepanels (also dem Panel, an dem die Einstellungen vorgenommen werden können) einen neutralen Sprecher/Kommentator, der die Aufgabe einleitet und/oder kommentiert, einzubauen. Dies könnte beispielsweise über einen Lautsprecher visuell dargestellt werden. So könnte auch der Blick auf das Workpiecepanel gelenkt werden. Der Experte meinte, dass die Panels alle untereinander aufgereiht werden sollten, da das Panel im unteren Bildschirmrand nicht wahrgenommen wird (dort wurden die Berechnungen zu den Einstellungen im Workpiecepanel angezeigt).

Außerdem merkte er an, dass die Angelschnur in der *Aufgabe 1 Fasern* visuell reißen sollte, um ein besseres Verständnis herzustellen.

Die innerhalb der einzelnen Aufgaben platzierten Informationstexte sollten mit einem anderen Button versehen werden. Das Symbol „Fragezeichen“ sei irreführend, so der Experte, und ermuntere auch nicht unbedingt dazu, darauf zu klicken, um weitere Informationen zur Lösung der Aufgabe zu erhalten. Es entstehe eher der Eindruck, dass man Hilfestellungen zur Bedienung des Spiels über diesen Button aufrufen könnte.

Weiterhin gab er den Tipp, den Spielablauf bei der Levelauswahl zu Beginn des Spiels deutlicher hervorzuheben. Nachdem eine Aufgabe bearbeitet wurde, sollte auch visualisiert werden, welche neuen Aufgaben und Level spielbar sind.

Positiv ist dem Experten aufgefallen:

- Der rotblinkende Kringel als visueller Klick-Hinweis innerhalb des Workpiecepanel ist hilfreich.
- Feedback vom Spiel und auch von der Spielfigur ist gut.
- Steuerung der Slider funktioniert gut.

Mit dem Feedback der Schüler*innen und dem des Usability- und des Faserverbund-Experten wurde die zweite Testversion überarbeitet.

In der neuen Spielversion wurde ein erstes Intro umgesetzt, um die Rahmenhandlung und die Spielintension deutlicher herauszustellen. Bei dem Intro wird nach dem Aufruf der Spiel-App auf eine Insel gezoomt und der folgende Text läuft im Bildschirm: „Irgendwo in der Karibik träumen zwei Piraten davon, den Tortuga Cup zu gewinnen. Sie mussten viele Rückschläge einstecken, doch dieses Mal haben sie einen Plan. Da die Regeln bezüglich der Sportgeräte recht schwammig sind, wollen sie dieses Mal auf Faserverbunde setzen.“ In dem Intro wurde auch die Auswahl der männlichen oder weiblichen Spielfigur eingebaut, siehe nachfolgende Abbildung 35. Außerdem wurde das Klick-Symbol „Hakenhand“ mit dem Hinweis „Wähle deinen Piraten“ versehen und blinkend animiert, so dass die Testpersonen sehen, dass eine Handlung (klicken) von ihnen erforderlich ist, um weiterspielen zu können.



Abbildung 35: Ansicht Intro mit Auswahl der Spielfigur Pirat oder Piratin, Bildquelle: Screenshot aus CC on Tortuga.

Für die bereits bestehenden Aufgaben wurden die Einführungstexte ausführlicher geschrieben. Ein Kritikpunkt der Testpersonen war, dass diese Texte zum einen zu kurz seien und man zum anderen auch nicht wirklich wisse, worum es in den Aufgaben geht. In der nachfolgenden Abbildung 36 sieht man ein Beispiel für einen ausführlicheren Einführungstext.

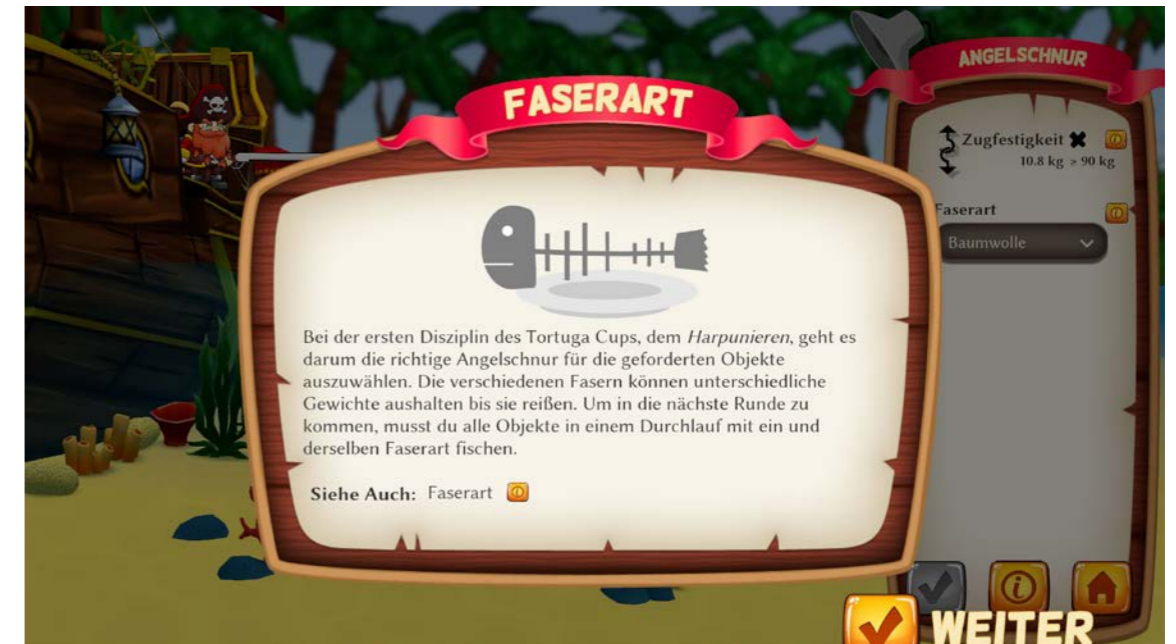


Abbildung 36: Ansicht ausführlicher Einführungstext, Bildquelle: Screenshot aus CC on Tortuga.

Dem Entwicklerteam kam die Idee, die komplexeren Faserverbundinhalte mit Grafiken zu unterstützen. Durch die visuelle Darstellung könnten die Testpersonen vielleicht besser verstehen, welche Eigenschaften Faserverbundwerkstoffe besitzen.

Da für die Zeichnungen ein Grafiker hinzugezogen hätte werden müssen, wurde die Idee für einen weiteren Test mit der Zielgruppe zunächst händisch umgesetzt, um zu sehen, wie der Mehrwert dieses Ansatzes ist.

Ein Beispiel hierfür sieht man in der nebenstehenden Abbildung 37.



Abbildung 37: Ansicht Einführungstext mit Zeichnung, Bildquelle: Screenshot aus CC on Tortuga.

Auf Grund des Experteninterviews mit dem Usability-Experten (Anhang 2) wurde ein Sprecher-Symbol (Lautsprecher) über dem Workpiece-Panel eingefügt. Dieser Lautsprecher moderiert die einzelnen Aufgaben an. In der nachfolgenden Grafik sieht man außerdem ein weiteres Beispiel für das mit Text versehene „Klick-Symbol“. Ebenso wurde in den bereits spielbaren Aufgaben der Hinweis auf die Infotexte mit einem „i“-Symbol versehen (statt dem Fragezeichen, das man in der vorhergehenden Abbildung noch sehen kann). Die spielenden Schüler*innen hatten angegeben, dass sie teilweise keine Infotexte gefunden haben. Damit diese beim nächsten Durchlauf wahrgenommen werden konnten, wurden die Infotexte bei der ersten Aufgabe noch zusätzlich durch einen roten Kringel, der aufblinkt, visuell hervorgehoben. Diese Animation wurde bei allen wichtigen Punkten des Workpiece-Panels vorgenommen (durch Kreise oder eine rote Unterstreichung), siehe auch nachfolgende Abbildung 38. Es wurden auch alle Panels auf die rechte Bildschirmseite gebaut, um den Blick der Spielenden auf zwei Punkte (links die Spielfigur – rechts das Einstellungspanel) zu fokussieren.



Abbildung 38: Ansicht optische Hinweise, Lautsprecher und geänderte Ansicht Workpiecepanel, Bildquelle: Screenshot aus CC on Tortuga.

Da die spielenden Schüler*innen teilweise rückmeldeten, dass sie nicht wussten, was sie angeln sollen, wurde der Arbeitsauftrag der Spielfigur erweitert. Diese zeigte in der neuen Version an, welche Objekte geangelt werden sollen.



Abbildung 39: Ansicht Anzeige Objekt, das geangelt werden soll, Screenshot aus CC on Tortuga.

Der Usability-Experte gab den Tipp (Anhang 2), dass direkt in der Aufgabe ein Feedback zur Lösung der Aufgabe kommen sollte. Da die Angelschnur sehr dünn dargestellt wurde und man sie auch optisch nicht dicker machen wollte, da sie sonst nicht mehr realistisch ausgesehen hätte, entschied man sich dazu, die Spielfigur ein Feedback geben zu lassen. Wenn die Spielenden die falsche Materialkombination auswählten, kam direkt nach dem Angelvorgang ein Feedback der Spielfigur, wie man in der Abbildung 40 sehen kann.



Abbildung 40: Ansicht optisches Feedback zur Lösung der Angel-Aufgabe, Bildquelle: Screenshot aus CC on Tortuga.

In der fünften Version wurden auch weitere Aufgaben technisch umgesetzt. So wurde die Eigenschaft „Stromleitfähigkeit“ durch eine weitere Angelaufgabe eingefügt. Die Spieler*innen müssen einen unter Strom stehenden Aal (Zitteraale haben eine Stromspannung) angeln. Der Strom wird durch Blitze visuell dargestellt. In dieser Aufgabe wurde auch ein weiteres Hinweissymbol (Pfeile, die signalisieren, welche Objekte geangelt werden sollen) getestet.



Abbildung 41: Ansicht visuelle Umsetzung Stromleitfähigkeit, Bildquelle: Screenshot aus CC on Tortuga.

Außerdem wurde in der neuen Version eine Aufgabe zu den Kosten der Materialien umgesetzt. Bei dieser Aufgabe kommt es nicht nur auf die Materialeigenschaften an, sondern es soll auch verdeutlicht werden, welchen Preis die einzelnen Faserarten haben.

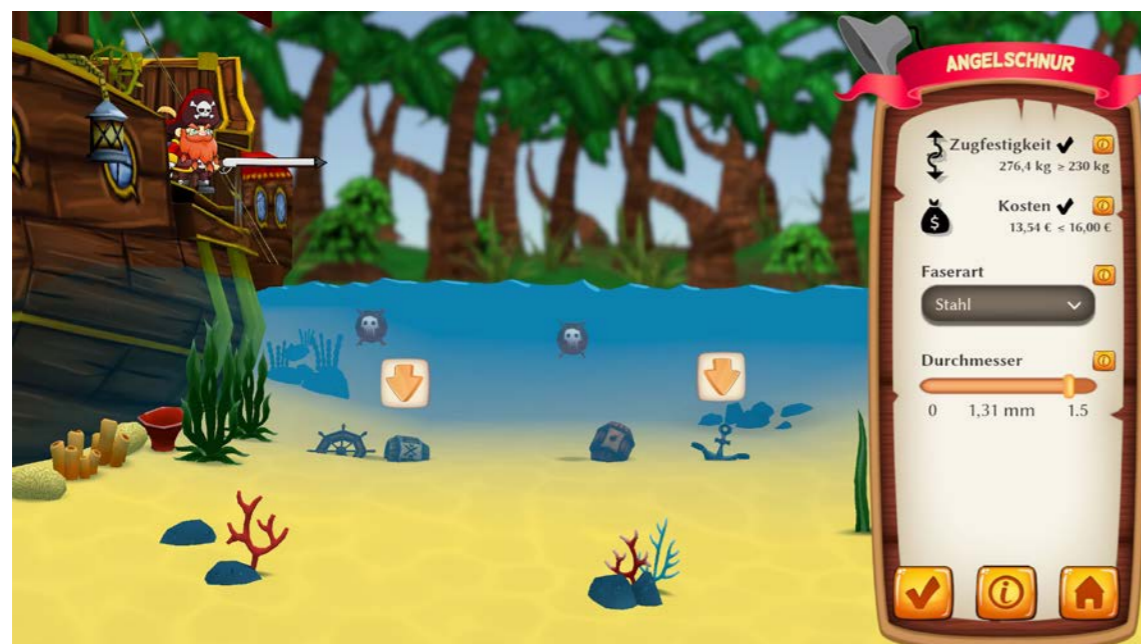


Abbildung 42: Ansicht Aufgabe Kosten Materialauswahl, Bildquelle: Screenshot aus CC on Tortuga

Anhand dieser Aufgabe (Abbildung 42) soll den Spielenden vermittelt werden, dass es nicht nur auf die Materialqualität ankommt, sondern dass andere Faktoren, wie beispielsweise die Kosten, auch einen wichtigen Aspekt bei der Materialwahl bilden.

Um die Spielmotivation zu erhöhen und die Rahmenhandlung des Spiels deutlicher hervorzuheben, wurde auch die Level-Auswahl angepasst. Durch das Symbol eines grauen Schlosses wurde visualisiert, dass eine Aufgabe noch nicht spielbar ist (weil sie noch nicht fertig programmiert war). Zahlen, die noch nicht mit Sternen versehen waren, zeigten die Aufgaben, die noch spielbar sind, aber noch keine Punkteverteilung zugeordnet hatten. Die einzelnen Levels, die zuvor als „Fasern“, „Matrix“, „Biegefestigkeit“ und „Gewicht“ betitelt waren, wurden durch die Disziplinen „Harpunieren“, „Prothesenrennen“, „Plankenspringen“ und „Kanonenkuntschießen“ ersetzt, siehe auch nachfolgende Abbildung 43.



Abbildung 43: Ansicht Anpassung der Level-Auswahl, Bildquelle: Screenshot aus CC on Tortuga.

Das Level „Prothesenrennen“ wurde in der neuen Version erstmals umgesetzt. Die Schüler*innen, die die erste Testversion spielten, fanden die Aufgabe mit dem Piraten (siehe Abbildung 34), der über ein Schiffsdeck läuft, langweilig. Bei dem Experteninterview mit dem Faserverbundexperten kam die Idee, dieses Aufgabendesign zu ändern und mit einem Prothesenrennen zu ersetzen (Anhang 1a). In dieser Aufgabenstellung lassen sich auch weitere Eigenschaften eines Faserverbundwerkstoffs gut darstellen. So lässt sich anhand dieser Aufgabe, in welcher der Pirat mit seiner Prothese springen muss, zum Beispiel sehen, dass sich nicht jedes Matrixmaterial für Sprünge eignet (z.B. Keramik zerspringt). Bei der Durchquerung eines mit säureverseuchten Flusses (Faserverbundwerkstoffe sind

säurebeständig) muss nicht gesprungen werden, so dass hier wiederum das Matrixmaterial „Keramik“ zum Einsatz kommen kann. In der nachfolgenden Abbildung 44 sieht man ein Beispiel für das neue Aufgabendesign „Prothesenrennen“.



Abbildung 44: Ansicht Aufgabe „Prothesenrennen“, Bildquelle: Screenshot aus CC on Tortuga.

In der neuen Testversion wurden noch die ersten Aufgaben zu weiteren Leveln „Plankenspringen“ und „Kanonenkustschießen“ umgesetzt. Diese beiden Level enthalten Transferaufgaben, da zur Lösung der Aufgaben das Wissen aus den ersten beiden Leveln „Harpunieren“ und „Prothesenrennen“ angewendet werden muss.

Beim Level „Plankenspringen“ muss ein Sprungbrett zusammengestellt werden, von dem aus die Spielfigur ins Wasser springen kann. Damit die Intension zum Springen ausgelöst wird, muss die Spielfigur gleichzeitig Luftballons, die in verschiedenen Höhen hängen, angeln, indem sie angesprungen werden. Bei der ersten Aufgabe müssen die Faserrichtung sowie die Faserart und das Matrixmaterial ausgewählt werden. Bei dem Sprungbrett wird visualisiert, welche Materialkombination verwendet wird (weiß für Glasfaser, schwarz für Carbon), zusätzlich sieht man anhand der Striche, wie die Faserrichtung gewählt wurde (siehe nachfolgende Abbildung 45). Passt die Materialkombination nicht, so stürzt die Brücke ein.



Abbildung 45: Ansicht erste Aufgabe „Plankenspringen“, Bildquelle: Screenshot aus CC on Tortuga.

In der neuen Testversion wurde außerdem die erste Aufgabe zum Level „Kanonenkustschießen“ umgesetzt. In diesem Level geht es um die thermische Beständigkeit von Faserverbundwerkstoffen. Die Spielfigur muss eine Materialkombination wählen, mit der sie Platten aus verschiedenen Materialien (Holz, Kunststoff, Stahl) durch Anschießen umfallen lassen kann, siehe auch Abbildung 46.

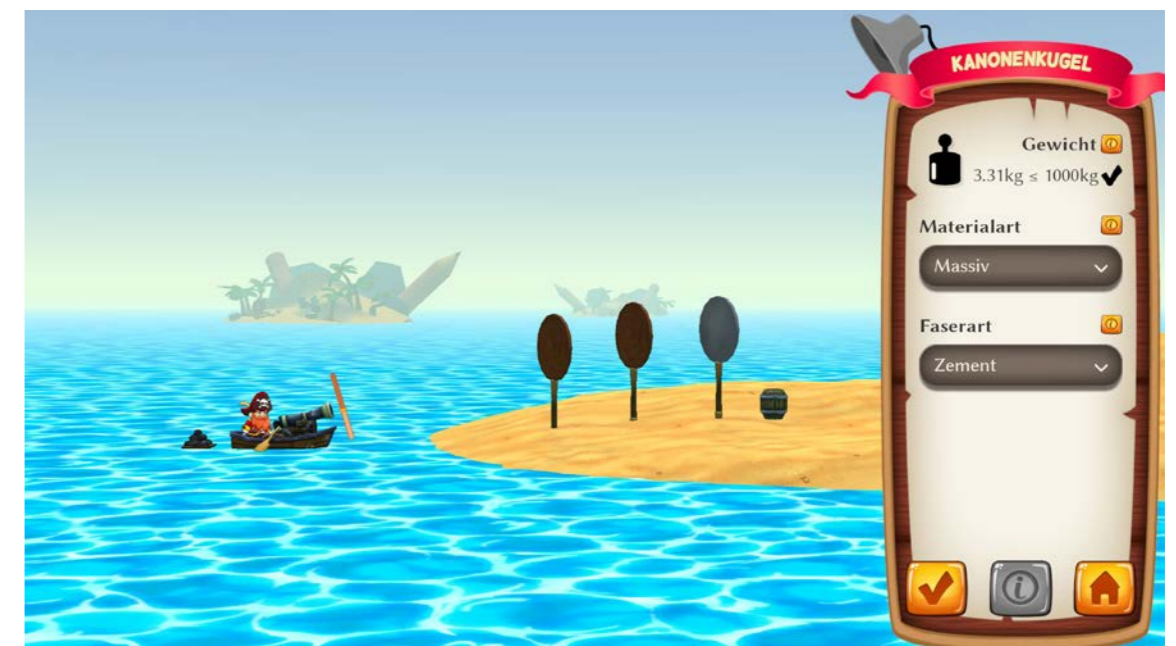


Abbildung 46: Ansicht erste Umsetzung Aufgabe „Kanonenkustschießen“, Bildquelle: Screenshot aus CC on Tortuga.

1.2.2 Design und FE Phase 2

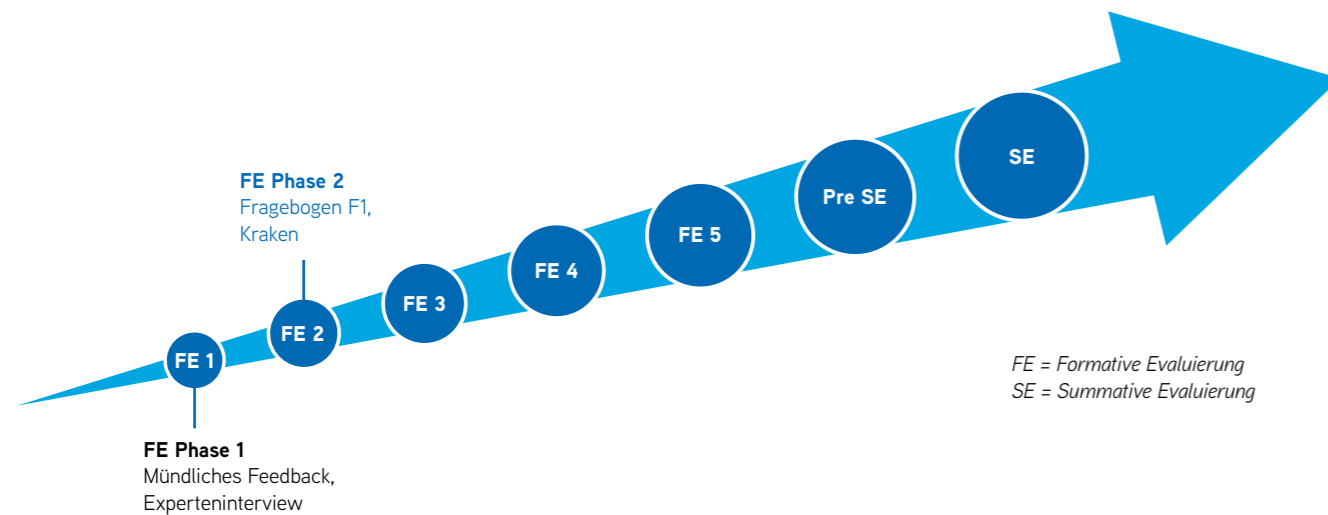


Abbildung 47: Übersicht Evaluationsprozess FE Phase 2, eigene Darstellung.

Erprobung

Bei der ersten umfangreicheren Erprobung mit Schüler*innen waren folgende Level und Aufgaben spielbar:

- Harpunieren: 3 Aufgaben und eine Quizaufgabe
- Prothesenrennen: 3 Aufgaben und eine Quizaufgabe
- Plankenspringen: 2 Aufgaben
- Kanonenkunstschießen: 1 Aufgabe

Beschreibung der Stichprobe:

Die ersten Testgruppen waren zwei Klassen (N=54) der 8. Jahrgangsstufe Gymnasium. Die Testpersonen spielten die Testversion 2 zu Beginn des Faserverbundbausteins im School_Lab der Universität Augsburg und hatten kein schulisches Vorwissen zu Faserverbundwerkstoffen. Die Schüler*innen bekamen keine Zeitvorgabe, waren aber im Schnitt nach 35 Minuten fertig.

Analyse

Eingesetzte Evaluierungsinstrumente:

Quantitativ – Fragebogen: Die Testpersonen erhielten nach dem Spielen des Spiels den Fragebogen (F1) Feedback zum Spiel, eine Beschreibung des Fragebogens findet sich in diesem Kapitel Punkt 1.1.1. Die einzelnen Items des Fragebogens sind in den nachfolgenden Grafiken ersichtlich. Die Items sind nach den im Fragebogen verwendeten Überbegriffen „Bedienung des Spiels“, „Verständlichkeit des Spiels“, „Design des Spiels“ und „Gesamtbeurteilung des Spiels“ sortiert. Zur Auswertung und Interpretation der Ergebnisse wurde der Fragebogen F1 wie folgt kodiert:

1 Stimme völlig zu 2 Stimme zu 3 Neutral 4 Stimme nicht zu 5 Stimme gar nicht zu

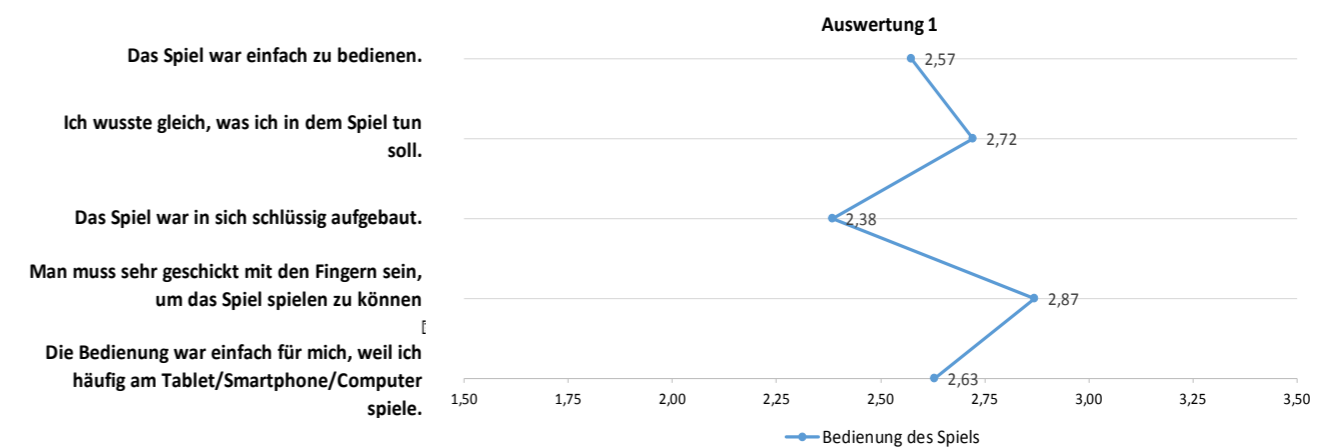


Abbildung 48: Auswertung 1 Bedienung des Spiels.

Die Daten wurden in einer deskriptiven Statistik erfasst. In den nachfolgenden Grafiken⁹⁰ sind die arithmetischen Mittelwerte der einzelnen Items aufgeführt, da diese in den Abbildungen übersichtlicher dargestellt werden können als Prozentzahlen. Die Prozentwerte fließen in die Gesamtinterpretation der formativen Evaluierung, (siehe Unterkapitel 1.3) ein.

Interpretation Items „Bedienung des Spiels“, Stichprobe N=54:

Die Testpersonen entsprachen der Zielgruppe. Die Auswertung der Items zeigt, dass es die Spieler*innen, abgesehen vom Item „Das Spiel war in sich schlüssig aufgebaut“, neutral bewerten, wie sie mit der Bedienung des Spiels in der Version 5 zurechtgekommen sind. Dem Mittelwert (2,38) zur Aussage, dass das Spiel in sich schlüssig aufgebaut ist, konnte das Entwicklerteam entnehmen, dass das Serious Game von den Spielenden als intuitiv wahrgenommen wird. Die weiteren Mittelwerte, und hier vor allem der Mittelwert von 2,72 beim Item „Ich wusste gleich, was ich in dem Spiel tun soll“, zeigen allerdings, dass der Spielablauf noch nicht schlüssig genug ist. Der Mittelwert 2,87 beim Item „Man muss sehr geschickt mit den Fingern sein, um das Spiel spielen zu können“ ist ein negativ gepoltes Item und der Mittelwert muss invertiert betrachtet werden. Die Testpersonen bewerten es neutral, ob man mit den Fingern geschickt sein muss. Der Mittelwert von 2,63 beim Item „Die Bedienung war einfach für mich, weil ich häufig am Tablet/ Smartphone/Computer spiele“ zeigt, dass die Testpersonen eher keinen Benutzervorteil sehen, auch wenn man vielleicht mit den Endgeräten Tablet/Smartphone/Computer vertraut ist.

⁹⁰ Die x-Achsen der Grafiken wurden jeweils so angepasst, dass der Graph am besten sichtbar ist.



Abbildung 49: Auswertung 1 Verständlichkeit des Spiels.

Interpretation Items Verständlichkeit des Spiels, Stichprobe N=54:

Die Auswertung der Items zur Verständlichkeit des Spiels zeigten ebenfalls, dass Teile des Spiels im Hinblick auf die Benutzerfreundlichkeit und die intuitive Handhabung noch optimiert werden müssen. Die Bewertung der Aussagen „Die Aufgaben im Spiel waren gut verständlich“ und „Die Aufgaben im Spiel konnte ich gut lösen“ mit den Mittelwerten 2,57 und 2,56 zeigen, dass die Aufgabenstellung noch

ausgebaut werden muss. Bei der Bewertung der Einleitungstexte wurde im Mittelwert von 2,08 zugestimmt, dass die Einführungstexte vor den einzelnen Leveln zu kurz sind, es wurde aber gleichermaßen im Mittelwert von 2,19 zugestimmt, dass die Einleitungstexte vor den Leveln ausführlich genug sind. Dieser Widerspruch ist so zu werten, dass die Einleitungstexte vermutlich die richtige Länge und den passenden Umfang haben, diese Interpretation stützt auch der Mittelwert von 2,20 beim Item „Die Einleitungstexte vor den einzelnen Leveln waren gut verständlich“. Der Mittelwert von 2,93 beim Item „In dem Spiel wusste man immer, was man als Nächstes tun muss“ zeigt, wie auch die bereits analysierten Mittelwerte bei der Bedienung des Spiels, dass die Handhabung des Spiels noch nicht intuitiv genug ist. Diese Vermutung belegen auch die Mittelwerte 2,65 beim Item „Das Spiel war einfach zu spielen“ und 2,85 bei „Mir war immer klar, was ich zu tun habe“. Der Mittelwert von 2,17 beim Item „Mir war klar, um was es bei dem Spiel geht“ zeigt, dass der Einbau des Intros und die Optimierung der Aufgaben nach den Experteninterviews zu einem guten allgemeinen Verständnis des Spiels beitragen.

Der Aussage „Die Informationstexte waren hilfreich“ stimmten die Testpersonen mit einem Mittelwert von 2,43 zu. An dieser Auswertung sieht man, dass das geänderte UI-Element (Änderung von „?“ zu „i“-Symbol) Wirkung zeigt und die Spielerinnen und Spieler die Informationstexte wahrnehmen (die erste Testgruppe hatte die Infotexte größtenteils gar nicht gefunden). Die beiden nachfolgenden Items „Die Informationstexte waren zu ausführlich“ (Mittelwert 2,54) und „Das Spiel war inhaltlich zu ausführlich“ (Mittelwert 2,62) sind negativ gepolte Items und wurden als Kontrollfunktion in den Fragebogen eingebaut. Bei der invertierten Betrachtung der Werte sieht man, dass die Testpersonen die Aussagen eher neutral bewerten. Die Bewertung des Items, dass das Spiel in der vorgegebenen Zeit durchgespielt werden konnte, ist nicht relevant, weil die Spielenden so viel Zeit wie notwendig erhielten. Die Bewertung der Items „Es wurde darauf hingewiesen, wenn Fehler gemacht wurden“ mit einem Mittelwert von 2,33 zeigt, dass die Testpersonen erkannten, wenn sie einen Fehler gemacht haben. Die Mittelwerte von 2,80 beim Item „Mir war klar, welchen Fehler ich gemacht habe“ und 2,87 bei „Mir war klar, wie ich den Fehler beim nächsten Mal vermeiden kann“ zeigen aber, dass das Fehlerfeedback im Spiel noch verbessert werden sollte. Das Item „Das Spiel dauerte zu lange“ ist negativ gepolt, der Mittelwert von 2,31 zeigt, dass die Testpersonen dieser Aussage zustimmen. Diese Bewertung war ebenfalls nicht relevant, da manche Spieler früher, manche später fertig waren (freier Zeiteinsatz) und die Intervention von denjenigen, die auf die Personen warten mussten, die noch nicht fertig waren, auch als „zu lange“ empfunden wurde. Außerdem konnte bei dem freien Zeiteinsatz nicht erkannt werden, ob die Schüler*innen, die früher fertig waren, als ihre Mitschüler*innen das Spiel an sich auch zu lang fanden.

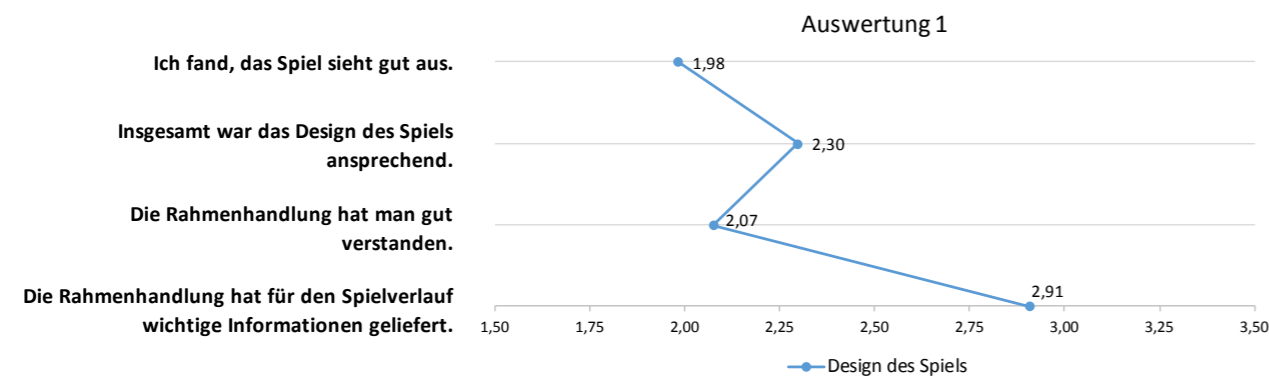


Abbildung 50: Auswertung 1 Design des Spiels.

Interpretation Items Design des Spiels, N=54:

Die Testpersonen stimmten den Aussagen, dass das Spiel gut aussieht und das Design des Spiels ansprechend ist, mit den Mittelwerten 1,98 und 2,30 zu. Ebenfalls stimmten sie mit einem Mittelwert von 2,07 zu, dass die Rahmenhandlung gut verständlich ist. Der Mittelwert von 2,91 bei der Bewertung der Aussage „Die Rahmenhandlung hat für den Spielverlauf wichtige Informationen geliefert“ zeigt, dass die Rahmenhandlung noch weiter ausgebaut werden muss, um den gewünschten Effekt der Gesamtmotivation des Spiels durch die Rahmenhandlung zu erreichen.

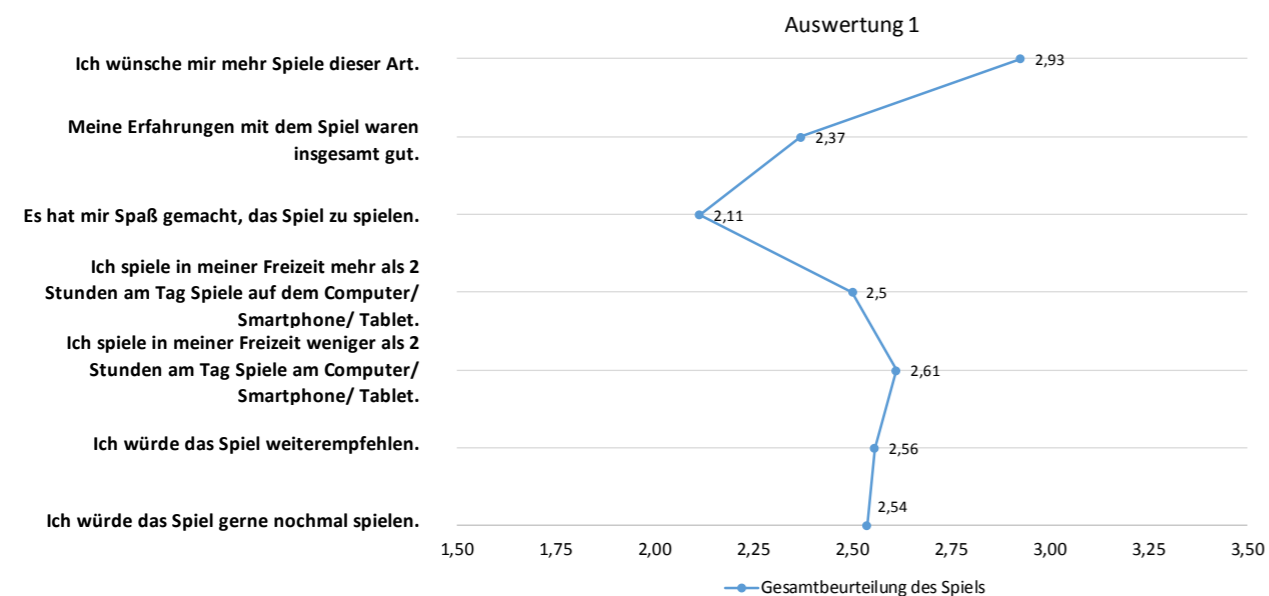


Abbildung 51: Auswertung 1 Gesamtbeurteilung des Spiels.

Interpretation Items Gesamtbeurteilung des Spiels, N=54:

Die Auswertung der Gesamtbeurteilung des Spiels zeigt, dass das Spiel, abgesehen von den noch fehlenden Aufgaben und Leveln, noch weiter optimiert werden muss. Die Schüler*innen bewerteten neutral, ob sie sich mehr Spiele dieser Art wünschen würden (Mittelwert von 2,93). Die Testpersonen stimmten mit den Mittelwerten 2,37 und 2,13 zwar zu, dass ihre Erfahrungen mit dem Spiel gut waren und es ihnen Spaß gemacht hat, das Spiel zu spielen. Die Mittelwerte von 2,56 beim Item „Ich würde das Spiel weiterempfehlen“ und 2,54 „Ich würde das Spiel gerne nochmal spielen“ zeigen aber auch, dass die Testpersonen das Spiel eher neutral einstufen. Das Item „Ich spiele in meiner Freizeit mehr als 2 Stunden am Tag auf dem Computer/Smartphone/Tablet“ (Mittelwert 2,5) ist ein negativ gepoltes Item, die Auswertung ist ähnlich wie der Mittelwert von 2,61 beim Item „Ich spiele in meiner Freizeit weniger als 2 Stunden am Tag auf dem Computer/Smartphone/Tablet“. Es erweckt den Anschein, dass die Jugendlichen nicht abschätzen können oder wollen, ob sie mehr oder weniger als zwei Stunden am Computer/Smartphone/Tablet spielen. Vielleicht ist es aber auch so zu interpretieren, dass die Schüler*innen genau zwei Stunden am Tag an einem Endgerät sitzen. Dies würde auch mit den Ergebnissen der Studien zur Nutzung von Computer- und Videospiele im Kapitel III, Punkt 2 zusammenpassen, die besagen, dass Jugendliche im Schnitt 2 Stunden täglich Computer- oder Videospiele spielen (Bitkom e.V., 2017).

Anmerkung zur Auswertung und Interpretation des Fragebogens generell:

Die Option „Neutral=3“ wurde nach dem PreTest und dem ersten Durchlauf des Fragebogens entfernt, da die Schüler*innen überwiegend diese Option ankreuzten und die weiteren notwendigen Entwicklungsschritte für das Spiel nicht eindeutig identifiziert werden konnten. Bei der Gesamtauswertung erscheint die Option „neutral“ wieder, da sie bei den ersten Testgruppen mit eingerechnet wurde.

Eingesetzte Evaluierungsinstrumente:

Qualitativ – Kraken: Wie bereits unter Punkt 1.1.5 dieses Kapitels beschrieben, wurde bei der Evaluierung auch das technische Evaluationssystem „Kraken“ eingesetzt. Dieses Erhebungsinstrument sollte dem Entwicklerteam Aufschluss darüber geben, bei welchen Aufgaben und Spielabschnitten Probleme bei der Lösung und Handhabung des Spiels entstehen. Mit dem technischen Evaluierungssystem sollte auch gezeigt werden, ob das Feedback der Testpersonen per Fragebogen mit dem technischen Feedback übereinstimmt. Mit diesem Datenerhebungsinstrument konnte auch das Phänomen der sozialen

Erwünschtheit (Bortz & Döring, 2006, 232f.) ausgeschlossen werden, weil die Evaluierung im Hintergrund läuft und die Testpersonen sie auch nicht von einer Person ausgeteilt und/oder angeleitet bekommen. Die Daten werden so generiert, wie die einzelnen Spielerinnen und Spieler die Aufgaben lösen. Die komplette Auswertung der Kraken ist nicht Bestandteil dieser Arbeit, weil sie vor allem für die technische Umsetzung relevant war. Allerdings ergab die Kraken-Auswertung bei einem Level (Plankenspringen) sehr interessante Ergebnisse, die auch bei der Weiterentwicklung des Spiels eine hohe Relevanz hatten, deshalb sollen diese Ergebnisse nachfolgend exemplarisch vorgestellt werden.

Beispiel: Sprungmechanik im Level Plankenspringen:

Bei den Aufgaben zum Plankenspringen in der Version 5 mussten die Spieler*innen für jeden einzelnen Sprung tippen. Dabei übte die Spielfigur (Piratin oder Pirat) über eine kurze Zeit, in welcher der Klick gehalten wurde, eine nach unten gerichtete Kraft auf das Sprungbrett aus, um es zu spannen. Das Loslassen des Klicks gab der Spielfigur noch zusätzlich einen Impuls nach oben. Mit Clicks zur richtigen Zeit und der richtigen Dauer konnte man das Brett zum Schwingen anregen und hoch genug springen, um die Luftballons, die über dem Sprungbrett hängen, zu angeln (siehe auch Abbildung 45 bei der Beschreibung des ReDesign Version 4 zur Version 5). Bei der Gestaltung der einzelnen Aufgaben wurde darauf geachtet, dass die Spieler*innen nicht über- aber auch nicht unterfordert sind. Um Lernprozesse anzukurbeln und die Spieler*innen zu motivieren, sollte ein Serious Game eine Herausforderung darstellen, zugleich aber den Fähigkeiten der Lernenden angepasst und damit nicht überfordernd sein. Der optimale Schwierigkeitsgrad kann als *pleasantly frustrating* beschrieben werden, er liegt also etwas über den Kompetenzen der Lernenden, kann aber trotzdem gemeistert werden (Gee, 2005, S. 155).

Bei der Erprobung kam heraus, dass die Mechanik stark demotivierend für die meisten Testpersonen war, da nicht nur die richtige Materialauswahl, sondern auch eine gute Sprungtechnik benötigt wurde. Es war für die Spielenden frustrierend, zwar vielleicht die richtige Materialauswahl getroffen zu haben, den Sprung aber trotzdem nicht richtig zu schaffen. Einige Spieler*innen zweifelten dann auch wieder die Materialauswahl an, änderten wieder Einstellungen und wurden, je länger dieser Prozess andauerte, zunehmend frustrierter. Dieses Ergebnis sah man nicht nur an der Auswertung der Kraken, sondern man konnte den zunehmenden Frust auch bei den spielenden Schüler*innen beobachten. In den nachfolgenden Abbildungen (Auswertung der Kraken) sieht man, wie lange die Testpersonen brauchten, um zum ersten Spielerfolg bei den Aufgaben Plankenspringen 2 und 3 zu kommen.

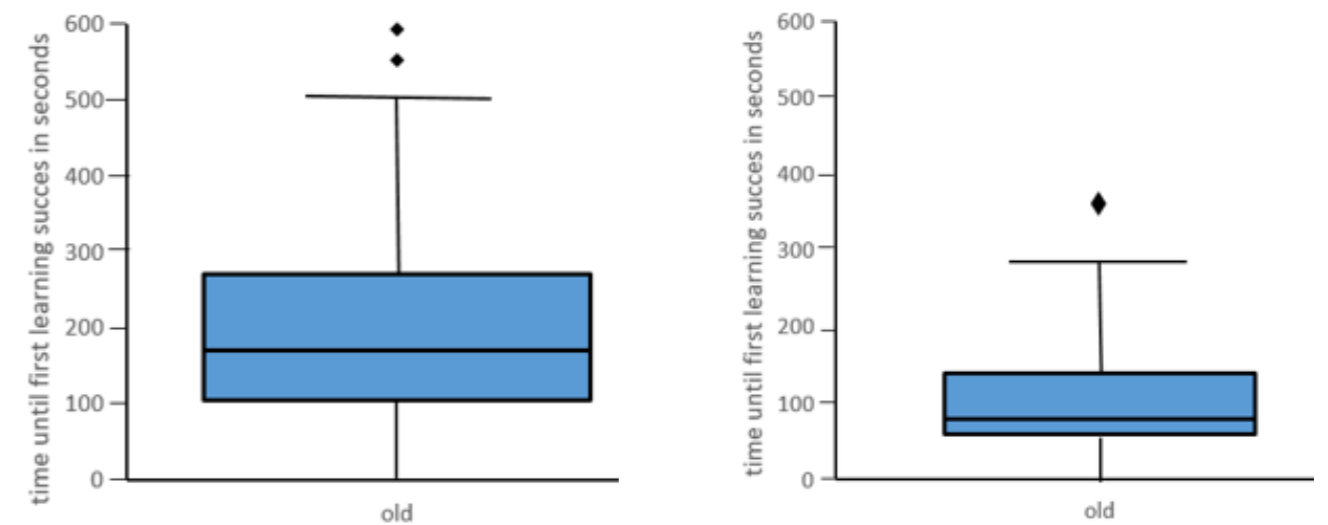


Abbildung 52: Krakenauswertung „Plankenspringen 2 und 3“, Bildquelle: Krakenauswertung.

In den Kraken-Auswertungen sind entsprechend lange Spielzeiten zu erkennen. Bei der zweiten Aufgabe zum Plankenspringen brauchten die Testpersonen teilweise bis zu 280 Sekunden bis zum ersten Spielerfolg. Da das Spiel auf eine Spielzeit von insgesamt 45 Minuten, also eine Unterrichtseinheit, ausgelegt ist und in der Testversion 5 noch nicht alle Aufgaben spielbar waren, kam man zu dem Schluss, dass das Level vereinfacht werden muss.

Die Auswertung der Kraken und des Fragebogens F1 (Mittelwert 2,72 beim Item „Ich wusste gleich, was ich in dem Spiel tun soll“ und Mittelwert 2,87 beim Item „Man muss sehr geschickt mit den Fingern sein, um das Spiel spielen zu können“) stimmten überein, indem sie zeigten, dass die Testpersonen das Spiel noch nicht ausreichend intuitiv fanden und auch die Spielmechanik optimiert werden muss (Rückmeldungen zum Fehlerfeedback und zur Vorgehensweise im Spiel).

Bei der Beobachtung der spielenden Schüler*innen fiel allgemein noch auf, dass bei zwei iPads beim Plankenspringen das Spiel abstürzte und die Spieler*innen das Spiel nochmal von Beginn an spielen mussten.

Die genannten Analyseergebnisse wurden in das nachfolgende ReDesign eingebaut.

Vereinfachung Level Plankenspringen:

Die Sprungeigenschaften der Materialien wurden geändert. Da das Optimieren der eigenen Sprungtechnik das Finden der optimalen Sprungbrettparameter wesentlich erschwerte und von der Hauptaufgabe ablenkte, wurde schließlich eine stark vereinfachte Mechanik ausgewählt, die das Optimieren der Sprungtechnik deutlich leichter machte, ohne komplett auf eine kleine zusätzliche spielerische Komponente zu verzichten.

Änderung Fehlerfeedback:

Da die Schüler*innen die Aussagen „Mir war klar, welchen Fehler ich gemacht habe“ und „Mir war klar, wie ich diesen Fehler zukünftig vermeiden kann“ eher neutral bewerteten (Mittelwerte von 2,80 und 2,87), entschloss sich das Entwicklerteam dazu, das Feedback vom Spiel in den Aufgaben zu erweitern. So wurde zum Beispiel beim Prothesenrennen bei der falschen Matrixwahl das Feedback gegeben, dass man mit dem gewählten Material nicht springen kann (siehe nachfolgende Abbildung 53).



Abbildung 53: Ansicht Ausbau Feedback von der Spielfigur, Bildquelle: Screenshot CC on Tortuga.

Da die Testpersonen auch eher neutral (Mittelwerte 2,93 und 2,85) bewerteten, ob sie immer wussten, was in dem Spiel als Nächstes zu tun ist und ob ihnen immer klar war, was sie darauf folgend tun sollten, wurden weitere Hilfestellungen zur Steuerung des Spiels eingebaut. Bei der Beobachtung der Spielenden konnte man sehen, dass ihnen zum Beispiel im Level „Prothesenrennen“ nicht klar war, dass sie den stromgeladenen Fluss durchqueren müssen, weshalb die Spieler*innen permanent versuchten, darüber hinwegzuspringen. In der Aufgabe sollte aber gezeigt werden, dass Fasern, die

durch eine Kunststoffmatrix umgeben sind, nicht mehr stromleitend sind, weil der Kunststoff isoliert. Deshalb wurde ein Sternsymbol in den Fluss eingebaut, damit für die Spielenden erkennbar wurde, dass sie den Fluss durchqueren, nicht überspringen sollen (siehe nachfolgende Abbildung 54).



Abbildung 54: Ansicht Sternsymbol im Fluss, Bildquelle: Screenshot CC on Tortuga.

1.2.3 Design und FE Phase 3

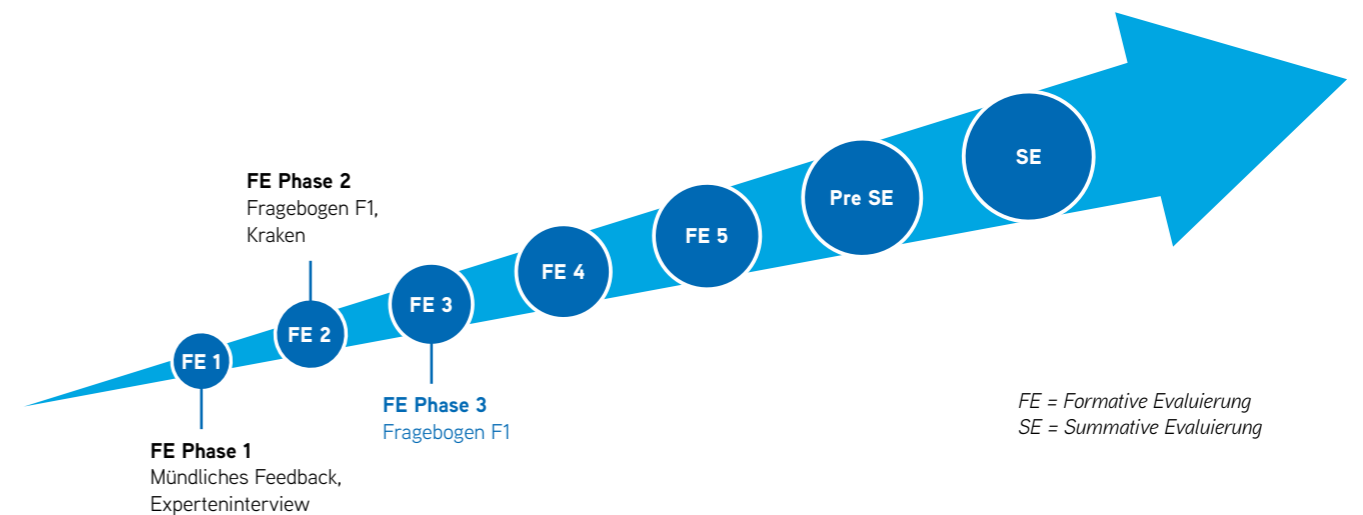


Abbildung 55: Überblick Evaluationsprozess FE Phase 3, eigene Darstellung.

Erprobung

Bei der Erprobung der Testversion 3 wurde das Spiel mit einer weiteren Zielgruppe (9. Jahrgangsstufe Mittelschule) gespielt. Zwölf Schüler*innen gaben ein Feedback zum Spiel. Sie spielten das Spiel zu Beginn des Faserverbundbausteins und hatten kein schulisches Vorwissen zu Faserverbundwerkstoffen.

Analyse

Eingesetzte Evaluierungsinstrumente:

Quantitativ – Fragebogen F1 ohne die Bewertungsoption „neutral“, deshalb wurde die Kodierung wie folgt geändert:

1 Stimme völlig zu 2 Stimme zu 3 Stimme nicht zu 4 Stimme gar nicht zu

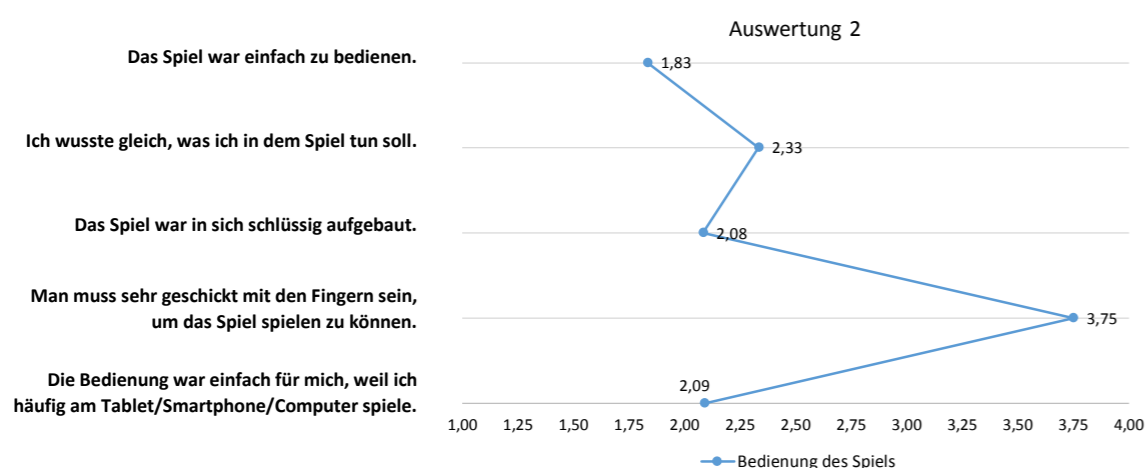


Abbildung 56: Auswertung 2 Bedienung des Spiels.

Interpretation Items Bedienung des Spiels, N=12

Die Auswertung der zweiten Testgruppe zeigt, dass das ReDesign Veränderungen bei der intuitiven Handhabung erzielt hat.

Die Testpersonen stimmten mit einem Mittelwert von 1,83 zu, dass das Spiel einfach zu bedienen ist. Ebenfalls stimmten sie der Aussage „Ich wusste gleich, was ich in dem Spiel tun soll“ mit einem Mittelwert von 2,33 zu und der Aussage „Das Spiel war in sich schlüssig aufgebaut“ mit einem Mittelwert von 2,08. Diese Veränderung der Werte bei der Testversion 6 kann auch an der älteren Jahrgangsstufe liegen, da die Testpersonen im Schnitt ein bis zwei Jahre älter waren als die Testgruppe zuvor und sich mit der Handhabung des Spiels deshalb vielleicht leichter getan haben. Der negativ gepolten Aussage „Man muss sehr geschickt mit den Fingern sein, um das Spiel spielen zu können“ stimmten die Testpersonen nicht zu (Mittelwert 3,75). Die Einschätzung dieser Aussage korreliert mit der Bewertung des Items „Die Bedienung war einfach für mich, weil ich häufig am Tablet/Smartphone/

Computer spiele“. Die Testpersonen gaben also an, dass die Bedienung des Spiels auf dem iPad gut funktioniert, zu der Bewertung kommt es aber, weil die Testpersonen häufig am Tablet/Smartphone/Computer spielen. So könnte also der Rückschluss entstehen, dass Personen, die häufig an den genannten Endgeräten spielen, die Bedienung leichter und damit vielleicht auch intuitiver finden.



Abbildung 57: Auswertung 2 Verständlichkeit des Spiels.

Interpretation Items Verständlichkeit des Spiels, N=12

Bei den Mittelwerten zu den Items „Die Aufgaben im Spiel waren gut verständlich“ (2,50) und „Die Aufgaben im Spiel konnte ich gut lösen“ (2,55) ergaben sich auf den ersten Blick keine nennenswerten Veränderungen zur Testversion 5. Bei der geänderten Kodierung wird aber ersichtlich, dass die Spieler*innen im Durchschnitt mit dem Aufgabendesign noch nicht zufrieden sind und es noch weiter optimiert werden muss. Die Spielenden stimmten mit einem Mittelwert von 1,55 zu, dass die Einleitungstexte vor den einzelnen Leveln gut verständlich sind. Sie stimmten aber auch mit einem Mittelwert von 1,91 der Aussage zu, dass die Einleitungstexte vor den einzelnen Leveln zu kurz waren. Bei der Bewertung der Aussage „Die Einleitungstexte vor den einzelnen Leveln waren ausführlich genug“ stimmten sie allerdings auch mit einem Mittelwert von 1,73 zu. Hier besteht ein Widerspruch, der so gedeutet werden kann, dass die Einleitungstexte insgesamt passend sind. Dieser Widerspruch bestand bereits bei der ersten Testgruppe und liegt vermutlich an der irreführenden Formulierung der Items. Der Mittelwert des Items „In dem Spiel wusste man immer, was man als Nächstes tun soll“ veränderte sich in der Testversion 6 deutlich. Die Testpersonen stimmten mit einem Mittelwert von 2,18 zu, dass sie wussten, was die nächsten Schritte sind. Diese neue Bewertung kann auch an der höheren Jahrgangsstufe liegen oder an der Tatsache, dass das verbesserte Userinterface Wirkung zeigte. Der Mittelwert von 2,83 des Items „Das Spiel war einfach zu spielen“ zeigt, dass die Testpersonen nicht zustimmen, dass das Spiel einfach zu spielen ist. Dieser Wert wurde für die folgenden Auswertungen im Auge behalten, spielte aber beim ReDesign der Version 6 auf 7 keine Rolle. Das Entwicklerteam wollte sehen, wie die weiteren Testgruppen diese Aussage bewerten. Das Spiel sollte intuitiv sein, aber auch eine angemessene Herausforderung bieten. Das Item „Mir war immer klar, was ich zu tun habe“ wurde mit einem Mittelwert von 2,50 bewertet. Dieser Wert veränderte sich damit zur Version 5 von 2,85 auf 2,50. Aus Sicht des Entwicklerteams zeigte die Einschätzung der Schüler*innen aber auch, dass die intuitive Handhabung noch optimiert werden muss.

Interessant ist die Bewertung des Items „Ich fand die Aufgaben im Spiel klar formuliert“ mit einem Mittelwert von 2,17. Bei den ersten beiden Items zur Aufgabengestaltung stimmten die Testpersonen eher nicht zu, dass sie die Aufgaben verständlich fanden und diese gut lösbar sind. Dieser Widerspruch kann an der Formulierung der Items liegen. Der Aussage „Mir war klar, um was es in dem Spiel geht“ stimmten die Spieler mit einem Mittelwert von 1,83 zu.

Bei der Bewertung der Informationstexte ergaben sich Veränderungen zur ersten Testgruppe. Der Aussage „Die Informationstexte waren hilfreich“ stimmten die Testpersonen mit einem Mittelwert

von 1,82 deutlich zu (die erste Testgruppe bewertete die Texte mit 2,46 eher neutral). Dem negativ gepolten Item „Die Informationstexte waren zu ausführlich“ stimmten die Testpersonen mit einem Mittelwert von 2,17 ebenfalls zu. Diese Bewertung fand im ReDesign keine Berücksichtigung, da die ältere Jahrgangsstufe vermutlich mit kürzeren Informationstexten auch zurechtkommen würde, das Spiel aber auch von jüngeren Schüler*innen genutzt werden soll.

Dem negativ gepolten Item „Das Spiel war inhaltlich zu ausführlich“ stimmten die Testpersonen deutlich nicht zu (Mittelwert von 2,75).

Das Item „Ich konnte das Spiel in der vorgegebenen Zeit durchspielen“ wurde mit einem Mittelwert von 2,55 bewertet. Die 9. Jahrgangsstufe erhielt bewusst nur 30 Minuten für den Test des Spiels, um zu sehen, wie die zeitliche Gestaltung des Spiels einzuschätzen ist, weil sie älter als die Zielgruppe waren und damit nach Ansicht des Entwicklerteams auch schneller mit dem Spiel fertig sein sollten. Die meisten Schüler*innen schlossen das Spiel in der vorgegebenen Zeit ab, bedauerten es aber, dass sie die Aufgaben, die falsch gelöst worden sind, nicht nochmals spielen konnten.

Erstaunlich ist die Bewertung des Items „Es wurde darauf hingewiesen, wenn Fehler gemacht wurden“. Hier änderte sich der Mittelwert von 2,33 auf 2,91, die Testpersonen widersprachen der Aussage, dass sie auf Fehler hingewiesen wurden, also deutlich. Dies ist verwunderlich, da das Fehlerfeedback im ReDesign weiter ausgebaut wurde. Bei Auswertung des Items „Mir war klar, welchen Fehler ich gemacht habe“ änderte sich der Mittelwert von 2,80 auf 2,36, die Testpersonen stimmten also schon zu, dass sie wussten, welchen Fehler sie gemacht haben. Dieses Ergebnis widerspricht etwas der Bewertung, dass die Spielerinnen und Spieler nicht auf Fehler hingewiesen wurden. Der Mittelwert der Aussage „Mir war klar, wie ich den Fehler beim nächsten Mal vermeiden kann“ von 2,91 zeigt ebenfalls, dass die Schüler*innen mit dem Fehlerfeedback nicht zufrieden sind. Da beim ReDesign der Version 5 auf 6 umfangreiche Änderungen beim Fehlerfeedback vorgenommen worden sind, wurde vom Entwicklerteam beschlossen, die Überprüfung dieser Items mit einer weiteren Testgruppe durchzuführen und dann ggf. Änderungen vorzunehmen. Die Stichprobe von zwölf Personen war sehr klein. Das negativ gepolte Item „Das Spiel dauerte zu lange“ wurde mit einem Mittelwert von 2,92 bewertet. Die ältere Jahrgangsstufe, bei der man meinen könnte, dass sie das Spiel eher unterfordert und schneller „langweilt“, fand also, dass das Spiel nicht zu lange gedauert hat.

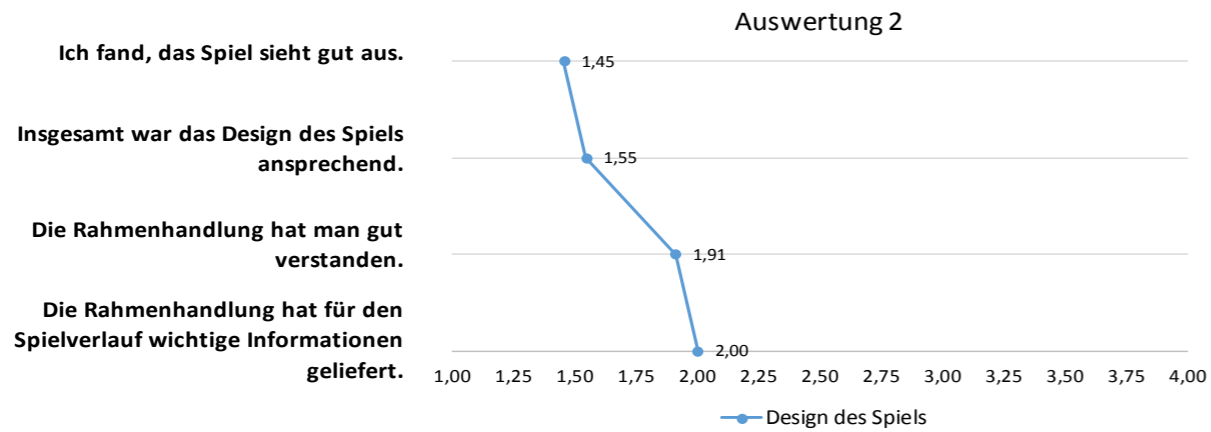


Abbildung 58: Auswertung 2 Design des Spiels.

Interpretation der Items Design des Spiels, N=12

Der Mittelwert des Items „Ich fand, das Spiel sieht gut aus“ veränderte sich von 1,98 auf 1,45. Die 9. Jahrgangsstufe stimmte also deutlich zu, dass ihr das Spiel optisch gefallen hat. Ebenso änderte sich der Mittelwert des Items „Insgesamt war das Design des Spiels ansprechend“ von 2,30 auf 1,55, den Testpersonen gefiel das Design also deutlich besser als der Gruppe davor. Bei dem Item „Die Rahmenhandlung hat man gut verstanden“ änderte sich der Mittelwert nur geringfügig von 2,07 auf 1,91. Das Item „Die Rahmenhandlung hat für den Spielverlauf wichtige Informationen geliefert“ änderte sich von 2,91 auf 2,00. Diese veränderte Bewertung ist entweder darauf zurückzuführen, dass die Option „Neutral“ im Fragebogen nicht mehr angekreuzt werden konnte oder die Testpersonen auf Grund ihres höheren Alters eine bessere Vorstellung des Begriffs „Rahmenhandlung“ haben. An der Rahmenhandlung wurde von der Version 5 auf 6 nichts geändert.

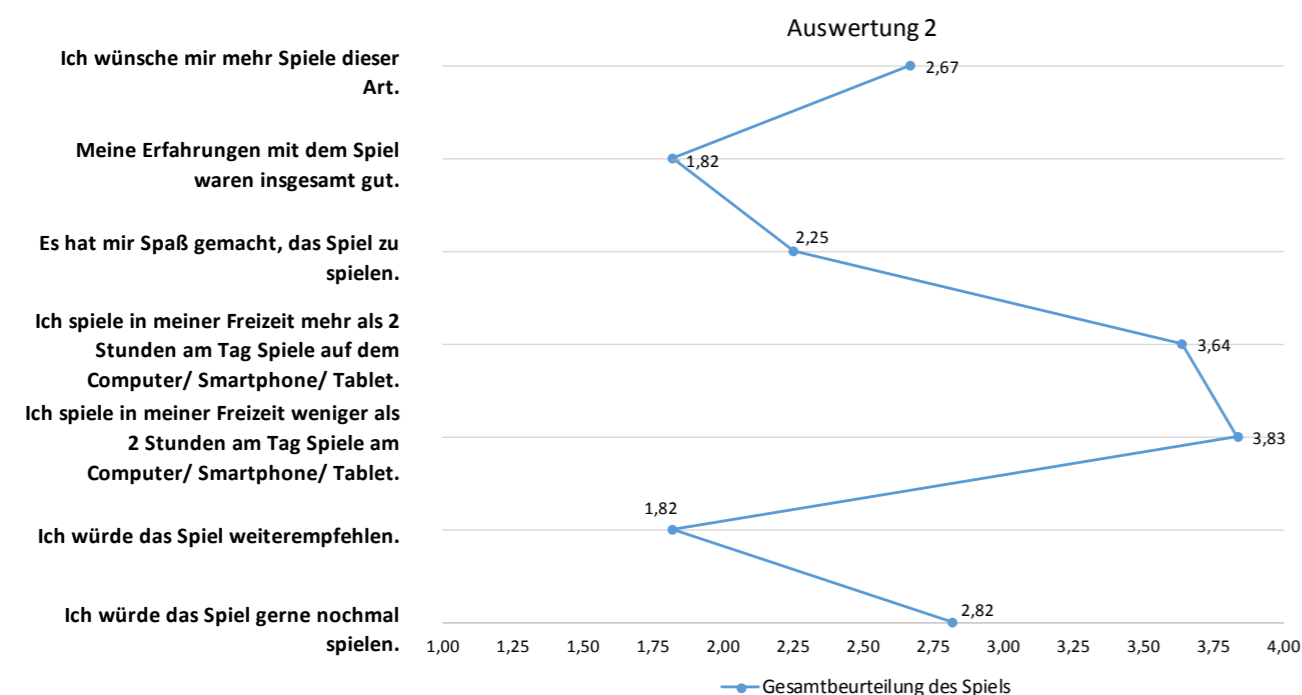


Abbildung 59: Auswertung 2 Gesamtbeurteilung des Spiels.

Interpretation Items Gesamtbeurteilung des Spiels, N=12

Der Mittelwert des Items „Ich wünsche mir mehr Spiele dieser Art“ änderte sich im Vergleich zur ersten Testgruppe nicht wesentlich von 2,93 auf 2,67. Die Bewertung dieser Aussagen würde also eher dafür sprechen, dass die Spieler*innen das Serious Game nicht so positiv wahrgenommen haben. Die Testpersonen stimmten aber mit einem Mittelwert von 1,82 deutlich zu, dass ihre Erfahrungen mit dem Spiel gut waren, im Vergleich zur ersten Gruppe mit einem Mittelwert von 2,37. Die Bewertung des Items „Es hat mir Spaß gemacht, das Spiel zu spielen“ änderte sich ebenfalls nicht signifikant von 2,13 auf 2,25 und zeigt, dass die Spieler*innen Spaß beim Spielen hatten. Dem negativ gepolten Item „Ich spiele in meiner Freizeit mehr als 2 Stunden am Tag Spiele auf dem Computer/Smartphone/Tablet“ stimmten die Testpersonen nicht zu (Mittelwert 3,64 – bei der ersten Gruppe lag er bei 2,50). Das Kontrollitem „Ich spiele in meiner Freizeit weniger als 2 Stunden am Tag Spiele auf dem Computer/ Smartphone/Tablet“ mit einem Mittelwert von 3,83 zeigt aber, dass die Testpersonen im Schnitt wohl zwei Stunden täglich mit dem Computer/Smartphone/Tablet spielen. Das Item „Ich würde das Spiel weiterempfehlen“ wurde mit einem Mittelwert von 1,82 bewertet und änderte sich im Vergleich zur ersten Testgruppe (Mittelwert 2,56) deutlich. Selber spielen würden die Testpersonen das Spiel nicht unbedingt nochmals, hier änderte sich der Mittelwert von 2,54 auf 2,82.

Bei der Auswertung der zweiten Gruppe ist grundsätzlich zu bedenken, dass es sich um eine sehr kleine Stichprobe gehandelt hat (N=12). Ebenfalls hat die geänderte Kodierung der Skala durch die Wegnahme der Option „Neutral“ Einfluss auf die Werte. Und die Testgruppe war im Schnitt ein bis zwei Jahre älter als die erste Testgruppe.

Qualitativ – technisches Evaluierungssystem „Kraken“:

Zur Überprüfung der verbesserten Sprungmechanik wurden die „Kraken“ nochmal aktiviert. Die Senkung der Schwierigkeit der Sprungbrettlevel hatte zwei Auswirkungen. Die Zeit bis zum ersten Spielerfolg sank deutlich, wie man in der Abbildung 60 (orange Markierung) sehen kann. Durch die Verringerung des Schwierigkeitsgrades sank allerdings auch der Wiederspielbarkeitswert des Levels erheblich. Die Spieler*innen müssen weniger ausprobieren und kommen schneller zum Erfolg. Dieser Umstand führte aber trotzdem dazu, dass die Quiz-Fragen zum Sprungbrettlevel besser beantwortet wurden. Dies lässt den Schluss zu, dass die Schüler*innen den Lerninhalt mit der einfacheren Sprungmechanik besser lernen können.

So ist in Abbildung 60 ebenfalls zu sehen, dass die Hälfte der Spieler*innen in der alten Version (blaue Markierung) in der zweiten und dritten Plankenspringen-Aufgabe deutlich länger brauchten, um die Aufgabe zu lösen.

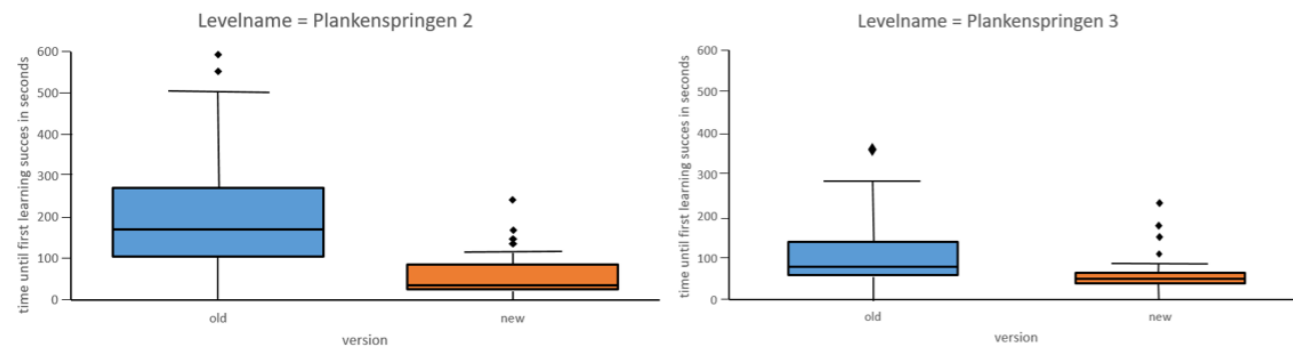


Abbildung 60: Auswertung Kraken nach Änderung Spielmechanik, Bildquelle: Krakenauswertung.

Die Stichprobe der Testversion 2 N=12 war vergleichsweise gering zur Testversion 1 Stichprobe N=54. Trotzdem kann man an der Auswertung deutlich sehen, dass das Level Plankenspringen besser absolviert werden konnte.

Qualitativ – Experteninterview Usability-Experte:

Durchführung und Dokumentation des Experteninterviews: Das Experteninterview wurde nochmals mit dem gleichen Experten wie unter Punkt 1.2.1 dieses Kapitels beschrieben durchgeführt. Das Entwicklerteam ging mit dem Usability-Experten die neuen, spielbaren Aufgaben und Level durch und bat ihn um Feedback. Dieses wurde schriftlich fixiert, siehe auch Anlage 3.

Im Folgenden werden die für die Weiterentwicklung des Spiels wesentlichen Punkte des Experteninterviews kurz zusammengefasst.

Auswertung des Experteninterviews (Anlage 3):

Level Prothesenrennen:

Der Experte gab den Tipp, den Fluss visuell breiter zu machen, damit die Spielfigur auf jeden Fall deutlich mit ihm in Kontakt kommt. Außerdem merkte er an, dass die Information, welche Matrixmaterialien isolieren und/oder säureresistent sind, unbedingt in den Informationstexten ergänzt werden sollten. Des Weiteren riet er, den Stromstecker, der zur Visualisierung des stromgeladenen Flusses eingebaut wurde, weiter in den Vordergrund zu ziehen, da er sonst nicht wahrgenommen wird. Zusätzlich sollte der Fluss mehr blitzen, um den Effekt „stromgeladen“ zu erhöhen.

Level Plankenspringen:

Der Experte rät, dass bei der Einführung ein Hinweis stehen sollte, dass es keine eindeutig beste Lösung gibt, sondern verschiedene Kombinationen unterschiedliche Vorteile haben. Außerdem merkt er an, dass die Optimierung des Levels in Bezug auf Sprungmechanik sehr positiv ist.

ReDesign

In der Testversion 3 wurden nur wenige technische Änderungen vorgenommen. Das Serious Game erhielt ein neues Intro, um zum einen die Motivation zu erhöhen, das Spiel zu spielen, und zum anderen einen besseren Einstieg in die Gesamtidee des Spiels zu ermöglichen. Bei der neuen Einspielung unterhalten sich vier Piraten (zwei von einem gegnerischen Team – auf der nachfolgenden Grafik sitzen diese in einem Schiff)⁹¹ in einem Streitgespräch über den bevorstehenden Tortuga-Cup.



Abbildung 61: Ansicht geändertes Intro Streitgespräch mit gegnerischem Team, Bildquelle: Screenshot aus CC on Tortuga.

Neben dem geänderten Intro wurden alle Einführungstexte in der neuen Testversion mit erläuternden Zeichnungen versehen, die von einer Grafikerin gezeichnet wurden und die händischen Illustrationen ersetzen.

⁹¹ Anmerkung: Die rechte „Gegnerfigur“ wurde von einer Grafikerin erst nach den ersten Tests gezeichnet, sie sieht nicht mehr aus, wie die Figur auf der Insel.



Abbildung 62: Einführungstexte mit Grafiken, Bildquelle: Screenshot aus CC on Tortuga.

In der neuen Testversion wurde außerdem eine weitere Aufgabe im Level „Kanonenkustschießen“ eingebaut. Bei der neuen Aufgabe muss ein Pirat mit einer Kanonenkugel aus einer Hängematte geschossen werden. Bei dieser letzten Disziplin geht es darum, eine Kugel aus verschiedenen Materialien zusammenzustellen, die hitzebeständig und zugleich aber möglichst leicht ist, damit der in der Hängematte liegende Pirat nicht verletzt wird.



Abbildung 63: Ansicht neue Aufgabe „Kanonenkustschießen“, Screenshot aus CC on Tortuga.

Außerdem wurde in der Testversion 3 die Aufgabe „Plankenspringen und Basketball werfen“ zur optionalen Aufgabe geändert. Sie musste zuvor von allen Spieler*innen gespielt werden. Das führte

zu Frust bei den Testpersonen, da die Spielmechanik komplizierter als bei den anderen Sprungbrett-Leveln ist. Die Aufgabe wurde bewusst so gebaut, dass Spieler*innen, die schneller sind, eine knifflige Aufgabe lösen können. Aus diesem Grund erhielt sie bei der Weiterentwicklung dann auch den Status „optional“. Spielerinnen und Spieler, die den ersten Platz in der Gesamtwertung erreichen wollen, müssen diese Aufgabe absolvieren.



Abbildung 64: Ansicht optionale Aufgabe, Screenshot aus CC on Tortuga.

1.2.4 Design und FE Phase 4

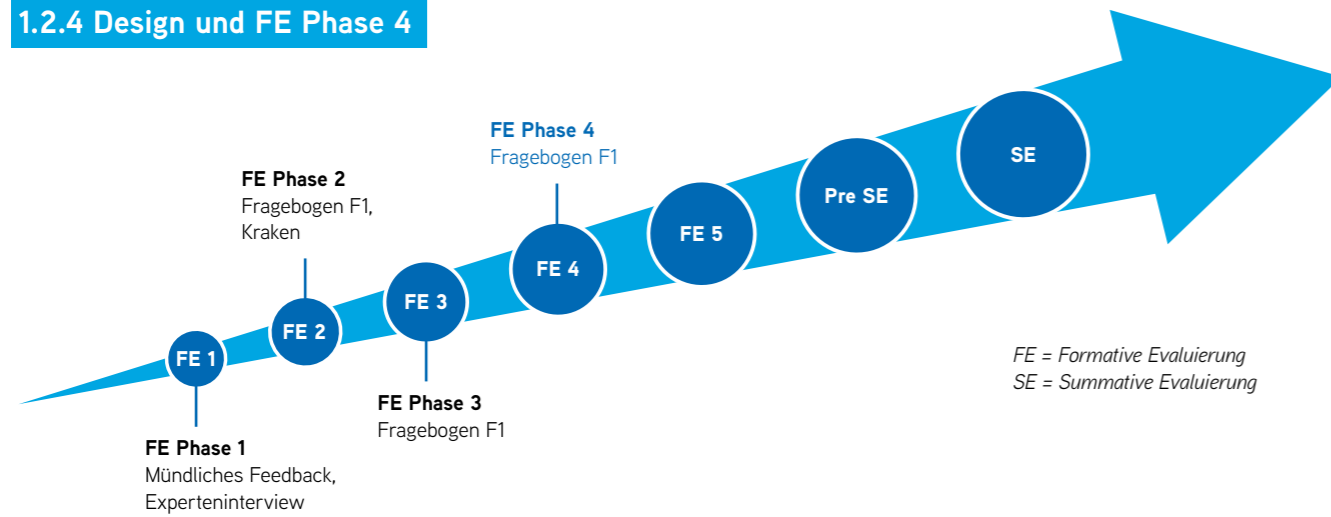


Abbildung 65: Überblick Evaluationsprozess FE Phase 4, eigene Darstellung.

Erprobung

Bei der Testversion 3 waren alle ursprünglich geplanten Level und Aufgaben des Serious Games spielbar, wie man der nachfolgenden Level-Übersicht entnehmen kann:



Abbildung 66: Ansicht Übersicht spielbare Level und Aufgaben Version 7, Bildquelle: Screenshot aus CC on Tortuga.

Die neue Version wurde kurz vor Weihnachten 2017 fertig. Da das Entwicklerteam über die Weihnachtsferien weitere Ergänzungen und Änderungen vornehmen wollte, wurde die Version nochmals mit Schüler*innen älterer Jahrgangsstufen getestet (die nicht der Zielgruppe entsprechen, aber für ein Feedback zur Verfügung standen). Dies waren zum einen neun Schüler eines Carbon-P-Seminars, die schon gut über Carbon informiert waren, zum anderen 14 Schüler*innen einer 10. Jahrgangsstufe Realschule, die keine Vorkenntnisse zu Faserverbundwerkstoffen besaßen.

Analyse

Eingesetzte Evaluierungsinstrumente:

Quantitativ – Fragebogen F1:

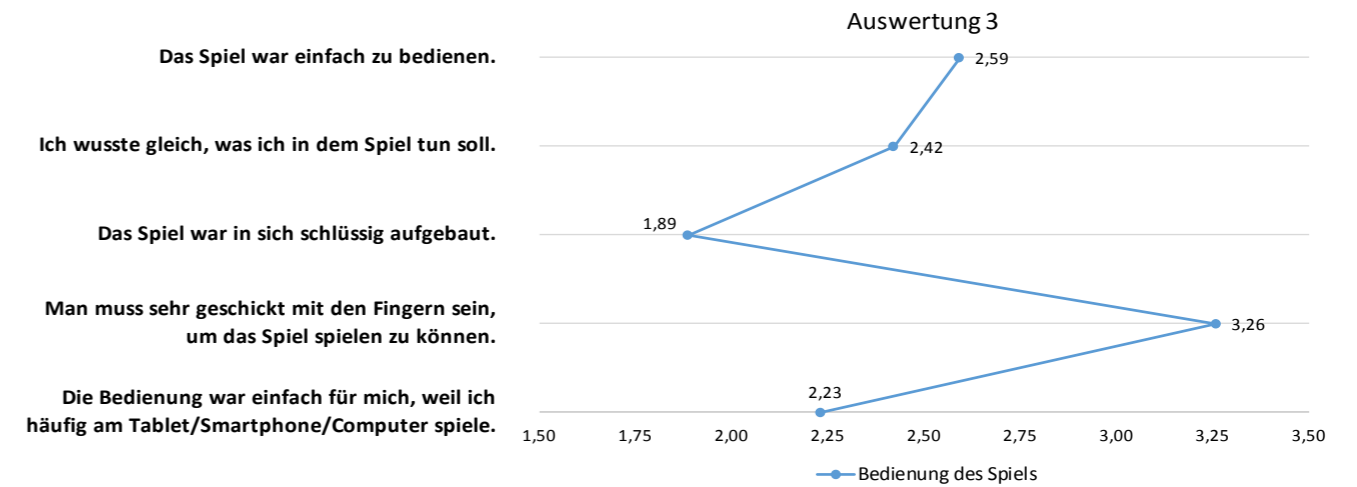


Abbildung 67: Auswertung 3 Bedienung des Spiels.

Interpretation Items Bedienung des Spiels, N=23

Die Bewertung des Items „Das Spiel war einfach zu bedienen“ war mit einem Mittelwert von 2,59 eher erstaunlich. Die Testgruppe bestand aus wesentlich älteren Schüler*innen als die Zielgruppe, so dass eher zu erwarten gewesen wäre, dass das Spiel für diese Personen leichter zu spielen ist. Der Mittelwert des Items „Ich wusste gleich, was ich in dem Spiel tun soll“ änderte sich im Vergleich zur letzten Testgruppe nur gering mit einem Mittelwert von 2,42 zur Vorgruppe mit einem Mittelwert von 2,33. Die Testpersonen stimmten der Aussage „Das Spiel war in sich schlüssig aufgebaut“ mit einem Mittelwert von 1,89 zu, dieser Wert änderte sich also zur Vorgruppe mit 2,08 etwas ab. Dies lag aber vermutlich auch daran, dass die älteren Schüler*innen das Spiel aus einer anderen Perspektive betrachteten. Dem negativ gepolten Item „Man muss sehr geschickt mit den Fingern sein, um das Spiel spielen zu können“ stimmten die Tester*innen mit einem Mittelwert von 3,26 nicht zu. Das Item „Die Bedienung war einfach für mich, weil ich häufig am Tablet/Smartphone/Computer spiele“ wurde mit einem Mittelwert von 2,23 ähnlich bewertet wie bei der Vorgruppe. Die Testgruppe stimmte also zu, dass die Handhabung des Spiels deshalb einfach ist, weil sie häufig am Tablet/Smartphone/Computer spielen. Dies verstärkt den Eindruck, dass die Handhabung von den Personen als intuitiv empfunden wird, die sich sowieso viel mit den genannten Endgeräten beschäftigen.



Abbildung 68: Auswertung 3 Verständlichkeit des Spiels.

Interpretation der Items Verständlichkeit des Spiels, N=23

Dem Item „Die Aufgaben im Spiel waren gut verständlich“ stimmten die Testpersonen mit einem Mittelwert von 2,07 zu (im Vergleich hierzu die Testgruppe 1 mit einem Mittelwert von 2,57, die Testgruppe 2 mit einem Mittelwert von 2,50). Dieses Ergebnis hängt vermutlich damit zusammen, dass die Testpersonen älter waren und mit dem P-Seminar auch vorgebildete Schüler*innen an der Bewertung teilnahmen. Ähnlich ist hier die Bewertung des Items „Die Aufgaben im Spiel konnte ich gut lösen“ mit einem Mittelwert von 2,31 zu interpretieren. Das Item „Die Einleitungstexte vor den einzelnen

Leveln waren gut verständlich“ wurde ähnlich wie bei der ersten Testgruppe (Mittelwert 2,20) mit einem Mittelwert von 2,19 bewertet. Die Testpersonen stimmten auch zu (Mittelwert 2,35 im Vergleich zu 2,08 und 1,91), dass die Einleitungstexte vor den einzelnen Leveln zu kurz waren. Hierzu passt allerdings auch die Zustimmung von 1,96 zu der Aussage „Die Einleitungstexte vor den einzelnen Leveln waren ausführlich genug“ nicht, wie bei den vorherigen Testgruppen auch. Hier sieht man, im Vergleich zu den Vorgruppen, die sich in den Aussagen, ob die Einleitungstexte zu kurz oder ausführlich genug waren, auch nicht eindeutig positionierten, ebenfalls einen Widerspruch. An dieser Stelle zeigt sich, dass die Einbindung der Grafiken in die Einleitungstexte (dadurch wurden diese länger) auf die Beantwortung dieser Items keinen Einfluss hatte.

Das Item „In dem Spiel wusste man immer, was man als Nächstes tun soll“ wurde mit einem Mittelwert von 2,38 bewertet. Die Testpersonen stimmten also zu, ebenso wie die vorherige Testgruppe (Mittelwert 2,25), dass der Spielablauf gut ersichtlich ist. Der Aussage „Das Spiel war einfach zu spielen“ wurde mit einem Mittelwert von 2,28 im Vergleich zu den Vorgruppen mit 2,65 und 2,83 deutlicher zugestimmt. Dieser Umstand lag aber vermutlich an der höheren Jahrgangsstufe der Spielenden. Der älteren Testgruppe war deshalb auch klar, was sie zu tun hat (Mittelwert 2,32), und sie fand die Aufgaben klar formuliert (Mittelwert 2,0). Ähnlich wurde das Item „Mir war klar, um was es in dem Spiel geht“ mit einem Mittelwert von 1,81 bewertet, wobei dieser Wert bei den bereits vorgebildeten Schüler*innen auch noch niedriger hätte ausfallen können, sie hatten sich ja im Vorfeld bereits intensiv mit Faserverbundmaterialien beschäftigt. Da sich die Stichprobe aber aus vorgebildeten und nicht vorgebildeten Schüler*innen zusammensetzte, ist dieser Wert als Mittel akzeptabel. Die Testpersonen stimmten zu, dass die Informationstexte hilfreich sind (Mittelwert von 2,20 und damit ähnlich zu den Vorgruppen mit 2,46 und 1,82). Den negativ gepolten Items „Die Informationstexte waren zu ausführlich“ und „Das Spiel war inhaltlich zu ausführlich“ wurde deutlich nicht zugestimmt (Mittelwert 2,81 und 3,00). Diese Bewertung ist interessant, weil man meinen könnte, vorgebildete oder ältere Schüler*innen würden die Informationstexte eher zu ausführlich finden. Die Gruppe konnte das Spiel in der vorgegebenen Zeit durchspielen, sie stimmten dieser Aussage deshalb auch deutlich mit einem Mittelwert von 1,79 zu.

Die ältere Testgruppe stimmte der Aussage zu, dass man darauf hingewiesen wurde, wenn ein Fehler gemacht wurde (Mittelwert 1,96). Allerdings gab auch diese Gruppe an, nicht vollumfänglich zu wissen, welchen Fehler sie gemacht habe (Mittelwert 2,44). Trotzdem war ihr deutlich bewusster (Mittelwert 2,30) als den anderen beiden Gruppen (Mittelwerte 2,87 und 2,91), wie sie den Fehler beim

nächsten Mal vermeiden kann. Die Testgruppe stimmte auch dem negativ gepolten Item „Das Spiel dauerte zu lange“ eher nicht zu (Mittelwert 2,62). Diese Bewertung ist interessant, da man bei der deutlich älteren Jahrgangsstufe eher davon ausgehen könnte, dass sich die Schüler*innen schneller langweilen und das Spiel deshalb auch als zu lange einstufen würden.

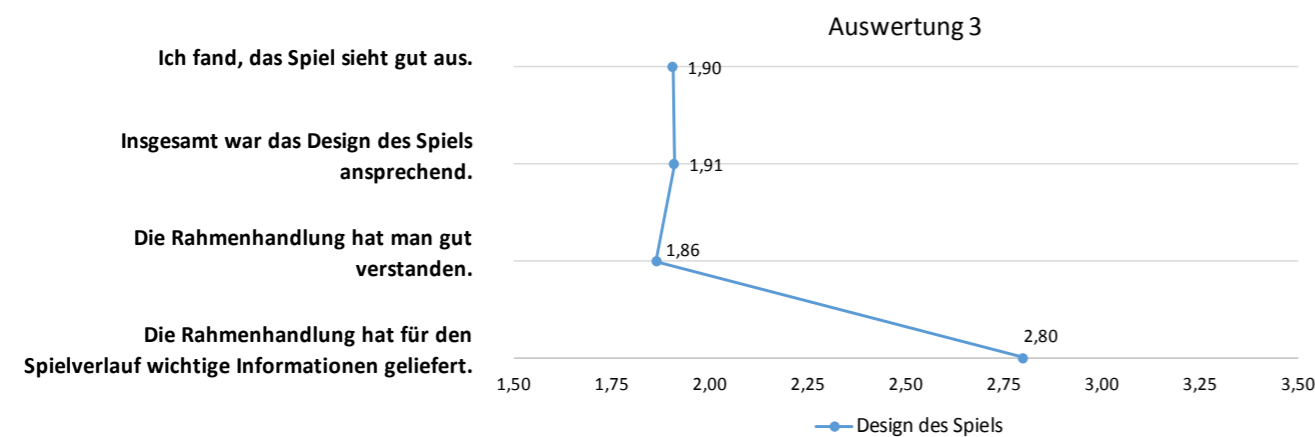


Abbildung 69: Auswertung 3 Design des Spiels.

Interpretation Items Design des Spiels, N=23

Die Testgruppe stimmte dem Item „Ich fand, das Spiel sieht gut aus“ mit einem Mittelwert von 1,90 zu. Ebenfalls stimmte sie mit einem Mittelwert von 1,91 zu, dass sie das Design des Spiels insgesamt ansprechend findet. Die Testpersonen gaben an, dass man die Rahmenhandlung gut versteht (Mittelwert 1,86). Interessant war, dass sie der Aussage „Die Rahmenhandlung hat für den Spielverlauf wichtige Informationen geliefert“ nicht zustimmten (Mittelwert 2,80).

Diese Bewertung ist vielleicht darauf zurückzuführen, dass für die vorgebildeten Schüler*innen die Rahmenhandlung keine relevanten Inhalte enthielt, da sie über die Inhalte, die über die Rahmenhandlung transportiert werden, bereits Bescheid wussten oder nicht auf die Informationen angewiesen waren, weil sie die Aufgabenstellungen schneller erfassen konnten als die jüngeren Testpersonen.

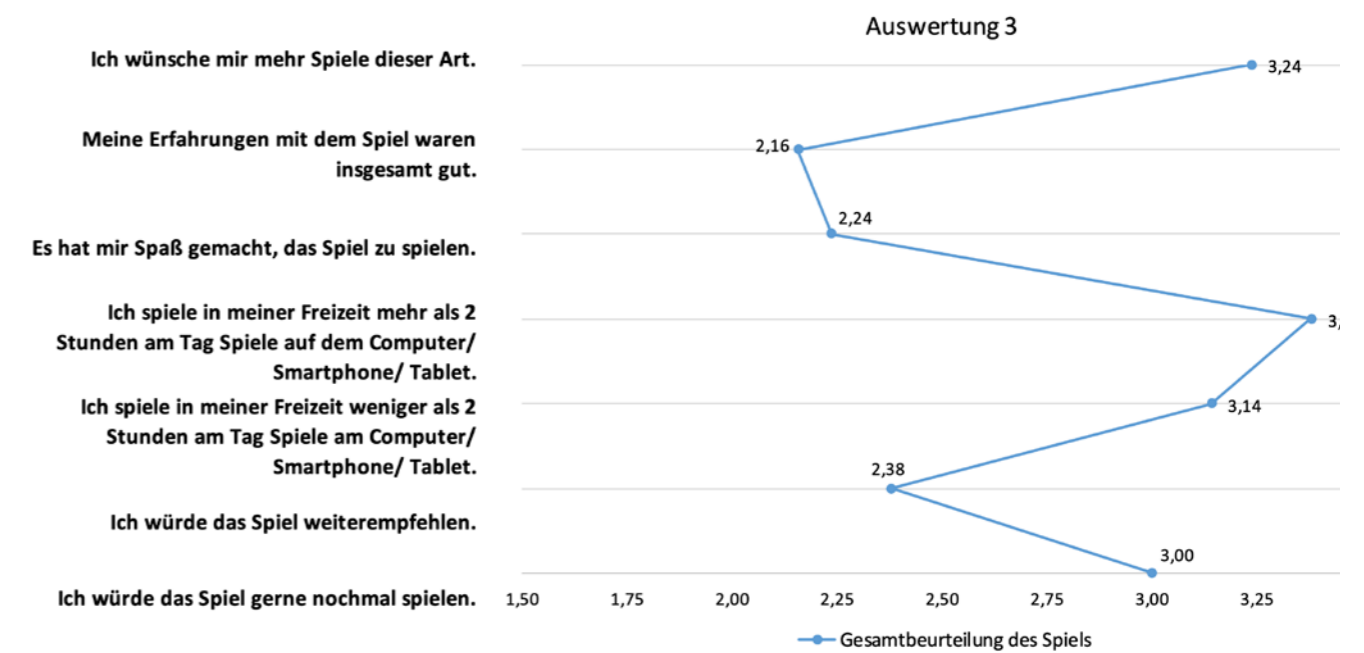


Abbildung 70: Auswertung 3 Gesamtbeurteilung des Spiels.

Interpretation Item Gesamtbeurteilung des Spiels, N=23:

Der Aussage „Ich wünsche mir mehr Spiele dieser Art“ stimmte die dritte Testgruppe eher nicht zu (Mittelwert 3,24). Ein Grund dafür kann sein, dass das Spiel für die 7. Klasse Gymnasium, 8. Klasse Realschule und 9. Klasse Mittelschule konzipiert wurde und die Testgruppe deutlich älter war. Die Erfahrungen mit dem Spiel waren für die Tester*innen gut, sie stimmten mit einem Mittelwert von 2,16 zu und gaben mit dem Mittelwert von 2,24 an, dass es ihnen Spaß gemacht hat, das Spiel zu spielen. Das negativ gepolte Item „Ich spiele in meiner Freizeit mehr als 2 Stunden am Tag Spiele auf dem Computer/Smartphone/Tablet“ wurde mit einem Mittelwert von 3,38 bewertet, das Kontrollitem „Ich spiele in meiner Freizeit weniger als 2 Stunden am Tag Spiele auf dem Computer/Smartphone/Tablet“ mit einem Mittelwert von 3,14. Damit stimmen die Schüler*innen weder zu, dass sie mehr als zwei Stunden täglich am Computer/Smartphone/Tablet spielen, noch, dass sie weniger als zwei Stunden spielen. Die Testgruppe würde das Spiel weiterempfehlen (Mittelwert 2,38) und stimmte eher nicht zu, dass sie das Spiel gerne nochmals spielen würde (Mittelwert 3,0).

Die Erkenntnisse aus dem Test mit der älteren Jahrgangsstufe und den vorgebildeten Schüler*innen waren dahingehend interessant, dass das Feedback zum Spiel nicht wesentlich negativer ausgefallen ist als bei den eigentlichen Zielgruppen.

ReDesign

Bei der Testversion 4 wurde die Rahmenhandlung durch eine Siegerehrung am Ende ergänzt (Spielfigur steigt auf ein Siegertreppchen und belegt den ersten, zweiten oder dritten Platz, je nach gesammelten Sternen). Es wurden Rechtschreibfehler innerhalb der Informationstexte, Einleitungstexte und Aufgabenstellungen gesucht und ausgebessert sowie kleinere technische Änderungen vorgenommen, damit das Spiel nicht mehr abstürzte, hängen blieb etc. und das Fehlerfeedback wurde noch ausführlicher herausgearbeitet.

1.2.5 Design und FE Phase 5

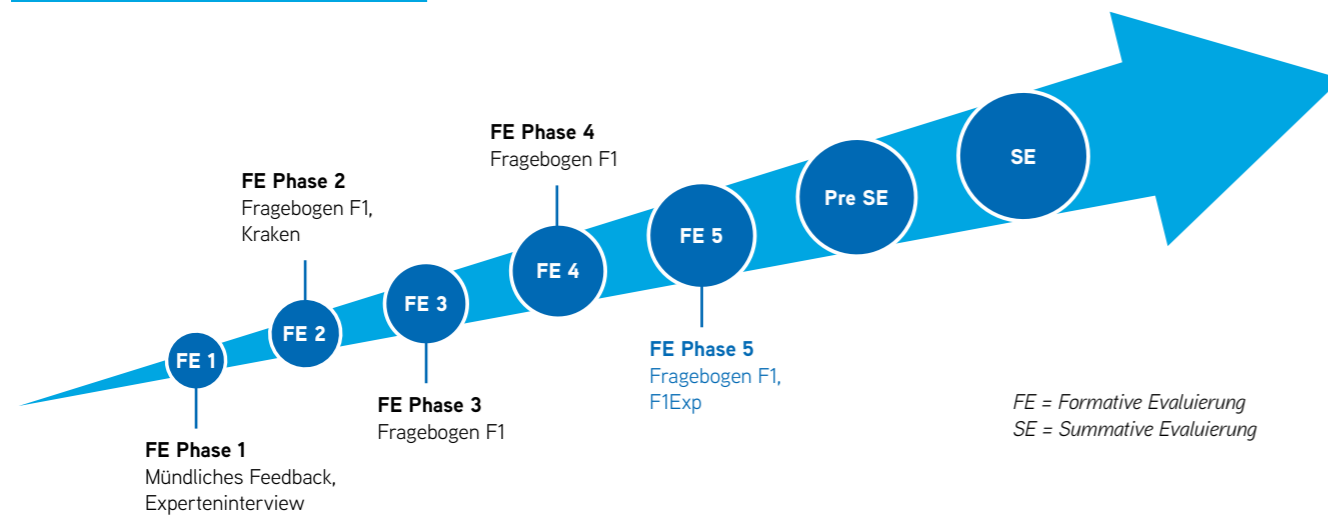


Abbildung 71: Übersicht Evaluationsprozess FE Phase 5, eigene Darstellung.

Erprobung

Die Testversion 4 wurde von verschiedenen Schularten und Jahrgangsstufen gespielt. Darunter waren 26 Schüler*innen einer 10. Jahrgangsstufe Realschule, 24 Schüler*innen einer 7. Jahrgangsstufe Realschule sowie 42 Schüler*innen der 9. Jahrgangsstufe Mittelschule. Die Testgruppe wurde bewusst aus verschiedenen Jahrgangsstufen und Schularten gewählt, da das Serious Game nach der Fertigstellung jahrgangs- und schulartenübergreifend zum Einsatz kommen soll.

Analyse

Eingesetzte Evaluierungsinstrumente:

Quantitativ-Fragebogen: Der Fragebogen F1 wurde noch durch die Frage, welchen Namen die Spieler*innen dem Serious Game geben würden, ergänzt.

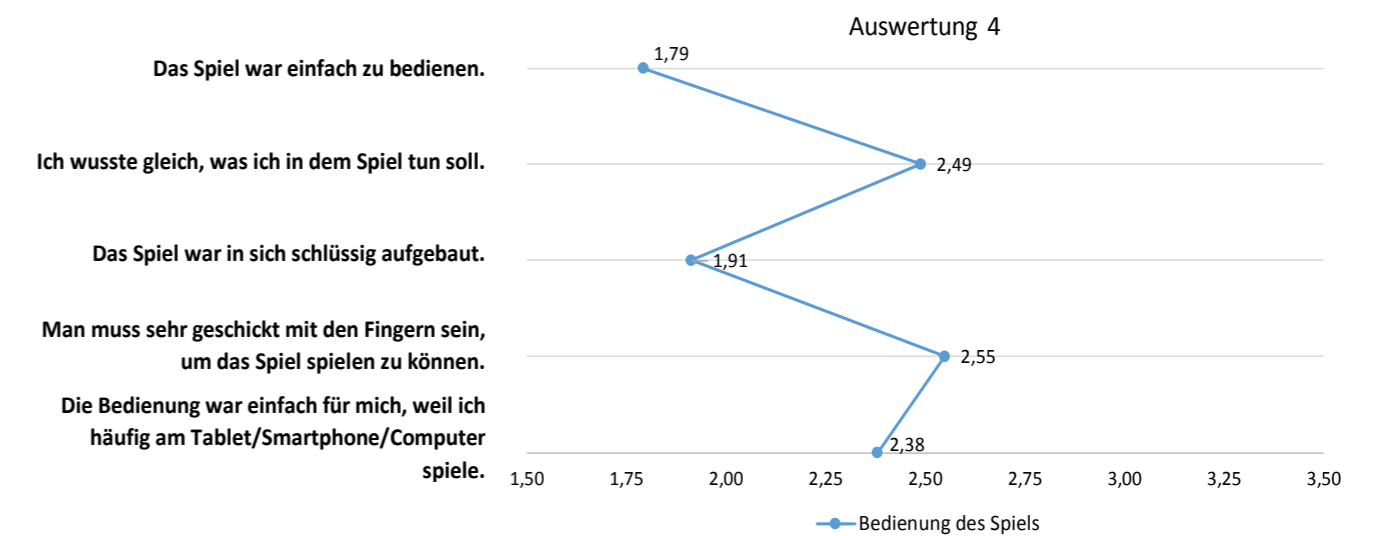


Abbildung 72: Auswertung 4 Bedienung des Spiels.

Interpretation Items Bedienung des Spiels, N=92

Dem Item „Das Spiel war einfach zu bedienen“ stimmten die Testpersonen mit einem Mittelwert von 1,79 zu. Der Aussage „Ich wusste gleich, was ich in dem Spiel tun soll“, (Mittelwert 2,49) stimmten sie nicht vollumfänglich zu. Mit einem Mittelwert von 1,91 stimmten sie dem Item „Das Spiel war in sich schlüssig aufgebaut“ zu.

Bei dem negativ gepolten Item „Man muss sehr geschickt mit den Fingern sein, um das Spiel spielen zu können“ (Mittelwert 2,55) waren sich die Testpersonen ebenfalls unschlüssig. Im Vergleich hierzu stimmten sie mit einem Mittelwert von 2,38 eher zu, dass die Bedienung einfach für sie gewesen sei, weil sie häufig am Tablet/Smartphone/Computer spielen.



Abbildung 73: Auswertung 4 Verständlichkeit des Spiels.

Interpretation der Items Verständlichkeit des Spiels, N=92

Dem Item „Die Aufgaben im Spiel waren gut verständlich“ wurde mit einem Mittelwert von 2,0 zugestimmt, nach Meinung der Testgruppe waren die Aufgaben also gut verständlich. Dieses Ergebnis spiegelt sich auch in dem Item „Die Aufgaben im Spiel konnte ich gut lösen“ wider, es wurde mit einem Mittelwert von 2,11 zugestimmt. Die große Testgruppe stimmte auch mit einem Mittelwert von

1,78 zu, dass die Einleitungstexte vor den einzelnen Leveln gut verständlich waren. Ein Widerspruch ergibt sich wieder in den beiden Items „Die Einleitungstexte vor den einzelnen Leveln waren zu kurz“, diesem stimmten die Testpersonen mit einem Mittelwert von 2,01 zu. Genauso stimmten sie aber auch dem Item „Die Einleitungstexte vor den einzelnen Leveln waren ausführlich genug“ noch deutlicher mit einem Mittelwert von 1,83 zu.

Dem Item „In dem Spiel wusste man immer, was man als nächstes tun soll“ stimmte die Testgruppe mit einem Mittelwert von 2,40 eher zu, ebenso dem Item „Das Spiel war einfach zu bedienen“ (Mittelwert 2,0). Dem Item „Mir war immer klar, was ich zu tun habe“ stimmten die Schüler*innen mit einem Mittelwert von 2,48 eher zu, auch fanden sie, dass die Aufgaben im Spiel klar formuliert waren (Zustimmung mit einem Mittelwert von 2,02). Deutlich wurde auch der Aussage „Mir war klar, um was es in dem Spiel geht“ mit einem Mittelwert von 1,91 zugestimmt. Die Testgruppe fand auch die Informationstexte hilfreich (Zustimmung mit einem Mittelwert von 2,11). Den beiden negativ gepolten Items „Die Informationstexte waren zu ausführlich“ und „Das Spiel war inhaltlich zu ausführlich“ wurde mit Mittelwerten von 2,92 und 2,70 nicht zugestimmt. Für das Entwicklerteam war auch die Zustimmung zum Item „Ich konnte das Spiel in der vorgegebenen Zeit durchspielen“ (Mittelwert 1,97) von großer Bedeutung, weil sich damit auch bestätigte, dass die verschiedenen Jahrgangsstufen und Testpersonen verschiedener Schularten das vollständige Spiel in 45 Minuten durchspielen konnten. Die Testgruppe stimmte der Aussage „Es wurde darauf hingewiesen, wenn Fehler gemacht wurden“ mit einem Mittelwert von 1,97 zu. Ebenso stimmten sie den Items „Mir war klar, welche Fehler ich gemacht habe“ und „Mir war klar, wie ich den Fehler beim nächsten Mal vermeiden kann“ mit Mittelwerten von 2,15 und 2,27 zu. Auch diese Auswertungen waren für das Entwicklerteam sehr relevant, da die vorhergehende Testgruppe das Fehlerfeedback im Spiel sehr unterschiedlich einordneten und mit dieser Erprobungsphase 92 Testpersonen das Fehlerfeedback positiv bewerteten. Dem negativ gepolten Item „Das Spiel dauerte zu lange“ stimmten die Testpersonen zwar mit einem Mittelwert von 2,44 eher zu, doch diese Bewertung ist differenziert zu sehen. Bei dem Spiel handelt es sich um ein Lernspiel, das auf eine Unterrichtsstunde ausgelegt ist. Eine Kürzung des Spiels wäre aus fachlicher Sicht nicht sinnvoll. Insgesamt kann man aus den Auswertungen ablesen, dass die 92 Testpersonen das Serious Game Composites Cup on Tortuga in der vollständigen Version gut verständlich finden.

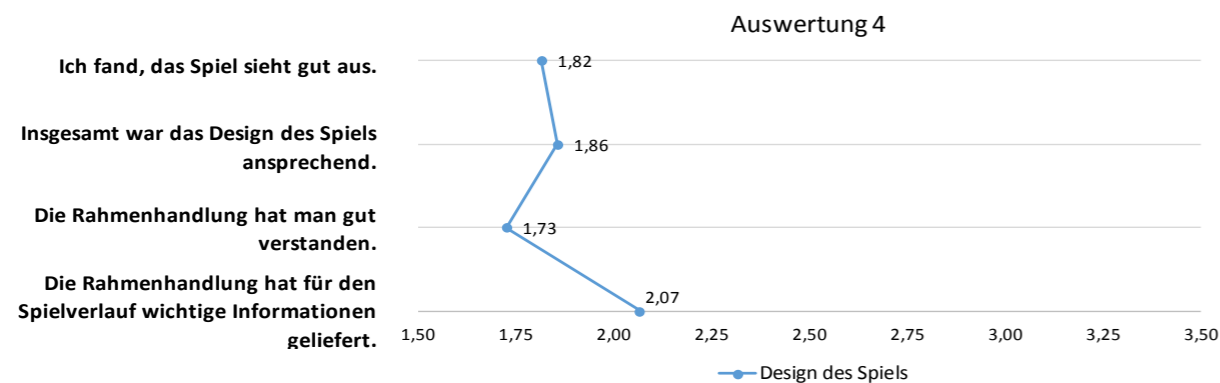


Abbildung 74: Auswertung 4 Design des Spiels.

Interpretation der Items Design des Spiels, N=92

Die Testpersonen stimmten mit einem Mittelwert von 1,82 zu, dass sie finden, das Spiel sieht gut aus. Ebenso fanden sie das Design ansprechend (Mittelwert von 1,86). Die Rahmenhandlung, die in der spielbaren Version um die Siegerehrung ergänzt wurde, stufte die Testgruppe als gut verständlich ein (Mittelwert 1,73). Sie stimmten auch der Aussage „Die Rahmenhandlung hat für den Spielverlauf wichtige Informationen geliefert“ zu (Mittelwert 2,07). Zusammenfassend kann man also sagen, dass den 92 Testpersonen das Spiel auch optisch eher gefallen hat.

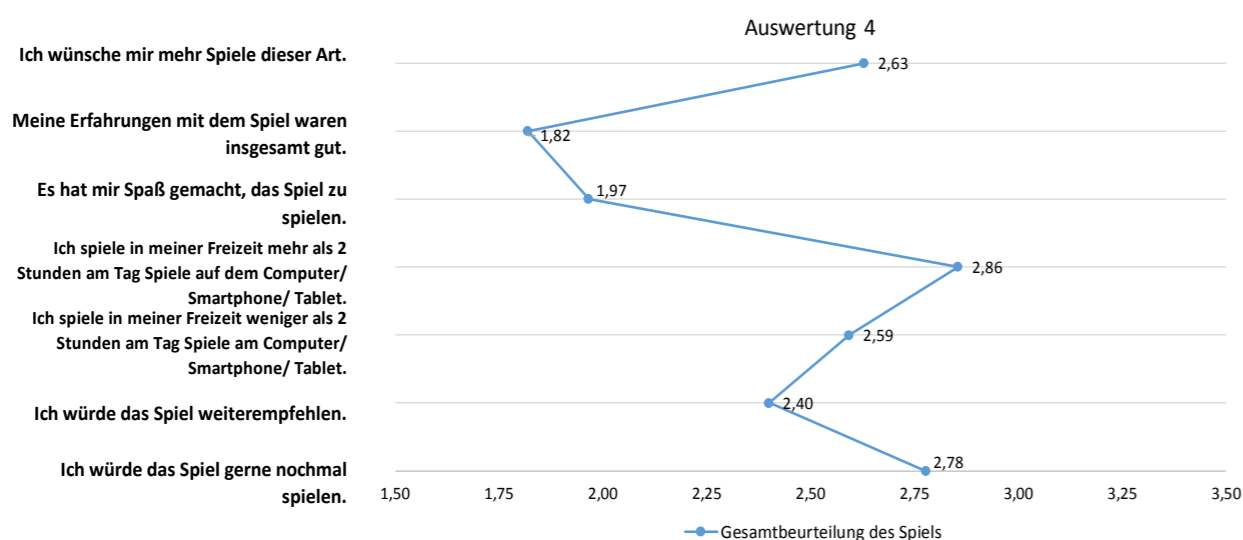


Abbildung 75: Auswertung 4 Gesamtbeurteilung des Spiels.

Interpretation Items Gesamtbeurteilung des Spiels, N=92

Die Aussage „Ich wünsche mir mehr Spiele dieser Art“ beurteilten die Testpersonen mit einem Mittelwert von 2,63. Damit stimmten sie nicht zu, aber auch nicht eindeutig dagegen, dass sie sich solche Spiele wünschen. Die Mittelwerte der Aussagen „Meine Erfahrungen mit dem Spiel waren insgesamt gut“ (1,82) und „Es hat mir Spaß gemacht, das Spiel zu spielen“ (1,97) spiegeln eigentlich wider, dass die Testpersonen sich gerne mit dem Spiel beschäftigen haben.

Dem negativ gepolten Item „Ich spiele in meiner Freizeit mehr als 2 Stunden am Tag Spiele auf dem Computer/Smartphone/Tablet“ stimmten die Schüler*innen mit einem Mittelwert von 2,86 eher nicht zu. Bei dem Kontrollitem „Ich spiele in meiner Freizeit mehr als 2 Stunden am Tag Spiele auf dem Computer/Smartphone/Tablet“ stimmten sie mit einem Mittelwert von 2,59 zu. Die Testpersonen gaben also an, im Schnitt unter 2 Stunden täglich an Geräten zu spielen.

Mit einem Mittelwert von 2,40 stimmten die Schüler*innen eher dafür, dass sie das Spiel weiterempfehlen würden, stimmten aber ebenso mit einem Mittelwert von 2,78 nicht zu, dass sie das Spiel gerne nochmals spielen wollen würden.

Qualitativ: offene Frage im Fragebogen F1

Die 92 Schüler*innen wurden gefragt, welchen Namen sie dem Spiel geben würden. Die vorgeschlagenen Titel sind nachfolgend aufgeführt und nach Oberbegriffen sortiert.

Ein passender Name für das Spiel aus Sicht der Jugendlichen wäre:

Tortuga, Cup, Olympiade: Piraten auf dem Tortuga-Cup, The pirates tortuga club, Tortuga-Cup / Pirates Adventures, Tortuga-Cup, Pirates Quest / Tortuga Quest, Piratenolympiade, Pirate Cup, Pirates Quest, Tortuga Cups, Der Tortuga Cup

Material: Faserpiraten, Finde das passende Material, Finde die richtigen Materialien, Carbonolympiade, Das Piratenwissen / Die Piratenmaterialien, Die Piraten-Materialien, Pirates of the Carbons / Piraten brauchen Hilfe, Piraten Faser Quest, Carbonic Boom, Piraten Carbon, Carbon Booty, Wiki und die Carbonfasern, Fiber Pirates, Carbon Pirates, Fluch der Carbonik, Carbonara, High-tec pirates, Der Pirat auf Carbonsuche, Carbon Piraten, Die CFK-Piraten, Die Piraten der Faserverbundwerkstoffe, Piraten-Carbon-Technik, The Pirates of the Carbonade, Pirates of the Faserverbundwerkstoffe, Faserverbund-Piraten, Faserverbundwerkstoffpiraten, Carbonpiraten, Faszination Faserverbund, Faszination Faserverbund

Physik, Mathe, Wissenschaft: Pirates and Physics, Schiffbruch – Rettet die Piraten mit Physik & Chemie, Piratenphysik, Phantomphysik, Mathpirates, Mathe-Captain, Die Wissenspiraten, Pirat-Scientists, Fluch der Karibik, Fluch der Physik, Physik Piraten

Pirat: Pirates Adventures, Aufgaben für Piraten, Aufgaben für Piraten, pirate of school, Pirates Jump, Pirateninsel, Piraten Abenteuer, Pirate race, Pirat auf Entdeckungstour, Aufgaben für Piraten, Pirate Adventure, Pirats World, Die Abenteuer der Piraten, Pirate Adventures, Die Tücken der Piraterie, Pirate Jump, Kanonenkugel, Pirat in Not, Piratenschlacht, Piraten, Pirates of the Carbonien, Piraten-Spiele, Pirates-Plan, Piratenbande, Lernen mit Piraten, Aufgaben mit Piraten, Die Piratenbande, Bäsch der Piraten, Blackbeard`s Trial.

Auswertung:

Nach einer Recherche beim deutschen Patent- und Markenamt entschied man sich für den Titel „Composites Cup on Tortuga“.

Nach der Auswertung des Feedbacks zur Testversion 8 entschloss man sich, die weitere Entwicklung des Spiels nicht mehr mit dem Fragebogen F1 zu evaluieren, sondern bei der Weiterentwicklung des Serious Games den Fokus auf das Spielerleben zu legen. Das Entwicklerteam ging davon aus, dass ein positives Spielerleben auch die Motivation, das Spiel zu spielen, erhöht.

Fragebogen F1Exp Computerspielentwicklung

Zum Abschluss der formativen Evaluierung wurde das Serious Game mit zwölf Master-Studierenden der Informatik und Multimedia gespielt. Die Studierenden wurden dabei auf Grund ihres „Master-Status“ als Expert*innen für Computerspielentwicklung eingestuft. Da ein Experteninterview mit zwölf Personen sehr zeitaufwendig gewesen wäre, wurden die Studierenden, die sich in ihrem Studiengang mit der Entwicklung von Serious Games und Game Design beschäftigen, mit einem Fragebogen, der offene Fragen enthielt, befragt. Nachfolgend sollen sowohl die Fragen wie auch die thematisch sortierten Antworten skizziert und analysiert werden.

Qualitativ: Fragebogen offene Fragen, N=12, (siehe Fragebögen Anlage 4):

Halten Sie Serious Games dafür geeignet, im Unterricht eingesetzt zu werden und wenn ja, wieso? Wo sehen Sie die Vorteile, im Gegensatz zum klassischen Unterricht? Sind diese Vorteile durch den Composites Cup on Tortuga gegeben?

Zustimmung:

- „Ja, da spielerisches Lernen länger hängen bleibt (auch, da abwechslungsreich im Gegensatz zum Frontalunterricht).“
- „Ja: Abwechslung zum „normalen“ Unterricht.“
- „Kann man schon einsetzen.“
- „4x Ja (ohne weitere Begründung).“

Vorteile zum klassischen Unterricht:

- „Unterricht ist meistens: Einer redet, der Rest hört zu. Serious Games: Jeder kann so lange an einer Aufgabe bleiben, wie er benötigt.“
- „Ja, gut war vor allem der fehlende Druck.“

- „Für Kinder wohl schon. Die Fragen hätte man aber auch so beantworten können.“
- „Lernen durch ‚selber erfahren‘“.
- „Das ist eine gute Methode, um den schulischen Alltag etwas interessanter zu gestalten, da die Motivation und das Interesse größer sein könnten. Aber ich würde Serious Games nur ergänzend einsetzen.“

Vorteile von Composites Cup on Tortuga:

- „Nicht so langweilig wie der Unterricht oft ist (durch den Composites Cup of Tortuga gegeben).“
- „Lernen nebenbei und automatisch (so halb, man kann theoretisch rumklicken bis man die Quizfragen hat).“
- „Weil spielerisch lernen motivierender ist.“
- „Vorteile sind, schnell kleine Belohnungen (Voranschreiten, Bewertungen), Situationswechsel (neue Art mit Lernen konfrontiert zu werden), spaßiges Heranführen an technische Inhalte.“
- „Technisch zu wenig Inhalte, Vorteile scheinen gegeben.“

Interpretation:

Die Studierenden gaben an, dass das Serious Game dazu geeignet ist, im Unterricht eingesetzt zu werden. Als Vorteile sahen sie vor allem, dass die Lernenden in ihrem eigenen Tempo lernen können und kein Druck entsteht. Was genau unter „Druck“ zu verstehen ist, wurde nicht weiter ausgeführt. Denkbar wäre Zeit- oder Leistungsdruck. Als weiterer Vorteil wurde selbstständiges Lernen genannt. Außerdem wurde die Hypothese aufgestellt, dass die Schüler*innen durch den Spieleffekt motivierter sein könnten. Ein weiterer Vorteil des Serious Game CC on Tortuga liege auch im Feedbacksystem. Kritisiert wurde, dass das Spiel zu wenige technische Inhalte bietet und man die Fragen auch hätte so beantworten können. Letzteres erklärt sich vermutlich auch dadurch, dass die Studierenden im Schnitt Mitte zwanzig sind und über ein anderes Vorwissen verfügen als die Schüler*innen der 8. Jahrgangsstufe.

Halten Sie das Spiel für geeignet, um die Thematik Faserverbund zu vermitteln?

Zustimmung:

- 4x „Ja“, 1x „Ja, sehr“
- „Selber habe ich etwas dazu gelernt.“

Eingeschränkte Zustimmung:

- „Würde für Spielen im Anschluss zum Hauptunterricht noch die Möglichkeit anbieten mehr zu lesen (optional).“
- „Um den Teilbereich der Eigenschaften von CF zu erforschen, ja.“
- „In Grundlagen, ja.“
- „Ja, als einführendes Spiel.“
- „Grundsätzlich entwickelt man ein gutes Gefühl für die Stoffe.“
- „Ja für die Einführung in das Thema.“
- „Als Einführung in das Thema schon.“

Eher nicht:

- „Viel ausprobieren ohne eine Ahnung zu haben.“
- „Ja, aber Informationen zu Faserverbundstoffen sind teilweise nur umständlich über mehrere Links zu erreichen, sodass man lieber selbst mehr ausprobiert.“

Interpretation:

Die Studierenden sind überwiegend der Meinung, dass das Spiel als Einführung des Themenbereichs Faserverbundwerkstoffe genutzt werden kann. Zwei der Befragten gaben auch an, dass viel ausprobiert wurde, ohne eine Ahnung zu haben, und die Informationen zu Faserverbundstoffen teilweise umständlich erreicht werden können, man also eher ausprobiert, statt Informationstexte zu lesen, (siehe auch Analyse nächste Frage).

Denken Sie, dass durch das Spielen des Spiels ein Lernzuwachs erreicht werden kann, oder kann es durch einfaches „Ausprobieren“ und „Herumklicken“ durchgespielt werden? Falls letzteres zutrifft, was kann Ihrer Meinung nach dagegen unternommen werden?

Trial & Error:

- „Es kann durch Trial & Error gelöst werden.“
- „Grundlegend das meiste durch Probieren machbar. 3 Sterne evtl. nicht immer; Ausprobieren reicht, jedoch lernt man dabei.“

- „Ausprobieren und Herumklicken bei einigen Sachen möglich. Vor allem bei den Fragen und einfacheren Aufgaben.“
- „Teilweise kann es auch durch Ausprobieren durchgespielt werden.“
- „Gibt teilweise zu viel Hilfe (Harpunieren).“
- „Durch Wiederholungsmöglichkeit kann solange getestet werden, bis das Ziel erreicht ist.“
- „Leider ist das so bei dem Quiz.“
- „Ausprobieren reicht.“
- „Ja, es kann durch Ausprobieren durchgespielt werden.“

Lösungsvorschläge:

- „Maximale Anzahl an Versuchen, dann wird Lösung vorgeschlagen.“
- „Manche Eigenschaften zwischendurch wieder vorkommen lassen. Bspw.: Rennen (während dem Rennen Material wechseln lassen) z.B. für Säure etc.“
- „Mehr Tutorial/Theorie, weniger Hilfe, Wiederholungsmöglichkeiten im Spiel.“
- „Begrenzte Anzahl an Versuchen pro Level (5? Drei evtl. zu wenig, da ein gewisses Maß an Ausprobieren wichtig).“
- „Informationen zu Faserverbundstoffen zugänglicher machen. Z.B. über Audio.“
- „Es sollte eine Statistik geben über Fehlversuche.“
- „Im Vorfeld erklären, welche Stoffe welche Vorteile haben.“
- „Man könnte z.B. die Anzahl der Versuche beschränken.“
- „Einfach mehr Level. Quizze länger machen. Je umfangreicher das Spiel, desto weniger wird man durch Rumprobieren weiterkommen. Quizlevel helfen, Wissen zu testen.“

Lernzuwachs ist gegeben:

„Lernzuwachs ist, denke ich, gegeben (2x). Insbesondere die Faserrichtung ist schwer durch Ausprobieren zu ermitteln.“

Interpretation:

Die Studierenden waren sich überwiegend einig, dass die Aufgaben auch mit Trial and Error – also so lange zu klicken, bis das richtige Ergebnis kommt, um weiterspielen zu können – lösbar ist. Das Spiel kann sicherlich durch Ausprobieren gelöst werden. Beim Wiederholen der Aufgaben bleiben aber auch Lerninhalte hängen: Je höher das Level wird, desto länger dauert die Lösung, ohne die Informationstexte gelesen zu haben. Bei den höheren Leveln müssen viele verschiedene Parameter,

die zuvor eingeführt wurden, kombiniert werden. Bei diesen Aufgaben ist es schwierig, nur mit Ausprobieren weiterzukommen. Die Tipps zur Beschränkung der Lösungsversuche wurden nicht übernommen, da man, wenn man die Aufgaben nicht mittelmäßig gut löst, nochmal beginnen muss. An diesem Punkt kamen die Informatikstudierenden vermutlich nicht an, da sie alle nach 25 Minuten mit dem Spiel fertig waren und erwartungsgemäß keine Probleme beim Lösen der Aufgaben hatten.

Was hätten Sie anders programmiert?

- „Einige Werkstoffe kamen nicht so oft zum Einsatz, wie andere. Die Infotexte waren meist sehr massiv -> Eher bisschen mehr Bilder, wie bei den ‚Planken‘.“
- „Verschiedene Bruchgeräusche beim Zerbrechen. Würde die von den echten Materialien nehmen, damit die Schüler*innen auch praktisches Wissen lernen. Akustisches Feedback bei Strom, Minen.“
- „Kanonenspiel mit Hängematte bei gleicher Kombination unterschiedliche Ergebnisse (glaub Carbonfaser + Keramik?)“
- „Durch Wiederholung des Levels wegen Fehlern keine volle Punktzahl. Geschicklichkeitsfehler können wiederholt werden.“
- „Weniger nervige Rauschemusik! Allgemein weniger Musik. Statt Gewinnsound evtl. visuelles Feedback -> großes Feuerwerk etc.“
- „Manchmal etwas willkürlich bei Sternenvergabe. Kriterien zuvor anzeigen wäre hilfreich. Keine/ Nur einmal wiederholen, wenn Level bestanden.“
- „Statistik!“
- „Das rechte Panel mit den Slidern sollte ebenfalls bei Berührung Texte überspringen können.“
- „Bei den Quizen deutlich machen, dass mehrere Antworten richtig sein können. War irgendwie unklar.“

Interpretation:

Die technischen Tipps wurden von den beiden programmierenden Informatikern gesichtet. Auf Grund der am Ende zu Neige gehenden Ressourcen (Zeit und Mittel für die Programmierer) wurden nur die Punkte übernommen, die einfach umsetzbar waren und dem Entwicklerteam sinnvoll erschienen (Deaktivierung Hintergrundgeräusche, Fehler beim Kanonenlevel wurde behoben).

Denken Sie, dass Schüler*innen das Spiel gerne spielen?

Zustimmung:

- 6x „Ja“
- „Ja, Abwechslung vom Unterricht“
- „Ja, es ist hübsch gestaltet.“
- „Kurzweilig.“
- „Ja, spielen ist immer gut.“
- „Ja, auf jeden Fall.“

Bedingte Zustimmung:

- „Für 1x Spielen bestimmt, aber dennoch waren manche Aufgaben nicht sehr durchsichtig. (Was sind 10°, wie viel hält das aus, warum ist die Skala so lange, wenn sofort alles bricht?).“
- „Lieber als dem Standard-Monolog zu folgen auf jeden Fall.“
- „Upload in den Appstore!“

Was ich euch noch sagen möchte:

Lob/Interesse:

- „Das Spielkonzept für den Unterricht ist sehr interessant, besonders, weil ein jeder in seinem eigenen Tempo lernen kann.“
- „Finde das Spiel gut. Vor allem die Grafik ist ansprechend.“

Interpretation:

Die Studierenden kamen zu der Einschätzung, dass die Schüler*innen das Spiel gerne spielen werden.

An der Testversion 4 wurden keine Änderungen mehr vorgenommen, es wurden lediglich noch Texte eingesprochen, also Teile des Spiels vertont, damit die Einführungs- und Informationstexte aus Gründen der Barrierefreiheit auch in gesprochener Form im Spiel aufrufbar sind. Die Entwicklung des Spiels wurde mit der Testversion 8 beendet, so dass nachfolgend ein Fazit zur formativen Evaluierung gezogen werden kann.

1.3 Fazit formative Evaluierung

Die Evaluierung des ersten Entwicklungsabschnitts wurde mit N=181 Schüler*innen durchgeführt. Davon waren 37% weiblich, 59% männlich, 4% machten keine Angabe zum Geschlecht. Die Testpersonen kamen aus verschiedenen Jahrgangsstufen, (siehe nachfolgende Abbildung 76), und verschiedenen Schularten, wie in den Teilschritten zuvor beschrieben.

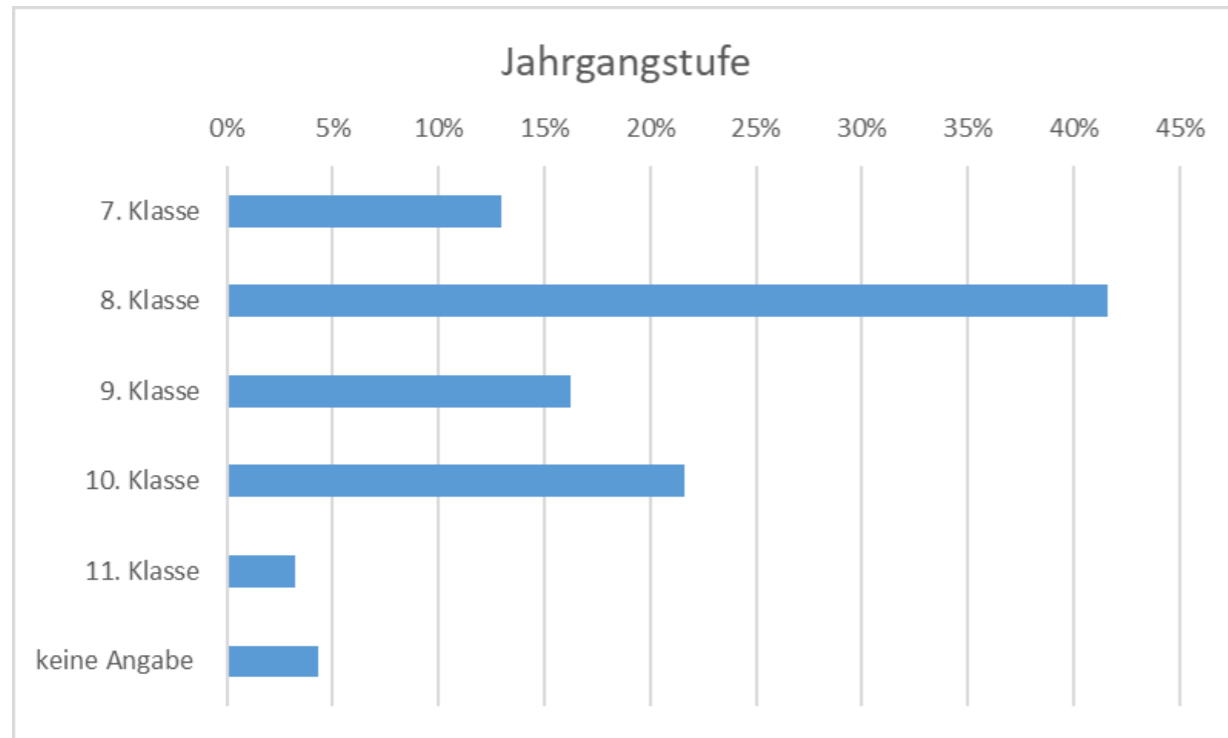


Abbildung 76: Übersicht Jahrgangsstufen Testpersonen.

Da die grafische Darstellung der vier Erprobungsphasen mit Mittelwerten nicht so gut lesbar ist, man aber auf dem Diagramm bei den Graphen der einzelnen Phasen die Unterschiede in der Entwicklung deutlich sieht, werden bei der Gesamtansicht sowohl die Grafiken wie auch die Tabelle mit den Mittelwerten dargestellt. Bei den gelb hinterlegten Spalten handelt es sich um die invertierten Werte, also diejenigen, die „umkodiert“ werden mussten. Bei den Grafiken wurde die abgedruckte Skala gekürzt, da kein Wert jenseits der 3,75 gewählt wurde. In den Tabellen mit den Mittelwerten sind die negativ gepolten Items jeweils farblich markiert. Bei der Interpretation der Gesamtansicht werden nicht alle Auswertungen und Mittelwerte nochmals im Detail betrachtet, dies wurde in den vorausgehenden Interpretationen ausführlich getan und wäre dann nur redundant. Allerdings werden die Werte, die bei den Mittelwerten keine eindeutigen Aussagen zulassen, mit den Prozentwerten unterstützt.

In dem Fragebogen F1 gab es auch ein offenes Feld „Was ich euch noch sagen wollte“.

Die Antworten wurden in den vorausgehenden Entwicklungsschritten nicht ausgewertet, weil sie in der Summe wenig konstruktiv waren. Die Antworten, die für die Entwicklung des Spiels interessant waren, finden sich nun bei den inhaltlich passenden Items in der Gesamtbetrachtung.

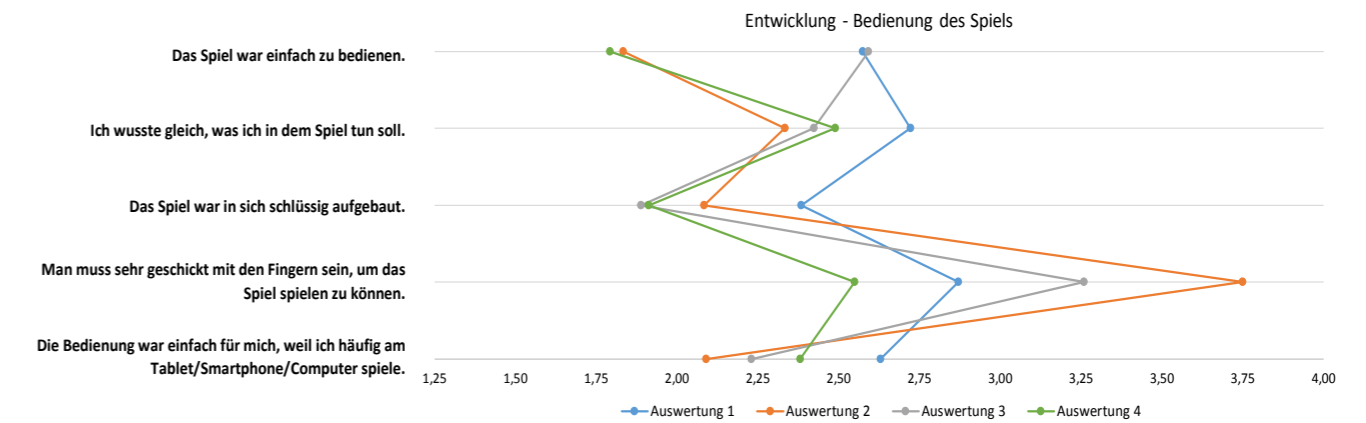


Abbildung 77: Graphen Bedienung des Spiels in der Gesamtansicht.

Tabelle 7: Mittelwerte zu den Items „Bedienung des Spiels“ in der Gesamtansicht.

Bedienung des Spiels				
Frage	Auswertung 1	Auswertung 2	Auswertung 3	Auswertung 4
Das Spiel war einfach zu bedienen.	2,57	1,83	2,59	1,79
Ich wusste gleich, was ich in dem Spiel tun soll.	2,72	2,33	2,42	2,49
Das Spiel war in sich schlüssig aufgebaut.	2,38	2,08	1,89	1,91
Man muss sehr geschickt mit den Fingern sein, um das Spiel spielen zu können.	2,87	3,75	3,26	2,55
Die Bedienung war einfach für mich, weil ich häufig am Tablet/Smartphone/Computer spiele.	2,63	2,09	2,23	2,38

Die Items zum Oberbegriff „Bedienung des Spiels“ waren für das Entwicklerteam von hoher Relevanz, da dem ersten Medium, der virtuellen Welt Faszifa, attestiert wurde, dass es nicht intuitiv und viel zu kompliziert in der Bedienung sei. Die Entwicklung der Mittelwerte zeigt, dass die im Verlauf der Entwicklung vorgenommenen Änderungen an der Spielmechanik Wirkung zeigten und es auch kein Problem darstellt, dass das Spiel als App auf einem Tablet gespielt wird. Insgesamt kamen die Testpersonen mit der Bedienung immer besser zurecht, der letzte Mittelwert der großen Testgruppe von 92 Personen mit einem Mittelwert von 1,79 bestätigte dem Entwicklerteam, dass das neue Serious Game Composites Cup on Tortuga gut zu bedienen ist.

Die Entwicklung der Mittelwerte bei dem Item „Ich wusste gleich, was ich in dem Spiel tun soll“ (Mittelwert 2,49 beim letzten Test) wird nachfolgend nochmals näher betrachtet. Schaut man sich die relativen Häufigkeiten der Gesamtbewertung des Items an, so stimmen 23% der Teilnehmenden völlig zu, dass sie gleich wussten, was sie in dem Spiel tun sollen, 39% stimmten zu (6% bewerteten die Aussage neutral im ersten Testdurchlauf), 25% stimmten nicht zu, dass sie gleich wussten, was sie in dem Spiel tun sollen, 6% stimmten überhaupt nicht zu und 1% gab keine Auskunft. In der prozentualen Aufschlüsselung sieht man, dass 62%, also knapp mehr als die Hälfte der Testpersonen, gleich wussten, was in dem Spiel zu tun ist. Dieses Ergebnis ist als Endstand akzeptabel, da die restlichen Bewertungen zur Handhabung des Spiels gut ausfallen. Noch dazu wird die Zeitspanne, die das Wort „gleich“ abdeckt, auch sehr individuell empfunden.

Der Mittelwert von 1,91 beim Item „Das Spiel war in sich schlüssig aufgebaut“ beim letzten Test spricht dafür, dass die Testpersonen das Spiel intuitiv fanden.

Die Gesamtbewertung des Items „Man muss sehr geschickt mit den Fingern sein, um das Spiel spielen zu können“ (letzter Mittelwert 2,55) setzt sich aus den folgenden Werten zusammen: 15% stimmten der Aussage völlig zu, dass man sehr geschickt mit den Fingern sein muss, um das Spiel spielen zu können, 24% stimmten zu, 6% bewerteten die Aussage neutral, 40% stimmten nicht zu, 15% stimmten gar nicht zu. Damit stimmten 55% nicht dafür, dass man besondere motorische Fähigkeiten braucht, um das Spiel spielen zu können, 39% kommen zu der Ansicht, dass man eher geschickt mit den Fingern sein muss, um das Spiel spielen zu können. Die Bedienung von Apps mit den Fingern ist sicherlich nicht immer ganz einfach, da ein Touchscreen manchmal auch nicht gleich reagiert etc.. Trotzdem kam man auch bei der Beobachtung der Schüler*innen zu der Ansicht, dass sie mit der Bedienung des Spiels auf dem iPad keine Probleme haben. Das Spiel gibt es außerdem auch in einer Computerversion, so dass man die Handhabung durch eine Maus auch noch erleichtern könnte.

Die Testpersonen gaben außerdem an, dass die Bedienung des Spiels einfach für sie war, weil sie häufig am Tablet/Smartphone/Computer spielen, deshalb ist die Bedienung einer App auf dem Tablet für Schüler*innen vermutlich schon intuitiv.



Abbildung 78: Graphen Verständlichkeit des Spiels in der Gesamtansicht.

Tabelle 8: Mittelwerte des Items „Verständlichkeit des Spiels in der Gesamtansicht“.

Verständlichkeit des Spiels				
Frage	Auswertung 1	Auswertung 2	Auswertung 3	Auswertung 4
Die Aufgaben im Spiel waren gut verständlich.	2,57	2,50	2,07	2,00
Die Aufgaben im Spiel konnte ich gut lösen.	2,56	2,55	2,31	2,11
Die Einleitungstexte vor den einzelnen Leveln waren gut verständlich.	2,20	1,55	2,19	1,78
Die Einleitungstexte vor den einzelnen Leveln waren zu kurz.	2,08	1,91	2,35	2,01
Die Einleitungstexte vor den einzelnen Leveln waren ausführlich genug.	2,19	1,73	1,96	1,83
In dem Spiel wusste man immer, was man als Nächstes tun soll.	2,93	2,18	2,38	2,40
Das Spiel war einfach zu spielen.	2,65	2,83	2,28	2,00
Mir war immer klar, was ich zu tun habe.	2,85	2,50	2,32	2,48
Ich fand die Aufgaben im Spiel klar formuliert.	2,40	2,17	2,00	2,02
Mir war klar, um was es in dem Spiel geht.	2,17	1,83	1,81	1,91
Die Informationstexte waren hilfreich.	2,46	1,82	2,20	2,11
Die Informationstexte waren zu ausführlich.	2,49	2,17	2,81	2,92
Das Spiel war inhaltlich zu ausführlich.	2,58	2,75	3,00	2,70
Ich konnte das Spiel in der vorgegebenen Zeit durchspielen.	3,09	2,55	1,79	1,97
Es wurde darauf hingewiesen, wenn Fehler gemacht wurden.	2,33	2,91	1,96	1,97
Mir war klar, welche Fehler ich gemacht habe.	2,80	2,36	2,44	2,15
Mir war klar, wie ich den Fehler beim nächsten Mal vermeiden kann.	2,87	2,91	2,30	2,27
Das Spiel dauerte zu lange.	2,31	2,92	2,62	2,44

In der Gesamtansicht zur Verständlichkeit des Spiels zeigen sich über den Entwicklungszeitraum einige Veränderungen bei der Bewertung der Items. Wie in den jeweiligen ReDesign-Abschnitten beschrieben, wurden immer wieder Veränderungen am Spiel vorgenommen. So waren die ersten Darstellungen der Aufgaben, wie der Mittelwert von 2,57 bei der ersten Testgruppe zeigt, noch nicht so optimal wie bei der letzten Testgruppe (Mittelwert 2,00). Bei der Interpretation der Werte muss man sicherlich beachten, dass die Stichproben der einzelnen Erprobungsphasen verschiedene Größen hatten. Gerade die Auswertung 2 stammt von einer sehr kleinen Testgruppe. Die Auswertungen 1, 2 und 4 entsprechen der Zielgruppe. Auch in diesem Teil des Fragebogens gab es Items, die mit dem Mittelwert nicht ausreichend analysiert werden konnten. So gab die erste Gruppe beispielsweise mit einem Mittelwert von 2,93 (in der ersten Version des F1 war noch die Option „Neutral“ = 3 kodiert ankreuzbar) an, dass sie es neutral bewertet, ob man in dem Spiel immer wusste, was man als Nächstes tun soll. Die letzte Testgruppe stimmte mit einem Mittelwert von 2,40 auch nicht eindeutig zu, dass man wüsste, was man als Nächstes tun soll. Nachfolgend wird die Gesamtbewertung dieses Items deshalb nochmal analysiert. 19% stimmten der Aussage vollkommen zu, dass man in dem Spiel immer wusste, was man als Nächstes tun soll, 41% stimmten zu, 7% bewerteten die Aussage neutral 29% stimmten nicht zu, 3% stimmten überhaupt nicht zu und 2% machten keine Angaben. 60% wussten also sogar immer, was sie als Nächstes tun sollten, 32% wussten es kaum bis gar nicht. An den relativen Häufigkeiten kann man also erkennen, dass der Wert durchaus akzeptabel ist.

Die Entwicklung des Mittelwerts zum Item „Mir war immer klar, was ich zu tun habe“ zeichnet ein ähnliches Bild. 21% der Befragten stimmten völlig zu, dass ihnen immer klar war, was sie zu tun haben, 37% stimmten zu, 6% bewerteten es neutral, 29% stimmten nicht zu, 4% stimmten gar nicht zu und 4% machten keine Angaben. Bei der Interpretation der Ergebnisse dieser Aussagen stand für das Entwicklerteam im Vordergrund, ob das Spiel in der Handhabung intuitiv ist. Dem stimmten die Spieler, wenn man die Auswertungen der anderen Items zu diesem Thema ansieht, zu. Beispielsweise zeigte die Entwicklung der Mittelwerte beim Item „Das Spiel war einfach zu spielen“, dass die zahlreichen technischen und grafischen Änderungen im Verlauf der Testphasen Wirkung zeigten und die Testgruppe am Ende mit einem Mittelwert von 2,0 zustimmte, dass das Spiel einfach zu spielen war. Dass die Testpersonen nicht immer gleich wussten, was sie tun sollen, macht vielleicht auch den Reiz eines Spiels aus. Unter Umständen werden Spiele und Aufgaben, in denen man sofort weiß, was zu tun ist, mit der Zeit auch langweilig. Hier sei auch nochmal der bereits zitierte, optimale Schwierigkeitsgrad nach Gee „pleasantly frustrating“ (Gee, 2005, S. 155) genannt, bei dem die

Herausforderung über den Kompetenzen der Lernenden liegt, aber trotzdem gemeistert werden kann. Die Items zu den Einleitungstexten waren vermutlich eingangs nicht ausreichend präzisiert. Hier widersprachen sich die Testgruppen, wie man in den Mittelwerten sehen kann. Eine grundsätzliche Einigkeit bestand darüber, dass die Einleitungstexte gut verständlich sind. Ob sie allerdings zu kurz oder zu ausführlich sind, lässt sich an den widersprüchlichen Bewertungen nicht erkennen. Die Testgruppen stimmten überwiegend zu, dass die Einleitungstexte zu kurz waren, stimmten aber auch zu, dass die Einleitungstexte ausführlich genug waren. Vermutlich hätte man ein aussagekräftigeres Ergebnis erzielt, wenn man statt dem Wort „ausführlich“ das Wort „lang“ verwendet hätte. Das Entwicklerteam entschied sich bei der Entwicklung des Fragebogens dagegen, weil lange Einleitungstexte nicht gleichzusetzen sind mit ausführlichen Einleitungstexten. Mit dem Wort „ausführlich“ sollte die inhaltliche Tiefe der Einleitungstexte bewertet werden. Diese Items müssten bei einer erneuten Verwendung des Fragebogens angepasst werden. Bei der virtuellen Welt Faszifa urteilten Lehrkräfte wie Schüler*innen, dass das Spiel inhaltlich viel zu umfangreich sei. Bei dem Serious Game Composites Cup on Tortuga widersprachen alle Testgruppen der Aussage, dass das Spiel inhaltlich zu ausführlich sei.

Für das Entwicklerteam war auch die Bewertung des Fehlerfeedbacks bei der Entwicklung sehr wichtig. Hier wurden in der Entwicklung immer wieder Änderungen vorgenommen. Die erste Testgruppe erkannte zwar, dass darauf hingewiesen wurde, wenn ein Fehler gemacht wurde (Mittelwert 2,33), konnte aber nicht deutlich erkennen, welchen Fehler sie gemacht hatten (Mittelwert 2,80) und wie sie diesen beim nächsten Mal vermeiden könnten (Mittelwert 2,87). Beim Spielen eines Serious Games sollte das Fehlerfeedback gut verständlich sein, da durch das Spielen des Spiels ein Lernzuwachs erreicht werden sollte. Wenn der Spieler nicht erkennen kann, was er falsch gemacht hat und wie er den Fehler verhindern kann, wird er nur die Erfahrung machen, dass er etwas falsch gemacht hat. Diese Erkenntnis führt nicht zum Lernzuwachs. Das Fehlerfeedback wurde immer wieder verändert und die letzte große Testgruppe mit 92 Teilnehmer*innen der Zielgruppe stimmten zu, dass sie darauf hingewiesen wurden, wenn Fehler gemacht wurden, dass ihnen klar war, welchen Fehler sie gemacht haben, und dass sie auch erkannten, wie sie den Fehler beim nächsten Mal vermeiden können (siehe auch Mittelwerte Auswertung 4 in der Tabelle 9).

Dass den testenden Schüler*innen das Spiel zu lange dauerte, hatte keinen Einfluss auf die Entwicklung. Nach Rücksprache mit den Lehrkräften würde eine erste Einführungsstunde zu Faserverbundwerkstoffen eine Unterrichtseinheit von 45 Minuten in den Jahrgangsstufen 7 bis 9 (Gymnasium, Realschule und Mittelschule) umfassen. Das Serious Game hat den Anspruch, diese Einführungsstunde

oder Einführungssequenz im Schülerlabor zu ersetzen, so dass die Spielzeit von 45 Minuten vom Entwicklerteam und den befragten Pädagog*innen als akzeptabel eingeschätzt wurden.

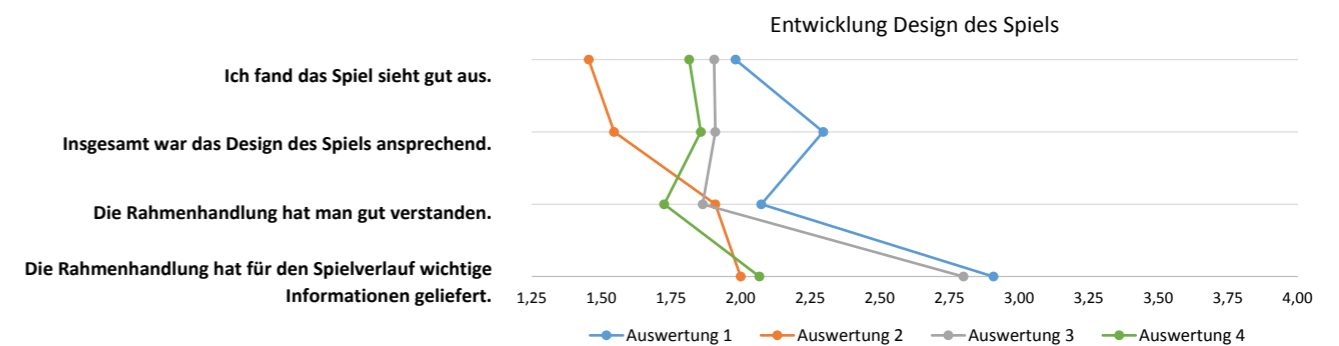


Abbildung 79: Gesamtansicht Graphen Design des Spiels.

Tabelle 9: Mittelwerte des Items „Design des Spiels“.

Design des Spiels				
Frage	Auswertung 1	Auswertung 2	Auswertung 3	Auswertung 4
Ich fand, das Spiel sieht gut aus.	1,98	1,45	1,90	1,82
Insgesamt war das Design des Spiels ansprechend.	2,30	1,55	1,91	1,86
Die Rahmenhandlung hat man gut verstanden.	2,07	1,91	1,86	1,73
Die Rahmenhandlung hat für den Spielverlauf wichtige Informationen geliefert.	2,91	2,00	2,80	2,07

Die Meinung zum Design des Spiels zeigte im Verlauf nicht allzu große Veränderungen in den Mittelwerten. Die Testpersonen fanden das Design anscheinend von Anfang an ansprechend. Beim Nutzen der Rahmenhandlung haben sich im Vergleich von der ersten Testgruppe zur letzten Testgruppe Änderungen ergeben. Das kann daran liegen, dass die erste Gruppe eine Version spielte, in der kein ausführliches Intro und auch keine Siegerehrung am Ende vorhanden waren. Der Ausreißer von 2,80 bei diesem Item bei Gruppe 3 lag vermutlich daran, dass die Testpersonen wesentlich älter als die Zielgruppe des Spiels waren und das Spiel auch ohne die Rahmenhandlung ohne Probleme hätten spielen können.

Offene Anmerkungen der Testpersonen zum Design:

- „War relativ gut, aber vom Design ein bisschen kindisch, aber sonst cute!“
- „Das Design ist etwas kindisch, soll bisschen realistischer aussehen.“
- „Ein insgesamt sehr schön gestaltetes Spiel.“
- „Optik=Grundschule.“
- „Die Grafik war dennoch sehr schön :)“

Auswertung:

Die Grafik/das Design des Serious Game Composites Cup on Tortuga entspricht anscheinend nicht den grafischen Vorstellungen, die Jugendliche im Alter zwischen 13 und 15 Jahren haben. Da es sich um ein Lernspiel handelt und die Umsetzung kostengünstig erfolgen musste, ist die grafische Umsetzung in einem zweckmäßigen Rahmen geblieben. Betrachtet man die Auswertungen zum Fragebogen beim Design des Spiels, so fanden die Testpersonen das Design gut.

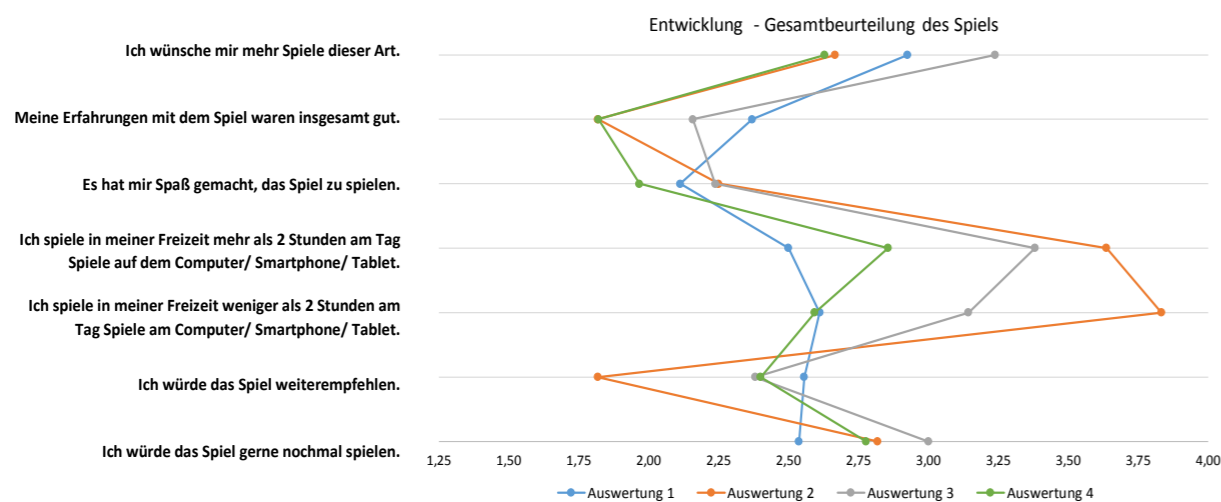


Abbildung 80: Gesamtansicht Graphen Gesamtbeurteilung des Spiels.

Tabelle 10: Mittelwerte des Items „Gesamtbeurteilung des Spiels“.

Gesamtbeurteilung des Spiels				
Frage	Auswertung 1	Auswertung 2	Auswertung 3	Auswertung 4
Ich wünsche mir mehr Spiele dieser Art.	2,93	2,67	3,24	2,63
Meine Erfahrungen mit dem Spiel waren insgesamt gut.	2,37	1,82	2,16	1,82
Es hat mir Spaß gemacht, das Spiel zu spielen.	2,11	2,25	2,24	1,97
Ich spiele in meiner Freizeit mehr als 2 Stunden am Tag Spiele auf dem Computer/ Smartphone/ Tablet.	2,5	3,64	3,38	2,86
Ich spiele in meiner Freizeit weniger als 2 Stunden am Tag Spiele am Computer/ Smartphone/ Tablet.	2,61	3,83	3,14	2,59
Ich würde das Spiel weiterempfehlen.	2,56	1,82	2,38	2,40
Ich würde das Spiel gerne nochmal spielen.	2,54	2,82	3,00	2,78

Dass sich die Testpersonen nicht deutlich mehr Spiele dieser Art wünschen, hat vermutlich damit zu tun, dass sie lieber anspruchsvoll gestaltete Spiele spielen, die sich vordergründig nicht mit einem Lernzuwachs beschäftigen, wie man den Mittelwerten entnehmen kann. Letztendlich handelt sich bei dem Serious Game um ein Unterrichtsmedium, das zwar bei einer außerschulischen Veranstaltung freiwillig getestet werden konnte, aber trotzdem kein Medium ist, das man nachmittags mit Freunden zu Hause spielt. Trotzdem sieht man auch, dass die Erfahrungen mit dem Spiel bei den Testgruppen grundsätzlich gut waren und sie stimmten zu, dass es ihnen Spaß gemacht hat, das Spiel zu spielen. Die Auswertung der Angaben, ob die Testpersonen mehr oder weniger als 2 Stunden täglich am Computer, Smartphone oder Tablet spielen, waren etwas widersprüchlich. Die Testpersonen gaben durchschnittlich an, nicht mehr als 2 Stunden zu spielen, aber auch nicht weniger als zwei. Daraus lässt sich ableiten, dass sie vermutlich im Schnitt 2 Stunden täglich mit dem Computer, Smartphone oder Tablet spielen. Dieses Ergebnis passt auch zu den Ergebnissen der Studien, welche die Nutzung von Computern, Smartphone und Tablets von Jugendlichen erfasst haben und die unter Kapitel III., Punkt 2 dieser Arbeit dargestellt wurden. Die Spielerinnen und Spieler der zweiten bis vierten Testgruppe

stimmten unterschiedlich, ob sie das Spiel weiterempfehlen würden. Bei der ersten Testgruppe war das Spiel noch unvollständig, was der Grund dafür sein kann, dass sie nicht eindeutig dafür stimmten, das Spiel weiterzuempfehlen. Die zweite und die dritte Gruppe hätten das Spiel weiterempfohlen, die letzte Testgruppe sah das wieder gemischt. Die Gruppen waren sich einig, dass sie das Spiel nicht nochmals spielen wollen würden. Das Spiel eignet sich, wenn man es konsequent bis zum Ende durchgespielt hat, auch nicht unbedingt zum nochmaligen Spielen. Die Aufgaben bleiben die gleichen und haben auch keine verschiedenen Schwierigkeitsgrade. Letztendlich kann man sein vorheriges Ergebnis auch verbessern, wenn man innerhalb des gleichen Spieldurchlaufs die Aufgaben und Level nochmals spielt, bei denen nicht alle Punkte geholt wurden. Das Entwicklerteam ging bei der Konzeption davon aus, dass das Spiel für den Einstieg in das Thema Faserverbundwerkstoffe gespielt wird (und in der Regel steigt man in ein Thema nur einmal neu ein), deshalb stand der Wiederspielbarkeitswert im Hintergrund.

Offene Anmerkungen der Testpersonen zur Gesamtbeurteilung des Spiels

Positiv:

- „Gutes Spiel, hat Spaß gemacht :).“
- „Coole Idee.“
- „Ist eigentlich ein tolles Spiel.“
- „Das Spiel ist sehr gut und man kann daraus lernen.“
- „Die Stunde hat sehr Spaß gemacht.“
- „Guter Job!“
- „Das Spiel ist ziemlich interessant, sehr lustig, Insgesamt war das Spiel gut.“

Negativ:

- „Es gibt ein zu schweres Level, das mit der Kugel und dem Fass.“
- „Sie müssen ein Spiel erfinden, das nicht so kompliziert ist, damit Kinder auch mehr Spaß daran haben und es verständlicher ist. Aber ansonsten fand ich es gut.“
- „Einige Level waren spielerisch zu schwer zu bestehen, obwohl man richtige Angaben gegeben hat.“
- „Ein paar Level waren zu schwierig (Beispiel: Basketball).“
- „Einige Spiele waren schwer zu erledigen.“

Anregungen:

- „Mehr Level.“
- „Mehr Level.“
- „Mehr Level, ohne die Quizze.“
- „Geheimgänge.“
- „Es sollte ein freies Spiel geben.“
- „Ich finde, man sollte noch Upgrades bekommen.“

Auswertung:

Dass die Schüler*innen die Aufgaben „Plankenspringen“ und „Basketball werfen“ zu schwer fanden, sah man, wenn die Schüler*innen das Spiel spielten und dieser Eindruck spiegelt sich auch in den Rückmeldungen wider. Deshalb wurde die Aufgabe auch nach den ersten Testdurchläufen optional. Sie kann, muss aber nicht gespielt werden. Mehr Level wären sicherlich denkbar gewesen, aber auf Grund der Erfahrung mit der zu umfangreichen virtuellen Welt Faszifa wurde bewusst darauf geachtet, das Spiel nicht zu überladen. Diese Anmerkung widerspricht auch den Bewertungen, dass das Spiel zu lange gedauert hat. Die virtuelle Welt war „frei“, das heißt, die Spielfiguren konnten sich ihren eigenen Weg durch die Spielwelt suchen. Dieser Modus wurde nicht sinnvoll genutzt, deshalb ist das Serious Game Composites Cup on Tortuga in sich geschlossen, auch wenn die Aufgaben und Levelauswahl frei wählbar sind und man nicht eine Aufgabe nach der anderen durchspielen muss. Die Anmerkung mit den Upgrades ist interessant, bei der virtuellen Welt Faszifa war die Idee, dass die Welt in Schülerprojekten weitergebaut werden kann. Bei dem Serious Game CC on Tortuga ist das technisch nur schwer umsetzbar, da die Programmierumgebung sehr komplex ist.

Insgesamt zeigt die Auswertung der ersten großen Entwicklungsphase deutlich, dass es eine gute Entscheidung war, das Spiel mit dem DBR-Ansatz zu entwickeln und die Zielgruppe von Anfang an mit einzubeziehen. Der selbst erstellte Fragebogen wies kleinere Schwachstellen auf, diese wurden bereits kurz bei der Gesamtauswertung erläutert. (Eine ausführliche Diskussion der eingesetzten Evaluierungsinstrumente erfolgt im Kapitel VII). Aus diesem Grund entschied man sich dafür, bei der summativen Evaluierung auf einen standardisierten Fragebogen zurückzugreifen (siehe Punkt 2.2.1).

2. Summative Evaluation

Beim Design Research-Ansatz befinden sich Entwickler*innen in dem Spannungsfeld zwischen einer guten und einer besseren Problemlösung. Im Verlauf der Entwicklung kommt irgendwann der Punkt, an dem abgeschätzt werden muss, wann die weitere Verbesserung nur noch einen geringen Grenznutzen erwarten lässt und der Prozess der prinzipiell unendlichen Suche nach einer optimalen Problemlösung beendet wird (Euler, 2014, S. 13). Beim Serious Game Composites Cup on Tortuga entschloss sich das Entwicklerteam, wie bereits unter Punkt 3.2.5 erläutert, bei der Testversion 4 keine Veränderungen am Spiel mehr vorzunehmen und mit der summativen Evaluation zu beginnen. Die summative Evaluation untersucht, ob die entwickelte Maßnahme die angestrebte Wirkung erzielt (Euler, 2014, S. 21). Die Serious-Game-Forschung verfolgt das gleiche Ziel bei Evaluationsstudien: „The main target of an evaluation study for Serious Games is to prove an impact of a SG (fulfillment of overall serious goals plus entertainment factors)“ (Göbel et al., 2013, S. 105). Breuer (2010) fasst die dabei entstehenden Fragen wie folgt zusammen:

- „Haben die Spiele den gewünschten Effekt?“
- „Stehen Aufwand und Ergebnis in einem angemessenen Verhältnis?“
- „Und wie zufrieden sind Lehrer und Lerner mit den Erfolgen?“

(Breuer, 2010, S.23).

Laut Euler (2014) bietet sich hierzu zum Beispiel eine Interventionsstudie im Rahmen einer Vorher-Nachher-Messung im Vergleich von Experimental- und Kontrollgruppen an (vgl. auch Schnell, Hill, Esser, 2005, 213f.). Die Experimentalgruppen beschäftigen sich dabei mit dem entwickelten Interventionskonzept, in den Kontrollgruppen kommt ein sinnvolles, jedoch an der Routinepraxis angelehntes Alternativkonzept zum Einsatz (Euler, 2014, S. 21). Das gleiche Vorgehen wird auch in der Serious-Game-Forschung vorgeschlagen (Göbel et al., 2013, S. 106).

Bei der summativen Evaluierung des Serious Games Composites Cup on Tortuga entschied man sich ebenfalls für eine Interventionsstudie mit Vorher-Nachher-Messung im Vergleich von Experimental- und Kontrollgruppe. Hierzu sollte das digitale Lernspiel mit einem Lernzirkel verglichen werden. Breuer (2010) schlägt dieses Vorgehen bei der Untersuchung, ob Serious Games (in Bezug auf den jeweiligen Lerninhalt und Lernziele) effizient sind, ebenfalls vor. Dazu müsste das digitale Spiel mit passenden Vergleichsparametern, z.B. anderen Medien oder klassischem Frontalunterricht verglichen

werden (Breuer, 2010). Bevor die Vorgehensweise der summativen Evaluierung im Detail erläutert wird, sollen die beiden Medien, die im Vergleich eingesetzt wurden, beschrieben werden.

2.1 Beschreibung Medien für die summative Evaluierung

Wie unter Kapitel IV Punkt 2 bereits erwähnt, gibt es einen Lernzirkel zu Faserverbund (Faserverbund-Lernkoffer), mit dem auch der Faserverbundbaustein des School_Labs der Universität Augsburg eingeleitet wird. Dieser Lernzirkel enthält allerdings nicht die gleichen Stationen wie das Serious Game Composites Cup on Tortuga. Zu diesem Zweck wurde der bereits bestehende Lernzirkel-Faserverbund ausgebaut und so gestaltet, dass er den Stationen im Serious Game Composites Cup on Tortuga gleicht.

2.1.1 Ausbau Vergleichsmedium Lernzirkel Faserverbund

Die Schüler*innen durchlaufen innerhalb des Lernzirkels verschiedene Stationen, bei denen sie sich durch kleine Experimente mit Faserverbundmaterialien die Eigenschaften von Faserverbundwerkstoffen selbst aneignen können. Es wurde darauf geachtet, die transportierten Inhalte und auch das Setting gleich zu gestalten, sodass sich nur das Übertragungsmedium unterscheidet. Im Nachgang werden diese Stationen kurz beschrieben. Die ausführlichen Anleitungen zu den Stationen finden sich in der Anlage 5.

Einstieg in den Lernzirkel Composites Cup on Tortuga

Bevor die Schüler*innen mit der Bearbeitung der Stationen beginnen, erhalten sie den gleichen Prolog in ausgedruckter Form, wie er auch im Serious Game zu finden ist, damit beide Interventionen auch den gleichen inhaltlichen Einstieg haben (siehe Anlage 5, Seite 1.)

Station 1: Faserzuordnungsspiel

Zu Beginn des Lernzirkels spielen die Schüler*innen zu dritt oder zu viert in Gruppen fünf Minuten ein Spiel zur Faserzuordnung. Dazu müssen sie verschiedene Fasern ihren Kategorien (technische Fasern, Naturfasern etc.) zuordnen.



Abbildung 81: Station 1 Faserquiz (eigene Abbildung).

Nach vier Minuten erhalten die Spielenden das Lösungsblatt, um zu sehen, ob sie die Faserarten richtig zugeordnet haben.



Abbildung 82: Ansicht Lösungsblatt Station 1 Faserquiz (eigene Abbildung).

Station 2: Harpunieren I (Faserart)

Bei der Station 2 testen die Schüler*innen verschiedene Angelschnüre, indem sie Gewichte an die Schnüre hängen und testen, wann diese reißen.

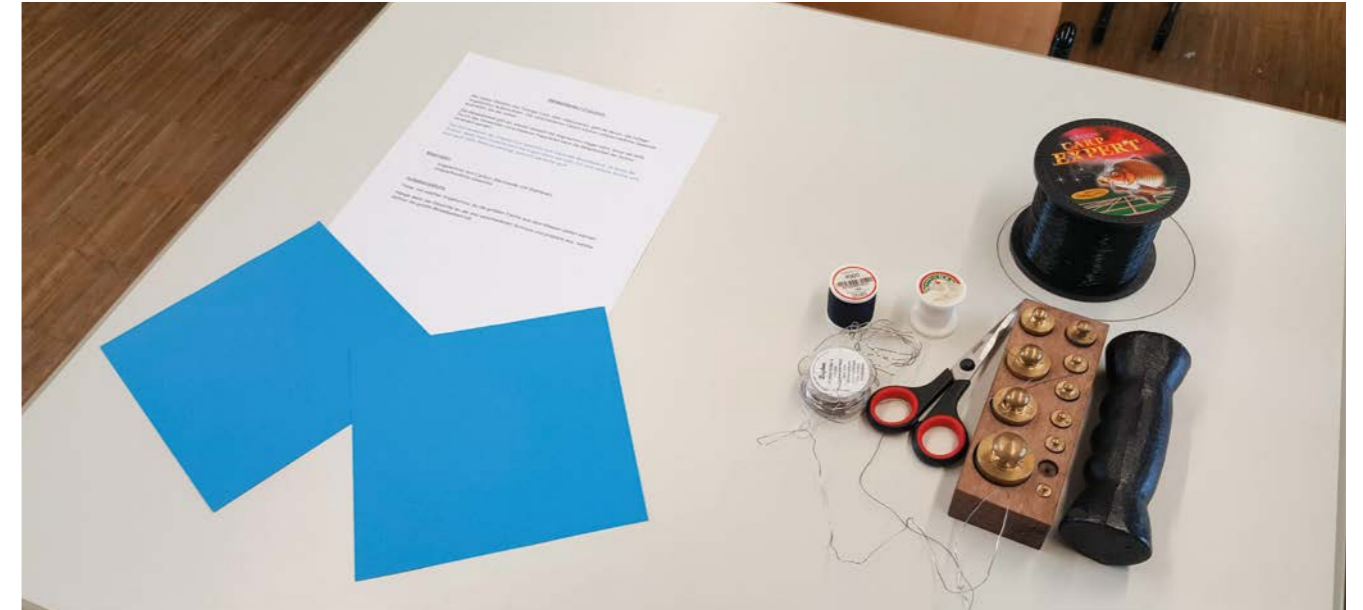


Abbildung 83: Station 2 Belastbarkeit der verschiedenen Fasern (eigene Abbildung).

Station 3: Prothesenrennen (Faserverbunde)

Bei der Station 3 können die Schüler*innen mit Hilfe von Webrahmen mit verschiedenen Fasern und Verbundmaterialien testen, wie ein Faserverbundwerkstück, das möglichst leicht ist, entstehen kann. Sie erhalten Hinweise zur Bedeutung der Faserrichtung und können beim Weben selbst sehen, welchen Einfluss die Verarbeitungsart auf die Stabilität des Werkstücks hat.

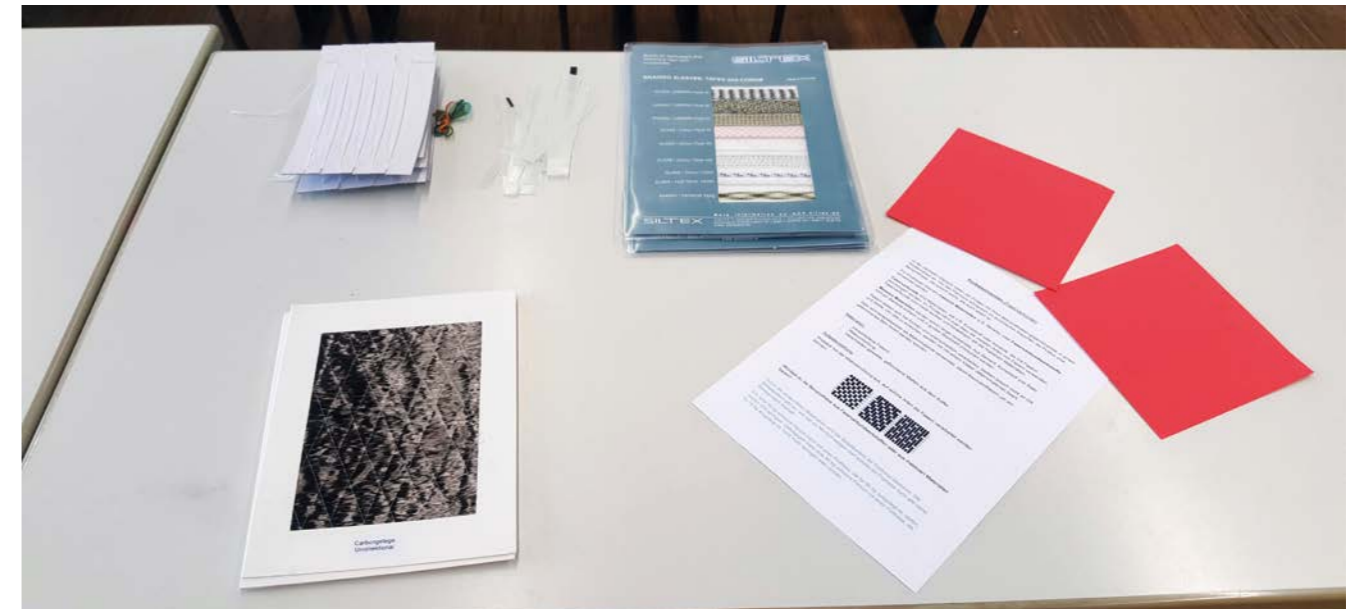


Abbildung 84: Station 3 Faserrichtung und Bedeutung Matrix (eigene Abbildung).

Station 4: Harpunieren II (Stromleitfähigkeit)

Bei der Station 4 können die Schüler*innen testen, welche Fasermaterialien Strom leiten und welche nicht. Dazu erhalten sie Steckschaltungen, in die sie verschiedene Materialien (Carbonfasern, die mit Kunststoff ummantelt sind, nennt man auch Fluorocarbon, Stahldraht, Baumwolle und Carbonfasern⁹²) einspannen und testen können, ob diese Strom leiten. Das sehen sie daran, ob die Glühbirne, die an der Steckschaltung angebracht ist, bei dem geschlossenen Schaltkreis aufleuchtet.

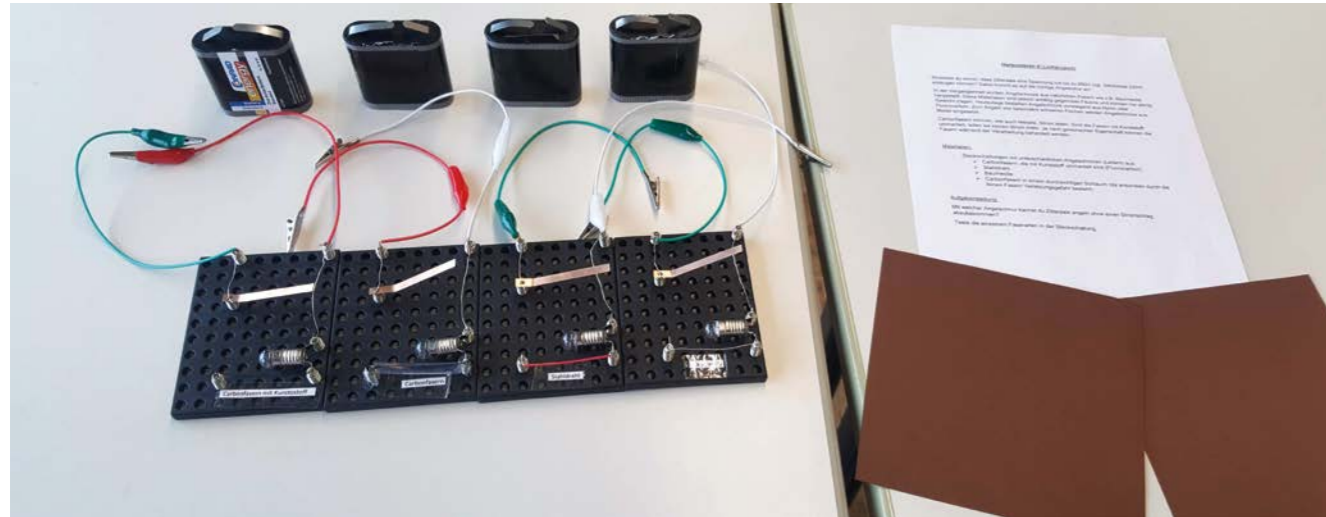


Abbildung 85: Station 4 Stromleitfähigkeit verschiedener Fasern und Stoffe (eigene Abbildung).

Station 5: Plankenspringen (Biegefestigkeit)

Bei der Station 5 erhalten die Schüler*innen „Planken“ aus Carbon- und Glasfasermatten in unterschiedlichen Faserorientierungen und Stärken sowie unterschiedliche Gegenstände zum Test der Planken (Biegefestigkeit etc.) und eine Waage. Die Schüler*innen können dann Materialtests an der Tischkante vornehmen.



Abbildung 86: Station 5 Biegefestigkeit verschiedener Versuchsmaterialien (eigene Abbildung).

92 Die Carbonfasern befinden sich in einem durchsichtigen Schlauch, um Faserflug zu vermeiden und die Schüler*innen auch nicht mit den Fasern direkt in Verbindung zu bringen.

Station 6: Kanonenkunstschießen (Hitzebeständigkeit)

Die Schüler*innen erhalten einen Informationstext zur Hitzebeständigkeit von Faserverbundwerkstoffen sowie vier Stäbe aus unterschiedlichen Materialien (gleiche Größe) und eine Waage. Die Gruppe soll dann diskutieren, welche der Materialien sich für eine Kanonenkugel eignet. Dabei müssen sie die Hitzebeständigkeit wie auch das Gewicht der einzelnen Materialien beachten.

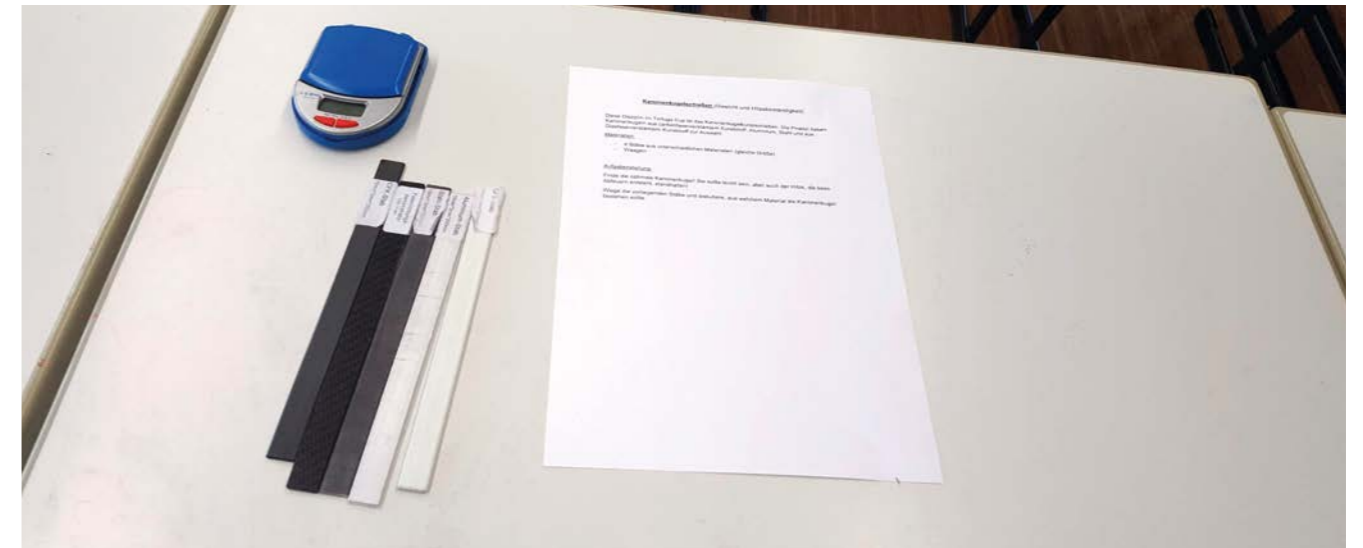


Abbildung 87: Station 6 Material zu Gewichts- und Hitzebeständigkeitstests (eigene Abbildung).

Station 7: Harpunieren und Plankenspringen Kosten Faserverbundwerkstoffe

Die Schüler*innen erhalten Informationsmaterialien zu den Kosten von Faserverbundwerkstoffen und verschiedene Materialproben. Sie sollen danach diskutieren, welche Faserverbundwerkstoffe für welche Anwendungen sinnvoll sind.

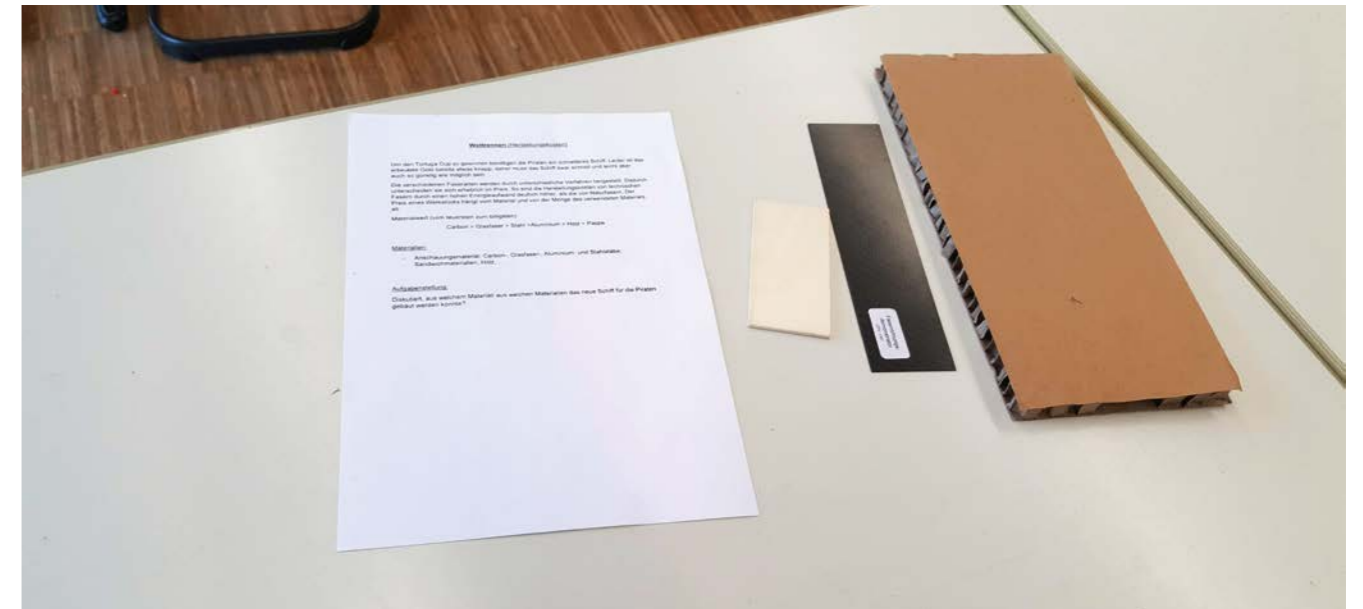


Abbildung 88: Station 6 Rechenaufgabe zu Kosten von Faserverbundwerkstoffen (eigene Abbildung).

2.1.2 Beschreibung Serious Game CC on Tortuga



Abbildung 89: Logo Serious Game Composites Cup on Tortuga.

Nachfolgend soll das fertige Serious Game Composites Cup on Tortuga das zur summativen Evaluierung verwendet wurde, kurz beschrieben werden. Auf eine ausführliche Beschreibung wird bewusst verzichtet, da es zu umfangreich wäre, alle Spielelemente und Szenarien zu erläutern. Bei der Beschreibung soll aber deutlich werden, dass sich das Spiel als Vergleichsmedium für den Faserverbund-Lernzirkel eignet. Das fertige Spiel ist als App verfügbar und kann über das Anwenderzentrum Material- und Umweltforschung (AMU) der Universität Augsburg⁹³ bezogen werden.

Das Spiel beginnt mit einem Intro, bei dem vier Piraten in einem Streitgespräch über den Gewinn des bevorstehenden Composites Cup diskutieren. Das gegnerische Team nähert sich dabei mit einem Schiff der Insel, auf der sich die beiden späteren Spielfiguren aufhalten. Nach einem kurzen Dialog kann der/die Spieler*in seine Spielfigur auswählen (Piratin oder Pirat), danach startet das Spiel mit der Level- und Aufgabenauswahl.

Level 1 Harpunieren:

Im ersten Level lösen die Spieler*innen vier Aufgaben und beantworten Fragen rund um das Thema Faserarten und deren Eigenschaften. Im Spiel hat man sich dazu entschieden, Fasern aus den Kategorien „natürliche organische Fasern“ (z.B. Wolle, Hanf, Sisal, Baumwolle, Flachs, Kokos) und „synthetische anorganische Fasern“ (z.B. Metall-, Glas-, Kohlenstoff- bzw. Carbon-Fasern) (Seidel & Hahn, 2014, S. 344) zu verwenden, da diese den Schüler*innen zum einen häufig im Alltag begegnen, sie für die aktuelle Ressourcendebatte eine hohe Bedeutung haben und sie sich zum anderen gut in das

⁹³ Abgerufen am 14.11.2019 von <https://www.uni-augsburg.de/de/forschung/einrichtungen/institute/amu/bildung/unterrichtsmaterialien/composites-cup-tortuga/>

gewählte Piratensetting integrieren ließen. In der Aufgabe 1 müssen die Spieler*innen die richtige Angelschnur finden. Hier kommt es auf die Belastbarkeit der Fasern an, zur Auswahl stehen Baumwolle-, Carbon-, Glas- und Stahlfasern. Die darauf aufbauende zweite Aufgabe befasst sich mit dem Durchmesser der Angelschnur im Verhältnis zur Belastbarkeit. Es muss also die dünnste, aber belastbarste Angelschnur gesucht werden. In der dritten Aufgabe geht es um die Leitfähigkeit von Fasern. Es muss ein Zitteraal mit einer Spannung von 850 Volt geangelt werden. Bei der letzten Aufgabe zu den Faserarten wird noch der Faktor „Kosten“ eingeführt. Die Schüler*innen müssen neben der Belastbarkeit und dem Durchmesser auch noch die Kosten für ihre Angelschnur im Blick haben.

Level 2 Prothesenrennen:

Im zweiten Level wird die Matrix eingeführt und die Aufgaben befassen sich mit den Eigenschaften von Faserverbundwerkstoffen. Der Faserverbundwerkstoff wird in diesem Level für die Beinprothese eines Piraten verwendet, der verschiedene Disziplinen durchlaufen muss. In der ersten Aufgabe muss eine Matrix gefunden werden, mit der man springen kann. Zur Auswahl stehen Zement, Kunststoff und Stahl. In der zweiten Aufgabe muss der Verbundwerkstoff so ausgewählt werden, dass er säurebeständig ist, weil der Pirat einen säureverseuchten Fluss durchqueren soll. In der dritten Aufgabe muss der Pirat durch einen stromgeladenen Fluss laufen. Bei dieser Disziplin wird verdeutlicht, dass Carbonfasern alleine stromleitend sind, durch den Verbund mit Kunststoff aber nicht mehr, weil der Kunststoff die Fasern umschließt und somit isoliert. Am Ende dieses Levels beantworten die Schüler*innen Fragen zur Matrix.

Level 3 Plankenspringen:

Das dritte Level ist komplexer. Die Spieler*innen müssen in drei Aufgaben das Wissen, das sie in den Leveln zuvor gesammelt haben, auf die Erstellung eines Faserverbundwerkstoffs transferieren. Dazu müssen sowohl mechanische Eigenschaften von Faserverbundwerkstoffen wie auch die Faserichtung, die Biegefestigkeit und das Zusammenwirken dieser Eigenschaften betrachtet werden. Die Spielerinnen und Spieler müssen ein Sprungbrett zusammenstellen, von dem aus die Spielfigur ins Meer springen kann. Zuvor müssen aber noch Luftballons, die über dem Sprungbrett hängen, erreicht werden. Hierbei ist die Wahl der richtigen Matrix entscheidend, da die Matrix bei der Kraftübertragung zwischen den Fasern eine große Rolle spielt (Seidel & Hahn, 2014, S. 350). Bei der Zusammenstellung muss, wie in der Praxis auch, darauf geachtet werden, dass die Fasern in Richtung des

Kraftverlaufs im Bauteil orientiert sind (Seidel & Hahn, 2014, S. 349). Das können die Spieler*innen an dem Sprungbrett sehen, je nach getätigter Einstellung verändert sich das Sprungbrett entsprechend optisch. Eine ungünstige Orientierung der Fasern führt zu Schwachstellen im Verbund, die ein Versagen zur Folge haben können (Seidel & Hahn, 2014, S. 349). Dies wird im Spiel durch das herunterbrechende Sprungbrett visuell demonstriert. In diesem Level kann noch eine optionale Aufgabe gewählt werden, in der die Spielfigur beim Springen noch eine Kugel in ein Fass werfen soll. Dieses Level ist optional und hat keinen besonderen Wissensmehrwert, es wurde eingefügt, um schnelleren Spieler*innen noch eine knifflige Zusatzaufgabe zu stellen. Auch in diesem Level beantworten die Schüler*innen Fragen, in dem Fall zu den Eigenschaften von Faserverbundwerkstoffen, um das in den Aufgaben angeeignete Wissen zu sichern.

Level 4 Kanonenkugelschießen:

Beim Kanonenkugelschießen geht es um die thermische Beständigkeit von Faserverbundwerkstoffen. Bei zwei Aufgaben muss das Matrixmaterial so ausgesucht werden, dass es möglichst hitzebeständig ist. Der Hintergrund dieses Levels ist, dass die Fasern alleine nur eine begrenzte thermische Beständigkeit aufweisen, deshalb muss das Matrixmaterial so gewählt werden, dass es die Fasern schützt und auch hohe Temperaturen übersteht (Seidel & Hahn, 2014, S. 348).

In allen Leveln werden auch die Grenzen von Faserverbundwerkstoffen mittransportiert. So wird beispielsweise auf die Kosten von Faserverbundwerkstoffen aus CfK und GfK hingewiesen und gezeigt, dass nicht alle Faserverbundwerkstoffe für alle Anwendungsbereiche gleich geeignet sind. Dies kann natürlich im zeitlich und inhaltlich begrenzten Spiel nur kurz angerissen werden.

Im Folgenden sollen der Aufbau und die Gestaltung einer Aufgabe beschrieben werden. Zu Beginn jeder Aufgabe erhalten die Spieler*innen Einführungstexte in Form eines eingeblendeten Panels, (siehe Abbildung 90). In diesem Text wird für die Aufgabenstellung motiviert und es erfolgt ein Hinweis auf die Informationstexte, die bei der Lösung der Aufgabe unterstützend aufgerufen werden können.



Abbildung 90: Ansicht Einführungstext in eine Aufgabe, Bildquelle: Screenshot aus SG CC on Tortuga.

Nachdem der/die Spieler*in auf „WEITER“ geklickt hat, wird das Ziel der Aufgabe nochmals durch eine kurze Ansprache über den Lautsprecher verdeutlicht. Dieser weist auch auf neue User-Interface-Elemente (im Folgenden UI-Elemente) hin und erklärt zu Beginn des Spiels die Benutzeroberfläche. Dazu werden UI-Elemente mit einem roten Kreis markiert oder rot unterstrichen. Der/die Spieler*in kann erst weitermachen, wenn er das UI-Element angeklickt hat. Abbildung 91 zeigt den Aufbau der Benutzeroberfläche am Beispiel der ersten Aufgabe des Levels „Harpunieren“.



Abbildung 91: Ansicht Aufbau der Benutzeroberfläche, Bildquelle: Screenshot aus CC on Tortuga.

Die Lösung der einzelnen Aufgaben wird durch Informationstexte unterstützt, die bei jeder Aufgabe hinterlegt und mit dem Symbol „i“ versehen sind. Zur Veränderung der Eigenschaften des Gegenstandes/Werkstückes, mit dem eine Disziplin absolviert werden soll, stehen dem/der Spieler*in entweder Dropdowns oder Slider zur Verfügung. Jede Veränderung an den Einstellungen hat einen Einfluss auf die Zusammenstellung und die Eigenschaften des Gegenstands (im Fall des Harpunierens auf die Angelschnur). So werden die Inhalte angezeigt, die nur schwer direkt im Spiel visuell dargestellt werden könnten, wie zum Beispiel das Gewicht, die Kosten oder die Belastbarkeit der Gegenstände/Werkstücke. Die Spieler*innen bekommen ein direktes Feedback im Spiel, wenn sie zum Beispiel keine passende Materialkombination gewählt haben (siehe auch nachfolgende Abbildung 92).



Abbildung 92: Ansicht Feedback im Spiel, Bildquelle: Screenshot aus CC on Tortuga.

Wenn die Spieler*innen eine Aufgabe erfolgreich absolvieren, wird ihre Leistung mit einer Wertung von einem bis drei Sternen bewertet. Sie bekommen also ein weiteres direktes Feedback vom Spiel, um zu sehen, wie sie die Aufgabe gelöst haben. Nach jeder gelösten Aufgabe kommen die Spieler wieder zur Level-/Aufgabenauswahl zurück und können die nächste Aufgabe sehen. Welche Level und Aufgaben schon gelöst wurden, sehen die Spieler*innen an den Sternen, mit denen die einzelnen Disziplinen nach der Lösung versehen sind.

In den einzelnen Leveln wurden Quizaufgaben zur Ergebnissicherung integriert. Dafür werden den Spieler*innen zwei bis vier Fragen mit maximal vier Antwortmöglichkeiten gestellt. Wenn eine falsche Antwort ausgewählt wird, erfolgt ein kurzer Hinweis, warum die Beantwortung falsch war. Werden zu viele Fragen falsch beantwortet, muss das Quiz wiederholt werden.

Am Ende des Spiels erfolgt eine Siegerehrung. Je nach erreichter Sterneanzahl belegt die Spielfigur den 1., 2. oder 3. Platz auf dem Siegereppchen. Die Spieler*innen haben danach direkt nochmal die Möglichkeit, die Level und Aufgaben, bei denen sie wenige Sterne geholt haben, zu wiederholen, um eine bessere Platzierung zu erreichen.

Differenzierungsmöglichkeiten

Beim Serious Game Composites Cup on Tortuga konnte das Thema Differenzierung nicht vollumfänglich aufgegriffen werden. Beispielsweise wurde nur ein optionales Level für leistungsstärkere Schüler*innen eingebaut, ansonsten gibt es im Spiel keine wählbaren Schwierigkeitsgrade. Um lernschwächere Schüler*innen, die vielleicht Defizite bei der Lesekompetenz haben, beim Spielen zu unterstützen, wurden die Texte im Spiel auch eingesprochen und sind als Tonspur verfügbar. Die Schüler*innen können, wenn sie genügend Zeit zum Spielen des Spiels erhalten, selbstständig ihr Spiel- und Lerntempo bestimmen. Weitere Maßnahmen waren aus Kostengründen bei der Programmierung nicht umsetzbar.

Nachfolgend wird nun die Vorgehensweise beim Vergleich der beiden Lernmedien im Rahmen der summativen Evaluierung beschrieben.

2.2 Instrumente für die summative Evaluierung

Die Recherche nach einem bereits mit Schüler*innen getesteten Fragebogen zur Evaluierung von Serious Games in Bezug auf das Spielerleben gestaltete sich kompliziert. Im Gespräch mit Game-Designer*innen und Entwickler*innenteams anderer Serious Games kam heraus, dass diese in der Regel mit kleinen Stichproben arbeiten und dann entweder ein technisches Feedback, das direkt über das Spiel abgefragt wird, verwenden oder Feedbackgespräche mit der Testgruppe führen bzw. selbst Fragebögen entwerfen. Bei der Recherche nach standardisierten Fragebögen, die das Spielerleben evaluieren, zeigte sich der „User Experience Questionnaire“ (UEQ) (Schrepp, 2015) anfangs als zielführend. Dieser Fragebogen findet häufig Verwendung bei Messungen zur subjektiv wahrgenommenen User Experience (Schrepp, Hinderks & Thomaschewski, 2017, S. 355). Er misst die nachfolgenden Dimensionen „Attraktivität“, „Effizienz“, „Durchschaubarkeit“, „Steuerbarkeit“, „Stimulation und Originalität“ (Schrepp et al., 2017, S. 356).

Da der UEQ in seiner ursprünglichen Form für Jugendliche zu schwierig ist, wurde er von Schrepp et al. (2017) auf jugendliche Personen angepasst. Der UEQ bietet die Vorteile, dass er statistisch getestet, bereits in deutscher Sprache und in einer speziell für Jugendliche vereinfachten Sprache verfügbar und in einem kurzen Zeitraum (ca. 5 Minuten) (Schrepp et al., 2017, S. 355) bearbeitbar ist. Bei der Detailrecherche kam allerdings heraus, dass die Informationen, die man über den Einsatz des UEQ hätte abfragen können, nicht auf die Erkenntnisse, die das Entwicklerteam sich von dem Evaluierungsbogen erhoffte, passten.

2.2.1 Game Experience Questionnaire

Bei der weiteren Recherche fand man den „Game Experience Questionnaire“ (GEQ) (IJsselsteijn, Kort & Poels, 2013). Dieser umfasst die sieben Komponenten Competence, Flow, positive Affect, sensory and imaginative Immersion, Tension/Annoyance, Challenge und negative Affect (IJsselsteijn et al., 2013, S. 9) und passte wesentlich besser in den Spielkontext. Für den Fragebogen (F2), siehe Anlage 6, wurde das Modul GEQ Core (33 Items) verwendet (IJsselsteijn et al., 2013, S. 4), welches in nachfolgende Kategorien unterteilt ist:

- Competence: Items 2, 10, 15, 17, and 21,
- Sensory and Imaginative Immersion: Items 3, 12, 18, 19, 27, and 30,
- Flow: Items 5, 13, 25, 28, and 31,
- Tension/Annoyance: Items 22, 24, and 29,
- Challenge: Items 11, 23, 26, 32, and 33,
- Negative affect: Items 7, 8, 9, and 16,
- Positive affect: Items 1, 4, 6, 14, and 20)

(IJsselsteijn et al., 2013, S. 9).

Die Items wurden ins Deutsche übersetzt. Die Skala des GEQ ist ebenfalls 5-stufig (wie die Skala beim Fragebogen F1) und beinhaltet die Kategorien „not at all“, „slightly“, „moderately“, „fairly“ und „extremely“. Im Fragebogen wurde sie mit „überhaupt nicht“, „etwas“, „mittelmäßig“, „ziemlich“ und „extrem“ übersetzt. Man entschloss sich dazu, die Skala so zu verwenden, um eine Vergleichbarkeit zu gewährleisten und den standardisierten Fragebogen, bis auf die Übersetzung, nicht zu sehr zu verändern. Die Übersetzung wurde von einer Person überprüft, die beide Sprachen (Englisch und

Deutsch) als Muttersprache spricht, um sicherzugehen, dass man mit der Übersetzung so nah wie möglich am Original bleibt. Um zu testen, wie die Zielgruppe mit dem Fragebogen zurechtkommt, wurde ein Pre-Test durchgeführt.

2.2.2 Fragebogen zum Lernzuwachs Faserverbund

Anschließend wurde noch ein dritter Fragebogen (F3), Anlage 7, verwendet. Dieser sollte erste Anhaltspunkte darüber geben, ob durch das einmalige Spielen des Serious Games Lerninhalte des Spiels behalten werden. Dazu wurden fünf offene Wissensfragen formuliert, die mit dem durch das Spiel gewonnene Wissen beantwortet werden können. Diese lauten:

1. Aus welchen Komponenten besteht ein Faserverbundwerkstoff?
2. Welche Fasern können das meiste Gewicht tragen?
3. Welche Fasern können Strom leiten?
4. Wozu dient das Matrixmaterial?
5. Warum leitet ein Faserverbund aus Carbon und Kunststoff keinen Strom?

Der Fragebogen sollte vor dem Spiel und nach dem Spiel von den Testpersonen ausgefüllt werden.

2.2.3 Offene Diskussion im World-Café

Die Methode des „World-Café“ bietet die Möglichkeit, in größeren Gruppen effektiv zu diskutieren. Dabei führen drei bis vier Teilnehmer*innen, die in kleinen Tischgruppen zusammensitzen, aufeinander aufbauende Gespräche (Brown & Isaacs, 2007, S. 20). Das World-Café kann in vielen verschiedenen Versionen durchgeführt werden. Bei der summativen Evaluierung des Serious Games wurde es wie folgt umgesetzt: Die Schüler*innen wurden gruppiert und auf Tische aufgeteilt. An jedem Tisch wurde ein(e) „Gastgeber*in“ benannt, der/die den ganzen Durchlauf lang an diesem Tisch sitzen blieb. Diese(r) bekam ein Flipchart-Papier ausgehändigt, auf dem die jeweilige Frage, die an dem Tisch diskutiert werden sollte, notiert war. Der/die Gastgeber*in dokumentierte die Ideen, welche die jeweiligen Tischbesucher*innen geäußert haben. Die restlichen Teilnehmer*innen waren Tischbesucher*innen, diese wechselten nach jeder Gesprächsrunde zu einem anderen Tisch und trugen ihre Ideen weiter. Der/die jeweilige Gastgeber*in informierte die neuen Teilnehmer*innen über die bereits geäußerten Ideen, Vorschläge etc. der vorherigen Tischbesucher*innen und notierte die Ideen der neuen Besucher*innen. Diese Methode wurde gewählt, um die Schüler*innen dazu zu motivieren, ihr Feedback zum Spiel und

zum Lernzirkel zu diskutieren und ggf. Aspekte anzusprechen, die über einen Fragebogen nicht abgefragt werden können. Im Gegensatz zu einem gelenkten Gespräch diskutieren die Schüler*innen für sich, die Diskussion wurde also von keiner Lehrperson/keinem /keiner Betreuer*in gesteuert oder gelenkt.

2.2.4 Wissensabfrage mit Moderationskärtchen

Eine Testgruppe stand in geringerem zeitlichen Umfang zur Verfügung als die anderen Gruppen. Aus diesem Grund wurden die Fragen zum Lernzuwachs umformuliert, auf Moderationskärtchen geschrieben und den Testenden vor dem Spiel und nach dem Spiel ausgeteilt. Diese Gruppe wurde auch nicht geteilt und durchlief den Lernzirkel nicht. Mit dieser Methode sollte lediglich eine andere Feedbackmethode getestet und der Lernzuwachs durch das Spiel dokumentiert werden.

2.3 Pre-Test Fragebogen GEQ und Fragebogen Wissensabfrage

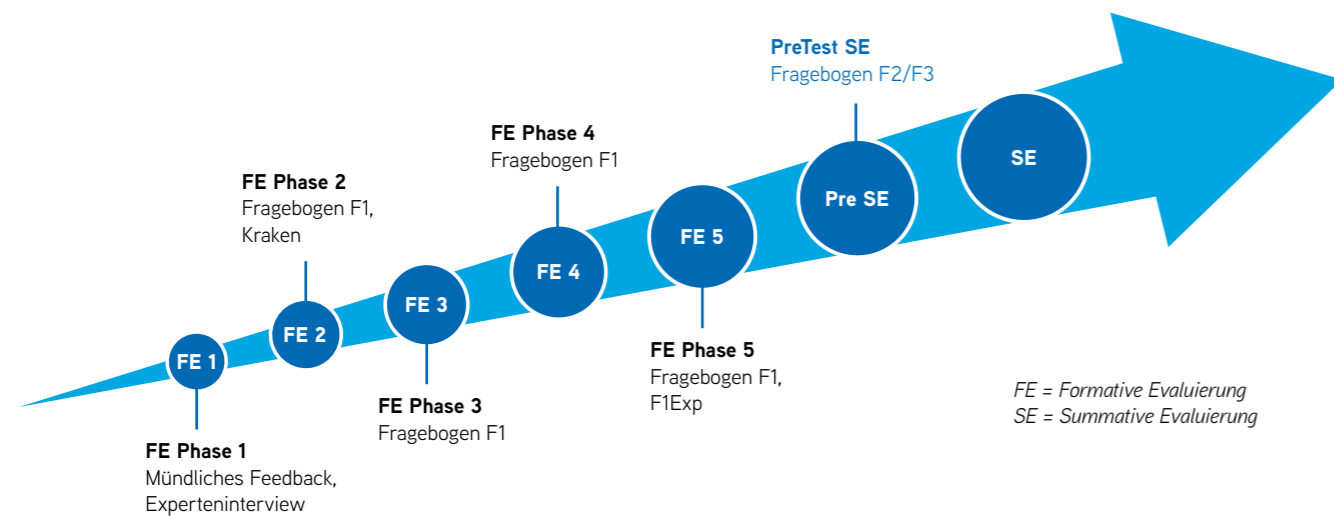


Abbildung 93: Ansicht Feedback im Spiel, Bildquelle: Screenshot aus CC on Tortuga.

Wie unter Punkt 2.2.1 bereits erwähnt, wurde für die summative Evaluierung ein standardisierter Fragebogen (GEQ) verwendet. Um sicherzugehen, dass die Schüler*innen mit der übersetzten Form zurechtkommen, wurde ein Pre-Test durchgeführt.

Beschreibung der Pre-Test-Gruppe

Da in den Testgruppen, die in der Entwicklungszeit das Spiel absolvierten, wenige Mädchen waren (nur 37%), wurde bei der Auswahl der Pre-Test-Testgruppe darauf geachtet, mehr Mädchen für ein Feedback zu gewinnen. Eine reine Mädchen-Testgruppe bestand aus 42 Schüler*innen verschiedener Schularten der Jahrgangsstufe 10 und 11. Sie waren damit deutlich älter als die Zielgruppe.

Das Spiel wurde außerdem von 24 Schüler*innen der 7. Jahrgangsstufe eines Gymnasiums, 27 Schüler*innen einer 8. Klasse Realschule und 27 Schüler*innen einer 7. Jahrgangsstufe Realschule gespielt.

Auswertung des Pre-Tests

Die Skala des GEQ wurde für die Auswertung wie folgt kodiert:

- 1 „überhaupt nicht“, 2 „etwas“, 3 „mittelmäßig“, 4 „ziemlich“, 5 „extrem“

Da sich nach einer ersten Sichtung der Ergebnisse zeigte, dass der Mittelwert sehr häufig in der Option „mittelmäßig“ liegt, werden bei der Interpretation der Ergebnisse auch die relativen Häufigkeiten mit einbezogen.

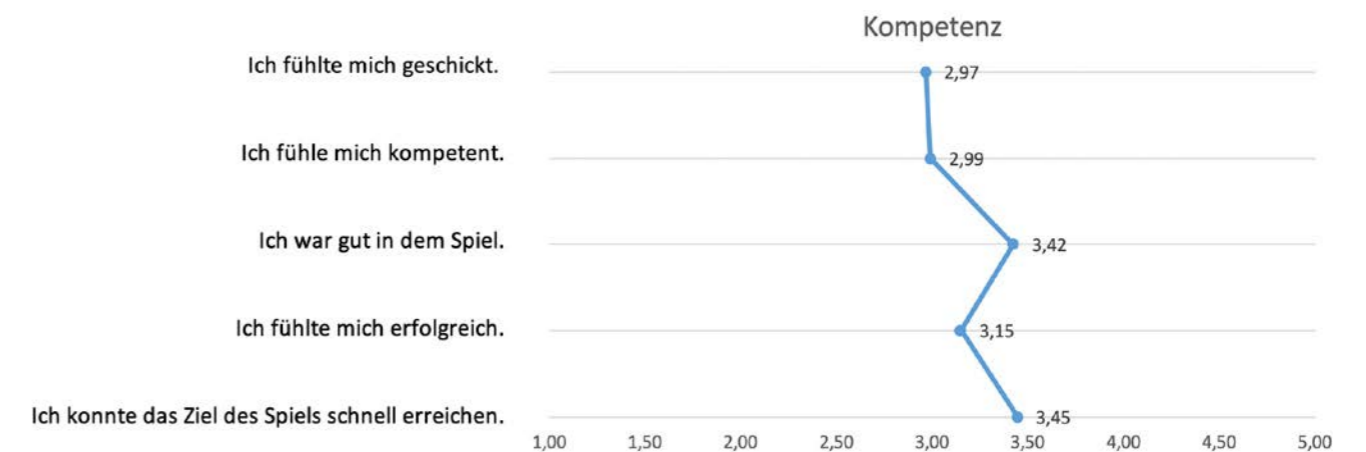


Abbildung 94: Auswertung PreTest Kompetenz.

Interpretation Items Kompetenz, N=120

Die Testpersonen gaben beim Item „Ich fühlte mich geschickt“ mit einem Mittelwert von 2,97 an, dass sie sich mittelmäßig geschickt fühlten. 13% fühlten sich überhaupt nicht geschickt, 15% etwas, 40% mittelmäßig, 21% ziemlich, 8% extrem, 2% machten keine Aussage. Aus den Prozentzahlen lässt sich erkennen, dass sich lediglich 13% überhaupt nicht geschickt fühlten. Ein ähnliches Bild zeigt sich bei der Bewertung der Aussage „Ich fühlte mich kompetent“ (Mittelwert 2,99). Hier gaben 12% der Befragten an, dass sie sich überhaupt nicht kompetent fühlten, 13% etwas, 37% mittelmäßig, 24% ziemlich und 7% extrem, weitere 7% machten keine Aussage.

Die Einschätzung der persönlichen Leistung zeigt, dass sich die Testpersonen im Schnitt gut einschätzten. 8% fanden sich überhaupt nicht gut, 9% etwas, 32% mittelmäßig, 29% ziemlich und 19% extrem gut, 2% machten keine Aussage. Das Item „Ich fühlte mich erfolgreich“ wurde mit einem Mittelwert von 3,15 bewertet. Hier fanden sich 12% der Befragten überhaupt nicht erfolgreich, 18% etwas, 29% mittelmäßig, 25% ziemlich und 16% extrem. Bei der Unterscheidung dieser Items ist es interessant zu sehen, dass die Befragten es unterschiedlich einstufen, ob sie sich erfolgreich fühlten oder gut in dem Spiel waren. Das Item „Ich konnte das Ziel des Spiels schnell erreichen“, mit einem Mittelwert von 3,45 bewertet, zeigt, dass die Spielenden keine größeren Probleme hatten, das Spiel in der vorgegebenen Zeit zu spielen, wobei das Ziel des Spiels nicht unbedingt ist, es möglichst schnell durchzuspielen, sondern möglichst viel über Faserverbundwerkstoffe zu lernen und damit eine gute Platzierung am Ende des Spiels zu erreichen. Um dieses Item zu interpretieren, müsste man den Lernzuwachs gegenüberstellen. An den Bewertungen lässt sich sehen, dass sich die Testpersonen nicht überfordert sondern kompetent für das Spiel fühlten. Daraus könnte man schließen, dass der richtige Schwierigkeitsgrad für das Spiel gefunden wurde.



Abbildung 95: Auswertung PreTest Flow.

Interpretation Items Flow, N=120:

Die Testpersonen gaben an, dass sie ziemlich mit dem Spiel beschäftigt waren (Mittelwert 3,72). Dies könnte ein Indikator dafür sein, dass die Schüler*innen völlig in dem Spiel abgetaucht sind, wie man es bei einem Flow-Erleben beobachten kann. Das Item „Ich habe während dem Spielen alles um mich herum vergessen“ bewerteten die Testpersonen aber eher zwischen etwas und mittelmäßig (Mittelwert 2,56). Dem Item „Ich habe die Zeit aus den Augen verloren“ stimmten 26% überhaupt nicht, 17% etwas, 18% mittelmäßig, 19% ziemlich und 17% extrem zu, 2% machten keine Aussagen. Wenn man bedenkt, dass sich die Testgruppe nicht in einem privaten Umfeld befand, sondern an einem

außerschulischen Lernort, dann ist die Wertung von 36% der Testpersonen, die das Feedback gaben, die Zeit ziemlich und extrem aus den Augen verloren zu haben, durchaus ein Indikator dafür, dass das Spiel auch ein Flow-Erleben auslösen kann. Ähnlich lässt sich das Item „Ich war sehr konzentriert während des Spiels“ mit einem Mittelwert von 3,12 interpretieren. 10% gaben an, überhaupt nicht konzentriert gewesen zu sein, 20% etwas, 29% mittelmäßig, 26% ziemlich, 12% extrem und 2% machten keine Angaben. Die Schüler*innen testeten das Spiel freiwillig und zeigten bei der Beobachtung eine hohe Konzentration. Es wurde während des Spiels eigentlich nicht gesprochen und die Testpersonen lenkten sich auch sonst nicht sichtbar von dem Spiel ab. Gegen ein intensives Flow-Erlebnis spricht der Mittelwert von 1,87 beim Item „Ich habe die Verbindung zur Außenwelt verloren“. Die Bewertung zeigt, dass die Testpersonen höchstens leicht den Kontakt zur Außenwelt verloren haben. Bei einem Spiel in 2D, das im Schulkontext gespielt wird, ist das auch nicht verwunderlich und auch nicht unbedingt gewünscht. Insgesamt kann man also sagen, dass die Schüler*innen durchaus von dem Spiel „gefesselt“ werden, aber nicht komplett in dem Spiel abtauchen. Es wird also ein mittelmäßiges Flow-Erleben hervorgerufen, das bei einem Serious Game auch vertretbar war.

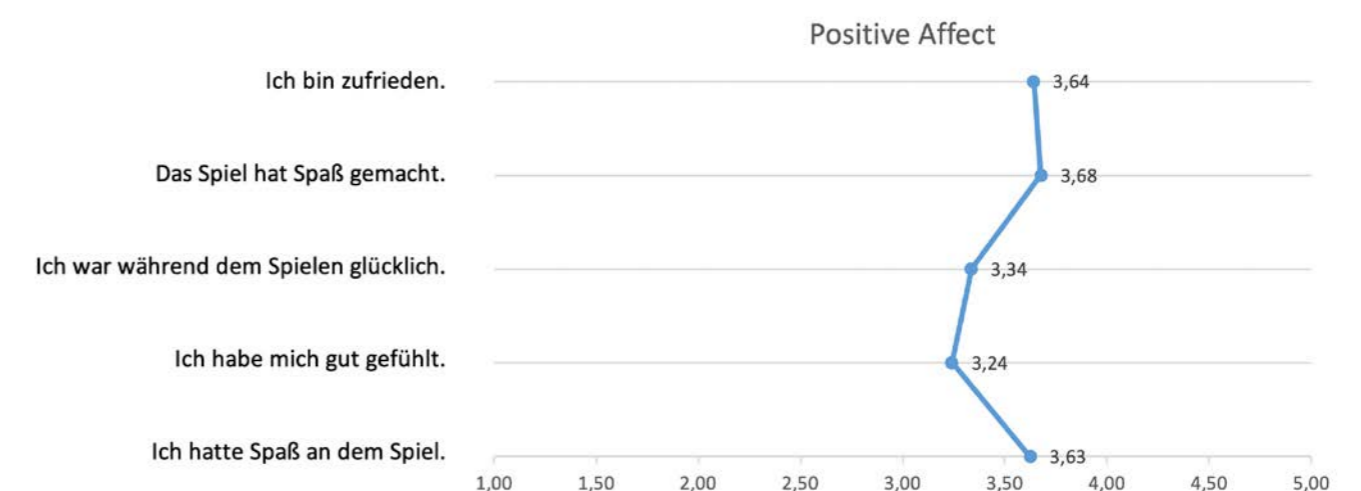


Abbildung 96: Auswertung PreTest Positive Affect.

Interpretation Items positive Affect, N=120:

Die Testpersonen gaben mit einem Mittelwert von 3,64 an, überwiegend zufrieden zu sein. Im Schnitt hat ihnen das Spiel auch Spaß gemacht, hier bestätigen sich die Mittelwerte aus dem selbstkonstruierten Fragebogen zum Item „Es hat mir Spaß gemacht, das Spiel zu spielen“ nochmals. Die Schüler*innen schätzten es eher mittelmäßig ein, ob sie während dem Spielen glücklich waren. Sie fühlten sich mittelmäßig gut, 9% gaben an, überhaupt nicht glücklich zu sein, 14% etwas, 31% mittelmäßig,

33% ziemlich, 12% extrem, 1% machte keine Angabe. Die prozentuale Verteilung zeigt also auch, dass sich die Testpersonen im Schnitt gut fühlten. Das Kontrollitem „Ich hatte Spaß an dem Spiel“ zeigt ebenfalls mit einem Mittelwert von 3,63, dass die Testpersonen Spaß an dem Spiel hatten.

Für das Entwicklerteam war es wichtig, dass die Schüler*innen Spaß an dem Spiel haben und keine negativen Gefühle ausgelöst werden. Hierfür finden sich in der Auswertung der Items zu den positiven Affekten keine Anhaltspunkte.

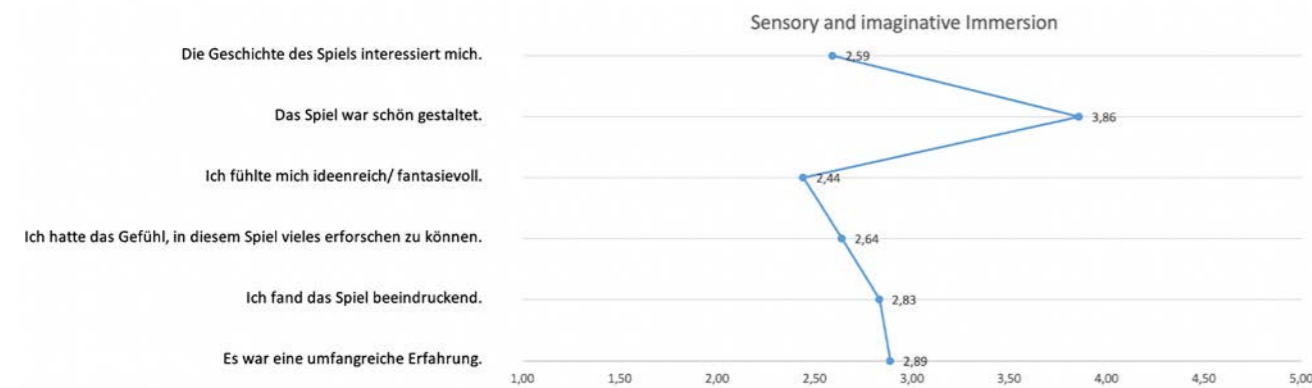


Abbildung 97: Auswertung PreTest Sensory and imaginative Immersion.

Die Testpersonen gaben mit einem Mittelwert von 2,59 an, dass sie die Geschichte des Spiels nur mäßig interessant fanden. Sie stimmten aber überwiegend zu, dass das Spiel schön gestaltet war (Mittelwert von 3,86). Dieses Ergebnis stützt auch die Bewertungen der Items zum Design des Spiels aus dem selbstkonstruierten Fragebogen. Die Schüler*innen gaben an, dass sie sich nur etwas ideenreich/fantasievoll fanden (Mittelwert von 2,44). Eher mittelmäßig schätzten sie es ein, ob sie in dem Spiel viel erforschen können. Aus Sicht des Entwicklerteams könnte man natürlich argumentieren, dass man durch das Kennenlernen von Faserverbundwerkstoffen und ihren Eigenschaften viel erforschen kann. Aus der Betrachtungsweise der Schüler*innen ist aber in dem Spiel viel vorgegeben und man kann das Spiel nur selbstständig spielen und die Aufgaben lösen, diese Tätigkeit bleibt hinter dem Begriff „Forschen“ bei weitem zurück. Die Testpersonen fanden das Spiel mittelmäßig beeindruckend. Das Item „Es war eine umfangreiche Erfahrung“ wurde ebenfalls mittelmäßig bewertet.

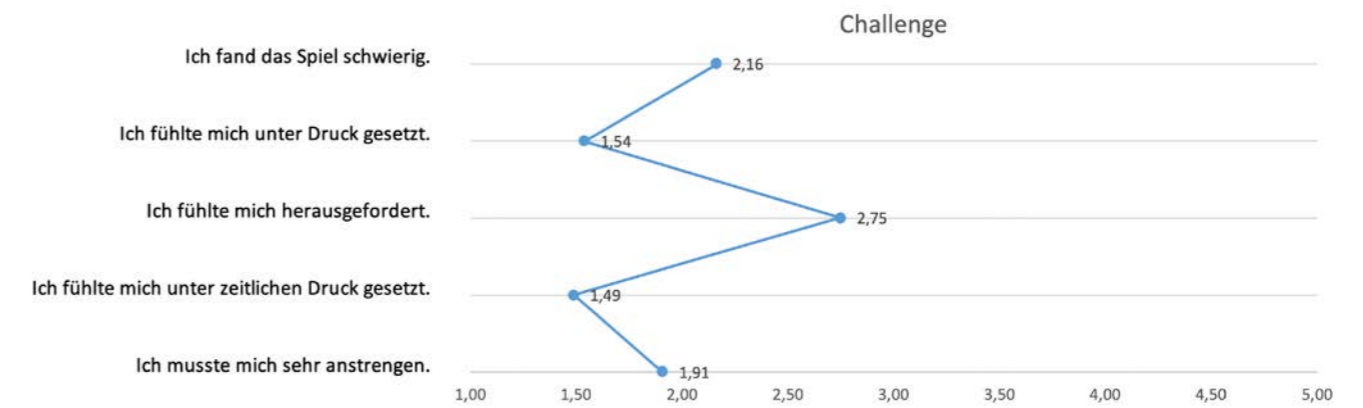


Abbildung 98: Auswertung PreTest Challenge.

Die Auswertung der Items zum Schwierigkeitsgrad des Spiels zeigt, dass dieser richtig gewählt wurde. Die Testpersonen fanden das Spiel etwas schwierig (Mittelwert 2,16), fühlten sich aber nicht unter Druck gesetzt (Mittelwert von 1,54) und zugleich mittelmäßig herausgefordert (Mittelwert 2,75). Positiv zu sehen ist auch, dass sich die Spielenden zeitlich nicht unter Druck gesetzt gefühlt haben, dieses Item bewerteten die Schüler*innen mit einem Mittelwert von 1,49. Diese Bewertung zeigt, dass das Spiel in der vorgegebenen Zeit von 45 Minuten gut spielbar ist. Die Schüler*innen mussten sich etwas anstrengen (Mittelwert 1,91). Insgesamt kann man also behaupten, dass die Testpersonen mit den Herausforderungen, die das Spiel bietet, zufrieden sind.

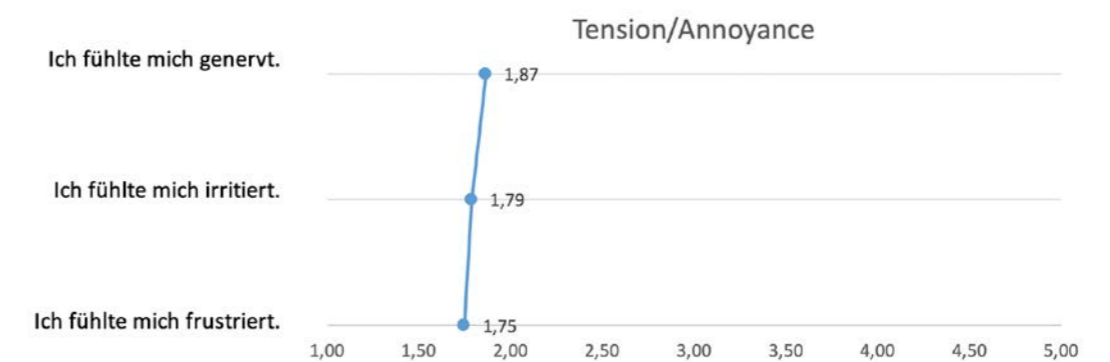


Abbildung 99: Auswertung PreTest Tension/Annoyance.

Die Auswertungen zu den Items, die die negativen Erfahrungen mit dem Spiel abfragen, bestätigen, dass bei den Spieler*innen keine bis kaum negative Gefühle beim Spielen entstanden. Dies zeigt der Mittelwert des Items „Ich fühlte mich genervt“ von 1,87 ebenso wie die Mittelwerte der beiden Items „Ich fühlte mich irritiert“ und „Ich fühlte mich frustriert“ mit 1,79 und 1,75. Diese Auswertung ist für das Lernspiel von Bedeutung, das Spiel sollte keine negativen Emotionen wecken.

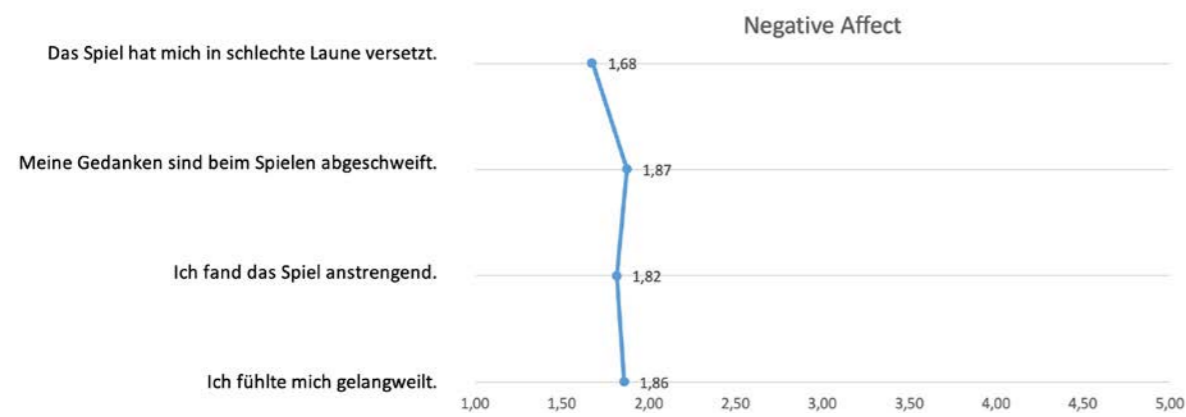


Abbildung 100: Auswertung PreTest Negative Affect.

Bei der Auswertung der negativen Gefühle zeigt sich ein ähnliches Bild wie bei den negativen Erfahrungen mit dem Spiel. Die Teilnehmer*innen gaben an, dass sie etwas schlechte Laune durch das Spiel bekommen haben. Schaut man sich den Mittelwert von 1,68 in relativen Häufigkeiten an, so gaben 62% an, dass sie überhaupt nicht in schlechte Laune versetzt wurden, 20% etwas, 9% mittelmäßig, 4% ziemlich, 4% extrem und 1% machte keine Angaben. Dass die Gedanken beim Spielen bei 24% etwas abgeschweift sind und bei weiteren 24% mittelmäßig, ist wiederum ein Indikator, dass bei dem Spiel kein vollständiges Flow-Erleben erreicht wurde. Dass die Schüler*innen das Spiel etwas anstrengend fanden, zeigt, dass der Schwierigkeitsgrad richtig gewählt wurde. Dass sich die Testpersonen auch gleichermaßen etwas gelangweilt fühlten, ist bei einem Lernspiel auch nicht weiter bedenklich.

Der Pre-Test mit dem GEQ zeigte, dass er von den Testpersonen gut beantwortet werden konnte. Nach dem Pre-Test des GEQ wurde beschlossen, diesen auch für die summative Erhebung zu verwenden, da er sich auf das geplante Test-Setting gut anpassen ließ.

Der Wissensfragebogen (F3) wurde den Schüler*innen beim Pre-Test des GEQ vor dem Spiel und nach dem Spiel ausgeteilt. Vor dem Spiel kamen von keiner Testperson sinnvolle Angaben, aus diesem Grund entschied man sich, den Fragebogen, um unnötige Frustration vor dem Spiel/Lernzirkel zu vermeiden, nur nach dem Spiel auszuteilen.

2.4 Durchführung summative Evaluierung

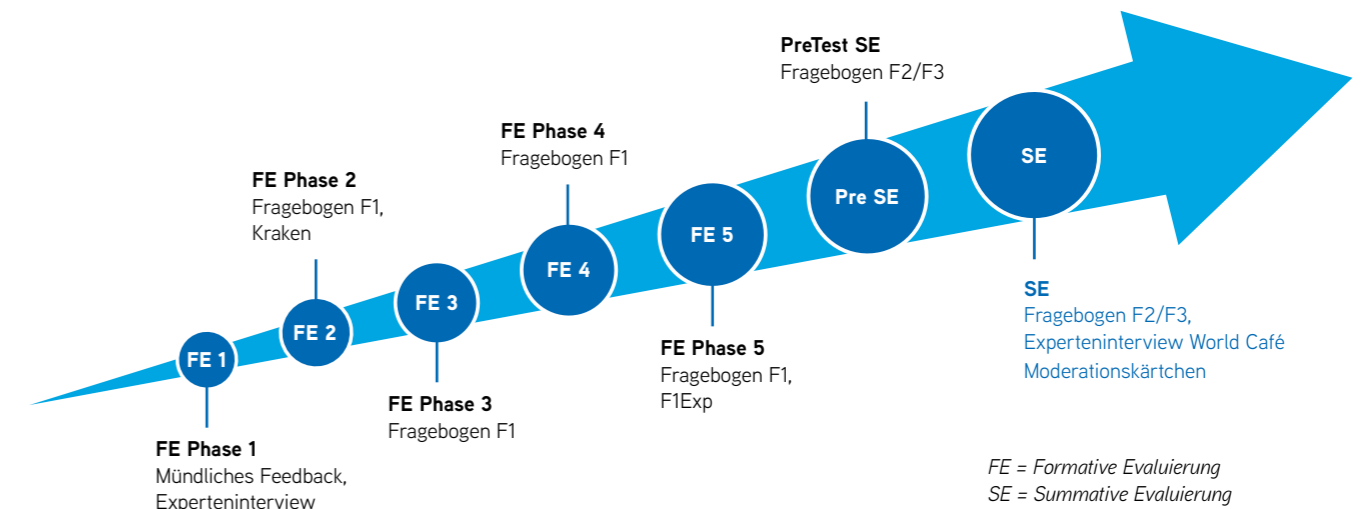


Abbildung 101: Überblick Evaluationsprozess summative Evaluierung, eigene Darstellung.

Bei der Durchführung der summativen Evaluierung wurden die Klassen, die das School_Lab besuchten, in zwei Gruppen aufgeteilt. Eine Gruppe spielte das Spiel, die andere durchlief den Lernzirkel. Untersucht wurde das Spielerlebnis bei beiden Medien jeweils mit dem GEQ (siehe Beschreibung dieses Kapitel Punkt 2.2.1).

Die Testpersonen erhielten den Fragebogen jeweils nach dem Spiel/Durchlaufen des Lernzirkels. Um die Wirksamkeit des digitalen Lernspiels im Hinblick auf einen Lernzuwachs (auch im Vergleich zu analogen Lernmedien, wie dem Lernzirkel) einordnen zu können, erhielten die Schüler*innen nach der Intervention (Lernspiel oder Lernzirkel) den Fragebogen F3 mit Wissensfragen zu Faserverbund, der die im Spiel adressierten Lerninhalte nochmal abfragen sollte.

Beschreibung der Testgruppe

An der summativen Evaluierung nahmen insgesamt N=167 Schüler*innen und N=3 Lehrkräfte teil. Die summative Evaluierung war in verschiedene Testszenarien unterteilt:

53 Schüler*innen einer 8. Jahrgangsstufe Realschule und 30 Schüler*innen einer 7. Jahrgangsstufe Realschule wurden in Experimental- und Kontrollgruppen eingeteilt. Insgesamt spielten so 42 Testpersonen (Experimentalgruppe) das Spiel und 41 Testpersonen (Kontrollgruppe) durchliefen den Lernzirkel. Um die Wirksamkeit zu überprüfen, wurden auch qualitative Erhebungen durchgeführt. Hierzu absolvierten weitere 34 Schüler*innen sowohl den Lernzirkel wie auch das Spiel und diskutierten danach in einem World-Café beide Medien. Weitere 50 Schüler*innen spielten nur das Spiel und beantworteten vor dem Spiel und nach dem Spiel Wissensfragen auf Moderationskärtchen.

3. Ergebnisse der summativen Evaluierung

Nachfolgend soll analysiert werden, inwiefern sich bei den im GEQ abgefragten Items zu den Kategorien Competence, Sensory and imaginative Immersion, Challenge, Flow, Tension / Annoyance, Negative Affect, Positive Affect Unterschiede zwischen dem Lernzirkel und dem Serious Game zeigen.

Anmerkung: Die Skalen auf den folgenden Abbildungen wurden den erhobenen Werten angepasst, um die Graphen besser lesbar zu machen. Unter den Graphen befinden sich die Tabellen der Mittelwerte, da die grafische Darstellung sonst sehr unübersichtlich geworden wäre.

3.1 Ergebnisse GEQ und Fragebogen Wissensabfrage

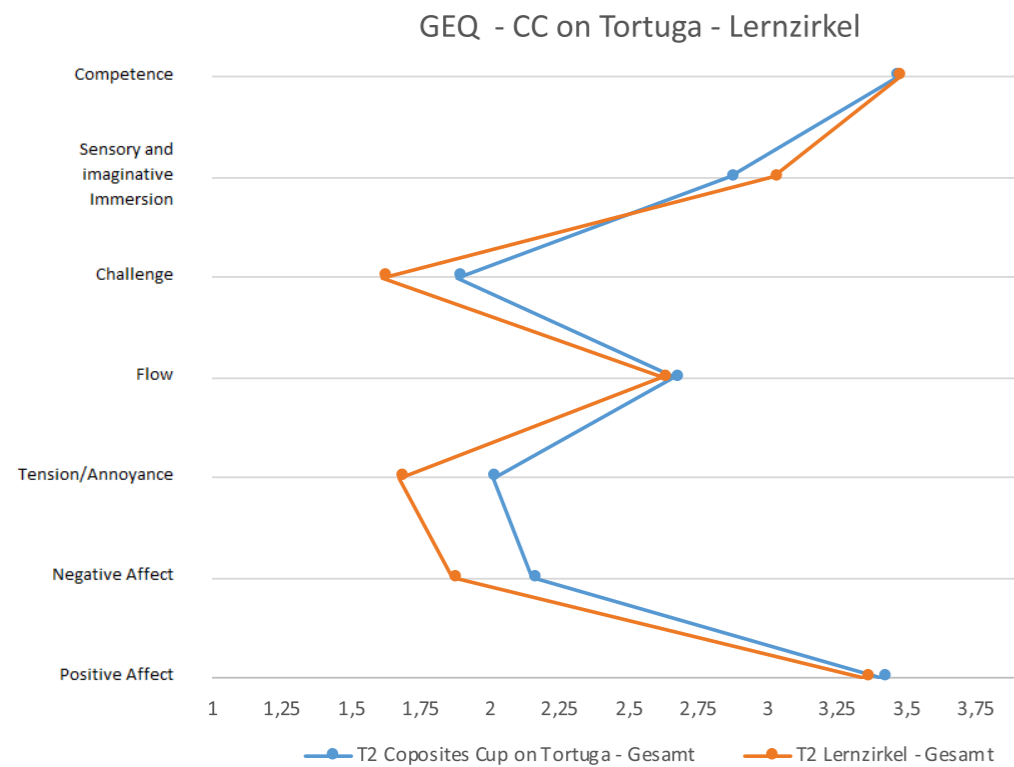


Abbildung 102: Vergleich Graphen Lernzirkel und Serious Game.

Tabelle 11: Mittelwerte Vergleich Serious Game und Lernzirkel.

GEQ – Gesamt		
	T2 CC on Tortuga Gesamt	T2 Lernzirkel Gesamt
Competence	3,46	3,47
Immersion	2,87	3,02
Challenge	1,88	1,61
Flow	2,67	2,62
Tension/Annoyance	2,01	1,68
Negative Affect	2,15	1,86
Positive Affect	3,42	3,36

Interpretation:

Bei der Kategorie Competence, die beschreibt, inwiefern sich die Testpersonen kompetent und geschickt beim Spielen des Spiels/des Lernzirkels gefühlt haben, zeigen sich kaum Unterschiede zwischen dem Lernzirkel und dem Spiel (Mittelwert 3,47 im Vergleich zu 3,46). Die Testpersonen fühlten sich also sowohl beim Lernzirkel wie auch beim Spiel leicht überdurchschnittlich kompetent und erfolgreich. Bei der Sensory and imaginative Immersion ergibt sich kaum ein Unterschied. Die Experimentalgruppe gab an, dass sie mit einem Mittelwert von 2,87 das Spiel eher mittelmäßig schön bzw. beeindruckend fand, die Kontrollgruppe schätzte den Lernzirkel mit einem Mittelwert von 3,07 ähnlich mittelmäßig ein. Bei der Kategorie Challenge, die Items zur Anstrengung/Herausforderung enthält, zeigt sich ebenfalls ein geringer Unterschied. Die Gruppe, die das Spiel gespielt hat, gab mit einem Mittelwert von 1,88 an, etwas herausgefordert worden zu sein, die Gruppe, die den Lernzirkel spielte, fand sich etwas weniger angestrengt mit einem Mittelwert von 1,61. Beim Flow-Erleben zeigten sich keine signifikanten Unterschiede, die Gruppe, die das Spiel spielte, fühlte sich geringfügig mehr (Mittelwert 2,67) in das Spiel hineingezogen als die Kontrollgruppe das beim Lernzirkel empfand (Mittelwert 2,62). Ein größerer Unterschied zeigte sich bei der Kategorie Tension/Annoyance. Hier gab die Experimentalgruppe an, dass sie sich etwas genervt fühlte beim Spielen des Spiels (Mittelwert 2,01), die Kontrollgruppe fühlte sich weniger genervt (Mittelwert 1,68). Ein ähnliches Bild zeigt sich bei der Kategorie Negative Affect, hier gaben die Testpersonen, die das Spiel spielten, mit einem Mittelwert von 2,15 an, dass sie sich etwas gelangweilt fühlten und das Spiel etwas anstrengend fanden. Die Gruppe, die den Lernzirkel durchlief, bewertete diese Kategorie mit einem

Mittelwert von 1,86, sie fühlte sich also auch eher etwas genervt und gelangweilt. Die Mittelwerte der Kategorien, die negative Gefühle erfassen, sind in einem akzeptablen Rahmen. Es handelt sich bei beiden Interventionen um ein Lernmedium und die Gruppen gaben nicht an, dass sie sich mittelmäßig oder ziemlich genervt und gelangweilt fühlten. Die Bewertung der Kategorie „Positive Affect“ zeigt, dass sich die Testgruppen sowohl beim Lernspiel (Mittelwert von 3,42) wie auch beim Lernzirkel (Mittelwert 3,36) mittelmäßig gut fühlten und ihnen beide Interventionen mittelmäßig Spaß gemacht haben.

Das Entwicklerteam interessierte auch, inwiefern es Unterschiede zwischen Mädchen und Jungen bei der Einschätzung des Lernzirkels und des digitalen Lernspiels gibt. Leider haben, auf Grund der Klassenzusammensetzungen, nicht genügend Mädchen an der summativen Evaluierung teilgenommen (N=14), um aussagekräftige Werte zu erhalten. Nachfolgend soll trotzdem kurz der Unterschied zwischen der Bewertung durch die Mädchen und die Jungen aufgezeigt werden, um zu zeigen, dass hier durchaus Unterschiede zu sehen sind.

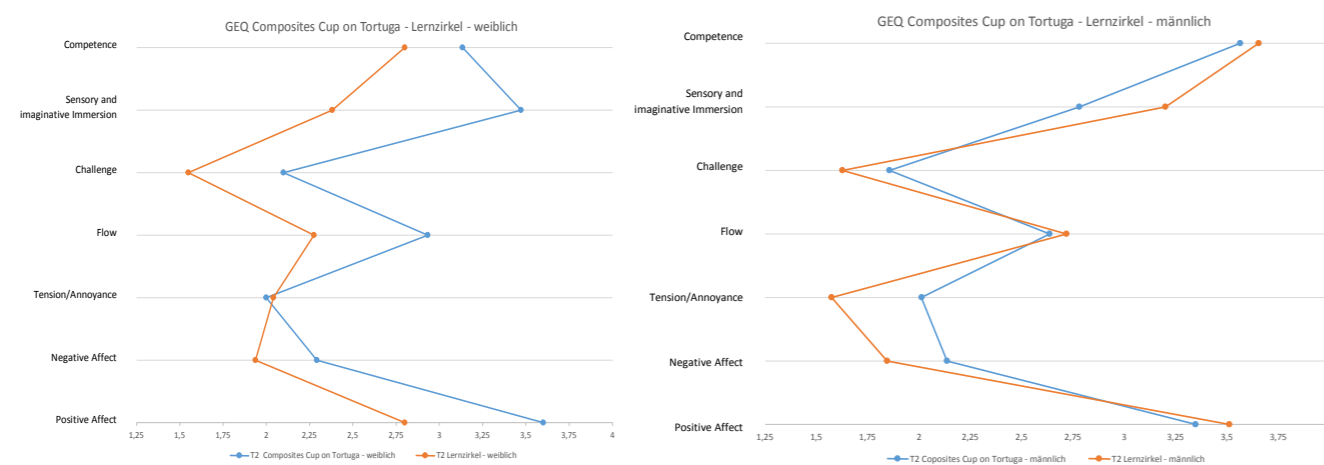


Abbildung 103: Vergleich Graphen Serious Game und Lernzirkel nach Geschlechtern.

Tabelle 12: Vergleich Mittelwerte Serious Game und Lernzirkel nach Geschlechtern.

GEQ – weiblich			GEQ männlich		
	CC on Tortuga Gesamt	Lernzirkel Gesamt		CC on Tortuga	Lernzirkel Gesamt
Competence	3,13	2,80	Competence	3,56	3,65
Immersion	3,47	2,38	Immersion	2,78	3,20
Challenge	2,10	1,55	Challenge	1,86	1,63
Flow	2,93	2,28	Flow	2,64	2,72
Tension/Annoyance	2,00	2,04	Tension/Annoyance	2,01	1,57
Negative Affect	2,29	1,94	Negative Affect	2,14	1,84
Positive Affect	3,60	2,80	Positive Affect	3,35	3,51

Interpretation:

Vergleich Lernzirkel und Spiel weiblich, N=14

Der Lernzirkel wurde von acht Mädchen durchlaufen, das Spiel von sechs Mädchen gespielt. Die Mädchen fühlten sich bei beiden Interventionen, Spiel und Lernzirkel, ähnlich kompetent (mittelmäßig), wobei sie sich beim Serious Game ein klein wenig besser einschätzten (Mittelwert 3,13 im Vergleich zu 2,80). Interessant ist der Unterschied bei der Sensory and imaginative Immersion, hier gaben die Mädchen, die das Spiel spielten, an, dass sie das Spiel mehr begeisterte, sie es schöner und beeindruckender fanden (Mittelwert 3,47) als den Lernzirkel (2,38). Bei der Herausforderung (Challenge) gaben die Mädchen an, dass sie das Spiel etwas herausforderte (2,10), der Lernzirkel eher nicht (Mittelwert von 1,55). Das Flow-Erleben schätzten die Mädchen beim Spiel mit einem Mittelwert von 2,93 höher (mittelmäßig) ein als beim Lernzirkel (Mittelwert 2,28 – etwas). Bei der Kategorie Tension / Annoyance bewerteten die Mädchen das Spiel und den Lernzirkel gleich – sie fühlten sich von beiden Interventionen etwas genervt (2,0 und 2,04). Ein ähnliches Bild zeigt sich bei den Mittelwerten zum Negative Affect. Diese lagen beim Spiel bei 2,29 und beim Lernzirkel bei 1,94. Die Mädchen fühlten sich beim Spielen also auch etwas gelangweilt und etwas angestrengt.

Die Ergebnisse dieser kleinen Stichprobe kann aber nur eine Tendenz aufzeigen. Um eine stichhaltigere Auswertung zu erhalten, hätten mehr Mädchen an der summativen Evaluierung teilnehmen müssen. Es zeigt sich aber ein geringer Trend, dass die Mädchen das Serious Game im Spiel-Erleben geringfügig positiver einschätzen als den Lernzirkel.

Vergleich Lernzirkel und Spiel männlich, N=61 im Vergleich zu weiblich N=8

Der Lernzirkel wurde von 29 männlichen Testpersonen durchlaufen und das Serious Game von 32 Jungen gespielt.

Die Jungen fühlten sich sowohl im Lernzirkel wie auch im Serious Game mittelmäßig bis ziemlich kompetent (3,56 Spiel und 3,65 Lernzirkel), der Vergleich mit den Ergebnissen der Mädchen zeigt ein ähnliches Bild (3,13 Spiel und 2,80 Lernzirkel), wobei sich die Mädchen nicht ganz so kompetent einschätzen. Dieses Ergebnis kann aber auch an der wesentlich kleineren Stichprobe liegen.

Bei der Sensory and imaginative Immersion schnitt das Serious Game bei den Jungen etwas schlechter ab (Mittelwert 2,78) als der Lernzirkel (3,20). Hier zeigte sich bei den Mädchen ein umgekehrtes Bild. Die Jungen fanden also den Lernzirkel ansprechender und schöner als das Spiel. Bei der Kategorie Challenge, also der Herausforderung, gaben die Jungen an, dass sie sich beim Spiel geringfügig

mehr herausgefordert fühlten (1,86) als beim Lernzirkel (1,63), diese Werte sind bei den Mädchen ähnlich, wobei die kleine Stichprobe sich etwas mehr durch das Spiel gefordert sah (2,10) als die Jungen (1,86).

Beim Flow-Erleben fühlten sich die Jungen sowohl beim Spiel (2,64) wie auch beim Lernzirkel (2,72) mittelmäßig im Flow, die Mädchen fühlten sich beim Spiel mehr im Flow (2,93) als im Lernzirkel. Bei der Kategorie Tension / Annoyance schätzten die Mädchen und die Jungen das Spiel beide ähnlich ein (Mittelwert 2,0 und 2,01). Diese Werte zeigen, dass sie sich etwas frustriert / genervt fühlten. Beim Lernzirkel ergeben sich Unterschiede. Die Jungen bewerteten den Lernzirkel als weniger nervig und frustrierend (1,57) als die Mädchen (2,04). Bei den negativen Gefühlen ähneln sich die Werte der Mädchen und Jungen, beide Geschlechter fanden sowohl das Spiel wie auch den Lernzirkel etwas anstrengend und waren etwas gelangweilt.

Die Jungen fühlten sich beim Spielen des Spiels (3,35) mittelmäßig glücklich und hatten mittelmäßig Spaß beim Durchlaufen des Lernzirkels, wobei ihnen dieser etwas besser gefiel (3,51). Bei den Mädchen war es umgekehrt, ihnen gefiel das Spiel besser (3,60) und der Lernzirkel nur mittelmäßig (2,80).

Insgesamt kann man festhalten, dass beide Interventionen durchschnittlich gut bei den Testpersonen ankamen. Die Stichprobe der Mädchen ist, wie schon dokumentiert, zu klein, um stichhaltige Ergebnisse zu erhalten. Es wurden keine weiteren Klassen in die summative Erhebung einbezogen, weil der Anteil der Mädchen, die ins School_Lab kamen, bei allen weiteren Gruppen auch wesentlich geringer war als der der Jungen. Die Schulen buchen das School-Lab häufig mit ihren technischen Zweigen, in denen sich in der Regel wenige Mädchen befinden.

Trotz der kleinen Stichprobe ist es interessant zu sehen, dass die Jungen den Lernzirkel tendenziell positiver einschätzen als die Mädchen. Wie eingangs in der Statistik der computerspielenden Bevölkerung (siehe Kapitel III, Punkt 2) gezeigt, spielen Frauen und Männer in gleichen Anteilen Computerspiele.

Analyse Fächerpräferenzen:

Für die Auswertung wurde auch erhoben, welche Fächer die Lieblingsfächer der Schüler*innen sind und welche sie eher nicht mögen.

Hierzu machten 76 Testpersonen eine Angabe. Die Schüler*innen konnten zwei Lieblingsfächer nennen und zwei Fächer, die sie nicht mögen.

Bei der Testgruppe, die das Serious Game Composites Cup on Tortuga spielte, fanden von 39 Teilnehmenden 36% (14) naturwissenschaftliche Fächer nicht gut, 23% (9) sahen es neutral, sie gaben also weder bei Lieblingsfächern noch bei nicht gemochten Fächern Naturwissenschaften an, bei neun Schüler*innen (23%) gehörten sie sowohl zu den Lieblingsfächern als auch zu den nicht gemochten Fächern (also Mathematik zum Beispiel gerne, Physik nicht). Sieben Schüler*innen (18%) gaben an, dass naturwissenschaftliche Fächer zu ihren Lieblingsfächern gehören.

Tendenziell waren also in der Gruppe, die das Serious Game spielten, Schüler*innen, die naturwissenschaftliche Fächer eher nicht zu ihren Lieblingsfächern zählten.

Bei der Testgruppe, die den Lernzirkel durchlief (N=37), zählten neun Schüler*innen (24%) Naturwissenschaften nicht zu ihren Lieblingsfächern, vier Schüler*innen gaben sie bei keiner Kategorie an, bei acht Schüler*innen gehörten sie zu den Lieblingsfächern aber auch zu den nicht gemochten Fächern und 16 Schüler*innen, also 43% gaben an, dass naturwissenschaftliche Fächer zu ihren Lieblingsfächern gehören.

Betrachtet man sich die Auswertung des Vergleichs Lernzirkel und Serious Game und bedenkt man, dass der Lernzirkel von der wesentlich größeren Stichprobe als eher positiv eingeschätzt wurde als das Lernspiel, so zeigt sich, dass Schüler*innen, denen Naturwissenschaften bereits vor der Intervention gefielen, den Lernzirkel auch gut finden. Beim Serious Game waren mehr Testpersonen, die Naturwissenschaften ablehnen. Dies könnte unter Umständen ein Argument für das geringfügig schlechtere Abschneiden des Serious Games sein.

Qualitative Erhebung:

Um die Wirksamkeit des Serious Games zu untersuchen, wurde den Schüler*innen nach der Intervention noch ein dritter Fragebogen, der Wissensfragen enthielt, vorgelegt. Vor dem Spiel wurde kein Wissensstand abgefragt, um nicht vor der Intervention für Frustration zu sorgen. Die Fragen wurden mit einem Punktesystem bewertet.

Nachfolgende Fragen wurden den Schüler*innen gestellt:

Tabelle 13: Übersicht Fragen und Punktevergabe.

Fragen	Punkte
Aus welchen Komponenten besteht ein Faserverbundwerkstoff?	2 Punkte
Welche Fasern können das meiste Gewicht tragen?	2 Punkte
Welche Fasern können Strom leiten?	2 Punkte
Wozu dient das Matrixmaterial?	2 Punkte
Warum leitet ein Faserverbund aus Carbon und Kunststoff keinen Strom?	1 Punkt

Auswertung Lernzirkel Wissensfragen (siehe Auswertung Anlage 8):

Im Durchschnitt erreichten die Schüler*innen 3,84 Punkte von 9 möglichen Punkten beim Wissenszuwachs im Lernzirkel. Zwei Schüler*innen machten keine Angaben, rechnet man diese heraus, so würde man auf ca. 4 Punkte im Schnitt kommen. Das Ergebnis zeigt, dass nach der Beendigung des Lernzirkels eine weitere Ergebnissicherung vorgenommen werden sollte. In Gesprächen mit den Schüler*innen wurde deutlich, dass es für sie teilweise schwierig ist, Wissen in Worten wiederzugeben. Dies war vermutlich bei der Frage „Wozu dient das Matrixmaterial?“ der Fall. Bei der Frage wurde von keinem Teilnehmer die volle Punktzahl erreicht.

Auswertung Wissensfragen Serious Game Composites Cup on Tortuga (siehe Auswertung Anlage 9):

Beim Serious Game zeigt sich ein etwas höherer Wert als beim Lernzirkel. Die Schüler*innen erreichten beim Serious Game im Schnitt 4,33 Punkte von 9 Punkten. Auch beim Serious Game zeigt sich, dass eine gemeinsame Ergebnissicherung während oder nach dem Spiel notwendig ist, die Ergebnissicherung im Spiel aber doch etwas Wirkung zeigt. Interessant wäre es, den Wissenszuwachs nach einiger Zeit nochmal zu messen, dafür standen die Testpersonen leider nicht zur Verfügung bzw. hätte die Erhebung an den Schulen stattfinden müssen und das wäre genehmigungspflichtig gewesen.

3.2 Ergebnisse offene Diskussion im World Café- Format

Um ein noch genaueres Bild zur Einschätzung der beiden Interventionen von Schüler*innen zu bekommen, entschied man sich, noch eine weitere qualitative Erhebung durchzuführen.

Hierbei wurden 34 Schüler*innen einer 8. Jahrgangsstufe Realschule einbezogen, die sowohl das Serious Game spielten wie auch den Lernzirkel durchlaufen durften. Danach führten die Schüler*innen eine Gruppendiskussion in Form eines World-Cafe (Beschreibung des Formats siehe auch Kapitel VI, Punkt 2.2.3), durch. Die Schüler*innen diskutierten zu diversen Fragestellungen rund um digitale Lernspiele und hielten ihre Ergebnisse auf Flipcharts fest, siehe nachfolgendes Beispiel. Eine vollständige Dokumentation der Inhalte auf den Flipcharts findet sich in Anlage 10.

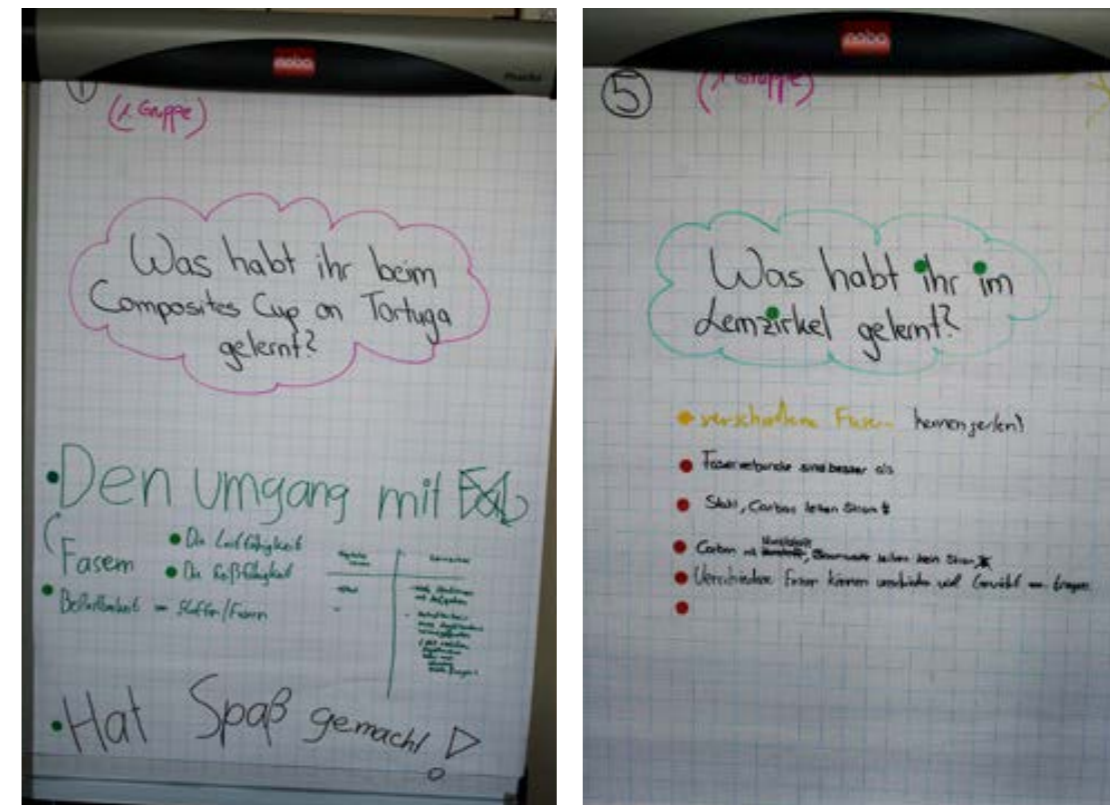


Abbildung 104: Beispiel Dokumentation Ergebnisse World-Café-Format.

Die Schüler*innen wurden in kleine Gruppen (3-4 Schüler*innen) eingeteilt, die dann diskutierten. In jeder Gruppe wurde ein(e) „Gastgeber(in)“ benannt, der/die an dem jeweiligen Thementisch sitzen blieb und die Gesprächsergebnisse der wechselnden Schüler*innen mitnotierte. Es gab acht Thementische und vier Fragen. Die Schüler*innen wurden bei der Diskussion nicht angeleitet. Bei manchen Tischen kam keine konstruktive Dokumentation zustande. Im Nachfolgenden werden die Dokumentationen, die für das Entwicklerteam von Nutzen waren, in Tabellen dargestellt. Hierzu wurden die Inhalte der Flipcharts verschriftlicht.

Gruppe 1

Tabelle 14: Dokumentation World Cafe Frage 1.

Frage: Habt ihr schon einmal digitale Lernspiele im Unterricht gespielt?	
Ja: welche?	„Mathequiz.“ „Kahoot (Mit eigenen Handys).“ „Fragen zu verschiedenen Fächern.“ „Fragen auswählen.“
Nein: Was glaubt ihr, warum?	„Noch gar keine.“ „Stehen nicht auf dem Lehrplan / Lehrer haben keine Lust.“ „Weil die Schule es nicht finanzieren kann.“
In welchem Fach?	„Mathe, Englisch, Chemie, Physik, Erdkunde.“ „Mathe, Physik, Chemie, Englisch.“
Ab welchem Alter sollte man digitale Spiele im Unterricht spielen?	„Ca. ab 12 Jahren (7. Klasse).“ „Ab 11 Jahren (6. Klasse).“ „Kommt auf das Spiel drauf an.“ „12, 8“
Warum lernt man durch digitale Spiele mehr / weniger?	„Durch Spaß bessere Lernfähigkeit/man arbeitet mit Freude.“ „Veranschaulicht / andere Lernmöglichkeiten.“
Sollte der Spaß im Vordergrund stehen?	„Ja, weil man sonst keine Motivation hat.“ „Natürlich, alles soll Spaß machen.“ „Ja, sonst hat man keinen Bock mitzumachen.“
Was macht ein gutes digitales Lernspiel für euch aus?	„Neue Sachen rausfinden (schneller).“
Wie sollte ein digitales Lernspiel im Unterricht eingebaut werden?	„Stoff wird erklärt, danach digital abgefragt.“
Müssen Lernspiele digital sein? Warum?	„Es kommt drauf an (auf das Fach).“ „Mathe: ja.“ „Kunst: nein“ „Es macht digital mehr Spaß.“

Interpretation:

Bei der Frage, ob die Schüler*innen schon einmal ein digitales Lernspiel im Unterricht gespielt haben, zeigte sich, dass Serious Games bisher im Unterricht noch eher selten eingesetzt werden oder derartige Interventionen von den Schüler*innen nicht erkannt/ als digitale Spiele eingeordnet werden. Bei der Einschätzung der Jahrgangsstufe, ab wann digitale Spiele im Unterricht eingesetzt werden sollten, gehen die Meinungen der Schüler*innen etwas auseinander. Die Altersgrenze, ab der digitale Spiele eingesetzt werden sollten, liegt demnach zwischen acht und zwölf Jahren. Bei den Fächern, in denen solche Medien zum Einsatz kommen sollen, ist es spannend, dass bis auf Erdkunde und Englisch nur naturwissenschaftliche Fächer genannt wurden. Ein Lernzuwachs wird aus Sicht der Schüler*innen durch die Motivation und den Spaß an einem Lernspiel ausgelöst, sie finden Lernspiele auch zur Veranschaulichung gut und sind der Meinung, dass man durch ein digitales Lernspiel schneller „Sachen“ herausfindet. Spannend ist auch, dass sie digitale Spiele als Ergebnissicherung einsetzen würden.

Gruppe 2

Tabelle 15: Dokumentation World Café Frage 2.

Frage: Lernt man durch Lernspiele mehr oder weniger als im normalen Unterricht? Woran liegt das?

- „Motivation.“
- „Man lernt mehr, da man mit den Aufgaben interagiert.“
- „Kann. Das wichtigste ist, dass man dabei Spaß hat.“
- „Lernspiele machen mehr Spaß, wodurch man das Lernen mit etwas Positivem verbindet und sich Sachen leichter merken kann.“
- „Es besteht die Gefahr, dass man etwas Anderes auf dem Gerät spielt.“
- „Digitale Lernspiele sind in manchen Fächern hilfreich.“

Interpretation:

Diese Frage wurde nur schleppend diskutiert und war vermutlich für die Schüler*innen auch nicht allzu interessant. Letztendlich zeigt sich aber wieder, dass es den Schüler*innen wichtig ist, Spaß beim Lernen zu haben und sie das mit Spielen in Verbindung bringen. Die Diskutierenden kamen aber auch zu der Ansicht, dass eine Ablenkungsgefahr besteht, je nachdem, ob das Gerät frei genutzt werden kann.

Gruppe 3

Tabelle 16: Dokumentation World Cafe Frage 3.

Was habt ihr bei Composites Cup on Tortuga gelernt?	
Was fandet ihr gut?	<ul style="list-style-type: none"> • „Dass es Experimente gab / dass man neue Stoffe kennengelernt hat.“ • „Dass man mit den iPads arbeiten und lernen konnte.“ • „Das Lernen mit Spielen.“ • „Dass wir etwas über Fasern gelernt haben, hat Spaß gemacht.“
Was fandet ihr nicht gut?	<ul style="list-style-type: none"> • „Das Spiel dauert zu lange.“ • „Es war uninteressant.“
Was habt ihr beim Composites Cup on Tortuga gelernt?	<ul style="list-style-type: none"> • „Man hat neue Stoffe kennengelernt.“ • „Man hat gelernt, welche Stoffe Strom leiten und welche nicht.“ • „Welche Eigenschaften die verschiedenen Stoffe beinhalten.“ • „Den Umgang mit Fasern.“ • „Die Leitfähigkeit.“ • „Die Reißfähigkeit.“ • „Belastbarkeit von Stoffen/Fasern.“ • „Digitales Lernen.“ • „iPad.“

Interpretation:

Bei der Frage, was die Schüler*innen beim Serious Game Composites Cup on Tortuga gelernt haben, wurde intensiv diskutiert. Die Dokumentation zeigt, dass das Lernziel des Serious Games erreicht wurde. Die Schüler*innen haben verstanden, dass es um die Eigenschaften von Faserverbundwerkstoffen geht und konnten einige davon auch benennen (Reißfähigkeit, Leitfähigkeit, Belastbarkeit von Stoffen und Fasern). Interessant ist, dass der Begriff „Faserverbundwerkstoffe“ kein einziges Mal fällt und auch die Matrix kein einziges Mal genannt wurde. Vermutlich ist die Entwicklung der Level von Fasern zu Faserverbundwerkstoffen für die Schüler*innen nicht einprägsam oder wurde so nicht wahrgenommen.

Gruppe 4

Tabelle 17: Dokumentation World Café Frage 4.

Frage: Was habt ihr im Lernzirkel gelernt?	
	<ul style="list-style-type: none"> • „Dass Strom auch durch Stahl geleitet werden kann.“ • „Mehr Informationen zu den verschiedenen Materialien.“ • „Dass Baumwolle keinen Strom leitet.“ • „Dass manche Stoffe Strom leiten.“ • „Mehr über Fasern.“ • „Teuerste, schwerste und die besten Fasern.“ • „Belastbarkeit eines Angelhakens herausgefunden (mit welchem Angelhaken kann man schwere Fische fangen).“ • „Verschiedene Fasern kennengelernt.“ • „Faserverbunde sind besser als..“ • „Stahl, Carbon leiten Strom.“ • „Carbon mit Kunststoff, Baumwolle leiten keinen Strom.“ • „Verschiedene Fasern können verschieden viel Gewicht tragen.“
Warum war der LZ schwer?	<ul style="list-style-type: none"> • „Die Formulierung.“
Warum war der LZ leicht?	<ul style="list-style-type: none"> • „Da es leichte Aufgaben waren.“ • „Es war sehr verständlich.“ • „Die Anleitung war sehr verständlich.“

Interpretation:

Bei der Dokumentation der Frage „Was habt ihr im Lernzirkel gelernt?“ zeigt sich, dass der Lernzirkel tiefergehendes und expliziteres Wissen vermittelt als das Spiel. Die Stromleitfähigkeit wurde bei der Diskussion zum Lernzuwachs im Spiel auch genannt, wobei sie beim Lernzirkel mehrmals genannt und auch detaillierter diskutiert wurde. Die Station zur Stromleitfähigkeit ist bei den Schüler*innen vermutlich deshalb stark verinnerlicht worden, weil sie im Lernzirkel selbst experimentieren durften. Es standen verschiedene Stromleitkreise zur Verfügung, in die Faserproben eingespannt werden konnten und je nach Leitfähigkeit dann eine Glühbirne leuchtete. Die Gewichtsunterschiede der einzelnen Materialien wurden in der Diskussion zum Spiel nicht genannt. Auch dieses Experiment ist im Lernzirkel eindrucksvoll, weil die Schüler*innen verschiedene Angelhaken (Gewichte) an verschiedene Angelschnüre hängen und diese dann auch haptisch reißen.

An dieser Auswertung des Lernzuwachses sieht man, dass weder das Serious Game noch der Lernzirkel dazu geeignet sind, ausreichend Lernzuwachs ohne eine weitere Ergebnissicherung aufzubauen. Durch die haptischen Elemente wird beim Lernzirkel augenscheinlich mehr Wissen aufgebaut, allerdings waren auch hier zwei Stationen zur Faserrichtung eingebaut, die bei den Antworten der Schüler*innen keine Rolle spielten, aber essentiell für die Erstellung eines Werkstücks aus Faserverbundmaterialien ist.

3.3 Ergebnisse Wissensabfrage mit Moderationskärtchen

Pre- und Post-Test mit Moderationskärtchen N=50

Da der Lernzuwachs des Serious Games auf Grundlage des Fragebogens F3 und des World-Cafés noch nicht ausreichend abgeschätzt werden konnte, wurde dieser Lernzuwachs beim Spiel nochmal mit 50 Schüler*innen (in zwei Gruppen) der 7. Jahrgangsstufe Gymnasium getestet. So konnte auch eine weitere Erhebungsmethode ausprobiert werden. Die Schüler*innen erhielten hierzu vor der Intervention (Spiel des Serious Game) zwei Fragen:

- Was sind Faserverbunde / Was stellt ihr euch darunter vor?
- Was ist das leichteste Material, das euch einfällt?

Die Schüler*innen notierten auf ihren Karten, was sie zu den Fragen wussten, und nummerierten ihre Karten der Reihe nach durch, damit im Post-Test gesehen werden konnte, ob ein und welcher Wissenszuwachs direkt nach dem Spiel durch das Serious Game erreicht werden konnte.

Die Ergebnisse der ersten Gruppe sind in einer Tabelle in Anlage 11 dargestellt.

Interpretation:

Bei der Gruppe, die laut Lehrkraft keine Vorkenntnisse zu Faserverbundwerkstoffen hatte, war es erstaunlich, dass zehn der 24 Schüler*innen den Begriff Carbon mit Faserverbundwerkstoffen in Verbindung brachten und teilweise sogar wussten, dass Kohle bei der Herstellung von Faserverbundwerkstoffen eine Rolle spielt. Überraschend ist, dass bei den leichten Materialien Carbon nur zweimal genannt wurde. Eine weitere interessante Erkenntnis war, dass die Schüler*innen Faserverbunde mit Kabeln in Verbindung bringen. Hier spielen vermutlich Glasfaserkabel, die man im Zusammenhang mit schnellem Internet kennt, eine Rolle. Beim Post-Test, bei dem die Frage, was Faserverbunde sind, nochmals vorkam, wurden die Antworten denen des Pre-Tests zugeordnet.

Beim Pre-Test zeigte sich, dass nach dem Spielen des Spiels ein besseres Verständnis, was Faserverbunde sind, entstanden ist. Spannend war auch, dass Teile der Testgruppe erkannten, dass es sich bei Faserverbunden um eine Kombination aus Fasern und Matrix handelt und eine Person sogar den Transfer zu Flugzeugen herstellte, die im ganzen Spiel nicht erwähnt werden. Teilweise wurden nur Fasern genannt, die allein keinen Faserverbund darstellen. Außerdem wurde Glas scheinbar mit Glasfasern gleichgesetzt. Ansonsten machten die Schüler*innen aber keine falschen Angaben.

Die Frage nach den Eigenschaften von Faserverbunden wurde komplett falsch beantwortet. Vermutlich konnten die Schüler*innen mit dem Begriff „Eigenschaften“ nichts anfangen, obwohl das bei einer 7. Jahrgangsstufe des Gymnasiums eher verwunderlich ist.

Die Ergebnisse der zweiten Gruppe finden sich in einer Tabelle in Anlage 12.

Interpretation:

Bei der zweiten Gruppe wurde genauso vorgegangen wie bei der ersten Gruppe. Sie spielte das Serious Game parallel zur ersten Gruppe, sodass die Frage nach den Eigenschaften nicht geändert werden konnte. Auch bei der zweiten Gruppe zeigte sich, dass die Frage nicht verstanden worden war. Bei der zweiten Gruppe waren auch Schüler*innen mit Vorwissen dabei, wie der Pre-Test zeigt. So kannten drei Schüler*innen den Begriff „Carbon“ und wussten, dass Carbon ein Faserverbund ist. Ein(e) Schüler(in) wusste, dass glasfaserverstärkter Kunststoff ein Faserverbund ist. Interessant war auch, dass bei der zweiten Gruppe natürliche Faserverbunde wie Pflanzen und Holz genannt wurden. Beim leichtesten Material wurde dreimal Carbon genannt, ansonsten auch wieder häufig Papier und auch Luft, das wurde bei der ersten Gruppe nicht erwähnt. Spannend ist, dass bei der zweiten Gruppe Kabel kein einziges Mal genannt wurden. Im Post-Test zeigte sich, dass einige Schüler*innen verstanden haben, dass ein Faserverbund aus verschiedenen Materialien besteht. Es wurden aber wieder überwiegend einzelne Faserarten genannt. Bei der zweiten Gruppe wurde auch die Faserrichtung aufgegriffen. Bis auf die Antwort, dass Faserverbunde Drähte sind, die aneinandergereiht sind, wurden von den Schüler*innen keine völlig falschen Erkenntnisse dokumentiert.

Zusammenfassend kann man sagen, dass die Schüler*innen durch die offenen Fragen konkretere und mehr Antworten geben als durch den Fragebogen. Außerdem ist festzuhalten, dass durch das Spiel neue Begrifflichkeiten übernommen werden und die Schüler*innen überwiegend erkannten, was Faserverbundmaterialien sind.

3.4 Ergebnisse Experteninterview Lehrkräfte

Wenn Serious Games im Unterricht eingesetzt werden, müssen Lehrkräfte auch eine gewisse Rollenänderung vom Wissensvermittler zu einer Art Guide oder Spieler*in mit Expertenwissen vollziehen. Sie sollten in der Lage sein, den Schüler*innen während des Lernens und des eigenständigen Entdeckens zu assistieren. (Helm & Schultheiss, 2013, S. 148–149). Bei der Auswertung des Lehrerworkshops, der zur virtuellen Welt Faszination Faserverbundwerkstoffe durchgeführt wurde, hatte sich gezeigt, dass die Lehrkräfte sich nicht in der Lage sahen, diese Aufgabe für das Medium zu übernehmen (siehe auch Kapitel V, Punkt 2.3). Aus diesem Grund wurde die summative Evaluierung noch mit einem Lehrerworkshop zum Serious Game Composites Cup on Tortuga abgerundet, um zu sehen, wie Lehrkräfte mit dem neuen Medium zurechtkommen und ob sie es im Unterricht einsetzen würden. Für die Vervollständigung des DBR-Prozesses war dieser Workshop ebenfalls sehr wichtig, denn Forschungsergebnisse werden nicht unmittelbar in Form von fertig ausgearbeiteten Aussagen handlungswirksam, sondern nur mittelbar „durch die Köpfe“ der Praktiker (in diesem Fall der Lehrkräfte) (Euler, 2014, S. 5). Ein weiterer Aspekt war, dass in den eingangs erwähnten Studien (Kapitel II, Punkt 4.1) deutlich wurde, dass Lehrkräfte nur selten oder gar nicht auf digitale Lernspiele im Unterricht zurückgreifen. Das Entwicklerteam bezog das auch darauf, dass vielen Lehrkräften nur wenige oder keine Serious Games bekannt sind. Deshalb sollte der Workshop auch für die Bewerbung des Spiels genutzt werden.

Für den Workshop waren 6 Lehrkräfte angemeldet, zwei Lehrkräfte (1x männlich, 1x weiblich) der Mittelschule und ein Mitglied des Medienzentrums (ebenfalls Lehrkraft, weiblich) nahmen teil. Leider sagten krankheitsbedingt drei Teilnehmer ab. Die Diskussionsrunde wurde aufgezeichnet und transkribiert (siehe Anlage 13). Die Analyse des Experteninterviews erfolgte nach der qualitativen Inhaltsanalyse nach Meuser und Nagel (Meuser & Nagel, 2009). Demnach wurde das Transkript paraphrasiert und danach eine thematische Zuordnung vorgenommen. Nachfolgend werden Auszüge aus dem Interview aufgeführt, die Antworten wurden dabei auf die wesentlichen Aspekte gekürzt.

Interviewer: *Wir würden Sie generell mal um Ihre Einschätzung bitten, wie Sie digitale Lernspiele im Unterricht sehen. Haben Sie die selber schon mal eingesetzt? Was denken Sie bzw. was macht für Sie ein gutes digitales Lernspiel aus?*

L1: „Es muss pädagogisch gut begleitet sein und man muss es mit dem normalen Unterricht verknüpfen können. Es muss eine gewisse Komplexität aufweisen, dass die Schüler nicht nach einer halben Stunde sagen, ihnen ist langweilig.“ Siehe Anlage 13a, #00:08:33-8#.

L2: „Also ich weiß von einem Englischlehrer bei mir, dass er seinen Schülern eine App empfohlen hat. [...] Ansonsten denke ich, dass die Spiele einfach zu handhaben, nicht zu komplexe und schwierige Texte beinhalten sollten.“ Siehe Anlage 13a, #00:09:17-9#.

Interviewer: *Wurden Sie im Studium mit digitalen Spielen konfrontiert?*

L1: „Nein.“ Siehe Anlage 13a, #00:10:13-8#.

L2: „Ich bin 2007 mit dem Studium fertig geworden, da war es kein Thema.“ Siehe Anlage 13a, #00:10:42-6#.

Nach den ersten Fragen spielten die Lehrkräfte das Spiel. Sie erhielten vorab keinerlei Informationen zur Handhabung des Spiels, Anbindung an den Unterricht zur Zielgruppe etc.

Interviewer: *Wie hat Ihnen das Spiel insgesamt gefallen? Wie sind Sie mit der technischen Handhabung zufrieden? Finden Sie das Spiel intuitiv?*

L1: „Also ich fand es sehr liebevoll gestaltet, das hat mir schon sehr gut gefallen. Die technische Handhabung, fand ich, war sehr intuitiv, es war kein Problem, einfach drauf zu klicken und das zu machen. Intuition und technische Handhabung, finde ich, gehört auch zusammen. Das war beides sehr gut. Da musste man sich nicht erstmal fünf Minuten reindenken und schauen, wie es funktioniert. Gut gefallen haben mir die verschiedenen Levels, die angeboten worden sind. Von dem her fand ich es sehr gelungen. Auch die Idee finde ich gut. Es hat mir schon sehr gefallen, es war schön veranschaulicht welches Material, welche Belastbarkeit, welche Kosten, wie das ineinandergreift. [...] Ich finde es ein relativ spezielles Thema im Endeffekt, das ist das, was ich etwas einschränkend sagen würde. Aber es

hat auf alle Fälle Spaß gemacht.“ Anmerkung: L1 spielte das Spiel komplett durch. Siehe Anlage 13b, #00:01:34-1#.

L2: „Also es war einfach, sich da gleich durchzuklicken, das auf jeden Fall. Am Anfang habe ich doch noch ein bisschen länger gebraucht und da könnte man noch etwas feinjustieren. Also ich wüsste jetzt nicht irgendwie, warum ich dieses Spiel weiterspielen soll, wenn ich ehrlich bin.“ Anmerkung: L2 spielte nur die ersten beiden Level. Siehe Anlage 13b, #00:02:18-2# und #00:02:41-8#.

Mitglied Medienzentrums: „Also ich mag solche Jump and Run Spiele eigentlich gar nicht und ich tu mich da echt schwer mit diesem Springen und Hüpfen und so. Ich habe mir das beim ersten Mal auch gedacht, als ich das Spiel gespielt habe. Mann, wo setzt man das denn ein? [...] Vorstellen könnte ich es mir im WG-Unterricht [Werken und Gestalten] und in PCB [Physik-Chemie-Biologie].“ Siehe Anlage 13b, #00:03:36-7#.

Was denken Sie, für welche Jahrgangsstufe das Spiel ist? Kann man dadurch einen Lernzuwachs erlangen oder ist es eher ein Try and Error-Lernen? Würden Sie das Spiel im Unterricht einsetzen?

L2: „Ich habe PCB noch nicht jenseits der 6. Jahrgangsstufe gegeben[...]. Ich könnte mir vorstellen, dass man es bei Werkstoffkunde, im Bereich Technik bei Klasse 7,8,9 einsetzen könnte. PCB weiß ich nicht, könnte ich mir vorstellen, dass man sowas im Chemiebereich nutzen kann, vielleicht im Fächerverbund. Dementsprechend glaube ich, dass es gerade in die 7., 8. Jahrgangsstufe gut passen würde von der Thematik. Drunter würde es wahrscheinlich vom Thema her zu hochgegriffen sein.“ [...] Siehe Anlage 13b, #00:04:50-3#.

Mitglied Medienzentrums: „[...] punktuell ist da sicher ein Lernzuwachs da. Es kommt auch immer drauf an, was sie [Schüler*innen] sich behalten, was sie sich dann auch genau durchlesen. Aber man könnte es zum Beispiel wieder punktuell aufgreifen. Ich denke, so ein Spiel kann man nicht allein spielen. Man muss immer wieder im Sinn von Blended Learning, also ich spiele und ich hole mir das dann in der Klasse im Plenum zusammen, agieren. Und ich spiele dann wieder und hole mir es wieder im Plenum zusammen. [...]“ Siehe Anlage 13b, #00:05:44-6#.

L2: „Also ich habe jetzt konkret gelernt, dass es bei Materialien verschiedene Belastbarkeiten gibt und dass aber mit der Belastbarkeit auch die Kosten zunehmen. Das habe ich mir gemerkt. Der ökologische Faktor, den habe ich so ein bisschen im Hinterkopf mitbekommen, wobei er für mich jetzt nicht so deutlich im Spiel rauskam. [...] Ich fände es jetzt auch schön, das auch mal zu sehen. Also was sind jetzt so Carbonfasern und Baumwolle? Da bräuchte ich auch etwas Haptisches im Unterricht, damit man das dann richtig begreift, und dass man dann nochmal richtig dran zieht und klar es bricht, sowas. Ich fände auch die Verknüpfung mit der Realität wäre jetzt gut. Dass man die Materialien auch mal daliegen hat und sie mal anfassen kann.“ Siehe Anlage 13b, #00:06:08-0#.

*Interviewer berichtet vom Lernzirkel und schlägt vor, die Schüler*innen erst das Spiel spielen zu lassen und dann den Lernzirkel einzusetzen.*

L2: „Also ich finde auch so genau die Reihenfolge gut. Wenn ich Schüler wäre, würde ich es gerne anfassen. Andersrum möchte ich es wahrscheinlich sehen und denken, ja gut, da liegt jetzt eine Carbon- oder Baumwollfaser und da steht vielleicht eine Eigenschaft dabei. Das ist zu wenig. [...]. Diese Kombi-Reihenfolge würde mich sehr ansprechen. Siehe Anlage 13b, #00:11:11-6#.

Zusammenfassung Interview:

Für das Entwicklerteam war im Wesentlichen wichtig, dass die Lehrkräfte das Spiel ohne Anleitung spielen konnten und die Bedienung als intuitiv einschätzten. Dass Serious Games nur dann im Unterricht eingesetzt werden können, wenn sie mit dem Lehrplan verknüpft werden können und pädagogisch gut begleitet werden, stand bei der Entwicklung von Anfang an im Fokus (siehe auch Kapitel IV). Interessant war auch, dass beide Lehrkräfte (35-40 Jahre) bisher keine digitalen Lernspiele im Unterricht eingesetzt hatten. Die Lehrkräfte schätzten die Zielgruppe richtig ein, eine Bestätigung für das Entwicklerteam, dass die Gestaltung und der Schwierigkeitsgrad richtig gewählt wurden. Die Idee, das Spiel im Blended Learning Modus zu spielen, fand das Entwicklerteam sehr interessant, letztendlich zeigen auch die Auswertungen des Lernzuwachses, dass die Schüler*innen nach dem Spiel nochmal eine angeleitete Ergebnissicherung benötigen. Das Spiel levelweise spielen zu lassen und danach die Erkenntnisse mit den Schüler*innen zusammenzutragen, ist technisch möglich. Dieser Aspekt sollte bei den Einsatzempfehlungen des Spiels berücksichtigt werden. Spannend war auch der Ansatz der Lehrkraft L2, die eine Ergänzung des Spiels durch haptische Materialien notwendig findet. Der in der Arbeit ebenfalls vorgestellte Lernzirkel könnte diese Erweiterung des Spiels darstellen.

3.5 Fazit summative Evaluierung

Bei einem guten Serious Game sollen zwei grundlegende Auswirkungen durch die Evaluation bewiesen werden: Das Spiel sollte eine gute Nutzererfahrung auslösen und einen definierten Zweck verfolgen (Göbel et al., 2013). Diese beiden Aspekte können mit der Auswertung der summativen Evaluierung weitestgehend bestätigt werden. Die Spieler hatten im Durchschnitt eine gute Nutzererfahrung, wie die Auswertung des GEQ zeigt, und der definierte Zweck, nämlich Lerninhalte zu vermitteln, konnte, wenn auch nur ansatzweise, bestätigt werden. An dieser Stelle muss man festhalten, dass der tatsächliche Lernzuwachs nur dann effektiv nachgewiesen werden kann, wenn man ihn in einer Langzeitstudie nochmal hätte abfragen können. Leider war es nicht möglich, mehrere Messzeitpunkte zu wählen, da die Schüler*innen nur einmal im Schülerlabor waren und eine Erhebung an den Schulen in Bayern genehmigungspflichtig ist. Die Wahl der Methoden und Instrumente hat gezeigt, dass der GEQ-Fragebogen einen guten Überblick über die grundsätzliche Einschätzung beziehungsweise die Nutzungserfahrungen der Schüler*innen gibt (der GEQ wird im Kapitel VII beim Fazit zur Arbeit nochmal aufgegriffen). Um eine detaillierte Rückmeldung von den Testpersonen zu erhalten, sollte auf jeden Fall auch eine qualitative Methode angewandt werden. Das Format World Café hat hierbei gut funktioniert, weil sich die Schüler*innen im Gespräch mit anderen Klassenkamerad*innen schneller öffnen, als wenn sie sich mit dem Entwicklerteam direkt unterhalten und nach ihrem Feedback gefragt werden. Zu Beginn der formativen Evaluierung (siehe dieses Kapitel 1.1.3) wurde mit den Testenden direkt gesprochen. Bei dieser Herangehensweise spielt vermutlich auch die soziale Erwünschtheit (Döring & Bortz, 2016, S. 437) eine Rolle. Die Schüler*innen könnten eher geneigt sein, nicht zu viel negative Dinge zu nennen oder ihre Meinung gar nicht ehrlich zu sagen, weil sie das Entwicklerteam nicht kritisieren möchten. Bei der Diskussion im World Café hatte man aus Beobachtersicht den Eindruck, dass die Schüler*innen ungezwungener diskutierten.

Euler (2014) hat Kernfragen formuliert, die bei der Auswertung einer summativen Evaluierung bedacht werden sollten. Diese werde nachfolgend angeführt und im Kontext der vorliegenden Arbeit erläutert.

- „Inwieweit leistet eine summative Evaluation der entwickelten Maßnahme im Vergleich zur formativen Evaluation weitergehende Erkenntnisse, die den forschungsökonomischen Aufwand rechtfertigen“ (Euler, 2014, S. 23)?

Die summative Evaluierung lieferte im vorliegenden Fall eine erste Erkenntnis zum Lernzuwachs und damit bei einem Serious Game auch zur Wirksamkeit. Bei der Auswertung der Ergebnisse zeigte

sich, dass quantitative Erhebungsinstrumente für einen ersten Eindruck einen guten Überblick geben können, für detailliertere Angaben der Schüler*innen aber unbedingt qualitative Methoden eingesetzt werden sollten. Bei den Auswertungen zu den durch das Spiel gewonnen Lerninhalten offenbarte sich, dass die Schüler*innen unbedingt eine weitere Ergebnissicherung und Einordnung benötigen. Der forschungsökonomische Aufwand war aus Sicht des Entwicklerteams gerechtfertigt, da mit der summativen Evaluierung nochmal verdeutlicht werden konnte, dass das Spiel eine gute Nutzererfahrung bietet und die Schüler*innen nicht über- oder unterfordert, (vgl. hierzu auch (Gee, 2005, S.155)).

- „Bietet die jeweilige Bildungspraxis ein Untersuchungsfeld, das die Einhaltung zentraler Standards (u.a. Experimentalf/Kontrollgruppendesign; Stichprobengröße und fäuswahl; akzeptable Rücklaufquoten bei der Datenerhebung) für die Durchführung einer summativen Evaluation gewährleistet“ (Euler, 2014, S. 23)?

Mit einer Stichprobe von N=167 Schüler*innen war die Stichprobe groß genug und eine Unterteilung in Experimental- und Kontrollgruppen und die Erhebung mit weiteren Evaluierungsinstrumenten möglich.

- „Inwieweit sind ‚Störfaktoren‘ antizipierbar und durch geeignete Schritte im Untersuchungsdesign begrenzenbar“ (Euler, 2014, S. 23)?

Alle Erhebungen wurden am gleichen außerschulischen Ort (School_Lab Uni Augsburg) durchgeführt und von denselben Personen angeleitet. So wurde versucht, umwelt- und untersuchungsbedingte Störvariablen zu minimieren (Döring & Bortz, 2016, S. 196). Ein grundsätzlicher Störfaktor bei der Auswertung aller Ergebnisse war, dass jeder Spieldurchgang anders abläuft. Das Spiel ist zwar in sich geschlossen, die Schüler*innen können aber selbst wählen, welche Aufgabe eines Levels sie zuerst spielen. Deshalb gleicht das Erlebnis des/der einen Spieler*in nie ganz genau dem Erlebnis des/der anderen Spieler*in. Die Interaktivität und die Dynamik von digitalen Spielen machen eine Generalisierung von Befunden daher nur bedingt möglich (Shapiro & Pena, 2009, 394). Weitere Störfaktoren, wie beispielsweise die bewusste Zusammenstellung der Gruppen (welche Schüler*innen spielen das Spiel, welche durchlaufen den Lernzirkel) wurden bei der Untersuchung nicht berücksichtigt.

- „Wie können die Befunde aus der summativen Evaluation mit den Gestaltungsprinzipien verbunden werden und die Aussagekraft über die Intervention insgesamt stärken“ (Euler, 2014, S. 23)?

Die Befunde der summativen Evaluierung zeigen, dass die Gestaltung des Serious Games für die Zielgruppe geeignet ist, da es ein gutes Nutzungserlebnis und auch Lerninhalte vermittelt. Durch die vorgeschaltete formative Evaluation konnte gezeigt werden, dass die Gestaltung des Mediums einen

wesentlichen Einfluss darauf hat, ob die Spielenden das Spiel eigenständig spielen können und als intuitiv empfinden. Es wurde beispielsweise deutlich, dass die Testpersonen wesentlich mehr visuelle Unterstützung bei der Bedienung benötigen, als das Entwicklerteam vermutet hätte. Als Beispiel soll hier nochmal der Start des Spiels genannt werden (vgl. hierzu auch Punkt 1.2.1). Der blinkende Piratenhaken hatte nicht ausgereicht, die Spielenden dazu zu animieren, auf das Symbol zu klicken, um weiterspielen zu können. Erst nachdem der Text „Wähle deinen Piraten“ hinzugefügt wurde, wussten die Schüler*innen, was zu tun ist. Die Erfahrungen mit der virtuellen Welt FaziFa (siehe Kapitel V., Punkt 2.3) hatten außerdem gezeigt, dass eine formative Evaluierung bei der Neuerstellung eines digitalen Mediums zwingend erforderlich ist. Für das Entwicklerteam war bei der summativen Evaluierung ebenfalls wichtig herauszufinden, ob das Serious Game auch im Unterricht zum Einsatz kommen könnte. Nach den Aussagen der Lehrkräfte, die das Serious Game im Schülerlabor kennenlernten (als sie ihre Schüler*innen beim Spielen beobachteten) und nach der Auswertung des Lehrerworkshops (siehe vorausgehender Punkt 3.4), kann angenommen werden, dass das Spiel im Unterricht eingesetzt werden kann. Wie es konkret eingebunden werden könnte, wird im letzten Kapitel dieser Arbeit erläutert.

VII. Diskussion

Abschließend soll die vorgenommene Entwicklungsforschung einer Reflexion unterzogen werden. Ziel des Forschungsprojekts war es, ein interaktives, digitales Medium zu entwickeln, welches Schüler*innen das Material Faserverbundwerkstoffe auf spielerische Art und Weise näherbringt. Nach der Entwicklung und Erprobung des ersten Mediums (virtuelle Welt FaziFa) stellte man fest, dass dieses nicht so optimiert werden konnte, dass es in der Praxis (im Schülerlabor oder im Schulalltag) Verwendung finden würde. Die Gründe wurden in der vorliegenden Arbeit (siehe Kapitel V. Punkt 2.3) ausführlich dargelegt. Bei der Entwicklung des zweiten Mediums (Serious Game Composites Cup on Tortuga) entschied man sich, den DBR-Ansatz anzuwenden und das Spiel schrittweise mit der Zielgruppe zu evaluieren und weiterzuentwickeln.

Nachfolgend soll rückwirkend ein Blick auf die gewählte Vorgehensweise, die Zielsetzung und die ausgewählten Methoden bei der Entwicklung des Serious Games Composites Cup on Tortuga geworfen werden.

1. Fazit und Defizite medienpädagogischer Anknüpfung

Im Kapitel II wurde eine medienpädagogische Einordnung der Arbeit vorgenommen. Die Entwicklung des digitalen Mediums sollte dabei einen Beitrag leisten, die Komponenten „Mediengestaltung“, „Mediennutzung“, „Medienkunde“ (Baacke, 1997) mit Leben zu füllen. Des Weiteren sollten die Herangehensweisen „Learning to Use ICT“ und „Using ICT to Learn“ (Schmid et al., 2017) adressiert und die technologische sowie die anwendungsbezogene Perspektive des Dagstuhl-Dreiecks (Gesellschaft für Informatik e.V., 2016) aufgegriffen werden. Unter Kapitel 5, Punkt 2.3 wurde der Abgleich mit der virtuellen Welt bereits erläutert.

Die vorliegende Arbeit zeigt im Hinblick auf die Mediengestaltung, welche Aspekte bei der didaktischen und grafischen Gestaltung und Entwicklung von Serious Games für den Einsatz mit Schüler*innen zu beachten sind (siehe hierzu Kapitel V. Punkt 3 und Kapitel VI. Punkt 3.2 bis einschließlich 3.3). Der Ansatz Learning to Use ICT war bei der Entwicklung der virtuellen Welt Faszination

Faserverbundwerkstoffe ein wesentlicher Aspekt für die Wahl der Programmierumgebung. Ein Ziel war, dass die Lehrkräfte die virtuelle Welt danach selbst oder mit ihren Schüler*innen weiterentwickeln können. Das hat auf Grund der bereits unter Kapitel V., Punkt 2.3 genannten Gründe nicht geklappt. Bei der Entwicklung des Serious Games Composites Cup on Tortuga konnte diesem Ansatz und auch dem Aspekt der technologischen Perspektive des Dagstuhl-Dreiecks nur bedingt nachgekommen werden. Die genutzte Programmierumgebung Unity setzt tiefgehende Informatikkenntnisse voraus, die nicht mit einem Workshop vermittelt werden können. Das fertige Serious Game kann also nicht mit der Zielgruppe oder von Lehrkräften technisch weiterentwickelt werden. Die Arbeit leistet aber sicher einen Beitrag dazu, zu zeigen, wie einfach eine App auf dem Tablet installiert werden kann und dass die Schüler*innen das Spiel auch ohne weitere Hardware (Tastaturen, Maus etc.) spielen können. Das Kapitel IV. Relevanz des digitalen Mediums zum Thema Faserverbund für den Schulunterricht zeigt im Hinblick auf die Mediennutzung und die anwendungsbezogene Perspektive der Dagstuhl-Erklärung, welche Anknüpfungspunkte die aktuellen Lehrpläne für den Einsatz des Serious Games bieten und dass eine Lehrplananbindung eindeutig gegeben ist.

Die Erläuterungen im Kapitel III. Spielerisches Lernen können sicherlich einen Beitrag zur Medienkunde leisten. Wie in den zitierten Studien im Kapitel II. 4.1 gezeigt wurde, kennen viele Lehrkräfte Serious Games nicht oder setzen sie vielleicht, weil sie nicht wissen, wie sie sinnvoll in den Unterricht eingebunden werden können oder die technischen Herausforderungen scheuen, nicht im Unterricht ein. Die vorliegende Arbeit verdeutlicht, dass Serious Games (kommt natürlich immer auf die technische Umsetzung des jeweiligen Spiels an) als App auch relativ unkompliziert und teilweise auch ohne Internetverbindung eingesetzt werden können.

Verbindung mit SAMR-Modell und ICAP-Modell

Daran anschließend kann man festhalten, dass es sich beim Serious Game Composites Cup on Tortuga um ein Medium handelt, das sich im Bereich der Redefinition (Neubelegung) des SAMR-Modelles (Puentedura, 2012) befindet. Das Serious Game ermöglicht die Auseinandersetzung mit den Eigenschaften von Faserverbundwerkstoffen mit realen Materialwerten, die bei den Aufgaben hinterlegt wurden. Faserverbundmaterialien sind, wie im Kapitel IV. bereits beschrieben, in der Regel sehr teuer (vor allem Carbon) und können teilweise auch nur unter Laborbedingungen (z.B. wegen der elektrischen Leitfähigkeit von Carbonfasern, die in nicht abgesaugten Räumen zu Kurzschlüssen führen können) eingesetzt werden. Durch das Serious Game haben Schüler*innen die Möglichkeit, die

Eigenschaften von Faserverbundwerkstoffen kennenzulernen und selbstständig zu testen, indem sie mit ihnen in den Aufgaben digital experimentieren. Das Serious Game lässt sich für den Ansatz Using ICT to Learn verwenden (siehe auch die Ergebnisse der summativen Evaluierung, auch wenn der Lernzuwachs nur eine Momentaufnahme nach dem Spiel war). Inwiefern Composites Cup on Tortuga ein Lernmaterial darstellt, welches die Schüler*innen zu einem konstruktiven oder interaktiven Lernen im Sinne des ICAP-Modells (Chi & Wylie, 2014) anregt, konnte in der summativen Evaluierung nur bedingt adressiert werden. Das Spiel versetzt die Schüler*innen auf jeden Fall in die Lage, selbstständig aktiv zu sein. Sie können entscheiden, ob sie Informationstexte lesen, wie oft sie diese lesen oder ob sie sich diese anhören möchten. Die Aufgaben können einfach ausprobiert und auch mehrmals wiederholt werden. Die Testenden erhalten auch ein Fehlerfeedback, so dass sie die Möglichkeit haben, die Aufgaben nochmals zu wiederholen, nochmals zu lesen etc. Aus den aufgezählten Möglichkeiten könnte man auf ein Medium schließen, dass ein konstruktives Lernen ermöglicht. Ob das Medium zu einem interaktiven Lernen beitragen kann, müsste in verschiedenen Einsatzformen, die einen kommunikativen Austausch ermöglichen (siehe auch nachfolgendes Kapitel), getestet werden. In den einzelnen Levels ist auf jeden Fall ein Wissenstransfer notwendig, da die Level aufeinander aufbauen und gerade die letzten Aufgaben nur gelöst werden können, wenn die Lerninhalte der vorausgegangenen Level kombiniert werden.

Festgehalten werden muss, dass auf Grund der Schwierigkeiten, eine Programmierumgebung zu finden, die auch Personen ohne tiefgehende Informatikkenntnisse verwenden können, die Ansätze Learning to use ICT und die technologische Perspektive der Dagstuhl-Erklärung nicht so umgesetzt werden konnten, wie ursprünglich geplant. Mittlerweile gibt es aber neue Programmiermöglichkeiten (siehe unter anderem auch Kapitel III, Punkt 4.3.1), die es ermöglichen, mit Schüler*innen virtuelle Welten (vielleicht auch mit Anteilen eines Serious Games) selbst zu programmieren, diese sind allerdings in den meisten Fällen kostenpflichtig.

2. Fazit und Defizite der Wahl der Erhebungsinstrumente und Methoden

Die Leitfragen des Entwicklungsprozesses von Composites Cup on Tortuga waren:

- Wie muss ein Serious Game gestaltet sein, damit es am außerschulischen Lernort als Intervention für die Einführung des fachwissenschaftlichen Themas Faserverbund zum Einsatz kommen kann?
- Wie kann ein Serious Game gestaltet werden, damit es intuitiv und selbsterklärend in der Handhabung ist?
- Welche Gestaltungsprinzipien benötigt ein Serious Game, damit es wirksam ist (z.B. Lernzuwachs generiert, die Motivation steigert, Schüler*innen zum konstruktiven Lernen anregt)?

Antwortmöglichkeiten auf diese Fragen sollten mit einer umfangreichen Evaluationsstudie (siehe Kapitel VI) gefunden werden. Das Spiel wurde insgesamt mit N=434 Schüler*innen und N=19 Expert*innen evaluiert (die Beschreibung der Stichproben findet sich in den einzelnen Evaluationsschritten (siehe vorausgehendes Kapitel Punkt 3.2 bis 3.3 und Punkt 4.3 bis 4.6).

Die eingesetzten Evaluierungsinstrumente zur Generierung von Gestaltungsprinzipien eignen sich grundsätzlich für eine Entwicklungsforschung dieser Art. Fragebögen ermöglichen ein schnelles Feedback von großen Gruppen (Döring & Bortz, 2016, S. 398), sind aber nicht so detailergiebig wie qualitative Erhebungsinstrumente (Döring & Bortz, 2016, S. 398), wie bereits im Fazit zur summativen Evaluierung in dieser Arbeit ausgeführt wurde.

Formative Evaluierung

Der selbst konzipierte Fragebogen F1, der für die formative Entwicklung entworfen wurde, gab dem Entwicklerteam wertvolle Hinweise bei der Entwicklung des Spiels, bot den Schüler*innen aber nicht so viele Möglichkeiten, eine individuellere Rückmeldung zu geben. Das wurde beim vorliegenden Entwicklungsprojekt auch mit einkalkuliert, da am Ende auf jeden Fall ein fertiges digitales Medium stehen sollte und der Zeitaufwand für die Auswertung individueller Feedbacks enorm ist. Die bei der summativen Evaluierung erprobten qualitativen Feedbacks (World-Café und Abfragen mit Moderationskarten) zeigten, dass die Schüler*innen durchaus bereit sind, sich in die Entwicklung eines Lernmediums konstruktiv einzubringen. Die Kritikpunkte, die beim Fragebogen F1 außerdem aufgefallen

sind, wurden bereits im Kapitel VI. Punkt 3.3 „Fazit formative Evaluierung“ ausführlich erläutert. Hier ging es vor allem um kleinere Wortänderungen. Bei den genutzten Formulierungen hatten die Schüler*innen teilweise etwas zu viel Interpretationsspielraum. Beim PreTest und beim ersten Durchlauf zeigte sich auch, dass durch die Option „neutral“ im Fragebogen bei den Schüler*innen überwiegend eine „Tendenz zur Mitte“ (Döring & Bortz, 2016, S. 253) entstand. Aus diesem Grund wurde diese Auswahlmöglichkeit nach dem PreTest und dem ersten Durchlauf entfernt.

Der Einsatz des technischen Evaluierungsinstruments „Kraken“ gab für die Spielentwicklung entscheidende Impulse. Bei diesem Datenerhebungsinstrument konnte auch das Phänomen der sozialen Erwünschtheit (Döring & Bortz, 2016, S. 437) ausgeschlossen werden, weil die Evaluierung im Hintergrund läuft und die Testpersonen sie auch nicht von einer Person ausgeteilt und/oder angeleitet bekommen. Die Daten werden generiert, wenn die einzelnen Spieler*innen die Aufgaben lösen. Göbel et al. (2013), S.111 plädieren dafür, die Spielenden über Elektroden, die an der Haut angebracht werden müssen, mit dem Serious Game zu verbinden. Nur so könnte man detailliertere Ergebnisse zum Spielerleben erhalten, da qualitative Interviews und Fragebögen keine echtzeit- und eventbezogenen Messungen bieten können. Diese Art der Erhebungen wäre in der vorliegenden Arbeit überhaupt nicht möglich gewesen und spielt aus Sicht des Entwicklerteams bei einem Serious Game, welches wie Composites Cup on Tortuga gestaltet ist (also ohne VR-AR-Verknüpfung), auch nur eine untergeordnete Rolle. Es ist auch zu beachten, dass die Entwicklung des Kraken-Systems, der Aufwand den Server aufzusetzen und die Eventdaten auszuwerten, mit einem erheblichen Zeiteinsatz verbunden ist. Aus Sicht des Entwicklerteams macht es also nur Sinn, dieses technische Evaluierungsinstrument einzusetzen, wenn man gezielt für einen bestimmten Spielablauf Informationen erheben möchte.

Die Experteninterviews erwiesen sich als sehr hilfreich und bis auf die Befragung der Usability-Studierenden (Punkt 3.2.5) wurden sie auch zum richtigen Zeitpunkt durchgeführt. Die letztgenannte Befragung hätte früher erfolgen sollen, vermutlich hätte sich noch die ein oder andere optimalere Umsetzung in der Spielmechanik finden lassen, wobei die technischen „Spielereien“ dann vielleicht auch überhandgenommen hätten.

Festgehalten werden kann, dass mit den Instrumenten und Methoden der formativen Evaluierung ein Serious Game entwickelt werden konnte, das von den Testenden als intuitiv und selbsterklärend empfunden wurde.

Summative Evaluierung

Bei der summativen Evaluierung wurde der Fragebogen Game Experience Questionnaire „GEQ“ (IJsselsteijn et al., 2013) verwendet, dessen Skala in der deutschen Übersetzung nicht ganz so optimal ist. Die Abstufungen „überhaupt nicht“, „etwas“, „mittelmäßig“, „ziemlich“ und „extrem“ wurden von den Schüler*innen zwar angenommen (deshalb wurde auch ein umfangreicher PreTest durchgeführt) und stellten sie vor keine größeren Probleme, für eine weitere Nutzung des GEQ im Schulkontext sollte aber über eine Anpassung der Skala nachgedacht werden. Im vorliegenden Forschungsprojekt wurde das bewusst nicht gemacht, um nicht in einen statistisch geprüften Fragebogen einzugreifen und ggf. die Vergleichbarkeit der Ergebnisse zu gefährden. Es gibt weitere Fragebögen zum Spielererleben in virtuellen Welten und für die Evaluierung von Serious Games (Göbel et al., 2013; Scheuchenpflug, Ruspa & Quattrocolo, 1999), diese passten aber nicht zu den Anforderungen des Entwicklerteams und zu den Inhalten des Spiels (vgl. hierzu auch Kapitel VI., 2.2). Der GEQ zeigte, dass die Testpersonen grundsätzlich eine gute Nutzererfahrung mit dem Serious Game hatten. Festzuhalten ist aber, dass sie diese auch beim analogen Lernzirkel Faserverbund verspürten, der mit demselben Fragebogen evaluiert wurde. Leider konnten keine Interpretationsvorschriften für den GEQ gefunden werden, auch eine Nachfrage beim Autor blieb erfolglos. Deshalb wurden die Mittelwerte der beiden Medien verglichen. Der dritte Fragebogen, der auch bei der summativen Evaluierung zum Einsatz kam und zeigen sollte, ob die Schüler*innen Lerninhalte des Spiels / des Lernzirkels behalten, würde bei einer erneuten Studie nicht mehr zum Einsatz kommen. Die Schüler*innen konnten mit den offenen Wissensfragen wenig anfangen und taten sich sichtlich schwer, die durch das Spiel kennengelernten Lerninhalte zu verschriftlichen. Hier würde bei einer erneuten Erprobung einer neuen Intervention eine Gruppendiskussion wie das World Café zum Einsatz kommen. In diesem Zusammenhang muss auch nochmals erwähnt werden, dass für eine Beurteilung eines Lernzuwachses Langzeitstudien notwendig wären, die eine enge Einbindung von Schulen notwendig macht. Erhebungen an Schulen sind in Bayern genehmigungspflichtig⁹⁴ und schränken die Möglichkeiten, die notwendigen mehrfachen Erhebungszeitpunkte durchzuführen, ein. Im Falle des vorliegenden Projekts war eine zusätzliche, zeitversetzte Erhebung an den Schulen nicht möglich. Nur wiederholte Untersuchungen nach dem Einsatz eines Serious Games oder einer anderen DGBL-Maßnahme können Aufschlüsse über langfristige Effekte geben. Hierzu müssten auch weitere Daten der Spielenden erhoben werden, zum Beispiel Entwicklungsstand, Bildungshintergrund, Spielerfahrung etc. (Breuer, 2010, S. 36). In der vorliegenden Arbeit

⁹⁴ Zugriff am 05.08.2017 <https://www.km.bayern.de/ministerium/statistiken-und-forschung/forschung-an-schulen.html>

wurden nur das Geschlecht, die Schulart⁹⁵, die Jahrgangsstufe und bei der summativen Evaluierung die Fächerpräferenz der Schüler*innen abgefragt.

Mit einer Langzeitstudie könnte man auch einem eventuellen „Neuheitseffekt“ begegnen. Man müsste testen, ob die Effekte bei einem wiederholten Einsatz des Spiels ähnlich sind, oder ob sie nur an der Tatsache liegen, dass das Medium für die Testenden neu (Hamari, Koivisto & Sarsa, 2014, S. 3028). Abschließend kann also festgehalten werden, dass die Evaluierung mit den ausgewählten Evaluierungsinstrumenten erfolgreich war und auch die summative Evaluierung noch neue Erkenntnisse gebracht hat. Die Frage „Welche Gestaltungsprinzipien benötigt ein Serious Game, damit es wirksam ist (z.B. Lernzuwachs generiert, die Motivation steigert, Schüler*innen zum konstruktiven Lernen anregt)?“ konnte in der Arbeit auf Grund der Rahmenbedingungen für Langzeitstudien nicht ausführlich und abschließend behandelt werden.

3. Fazit und Defizite der Anwendung des DBR-Ansatzes

Der Aufsatz „Design Research – ein Paradigma in Entwicklung“ (Euler, 2014) wurde als Orientierungshilfe für die Umsetzung des DBR-Prozesses verwendet. Am Ende dieser Veröffentlichung formuliert Euler Fragen, die den durchgeführten DBR-Prozess reflektieren sollen. Nachfolgend werden zwei Fragen, die sich mit der vorliegenden Arbeit verbinden lassen, erläutert.

- Inwieweit führt Design Research zu innovativen Praxisentwicklungen“ (Euler, 2014, S. 26)?
Serious Games sind derzeit noch kein Standard an deutschen Schulen (vergleiche hierzu auch (Bredl & Groß, 2012; Helm & Schultheiss, 2013)) und die eingangs unter Kapitel II., Punkt 4.1 zitierten Studien). Die im Rahmen der Entwicklungsforschung befragten Lehrkräfte stützten diese Einschätzung, ebenso die Aussagen der Schüler*innen. Ob Serious Games in der heutigen Zeit noch eine innovative Praxisentwicklung sind, ist fraglich, da eine Vielzahl von Spielen, die im Unterricht eingesetzt werden könnten, zur Verfügung steht. Die vorliegende Forschungsarbeit kann vielleicht in der Hinsicht zu einer innovativen Praxisentwicklung beigetragen, dass durch die Konzeption und Erprobung des Spiels und durch die Beschreibung beim Lesenden Ideen entstehen, wie Serious Games im Unterricht / in der Praxis eingesetzt werden können.

⁹⁵ Anmerkung: In der Auswertung wurde nicht explizit auf die unterschiedlichen Schularten eingegangen. Das Spiel wurde bewusst für den schulartenübergreifenden Einsatz erstellt und wie schon im Kapitel IV. beschrieben, kann es in diversen Kontexten eingesetzt werden.

Bei den eingangs zitierten Studien und Projekten zu Serious Games oder anderen DGBL-Maßnahmen war ein Ergebnis, dass Lehrkräfte den Einsatz dieser digitalen Formate eher ablehnen, weil sie diese mit großen technischen Herausforderungen und zeitlichem Aufwand in Verbindung bringen (Schmid et al., 2017, S. 22; Wagner & Mitgutsch, 2009, S. 2). Bei der Entwicklung des Serious Games Composites Cup on Tortuga wurde deshalb auch ein großer Fokus auf die intuitive Handhabung des Mediums gelegt. Lehrkräfte, die das Spiel testeten, bestätigten, dass es einfach zu handhaben ist, das Feedback der testenden Schüler*innen zeigte ebenfalls, dass diese auch keinerlei Probleme bei der Bedienung des Spiels hatten. Da für das Spielen des Spiels auch keine Internetverbindung notwendig ist, kann das Spiel auch unabhängig von der Internet-Ausstattung einer Schule gespielt werden. Das Serious Game kann durch die einfache Handhabung vielleicht eher dazu motivieren, das Spiel im Unterricht einzusetzen. Eventuelle Hemmungen, technische Neuheiten im Unterricht zu verwenden, bei denen die Schüler*innen in der technischen Bedienung unterstützt werden müssten, können so vielleicht abgebaut werden.

- „Welche Methoden sind bei der Generierung von Gestaltungsprinzipien bzw. Theorien anwendbar“ (Euler, 2014, S. 26)?

Für Design-Based Research liegt kein detailliert ausgearbeitetes Regelwerk vor, wie es bei etablierten Paradigmata der Fall ist (Euler, 2014, S. 7). In diesem Kontext ist auch die Kritik von Shavelson, Phillips, Towne und Feuer (2003, S. 27) einzuordnen, die das Fehlen methodischer Strenge und klarer Standards beim DBR-Prozess beklagen.

Bei der vorliegenden Arbeit wurde das zu Beginn angelegte und ausgewählte Evaluierungsdesign konsequent durchgehalten, ebenso die Abfolge der einzelnen DBR-Phasen. Durch die Anwendung des DBR-Ansatzes können Erkenntnisse gewonnen werden, die primär als Gestaltungsprinzipien formuliert sind und in einem ausgewiesenen Anwendungskontext geprüft wurden. Sie sind nicht als technologische Anleitungen zu verstehen (Euler, 2014, S. 4). Die vorliegende Arbeit liefert also keine Beschreibung, wie ein Serious Game technisch (Programmiercodes etc.) zu konzipieren ist, sondern bietet einen Einblick, welche gestaltungstechnischen Lösungen eine Optimierung des digitalen Mediums und damit eine höhere Akzeptanz bei den Nutzern herbeiführten. Im Fazit zum vorhergehenden Punkt 2 wurde bereits ausführlich erläutert, welche Maßnahmen und Erhebungsinstrumente sich für die designbasierte Entwicklung von Serious Games eignen.

Zusammenfassend kann man sagen, dass sich die Anwendung des DBR-Ansatzes beim Serious Game Composites Cup on Tortuga als zielführend erwiesen hat. Natürlich ist der Aufwand, der gerade bei der formativen Evaluierung zu leisten ist, sehr umfangreich. Es lässt sich aber an den in dieser Arbeit gezeigten Beispielen der virtuellen Lernwelt Faszination Faserverbundwerkstoffe und dem Serious Game Composites Cup on Tortuga deutlich erkennen, dass der Aufwand gerechtfertigt ist. Die formative Evaluierung könnte sicherlich auch in einigen Punkten gestrafft werden. Bei der vorliegenden Arbeit war sowohl der Forschungsansatz wie auch die Konzeption des digitalen Lernspiels für das Entwicklerteam Neuland.

4. Zusammenfassung und Beitrag zur Serious-Game-Forschung

Durch den Einsatz digitaler Medien im Unterricht können Lerngelegenheiten entstehen, die zu einer Steigerung des Lernerfolgs führen können (Hillmayr et al., 2017, S. 9). Dass digitale Medien ein Bestandteil der Lebenswelt der heranwachsenden Generationen sind, wurde bereits zu Beginn dieser Arbeit festgehalten. Die Schüler*innen fühlen sich trotzdem nicht gut auf diese neue Lebens- und Arbeitswelt vorbereitet: „Die Schule bereitet mich gut auf die digitale Zukunft vor.“ Dieser Aussage stimmen 37% der 14-17-Jährigen und lediglich 28% der 18-24-Jährigen im Jahr 2018 zu (N=1.730, 14-24 Jahre) (Deutsches Institut für Vertrauen und Sicherheit im Internet [DIVSI], 2018, S. 102).

Es besteht nach wie vor die Diskussion, in welchem Rahmen, in welcher Art und Weise, in welchen Formen und Genres und in welchen Lernsettings digitale Medien im Unterricht eingesetzt werden sollten:

„Beim Einsatz digitaler Medien kommt es, wie bei anderen Medien auch, auf die Frage an, welche Rollen die Lernenden, die Lehrenden aber auch die Medien im jeweiligen didaktischen Konzept einnehmen und mit welcher Art des Lernens letztere die Konzepte unterstützen. Entsprechend können digitale Unterrichtsmedien bis heute in Form von Übungsprogrammen, Lernspielen, Experimentierumgebungen im Rahmen eines Arbeitsmittelkonzepts oder eines Bausteinkonzepts ihren Platz haben“ (Mayrberger, 2013, S. 30).

Pädagoginnen plädieren in diesem Zusammenhang für eine Medienkonvergenz und greifen damit auch die Überlegungen des in dieser Arbeit vorgestellten SAMR-Modells (Puentedura, 2012) auf. Im Kern

geht es darum, dass neue Medien und Technologien nicht einfach die alten Formate verdrängen oder ersetzen dürfen. Die Frage, welchen didaktischen Mehrwert ein digitales Medium gegenüber einem anderen Medium hat, muss genau hinterfragt werden (Matthes, Schütze & Wiater, 2013; Zierer, 2018). Die vorliegende Arbeit zeigt in diesem Zusammenhang, dass die Verbindung von digitalen und haptischen Medien einen großen Gewinn bringen kann. In der summativen Evaluierung wurde gezeigt, dass ein analoger Lernzirkel gegenüber einem digitalen Lernspiel nicht schlechter abschneidet. Die Schüler*innen machten selbst den Vorschlag (und auch die befragten und die beobachtenden Lehrkräfte), dass man die beiden Medien miteinander verknüpfen sollte. Wie eine solche Kombination, bezogen auf diese Arbeit, aussehen kann, wird im nachfolgenden Punkt 6 erläutert. Dieser Aspekt ist vielleicht auch für die aktuelle Serious-Game-Forschung interessant, die sich mit der Fragestellung, ob man mit / durch Serious Games besser lernt als mit konventionellen Medien (Mayer, 2014, S. 123) beschäftigt. Die Arbeit kommt auch der Forderung nach objektiven Evaluierungen von Serious Games (Göbel et al., 2013, S. 111) nach, die eine Unterstützung für die Akzeptanz von Serious Games im Bildungskontext leisten können. Des Weiteren wurde durch die Entwicklung der virtuellen Lernwelt Faszination Faserverbundwerkstoffe und des Serious Games Composites Cup on Tortuga gezeigt, dass es absolut notwendig ist, die Zielgruppe rechtzeitig in den Entwicklungsprozess mit einzubeziehen und der designbasierte Ansatz ist dazu sehr zu empfehlen. Für die Entwicklung eines Serious Games ist, wie auch schon in der Forschungslandschaft bekannt, ein interdisziplinäres Team von großem Vorteil, wenn man keine professionelle Spielentwicklungsfirma engagieren möchte (dazu fehlen meistens auch die finanziellen Ressourcen). Es kann auch festgehalten werden, dass sich Schüler*innen gerne und auch sehr konstruktiv an der Konzeptionierung neuer Medien beteiligen. Weitere Denkanstöße zur Entwicklung von Serious Games finden sich im nachfolgenden Punkt 5.

Leider konnte mit dieser Arbeit kein Ansatz gezeigt werden, wie Lehrkräfte ohne Informatik-Hintergrund eine virtuelle Lernwelt oder ein digitales Serious Game selbst oder mit ihren Schüler*innen konzipieren können. Die technische Umsetzung solcher innovativen Medien im Verbund mit der Zielgruppe könnte vielleicht auch dazu führen, dass Digitalisierung ganzheitlicher (in Bezug auf die Dagstuhl-Erklärung) umgesetzt und begriffen werden könnte und die Schüler*innen bei der Einnahme der verschiedenen Perspektiven eher das Gefühl hätten, von ihren Schulen besser auf die Digitalisierung vorbereitet zu werden. Ein Beispiel hierfür wäre die Methode „Design Thinking in der Schule“ (Feldhaus, Primavera & Kleibl, 2018), die zusammen mit Einsatzmöglichkeiten des Serious Games Composites Cup on Tortuga nachfolgend vorgestellt wird.

5. Denkanstöße für die Entwicklung eines Serious Games

Zu guter Letzt sollen die Handlungsempfehlungen, die bei der Entwicklung eines Serious Games, welches an einem außerschulischen Lernort und/oder in der Schule zum Einsatz kommen und den Schüler*innen Wissen über ein konkretes fachwissenschaftliches Thema vermitteln soll, aufgeführt werden. Folgende Punkte, die in anderen Serious-Game-Entwicklungen vermutlich auch schon eine Rolle gespielt haben, konnten speziell für die beiden in dieser Arbeit entwickelten Medien festgehalten werden:

- Problemstellung festlegen, die durch die digitale Aufbereitung einen Mehrwert erhält,
- Klärung und Abstimmung der Ziele und Interessen der Lehrenden,
- Eingrenzung des zu vermittelnden Wissens und Beachtung der fachlichen Anbindung an den Lehrplan,
- Berücksichtigung der intuitiven Handhabung des Mediums bei der Entwicklung,
- Einbindung der Zielgruppe in allen Entwicklungsphasen,
- Integration eines umfangreichen Feedbacksystems in das Spiel,
- Integration von Modulen zur Ergebnissicherung in das Spiel und in ein Begleitkonzept,
- Ausgewogenheit, Spaß am Spiel und Wissensgenerierung.

Beim Einsatz des Serious Games in der Praxis ist auf die folgenden Aspekte zu achten:

- Schulung der Lehrkräfte, die das Medium einsetzen sollen. Ohne eine Akzeptanz von Serious Games bei den Lehrenden werden sie im Unterricht nicht zum Einsatz kommen (Helm & Schultheiss, 2013, S. 155) Lehrkräfte, die wenig Erfahrungen mit Computer- und Videospiele haben, sollten die Möglichkeit bekommen, sich spezifisches, medienpädagogisches Wissen und technische Kompetenzen für den Einsatz von Serious Games aneignen zu können (Wagner & Mitgutsch, 2009, S. 31).
- Einbettung des Spiels in ein Lernsetting unter besonderer Berücksichtigung der Ergebnissicherung (Oblinger, 2006, S. 6). Vorschläge für das Serious Game Composites Cup on Tortuga finden sich im nächsten Punkt 6.

Bei einer Neuentwicklung ist auch zu überlegen, wie man die Zielgruppen (Lehrkräfte und Schüler*innen) noch stärker mit einbeziehen kann. Dazu könnte sich die Methode des „Design Thinking in der Schule“ anbieten. Bei diesem Ansatz, zu dem es eine Handreichung der HOPP FOUNDATION for Computer Literacy & Informatics gGmbH gibt, erarbeiten die Schüler*innen selbstständig in Teams in verschiedenen Feedbackphasen einen Prototyp. Dabei kann es sich um ein Medium handeln, aber auch um die Optimierung von Abläufen im Unterricht etc. (Feldhaus et al., 2018, S. 40). Die nachfolgende Grafik zeigt, dass der Ablauf stark den Prozessmodellen des DBR-Prozess ähnelt.

DER DESIGN-THINKING-PROZESS

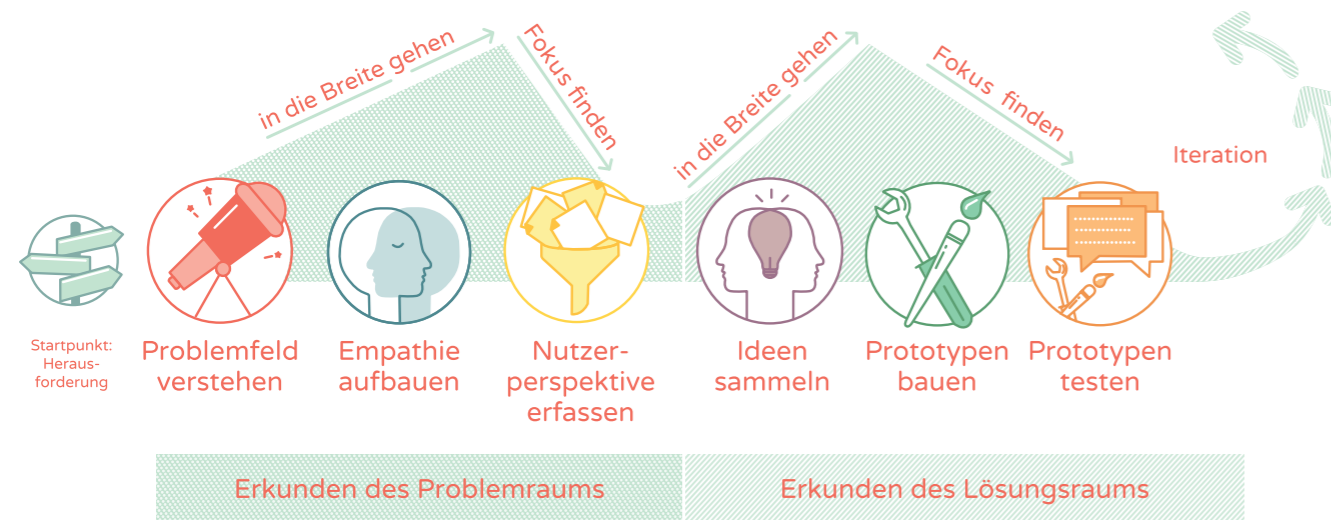


Abbildung 105: Prozessmodell Design Thinking, Bildquelle: Feldhaus et. al, S. 39.

Beim „Design Thinking in der Schule“ lernen die Schüler*innen ihre eigene Kreativität einzusetzen und in einem wertschätzenden Miteinander in Teams zusammenzuarbeiten. Lehrkräfte können in diesem Prozess die Rolle des Lernbegleiters einnehmen, da der Ansatz ergebnisoffen ist. Die Schüler*innen profitieren davon, weil er zum Beispiel die Problemlösekompetenz steigert, Problemen mit Optimismus begegnet, die Teamfähigkeit und das selbstorganisierte Arbeiten schult, das Vertrauen in die eigene Kreativität steigert und die Lust am Experimentieren weckt (Feldhaus et al., 2018, S. 21). Bei der Entwicklung eines weiteren Serious Games oder einer virtuellen Lernwelt könnte man den Design Thinking-Ansatz mit dem DBR-Ansatz kombinieren und so die Schüler*innen und Lehrkräfte von Beginn an intensiver in die Konzeption des Mediums einbinden. Nach der Erarbeitung des Prototyps mit Hilfe des Design Thinking-Ansatzes könnte dann der DBR-Prozess zur Optimierung des Lernmediums anschließen.

6. Tipps für Lehrkräfte zum Einsatz des Serious Game Composites Cup on Tortuga

Am Ende dieser Arbeit sollen nun Handlungsempfehlungen zum Einsatz des Serious Games im Unterricht erfolgen. Es ist geplant, dass Serious Game CC on Tortuga auf der Plattform SG-IC (Serious Games Information Center) einzustellen, um das Serious Game für potentielle Anwender*innen (Lehrkräfte, Bildungseinrichtungen, Eltern, Schüler*innen) zur Verfügung zu stellen. Aus diesem Grund findet sich nachfolgend die strukturierte Beschreibung des Spiels nach der DIN-Norm DIN SPEC 91380 (DIN Deutsches Institut für Normung e.V., 2018, S. 26):

Tabelle 18: Beschreibung Serious Game Composites Cup on Tortuga nach DIN-Norm.

Titel	Composites Cup on Tortuga
Zielsetzung	Lernzuwachs im Bereich Faserverbundwerkstoffe
Zusammenfassung	Lernspiel: Schüler*innen sollen die Eigenschaften von Faserverbundmaterialien und Faserverbundwerkstoffen kennenlernen.
Schlagwörter	Composites, Faserverbundmaterialien, neue Werkstoffe, Natur und Technik
Genre	Rennspiele, Logik- und Denkspiele
Spielmodus	Einzelspielmodus
Spielzeit	45 Minuten
Ausgabeversion	Vollständig
Anwendungsbereich	Bildung, Schulen
Zielgruppe	Spieler *innen – Schüler*innen Spieler*innen – Privatpersonen Spätes Schulkindalter (11-13 Jahre)
Sprache	Deutsch
Datenerfassung- und weitergabe	Keine vom Anbieter
Lernressourcen-Typen	Übung
Rahmung	Schülerlabor, Schule, zu Hause
Schwierigkeitsgrade	Mittel
Typische Lernzeit	45 Minuten
Wiederspielbarkeit	Ja
Fortschrittsindikatoren	Erfolg, Sterne für gelöste Aufgaben, Feedback von Spielfiguren
Fachliches Vorwissen	Keines
Kostenpflichtig	Nein
Plattform	AppStore Uni Augsburg
Systemvoraussetzungen	Apple / Android
Beteiligte Institutionen	MINT_Bildung AMU Universität Augsburg Professur für Digitale Medien Universität Augsburg Institut für Informatik – Multimodale Mensch-Technik Interaktion

Das Serious Game sollte beim Einsatz im Unterricht in ein Lernsetting eingebaut werden. Wie ein solches Konzept aussehen könnte, wird nachfolgend beschrieben. Breuer (2010) verdeutlicht den Aufbau eines solchen Lernmoduls für DGBL-Maßnahmen, zu denen auch der Einsatz von Serious Games gehört, anhand einer Gegenüberstellung mit allgemeinen Instruktionsprinzipien, wie sie z.B. Gagné (1985) formuliert hat. Nachfolgend werden diese zitiert und mit dem Einsatz des Serious Games Composites Cup on Tortuga praktisch erläutert.

Tabelle 19: Beschreibung mögliches Lernsetting Serious Game Composites Cup on Tortuga.

Instruktionsprinzipien nach Gagné (Gagné R M., 1977, S. 1)	Elemente des DGBL nach Breuer (Breuer, 2010, S. 32)	Einsatz Composites Cup on Tortuga
(1) gaining attention (reception)	Vorbereitung auf die Nutzung, audiovisuelle Qualitäten des Spiels	Impuls zum Einstieg in das Thema Faserverbund, eventuell anhand der Themen Brückenbau oder Herstellung von Flugzeugen/Erklärung, warum ein Flugzeug fliegt. Ggf. auch mit Verknüpfung zur Bionik, wie ist ein Baum aufgebaut, warum wächst er in bestimmten Ausprägungen, Überleitung zu modernen Leichtbaumaterialien. Ideen hierzu finden sich auch im Lehrerhandbuch Faserverbundwerkstoffe (Lechler & Menner, 2016).
2) informing learners of the objective (expectancy)	Tutorials, einleitende Instruktionen, narrativer Kontext	Kurze Erklärung des Tablets (wenn nötig), Zeigen, wo die App zu finden ist, Hinweis, dass die Hilfetexte auch angehört werden können. Spiel wird dann mit einem Klick gestartet und die Spielfiguren führen im Dialog in das Spiel und die Thematik ein.
(3) stimulating recall of prior learning (retrieval)	Hinweise auf wichtige Inhalte, die die Anwendung des Gelernten erfordern	Werden im Spiel durch visuelle Hinweise gegeben, bzw. muss bei der ersten Aufgabe jeder Hilfetext etc. angeklickt werden, bevor die Aufgabe gelöst werden kann.
(4) presenting the stimulus (selective perception)	Nutzung des Spiels	Durchlauf Serious Game Composites Cup on Tortuga
(5) providing learning guidance (semantic encoding)	Hilfestellungen (on demand und/ just in time) im Spiel	In allen Aufgaben sind Hilfetexte hinterlegt, die jederzeit im Spiel aufgerufen werden können.

(6) eliciting performance (responding)	Relevante und herausfordernde Aufgaben	Die Aufgaben sind unterschiedlich herausfordernd und schaffen einen Alltagsbezug. Wie in Kapitel IV. Punkt 1 dargelegt, ist eine Lehrplananbindung für die allgemeinbildenden Schulen Mittelschule, Realschule und Gymnasium in Bayern gegeben.
(7) providing feedback (reinforcement)	Reaktionen anderer Spieler oder NPCs, Punktzahlen, Fortschritt im Spiel	Die Spielfiguren und symbolisierte Lautsprecher (es handelt sich ja bei der Spielstory um einen Wettbewerb) geben Feedback zum Spiel. Die Punktezahlen im Spiel werden durch Sterne visualisiert. In der Levelauswahl sieht man, wieviele Sterne man pro Aufgabe gewonnen hat und hätte gewinnen können.
(8) assessing performance (retrieval)	Abfragen von Fertigkeiten und/oder Wissen im Spiel in Dialogen oder Aufgaben, mündlich, schriftliche Abfragen und Tests im Anschluss ans Spielen	Im Spiel sind Tests in Form von kleinen Wissensquizes (Multiple Choice) integriert. Die weitere Ergebnissicherung muss außerhalb des Serious Games vorgenommen werden, siehe nachfolgender Punkt 3.1.
(9) enhancing retention and transfer (generalization).	Nachbearbeitende Aktivitäten, Einbindung in den gesamten Lernkontext (Kurs, Seminar, Unterricht)	Hierzu würde sich ein Blended Learning-Szenario anbieten, siehe nachfolgender Punkt 3.1.

Einbindung des Serious Game in ein Blended Learning Szenario

Die Ergebnisse der summativen Evaluierung haben gezeigt, dass das Serious Game eine zusätzliche Ergebnissicherung benötigt. Diese könnte über einen Blended Learning-Ansatz abgebildet werden. Unter einem Blended Learning (engl. Blender = Mixer) versteht man ein integriertes Lernkonzept, das digitale Medien in Verbindung mit klassischen Lernmethoden und -medien in einem sinnvollen Lernsetting zusammenführt (Hockly, 2018, S. 97). Im konkreten Fall des Serious Games Composites Cup on Tortuga könnte also nach einem Einstiegsimpuls, (siehe auch vorausgehende Tabelle Nr. 20), das Spiel levelweise gespielt und nach jedem Level eine Zusammenfassung im Klassenverbund gemacht und ggf. sogar die gleichen Stationen des Lernzirkels mit den haptischen Materialien gespielt werden. So könnte das digital erfahrene Wissen nochmal mit den richtigen, echten Materialien vertieft werden.

Da die Lernwirksamkeit beim Einsatz digitaler Medien höher ist, wenn Lernende bei der Nutzung des entsprechenden Lernprogramms eine zusätzliche Unterstützung durch die Lehrkräfte oder Mitschüler*innen erhalten (Hillmayr et al., 2017, S. 15), könnte man die Schüler*innen auch in Teams spielen lassen. Die Schüler*innen könnten dann auch in einem Expert*innenteam zusammenarbeiten. Ein(e) Schüler(in) wäre dabei die/der Experte*in die/der anderen Mitschüler*in das Spiel und/oder die Inhalte erklärt. Der Lernzirkel könnte genauso zu zweit durchlaufen werden. Um zu sehen, ob die Schüler*innen das Gelernte tatsächlich verstanden haben und das Wissen auf eine praktische Umsetzung transferieren können, wäre nach dem Spiel die Anfertigung eines Werkstücks aus Faserverbundmaterialien möglich. Hierzu finden sich Links zu Anleitungen in dieser Arbeit unter Kapitel IV, Punkt 2 oder im Lehrerhandbuch Faserverbundwerkstoffe (Lechler & Menner, 2016).

Literaturverzeichnis

- Abrosimova, K. (Hypergrid Business, Hrsg.). (2014). *5 ways virtual reality will change education*. Zugriff am 16.07.2019. Verfügbar unter <https://www.hypergridbusiness.com/2014/09/5-ways-virtual-reality-will-change-education/>
- Abt, C. (Hrsg.). (1975). *Serious Games*. Maryland.
- Adamus, T. & Ojstersek, N. (2010). Kollaborative Wissenskonstruktion in virtuellen Welten: Anforderungen an die Gestaltung von Lernaufgaben. In T. Hug & R. R. Maier (Hrsg.), *Medien – Wissen – Bildung. Explorationen visualisierter und kollaborativer Wissensräume* (S. 177–197). Innsbruck: University Press.
- Akker, J. J. H., Branch, R. M., Gustafson, K., Nieveen, N. & Plomp, T. (Eds.). (1999). *Design Approaches and Tools in Education and Training*. Dordrecht: Springer-Science/Kluwer Academic Publishers. <https://doi.org/10.1007/978-94-011-4255-7>
- Albrecht, S. & Revermann, C. (2016). *Digitale Medien in der Bildung. Endbericht zum TA-Projekt*. Berlin. Verfügbar unter <file:///C:/Users/Administrator/Downloads/TAB-Arbeitsbericht-ab171.pdf>
- Allert, H. & Richter, C. (2011). Designentwicklung. Anregungen aus Designtheorie und Designforschung. In M. Ebner & S. Schön (Hrsg.), *Lehrbuch für Lernen und Lehren mit Technologien (L3T)* (S. 2–14). Norderstedt: Books on Demand.
- Arbeitsgemeinschaft Deutsche Kunststoff-Industrie (Hrsg.). (2003). *Kunststoffe Werkstoffe unserer Zeit* (8. Aufl.). Frankfurt am Main.
- Aufenanger, S. (2000). Medien-Visionen und die Zukunft der Medienpädagogik. *medien praktisch*, (1).
- Baacke, D. (1997). *Medienpädagogik*: Max Niemeyer Verlag GmbH.
- Baek, Y. K. (2008). What hinders teachers in using computer and video games in the classroom? Exploring factors inhibiting the uptake of computer and video games. *Cyberpsychology & Behavior: the Impact of the Internet, Multimedia and Virtual Reality on Behavior and Society*, 11(6), 665–671. <https://doi.org/10.1089/cpb.2008.0127>
- Bailenson, J. N., Yee, N., Blascovich, J., Beall, A., C., Lundblad, N. & Michael, J. (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), 41–102. Verfügbar unter <https://doi.org/10.1080/10508400701793141>.
- Bartle, R. (2004). *Designing Virtual Worlds*. United States of America: New Riders Publishing. Zugriff am 05.08.2018. Verfügbar unter <http://www.politicalavenue.com/108642/GAME-DESIGN-BOOK-COLLECTION/New%20Riders%20-%20Designing%20Virtual%20Worlds.pdf>
- Beutnagel, W. (2018). Daimler-Vertrieb setzt auf Virtual Reality. *automotiveIT, 2018*. Verfügbar unter <https://www.automotiveit.eu/daimler-vertrieb-setzt-auf-virtual-reality/news/id-0061519?cookie-state-change=1563183157295>
- Bitkom e.V., Nietan, A. N. (Mitarbeiter) (Bitkom e.V., Hrsg.). (2017). *Kinder und Jugendliche zocken täglich rund zwei Stunden*. Zugriff am 19.07.2017. Verfügbar unter <https://www.bitkom.org/Presse/Presseinformation/Kinder-und-Jugendliche-zocken-taeglich-rund-zwei-Stunden.html>
- Bopp, K. (2009). *Serious Games. Ein Literaturbericht*. Zugriff am 20.07.2019. Verfügbar unter https://www.researchgate.net/publication/260198503_Serious_Games_Ein_Literaturbericht

- Bortz, J. & Döring, N. (2006). *Forschungsmethoden und Evaluation für Human- und Sozialwissenschaftler* (4. Aufl.). Heidelberg.
- Bos, W., Eickelmann, B., Gerick, J., Goldhammer, F., Schaumburg, H., Schwippert, K. et al. (Hrsg.). (2014). *ICILS 2013. Computer- und informationsbezogene Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern in der 8. Jahrgangsstufe im internationalen Vergleich*. Münster, New York: Waxmann.
- Brahm, T. & Jenert, T. (2014). Wissenschafts-Praxis-Kooperation in desginbasierter Forschung: Im Spannungsfeld zwischen wissenschaftlicher Gültigkeit und praktischer Relevanz. In D. Euler & P. F.E. Sloane (Hrsg.), *Design-Based Research* (1. Aufl., S. 45–61). s.l.: Franz Steiner Verlag.
- Bredl, K. & Bösche, W. (Hrsg.). (2013). *Serious games and virtual worlds in education, professional development, and healthcar*. Hershey.
- Bredl, K. & Groß, A. (2012). Gestaltung und Bewertung von Lernszenarien in immersiven virtuellen Welten, (7 (1)), 36–46.
- Bredl, K., Bräutigam, B. & Herz, D. (2017). *Avatar-basierte Beratung in virtuellen Räumen. Die Bedeutung Virtueller Realität bei helfenden Beziehungen für Berater, Coaches und Therapeuten* (essentials). Wiesbaden: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-16015-9>
- Breuer, J. (2010). *Spielend lernen? Eine Bestandsaufnahme zum (Digital) Game-Based Learning*. Düsseldorf. Zugriff am 05.08.2018. Verfügbar unter [file:///C:/Users/Administrator/Downloads/L042_Doku_41_Spielend_Lernen4216577002%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Administrator/Downloads/L042_Doku_41_Spielend_Lernen4216577002%20(1).pdf)
- Breuer, U., Schlimbach, J. & Neitzel, M. (2014). Technisch-wirtschaftliche Entwicklung. In M. Neitzel, P. Mitschang & U. Breuer (Hrsg.), *Handbuch Verbundwerkstoffe. Werkstoffe, Verarbeitung, Anwendung* (S. 3–27). München: Carl Hanser Verlag.
- Brown, A. L. (1992). Design Experiments: Theoretical and Methodological Challenges in Creating Complex Interventions in Classroom Setting. *The Journal of the Learning Sciences*, 2(2), 141–178. Zugriff am 29.03.2019. Verfügbar unter <https://www.uio.no/studier/emner/uv/iped/PED4550/h14/pensumliste/brown-1992.pdf>
- Brown, J. & Isaacs, D. (2007). *Das World Café. Kreative Zukunftsgestaltung in Organisationen und Gesellschaft*. Heidelberg: Carl-Auer-Systeme Verlag,
- Buschmeyer, H. (1997). Einführung. In Landesinstitut für Schule und Weiterbildung (Hrsg.), *Auf dem Weg zu einer integrierten Medienbildung* (S. 7–24). Bönen: Verlag für Schule und Weiterbildung.
- Callaghan, V., Shen, L., Gardner, M., Shen, R. & Wang, M. (2010). A mixed reality approach to hybrid learning in mixed culture environments. In F. L. Wang, J. Fong & R. Kwan (Hrsg.), *Handbook of research on hybrid learning models. Advanced tools, technologies, and applications* (S. 260–283). Hershey: IGI Global.
- Carbon Composites e.V. und Industrievereinigung verstärkte Kunststoffe (Hrsg.). (2017). *Composites-Marktbericht 2017. Marktentwicklungen, Trends, Ausblicke und Herausforderungen*. Zugriff am 02.08.2018. Verfügbar unter <https://www.carbon-composites.eu/media/2996/ccev-avk-marktbericht-2017.pdf>
- Castronova, E. (2001). A first-hand account of market and society on the cyberian frontier. *CESifo Working Paper*, 1–40.
- Chi, M. T. H. & Wylie, R. (2014). The ICAP Framework: Linking Cognitive Engagement to Active Learning Outcomes. *Educational Psychologist*, (49:4), 219–243.
- Collins, A. (1992). Toward a Design Science of Education. In E. Scanlon & T. O’Shea (Hrsg.), *New Directions in Educational Technology* (S. 15–22). Berlin: Springer. Zugriff am 29.03.2019. Verfügbar unter https://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-3-642-77750-9_2
- Connolly, T., Macarthur, E., Boyle, E. & Hainey, T. (2012). A systemic literatur review of empirical evidence on computer games and serious games. *Computer & Education*, (59). Zugriff am 06.09.2018. Verfügbar unter <https://www.researchgate.net/publication/230628116/download>
- Csikszentmihalyi, M. (1997). Finding Flow. The Psychology of Engagement with everyday life. *Psychology Today*, 1–8. Verfügbar unter https://www.researchgate.net/publication/200026151_Finding_Flow_The_Psychology_of_Engagement_With_Everyday_Life; <https://www.psychologytoday.com/us/articles/199707/finding-flow>
- Cullmann, C. F. (2012). Klassifikationsschema virtueller Welten. *Multikonferenz Wirtschaftsinformatik 2012 : Tagungsband der MKWI 2012 / Hrsg.: Dirk Christian Mattfeld; Susanne Robra-Bissantz*. Verfügbar unter https://publikationsserver.tu-braunschweig.de/receive/dbbs_mods_00047466
- Dede, C. (2009). Immersive Interfaces for Engagement and Learning. *Science*, 323(66), 66–69. Zugriff am 16.07.2019. Verfügbar unter <https://pdfs.semanticscholar.org/d1c8/3e93b9524b4a397b8041c-dcd782ed3ac4a01.pdf>
- Deterding, S., Khaled, R., Nacke, L. E. & Dixon, D. (Hrsg.). (2011). *Gamification: toward a definition*. Vancouver, British Columbia,: ACM. Zugriff am 01.10.2019. Verfügbar unter <http://gamification-research.org/wp-content/uploads/2011/04/02-Deterding-Khaled-Nacke-Dixon.pdf>
- Deutsches Institut für Vertrauen und Sicherheit im Internet (Kammer, M., Hrsg.). (2018). *DIVSI U25-Studie Euphorie war gestern Hamburg, November 2018 Die „Generation Internet“ zwischen Glück und Abhängigkeit. Eine Grundlagenstudie des SINUS-Instituts Heidelberg im Auftrag des Deutschen Instituts für Vertrauen und Sicherheit im Internet (DIVSI)*, Deutsches Institut für Vertrauen und Sicherheit im Internet. Zugriff am 19.10.2019. Verfügbar unter <https://www.divsi.de/wp-content/uploads/2018/11/DIVSI-U25-Studie-euphorie.pdf>
- DIN Deutsches Institut für Normung e.V. (Hrsg.). (2018). *DIN SPEC 91380. Serious Games Metadata Format*. Berlin: Beuth Verlag GmbH. Verfügbar unter <https://www.beuth.de/de/technische-regel/din-spec-91380/289947896>
- Djaouti, D., Alvarez, J., Jessel, J. P. & Rampnoux, O. (2011). Origins of Serious Games. In M. Ma, A. Oikonomou & L. C. Jain (Eds.), *Serious Games and Edutainment Applications* (vol. 1). London: Springer-Verlag London Limited. https://doi.org/10.1007/978-1-4471-2161-9_3
- Döring, N. & Bortz, J. (2016). *Forschungsmethoden und Evaluation in den Sozial- und Humanwissenschaften* (5. Aufl.). Heidelberg: Springer Verlag.
- Dörner, R., Göbel, S., Effelsberg, W. & Wiemeyer, J. (Eds.). (2016). *Serious games. Foundations, concepts and practice*. Switzerland: Springer. Retrieved from <http://www.springer.com/>
- Drechsler, K., Karb, I., Kehrle, R. & Witzel, V. (2007). Faserverbundstrukturen – Leichtbau in Natur und Technik. *Themenheft Forschung Leitbau*, (3), 14–21. Zugriff am 01.08.2018. Verfügbar unter https://www.uni-stuttgart.de/presse/archiv/themenheft/03/leichtbau_03.pdf
- Ebner, M. & Schön, S. (Hrsg.). (2013). *Lehrbuch für Lernen und Lehren mit Technologien* (2. Auflage).
- Edelson, D. C. (2002). Design research: What we learn when we engage in design. *The Journal of the Learning Sciences*, (1), 105–120.

- Egenfeldt-Nielsen, S., Meyer, B. B. & Sorenson, H. (Hrsg.). (2011). *Serious Games in Education*. Aarhus: Aarhus University Press.
- Eichenberg, C. & Auersperg, F. (Hrsg.). (2018). *Chancen und Risiken digitaler Medien für Kinder und Jugendliche. Ein Ratgeber für Eltern und Pädagogen*.
- Eichenberg, C., Küsel, C. & Sindelar, B. (2016). Computerspiele im Kindes- und Jugendalter: Geschlechtsspezifische Unterschiede in der Präferenz von Spiel-Genres, Spielanforderungen und Spielfiguren und ihre Bedeutung für die Konzeption von Serious Games. *merz / medien + erziehung, Zeitschrift für Medienpädagogik*, (6), 97–109.
- Eickelmann, B., Lorenz, R. & Endberg, M. (2017). Lernaktivitäten mit digitalen Medien im Fachunterricht der Sekundarstufe I im Bundesländervergleich mit besonderem Fokus auf MINT. In R. Lorenz, W. Bos, M. Endberg, B. Eickelmann, S. Grafe & J. Vahrenhold (Hrsg.), *Schule digital – der Länderindikator 2017. Schulische Medienbildung in der Sekundarstufe I mit besonderem Fokus auf MINT-Fächer im Bundesländervergleich und Trends von 2015 bis 2017* (S. 231–260). Münster, New York: Waxmann.
- Endberg, M. & Lorenz, R. (2017). Selbsteinschätzung medienbezogener Kompetenzen von Lehrpersonen der Sekundarstufe I. In R. Lorenz, W. Bos, M. Endberg, B. Eickelmann, S. Grafe & J. Vahrenhold (Hrsg.), *Schule digital – der Länderindikator 2017. Schulische Medienbildung in der Sekundarstufe I mit besonderem Fokus auf MINT-Fächer im Bundesländervergleich und Trends von 2015 bis 2017* (S. 151–177). Münster, New York: Waxmann.
- Euler, D. (2014). Design Research – ein Paradigma in Entwicklung. In D. Euler & P. F.E. Sloane (Hrsg.), *Design-Based Research* (1. Aufl., S. 1–26). s.l.: Franz Steiner Verlag.
- Farber, M. (2017). *Gamify your classroom. A field guide to game-based learning* (New Literacies and Digital Epistemologies, vol. 77, Revised edition). New York: Peter Lang.
- Feldhaus, L., Primavera, J. & Kleibl, A. (2018). Design Thinking und Schule. Das Handbuch für den Schulalltag. In HOPP Foundation for Computer Literacy & Informatics gGmbH (Hrsg.), *Design Thinking und Schule. Das Handbuch für den Schulalltag*. Weinheim.
- Felicia, P. & Egenfeldt-Nielsen, S. (2011). Game-Based Learning: A review of the state of the art. In S. Egenfeldt-Nielsen, B. B. Meyer & H. Sorenson (Hrsg.), *Serious Games in Education* (S. 21–29). Aarhus: Aarhus University Press.
- Frees, B. & Koch, W. (2018). ARD/ZDF-Onlinestudie 2018: Zuwachs bei medialer Internetnutzung und Kommunikation. In Media Perspektiven ARD-Werbung Sales & Services (Hrsg.), *Media Perspektiven* (09/2018, S. 398–413). Frankfurt am Main.
- Freina, L. & Ott, M. (2015). A Literature Review on Immersive Virtual Reality in Education: State Of The Art and Perspectives. *eLearning & Software for Education*, (1). Verfügbar unter <https://www.itd.cnr.it/download/eLSE%202015%20Freina%20Ott%20Paper.pdf>
- Freitas, S. de. (2008). *Serious Virtual Worlds A scoping study* (Joint Information Systems Committee). Bristol. Zugriff am 05.08.2008. Verfügbar unter <https://www.webarchive.org.uk/wayback/archive/20140616001938/http://www.jisc.ac.uk/media/documents/publications/seriousvirtual-worldsv1.pdf>
- Freyermuth, G. S., Gotto, L. & Wallenfels, F. (Hrsg.). (2013). *Serious Games, Exergames, Exerlearning*. Bielefeld: transcript.
- Gagné R M. (1977). *The conditions of learning*. Verfügbar unter <http://lrc.binus.ac.id/downloads/TE/Gagne.pdf>
- Game – Verband der deutschen Games-Branche e.V. (2018). *Jahresreport der deutschen Games-Branche 2018*. Verfügbar unter <https://www.game.de/publikationen/jahresreport-der-deutschen-games-branche-2018/>
- Gee, J. P. (2003). *What video games have to teach us about learning and literacy*. New York: Palgrave Macmillan. Zugriff am 05.08.2018. Verfügbar unter <https://epdf.tips/what-video-games-have-to-teach-us-about-learning-and-literacy.html>
- Gee, J. P. (2005). *Good Video Games and Good Learning. Collected Essays on Video Games, Learning and Literacy*. New York. Zugriff am 05.08.2018. Verfügbar unter <https://www.questia.com/library/p5478/phi-kappa-phi-forum/i2578270/vol-85-no-2-summer>
- Gee, J. P. (2009). Deep learning properties of good digital games: How far can they go? In U. Ritterfeld, M. Cody & P. Vorderer (Hrsg.), *Serious games. Mechanisms and Effects* (1. Aufl., S. 67–82). New York: Routledge.
- Gesellschaft für Informatik e.V. (2016). *Dagstuhl-Erklärung. Bildung in der digitalen vernetzten Welt. Eine gemeinsame Erklärung der Teilnehmerinnen und Teilnehmer des Seminars auf Schloss Dagstuhl – Leibniz-Zentrum für Informatik GmbH*. Zugriff am 26.06.2019. Verfügbar unter https://gi.de/fileadmin/GI/Hauptseite/Themen/Dagstuhl-Erklärung_2016-03-23.pdf
- Göbel, S., Garcia-Agundez, A., Tregel, T., Ma, M., Hauge, Baalsrud, J., Oliveira, M. et al. (Hrsg.). (2018). *Serious Games. 4th Joint International Conference, JCSG 2018, Proceedings*. Darmstadt: Springer.
- Göbel, S., Gutjahr, M. & Hardy, S. (2013). Evaluation of Serious Games. In K. Bredl & W. Bösch (Hrsg.), *Serious games and virtual worlds in education, professional development, and healthcare* (S. 105–115). Hershey.
- Gollwitzer, M. & Jäger, R. S. (2009). *Evaluation kompakt* (Anwendung Psychologie, 1. Aufl.). Weinheim: Beltz. Verfügbar unter http://www.content-select.com/index.php?id=bib_view&ean=9783621278966
- Groh, F. (2012). *Gamification: State of the Art Definition and Utilization*. Zugriff am 01.10.2019. Verfügbar unter http://hubscher.org/roland/courses/hf765/readings/Groh_2012.pdf
- Guadagno, R. E., Blascovich, J. I. M., Bailenson, J. N. & McCal, C. (2007). Virtual Humans and Persuasion: The Effects of Agency and Behavioral Realism. *Media Psychology*, (10:1). Zugriff am 29.03.2019. Verfügbar unter https://www.researchgate.net/publication/228342521_Virtual_Humans_and_Persuasion_The_Effects_of_Agency_and_Behavioral_Realism
- Gude, M., Just, G., Kaufhold, J., Müller, M., Stegelmann, M., Meschut, G. et al. (2015). *Chancen und Herausforderungen im ressourceneffizienten Leichtbau für die Elektromobilität : Forelstudie*. Dresden: Institut für Leichtbau und Kunststofftechnik (ILK), Technische Universität Dresden. Verfügbar unter <https://www.tib.eu/de/suchen/id/TIBKAT%3A883204193/Chancen-und-Herausforderungen-im-ressourceneffizienten/>
- Hamari, J., Koivisto, J. & Sarsa, H. (2014). Does gamification work? A literature review of empirical studies on gamification. In IEEE Xplore (Hrsg.), *47th Hawaii International Conference on System Science (HICSS)* (S. 3025–3034). Zugriff am 01.10.2019. Verfügbar unter <http://dx.doi.org/10.1109/HICSS.2014.377>
- Hattie J., & Zierer K. (09.03.2019). *Der weltweit prominenteste Bildungsforscher im Interview: Was bringt die Digitalisierung der Schulen, Herr Hattie? „Viel – wenn...“*. Interview durch I. Oldenburg.
- Heine, M. (2014). Technisch-wirtschaftliche Entwicklung der Kohlenstofffasern. In M. Neitzel, P. Mitschang & U. Breuer (Hrsg.), *Handbuch Verbundwerkstoffe. Werkstoffe, Verarbeitung, Anwendung* (S. 14–28). München: Carl Hanser Verlag.

- Helm, M. & Schultheiss, D. (2013). Gaming in School. Factors influencing the Use of Serious Games in Public Schools in Middle Germany. In K. Bredl & W. Bösche (Hrsg.), *Serious games and virtual worlds in education, professional development, and healthcar* (S. 145–158). Hershey.
- Henning, F. (2011a). Faserverstärkte Kunststoffe. In F. Henning & E. Moeller (Hrsg.), *Handbuch Leichtbau. Methoden, Werkstoffe, Fertigung* (S. 337–410). München, Wien: Carl Hanser Verlag.
- Henning, F. (2011b). Verarbeitung faserverstärkter Kunststoffe. In F. Henning & E. Moeller (Hrsg.), *Handbuch Leichtbau. Methoden, Werkstoffe, Fertigung* (S. 603–668). München, Wien: Carl Hanser Verlag.
- Hillmayr, D., Reinhold, F., Ziernwald, L. & Reiss, K. (2017). *Digitale Medien im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht der Sekundarstufe. Einsatzmöglichkeiten, Umsetzung und Wirksamkeit*. Münster: Waxmann. Verfügbar unter <https://www.waxmann.com/?eID=texte&pdf=3766Volltext.pdf&typ=zusatztext>
- Hockly, N. (2018). Blended Learning. *ELT Journal*, 72(1), 97–101. <https://doi.org/10.1093/elt/ccx058>
- Holmes, W., Anastopoulou, S., Schaumburg, H. & Mavrikis, M. (Hrsg.). (2018). *Personalisiertes Lernen mit digitalen Medien. Ein roter Faden*. Stuttgart: Robert Bosch Stiftung. Zugriff am 29.09.2019. Verfügbar unter https://www.bosch-stiftung.de/sites/default/files/publications/pdf/2018-06/Studie_Personalisiertes_Lernen.pdf
- Hughes, A. (eLearning Industry, Hrsg.). (2019). *Ultimate Trends In VR Training: Application To Employee Onboarding*. Zugriff am 29.03.2019. Verfügbar unter <https://elearningindustry.com/ultimate-trends-in-vr-training-application-employee-onboarding>
- Huizinga, J. (2013). *Homo ludens. Vom Ursprung der Kultur im Spiel* (Rororo Rowohlt's Enzyklopädie, 23. Auflage). Reinbek bei Hamburg: Rowohlt.
- Hypergrid e.V. (2015). *Metropolis Metaversum. Willkommen im Metropolis Grid*.
- IJsselsteijn, W. A., Kort, Y.A.W. de & Poels, K. (Technische Universität Eindhoven, Hrsg.). (2013). *The Game Experience Questionnaire*. Zugriff am 14.08.2018. Verfügbar unter https://pure.tue.nl/ws/files/21666907/Game_Experience_Questionnaire_English.pdf
- Internationales Zentralinstitut für das Jugend- und Bildungsfernsehen, Vom Orde, H. & Durner, A. (Mitarbeiter) (Internationales Zentralinstitut für das Jugend- und Bildungsfernsehen (IZI), Hrsg.). (2018). *Grunddaten Jugend und Medien 2019. Aktuelle Ergebnisse zur Mediennutzung von Jugendlichen in Deutschland*. Zugriff am 19.07.2019. Verfügbar unter https://www.br-online.de/jugend/izi/deutsch/Grunddaten_Jugend_Medien.pdf
- Jäger, H. & Hauke, T. (2010). *Carbonfasern und ihre Verbundwerkstoffe. Herstellungsprozesse, Anwendungen und Marktentwicklung* (Die Bibliothek der Technik, Bd. 326). München.
- Jantke, K. P. (Hrsg.). (2007). *Serious Games - eine kritische Analyse [Serious Games - A Critical Analysis]*.
- Kaiser, O. S., Krauss, O., Seitz, H. & Kirmes, S. (Hrsg.). (2016). Ressourceneffizienz im Leichtbau [Themenheft]. *VDI ZRE Publikationen: Kurzanalyse* (17).
- Kalyuga, S. (2011). Cognitive Load Theory: Implications for Affective Computing. In Association for the Advancement of Artificial (Hrsg.), *International Florida Artificial Intelligence Research Society Conference* (S. 105–110).
- Karger-Kocsis, J. (2014). Werkstoffe. In M. Neitzel, P. Mitschang & U. Breuer (Hrsg.), *Handbuch Verbundwerkstoffe. Werkstoffe, Verarbeitung, Anwendung* (S. 31–71). München: Carl Hanser Verlag.
- Kato, P. M., Cole, S. W., Bradlyn, A. S. & Pollock, B. H. (2008). A video game improves behavioral outcomes in adolescents and young adults with cancer: A randomized trial. *Pediatrics*.
- Kelly, A. E., Lesh, R. A. & Baek, J. Y. (Eds.). (2008). *Handbook of design research methods in education. Innovations in science, technology, engineering, and mathematics learning and teaching*. New York: Routledge Taylor & Francis Group.
- Klement, S. & Thimm, C. (2010). Spiel oder virtueller Gesellschaftsentwurf? Der Fall Second Life. In C. Thimm (Hrsg.), *Das Spiel: Muster und Metapher der Mediengesellschaft* (1. Aufl., S. 191–213). Wiesbaden: VS, Verl. für Sozialwiss.
- Knogler, M. & Lewalter, D. (2014). Design-Based Research im naturwissenschaftlichen Unterricht. Das motivationsfördernde Potential situierter Lernumgebungen im Fokus. *Psychologie in Erziehung und Unterricht*, (61), 2–14.
- Koalitionsvertrag. (2018). *Ein neuer Aufbruch für Europa Eine neue Dynamik für Deutschland Ein neuer Zusammenhalt für unser Land. Koalitionsvertrag zwischen CDU, CSU und SPD 19. Legislaturperiode*. Zugriff am 06.09.2018. Verfügbar unter https://www.bundesregierung.de/Content/DE/_Anlagen/2018/03/2018-03-14-koalitionsvertrag.pdf;jsessionid=E78CA40B-97167229D1236EA48A44BDFE.s1t1?__blob=publicationFile&v=6
- Köhler, T., Münster, S. & Schlenker, L. (2013). Didaktik virtueller Realität: Ansätze für eine zielgruppengerechte Gestaltung im Kontext akademischer Bildung. In G. Reinmann, M. Ebner & S. Schön (Hrsg.), *Hochschuldidaktik im Zeichen von Heterogenität und Vielfalt. Doppelfestschrift für Peter Baumgartner und Rolf Schulmeister* (S. 97–110). Books on Demand Norderstedt.
- Kopka, T. (2013). Interface Control Meaning. In G. S. Freyermuth, L. Gotto & F. Wallenfels (Hrsg.), *Serious Games, Exergames, Exerlearning* (S. 265–288). Bielefeld: transcript.
- Kopp, G., Burkhardt, N. & Majic, N. (2011). Leichtbaustrategien und Bauweisen. In F. Henning & E. Moeller (Hrsg.), *Handbuch Leichtbau. Methoden, Werkstoffe, Fertigung* (S. 75–76). München, Wien: Carl Hanser Verlag.
- Korolov, M. (Hypergrid Business, Hrsg.). (2014). *These kids build their own virtual world in OpenSim, then explored it with Oculus Rift*. Zugriff am 16.07.2019. Verfügbar unter <https://www.hypergridbusiness.com/2014/04/these-kids-build-their-own-virtual-world-in-opensim-then-explored-it-with-oculus-rift/>
- Kultusministerkonferenz. (2016). *Bildung in der digitalen Welt. Strategie der Kultusministerkonferenz*. Verfügbar unter https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/pdf/PresseUndAktuelles/2017/Strategie_neu_2017_datum_1.pdf
- Küppers, E. W. U. (2015). *Systemische Bionik. Impulse für eine nachhaltige gesellschaftliche Weiterentwicklung* (essentials). Wiesbaden: Springer Vieweg. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-09212-2>
- Le, S., Weber, P. & Ebner, M. (2013). Game-Based Learning. Spielend lernen? In M. Ebner & S. Schön (Hrsg.), *Lehrbuch für Lernen und Lehren mit Technologien* (2. Auflage).
- Lechler, K. & Menner, M. (Hrsg.). (2016). *Lehrerhandbuch Faserverbundwerkstoffe*.
- LehrplanPlus (Staatsinstitut für Schulqualität und Bildungsforschung München (ISB), Hrsg.). (2018). *LehrplanPlus Konzept und Aufbau*. Verfügbar unter <https://www.lehrplanplus.bayern.de/seite/lehrplanplus>
- LehrplanPlus Gymnasium (Staatsinstitut für Schulqualität und Bildungsforschung München (ISB), Hrsg.). (2018). *LehrplanPlus Gymnasium, Chemie, 12. Jahrgangsstufe*. Verfügbar unter <https://www.lehrplanplus.bayern.de/fachlehrplan/gymnasium/12/chemie>

- LehrplanPlus Mittelschulen (Staatsinstitut für Schulqualität und Bildungsforschung München (ISB), Hrsg.). (2018). *LehrplanPlus Mittelschulen, Technik, 9. Jahrgangsstufe*. Zugriff am 02.08.2018. Verfügbar unter <https://www.lehrplanplus.bayern.de/fachlehrplan/mittelschule/9/t/mittlere-reife-klasse>
- LehrplanPlus Realschule 10. Jahrgangsstufe (Staatsinstitut für Schulqualität und Bildungsforschung München, Hrsg.). (2018). *LehrplanPlus Realschule 10. Jahrgangsstufe Werken*. Verfügbar unter <https://www.lehrplanplus.bayern.de/fachlehrplan/realschule/10/werken>
- LehrplanPlus Realschule 8. Jahrgangsstufe (Staatsinstitut für Schulqualität und Bildungsforschung München (ISB), Hrsg.). (2018). *LehrplanPlus Realschule 8. Jahrgangsstufe*. Verfügbar unter <https://www.lehrplanplus.bayern.de/fachlehrplan/realschule/8/werken>
- LehrplanPlus Realschule, Staatsinstitut für Schulqualität und Bildungsforschung München.. *LehrplanPlus Realschule. 8. Jahrgangsstufe Werken*. Zugriff am 02.08.2018. Verfügbar unter <https://www.lehrplanplus.bayern.de/fachlehrplan/realschule/8/werken>
- Lorenz, R., Bos, W., Endberg, M., Eickelmann, B., Grafe, S. & Vahrenhold, J. (Hrsg.). (2017). *Schule digital – der Länderindikator 2017. Schulische Medienbildung in der Sekundarstufe I mit besonderem Fokus auf MINT-Fächer im Bundesländervergleich und Trends von 2015 bis 2017*. Münster, New York: Waxmann.
- Lorenz, R., Endberg, M. & Eickelmann, B. (2017). Kapitel IV Unterrichtliche Nutzung digitaler Medien durch Lehrpersonen in der Sekundarstufe I im Bundesländervergleich und im Trend von 2015-2017. In R. Lorenz, W. Bos, M. Endberg, B. Eickelmann, S. Grafe & J. Vahrenhold (Hrsg.), *Schule digital – der Länderindikator 2017. Schulische Medienbildung in der Sekundarstufe I mit besonderem Fokus auf MINT-Fächer im Bundesländervergleich und Trends von 2015 bis 2017* (S. 84–121). Münster, New York: Waxmann.
- Magner, U. I. E., Schwonke, R., Aleven, V., Popescu, O. & Renkel, A. (2014). Triggering situational interest by decorative illustrations both fosters and hinders learning in computerbased learning environments. *Learning and Instruction*, (29), 141–152.
- Marone, V. (2016). Playful Constructivism: Making Sense of Digital Games for Learning and Creativity Through Play, Design, and Participation. *Journal of Virtual Worlds Research*, (9 (3)), 2–18. Zugriff am 05.08.2018. Verfügbar unter <https://journals.tdl.org/jvwr/index.php/jvwr/article/view/7244/6394>
- Marotzki, W. (2004). Von der Medienkompetenz zur Medienbildung. In R. Brödel & J. Kreimeyer (Hrsg.), *Lebensbegleitendes Lernen als Kompetenzentwicklung. Analysen – Konzeptionen – Handlungsfelder* (Erwachsenenbildung und lebensbegleitendes Lernen Grundlagen und Theorie, Bd. 4, S. 63–74). Bielefeld: Bertelsmann.
- Marr, C. (2010). *Serious Games für die Informations- und Wissensvermittlung* (B.I.T.online-Innovativ, Bd. 28). Wiesbaden: Dinges & Frick GmbH.
- Martens, A. & Maciuszek (2013). Balancing Instruction and Construction in Virtual World Learning. In K. Bredl & W. Bösche (Hrsg.), *Serious games and virtual worlds in education, professional development, and healthcare* (S. 15–40). Hershey.
- Martín-Gutiérrez, J., Mora, C. E., Añorbe-Díaz, B. & González-Marrero, A. (2017). Virtual technologies trends in education. *EURASIA Journal of Mathematics Science*, (13), 469–486.
- Maslow, A. H. (1943). A theory of human motivation. *Psychological Review*, 50(4), 370–396. <https://doi.org/10.1037/h0054346>
- Matthes, E. & Schütze, S. (2013). Digitale Bildungsmedien in der Schule. Einleitung. In E. Matthes, S. Schütze & W. Wiater (Hrsg.), *Digitale Bildungsmedien im Unterricht* (S. 7–13). Bad Heilbrunn: Julius Klinkhardt.
- Matthes, E., Schütze, S. & Wiater, W. (Hrsg.). (2013). *Digitale Bildungsmedien im Unterricht*. Bad Heilbrunn: Julius Klinkhardt.
- Mayer, R. E. (2014). *Computer Games for Learning: An Evidence-Based Approach*: MIT Press. Verfügbar unter <https://books.google.de/books?id=5sgIBAAAQBAJ>
- Mayrberger, K. (2013). Digitale Bildungsmedien – eine kritische Sicht aus mediendidaktischer Perspektive auf aktuelle Entwicklungen. In E. Matthes, S. Schütze & W. Wiater (Hrsg.), *Digitale Bildungsmedien im Unterricht* (S. 26–41). Bad Heilbrunn: Julius Klinkhardt.
- McGonigal, J. (2011). *Reality is broken: Why games make us better and how they can change the world*: New York : Penguin.
- McKenney, S. & Reeves, T. (2012). *Conducting Educational Design Research*. London: Routledge.
- Mead, G. H. (1973). *Geist, Identität und Gesellschaft aus der Sicht des Sozialbehaviorismus*. Frankfurt am Main.
- Meder, N. (2009). Klassifikation der Medien und Ihre Funktionen. In H. Macha & M. Witzke (Hrsg.), *Familie – Kindheit – Jugend – Gender. Handbuch der Erziehungswissenschaft* (3/1, S. 743–749). Paderborn: Schöningh.
- Medienpädagogischer Forschungsverbund Südwest. (2018). *JIM 2018. Jugend, Information, Medien. Basisuntersuchung zum Medienumgang 12- bis 19-Jähriger in Deutschland*. Stuttgart. Zugriff am 29.09.2019. Verfügbar unter https://www.mpfs.de/fileadmin/files/Studien/JIM/2018/Studie/JIM2018_Gesamt.pdf
- Medienzentrum des Kreises Coesfeld. (2019). *SAMR-Modell – Materialien zur Fortbildung*. Zugriff am 21.08.2019. Verfügbar unter <https://blog.medienzentrum-coe.de/samr/>
- Mehm, F., Reuter, C. & Göbel, S. (2013). Authoring of Serious Games for Education. In K. Bredl & W. Bösche (Hrsg.), *Serious games and virtual worlds in education, professional development, and healthcare* (S. 60–73). Hershey.
- Menner, M., Bredl, K., Büttner, S., Rust, S. & Flutura, S. (2018). The Development of the Serious Game “Composites Cup on Tortuga” with the Support of Kraken. In S. Göbel, A. Garcia-Agundez, T. Tregel, M. Ma, Hauge, Baalsrud, J., M. Oliveira et al. (Hrsg.), *Serious Games. 4th Joint International Conference, JCSG 2018, Proceedings* (S. 19–29). Darmstadt: Springer.
- Mersch, A. (2008). E-Learning 3D. 3D-Potentiale und Schwächen dreidimensionaler LehrLernumgebungen in virtuellen Welten. In R. Andersson, Bergs A., Hoppe U., U. Hübner, A. Knaden, K. Morisse et al. (Hrsg.), *Lernen Organisation Gesellschaft. Das eCampus-Symposium der Osnabrücker Hochschule* (Tagungsband logOS 2008, S. 67–72). Osnabrück. Zugriff am 05.08.2018. Verfügbar unter <https://www.epos.uni-osnabrueck.de/books/a/anbe008/OnlineBook/>
- Meuser, M. & Nagel, U. (2009). Das Experteninterview – konzeptionelle Grundlagen und methodische Anlage. In S. Pickel (Hrsg.), *Methoden der vergleichenden Politik- und Sozialwissenschaft. Neue Entwicklungen und Anwendungen* (Lehrbuch, S. 465–479). Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften. https://doi.org/10.1007/978-3-531-91826-6_23
- Michael, D. & Chen, S. (2006). *Serious Games: Games That Educate, Train and Inform*. Boston.
- Mijic, M., Reitmaier, M. & Popp, H. (2009). Kooperatives Lernen in 3-D-Welten in Kopplung mit LMS. In N. Apostolopoulos, H. Hoffmann, V. Mansmann & A. Schwill (Hrsg.), *Lernen im digitalen Zeitalter*. (Medien in der Wissenschaft, Bd. 51, S. 291–301). Münster: Waxmann. Zugriff am 05.08.2018. Verfügbar unter https://www.pedocs.de/volltexte/2011/3276/pdf/Mijic_et_al_Kooperatives_Lernen_D_A.pdf

- Minocha, S. & Hardy, C. (2016). Navigation and Wayfinding in Learning Spaces in 3D Virtual Worlds. In S. Gregory, M. J. W. Lee, B. Dalgarno & B. Tynan (Hrsg.), *Learning in virtual worlds. Research and applications* (S. 3–42). Edmonton, Alberta, Canada: AU Press.
- Mitchell, A. & Savill-Smith, C. (Hrsg.). (2004). *The use of computer and video games for learning. A review of the literature*. London. Zugriff am 12.10.2019. Verfügbar unter https://dera.ioe.ac.uk/5270/7/041529_Redacted.pdf
- Moura, D., Seif el-Nasr, M. & Shaw, C. D. (Hrsg.). (2011). *Visualizing and Understanding Players. Behavior in Video Games: Discovering Patterns and Supporting Aggregation and Comparison*. Vancouver, British Columbia, Canada. Verfügbar unter <https://dl.acm.org/citation.cfm?id=2018559>
- Müller-Kreiner, C. (2017). *Organisationsentwicklung und Serious Games. Die Förderung von aktiver Kollaboration in offenen Organisationen durch spielbasiertes Lernen*. Kempten: AZ Druck und Datentechnik.
- Murray, J. H. (1997). *Hamlet on the Holodeck. The future of narrative in cyberspace*. New York: The free Press.
- Nachtigall, W. & Wisser, A. (2013). *Bionik in Beispielen. 250 illustrierte Ansätze*. Berlin: Springer Spektrum. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-34767-2>
- Nardon, L. & Aten, K. (2012). Valuing Virtual Worlds: The Role of Categorization in Technology Assessment. *Journal of the Association for Information Systems*, 13, 772–796. Zugriff am 15.07.2019. Verfügbar unter https://pdfs.semanticscholar.org/41bf/f2cd96048792c138c469732a47c225b600d3.pdf?_ga=2.220919761.893953329.1563181360-766036167.1563181360
- Niesing, B. (2010). Mit Leichtigkeit Energie sparen. *Weiter. Vorn. Das Fraunhofer-Magazin*, 8–15. Zugriff am 01.08.2018. Verfügbar unter https://www.fraunhofer.de/content/dam/zv/de/documents/weiter-vorn_3-2010_tcm7-56969.pdf
- Oblinger, G. D. (2006). Games and Learning Digital games have the potential to bring play back to the learning experience. *Educause Quarterly*, (3). Zugriff am 19.07.2019. Verfügbar unter <https://www.educause.edu/ir/library/pdf/eqm0630.pdf>
- Oechslein, K. E. (2016). DIGITALE MEDIEN IN DER SCHULE – IST DIE DIGITALE BILDUNG IN DER SCHULE DIE ZUKUNFT? In Staatsinstitut für Schulqualität und Bildungsforschung München (Hrsg.), *ISB Info. Schwerpunktthema Digitale Bildung* (S. 3–6). München.
- Oerter, R. (2007). Zur Psychologie des Spiels. *Psychologie und Gesellschaftskritik*, (31), 7–32. Zugriff am 06.09.2018. Verfügbar unter <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0168-ssoar-292301>
- Ogale, A., Weimer, C., Grieser, T. & Mitschang, P. (2014). Textile Halbzeuge. In M. Neitzel, P. Mitschang & U. Breuer (Hrsg.), *Handbuch Verbundwerkstoffe. Werkstoffe, Verarbeitung, Anwendung* (S. 73–93). München: Carl Hanser Verlag.
- Pank, B. (2015). Schlüsseltechnologie Leichtbau: Die branchenübergreifende Querschnittstechnologie. Leichtbau. Neue Werkstoffe und Herstellungsprozesse machen die Fertigung immer leichter Bauteile in nie da gewesener Qualität möglich. *Media Planet Leben und Technik*. Zugriff am 02.08.2018. Verfügbar unter <http://www.zukunftstechnologien.info/technik-und-wirtschaft/leichtbau/schlueseltechnologie-leichtbau>
- The Phoenix Firestorm Project Inc. (2017). *About the Phoenix Firestorm Projekt, Inc*. Zugriff am 03.08.2018. Verfügbar unter <http://www.firestormviewer.org/>
- Pivec, M. (2011). Computerspiele für den Unterricht, (2), 28–30.
- Plomp, T. & Nieveen, N. (Hrsg.). (2010). *An Introduction to Educational Design Research. Proceedings of the seminar conducted at the East China Normal University, Shanghai (PR China), November 23–26, 2007*. Zugriff am 07.07.2018. Verfügbar unter file:///C:/Users/ADMINI~1/AppData/Local/Temp/Introduction_20to_20education_20design_20research-1.pdf
- Prensky, M. (2001). Digital Natives, Digital Immigrants Part 1. *On the Horizon*, 9(5). Verfügbar unter file:///C:/Users/Administrator/Desktop/Promotion%20Endspurt/Literatur%20DISS%20NEU/Digital_Natives_Digital_Immigrants.pdf
- Prensky, M. (2007). *Digital game-based learning. New roles for trainers and teachers. How du combine computer games and learning. Real-life case studies from organizations utilizing game-based techniques*. St. Paul, MN: McGraw-Hill.
- Puentedura, R. R. (2012). *Focus. Redefinition*. Zugriff am 28.08.2018. Verfügbar unter <http://hippasus.com/blog/archives/68>
- R&G Faserverbundwerkstoffe GmbH. (2009a). *Faserverbundwerkstoffe Handbuch. Edition 06/2009*. Zugriff am 23.04.2019. Verfügbar unter https://www.r-g.de/wiki/Datei:R%26G_Handbuch.pdf
- R&G Faserverbundwerkstoffe GmbH. (2009b). *Handbuch Faserverbundwerkstoffe*.
- Reinking, D. & Bradley, B. A. (2008). *Formative and Design Experiments*. Amsterdam: Teachers College Press.
- Reinmann, G. (2005). Innovation ohne Forschung? Ein Plädoyer für den Design-Based Research-Ansatz in der Lehr-Lernforschung. *Unterrichtswissenschaft*, 33(1), 52–69.
- Reinmann, G. (2010). *Studientext Didaktisches Design*. Zugriff am 18.07.2019. Verfügbar unter https://gabi-reinmann.de/wp-content/uploads/2010/02/Studientext_DD_Kap0.pdf
- Reinmann, G. & Mandl, H. (Hrsg.). (2001). *Virtuelle Seminare in Hochschule und Weiterbildung. Drei Beispiele aus der Praxis*. Bern u.a.: Huber.
- Reusser, K. (2009). Von der Unterrichtsforschung zur Unterrichtsentwicklung – Probleme, Strategien, Werkzeuge. *Beiträge zur Lehrerinnen- und Lehrerbildung*, (27), 295–312. Verfügbar unter https://www.pedocs.de/volltexte/2017/13702/pdf/BZL_2009_3_295_312.pdf
- Ritterfeld, U., Cody, M. & Vorderer, P. (Hrsg.). (2009). *Serious games. Mechanisms and Effects* (1. Aufl.). New York: Routledge.
- Rolinski, A. (2017). *Lernen in virtuellen Welten. Evaluation eines digitalen Lernspiels über Faserverbundstoffe in Bezug auf den Wissenserwerb und die Selbstwirksamkeitserwartungen im naturwissenschaftlichen Unterricht einer Realschule*.
- Rummler, K., Honegger, B. D., Moser, H. & Niesyto, H. (2016). Editorial: Medienbildung und informatische Bildung – quo vadis? *Medienpädagogik Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung*, 25(Media Education and Computer Science Education – quo vadis?), 1–6. <https://doi.org/10.21240/mpaed/25/2016.10.24.X>
- Rüth, M. (2017). Spielerisches Lernen besser bewerten: Effektivität und Effizienz von Computerspielen. In W. Zielinski, S. Aßmann, K. Kaspar & P. Moormann (Hrsg.), *Spielend lernen! Computerspiele(n) in Schule und Unterricht* (S. 39–53). Marl.
- Sailer, M., Murböck, J. & Fischer, F. (Hrsg.). (2017). *Digitale Bildung an bayerischen Schulen – Infrastruktur, Konzepte, Lehrerbildung und Unterricht*.

- Salen, K. & Zimmermann, E. (2004). *Rules of Play. Game Design Fundamentals*. Cambridge, Massachusetts, London, England: The MIT Press.
- Sawyer, B. & Rejeski, D. (Woodrow Wilson, Hrsg.). (2002). *Serious Games: Improving Public Policy Through Game-based Learning and Simulation*. Zugriff am 20.07.2019. Verfügbar unter <https://de.scribd.com/document/38259791/Serious-Games-Improving-Public-Policy-through-Game-based-Learning-and-Simulation>
- Scanlon, E. & O'Shea, T. (Hrsg.). (1992). *New Directions in Educational Technology*. Berlin: Springer.
- Schelhowe, H. (2007). *Technologie, Imagination und Lernen : Grundlagen für Bildungsprozesse mit Digitalen Medien*: Waxmann.
- Schelhowe, H. (2016). Through the Interface. Medienbildung in der digitalisierten Kultur. *MedienPädagogik Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung*, (25), 40–58. <https://doi.org/10.21240/mpaed/25/2016.10.27.X>.
- Scheuchenpflug, R., Ruspa, C. & Quattrocchio, S. (1999). *Presence in virtual driving simulators. Human Factors in the Age of Virtual Reality*.
- Schlaefli, S. (ETH Magazin Globe, Hrsg.). (2019). *Mehr Durchblick dank Augmented Reality*. Verfügbar unter <https://www.ethz.ch/de/news-und-veranstaltungen/eth-news/news/2019/03/augmented-reality.html>
- Schmid, U., Goertz, L. & Behrens, J. (Bertelsmann Stiftung, Hrsg.). (2017). *Monitor Digitale Bildung. #3 Die Schulen im digitalen Zeitalter*. Zugriff am 07.07.2019. Verfügbar unter <https://www.bertelsmann-stiftung.de/de/publikationen/publikation/did/monitor-digitale-bildung-9/>
- Schrepp, M. (2015). *User Experience Questionnaire Handbook*. Zugriff am 14.08.2018. Verfügbar unter https://www.researchgate.net/publication/281973617_User_Experience_Questionnaire_Handbook
- Schrepp, M., Hinderks, A. & Thomaschewski, J. (2017). *Konstruktion einer Kurzversion des User Experience Questionnaire*. Verfügbar unter https://www.researchgate.net/publication/319493605_Konstruktion_einer_Kurzversion_des_User_Experience_Questionnaire <https://doi.org/10.18420/MUC2017-MCI-0006>
- Schroeder, R. (2008). Defining Virtual Worlds and Virtual Environments. *Journal For Virtual Worlds Research*, 1(1). <https://doi.org/10.4101/jvwr.v1i1.294>
- Schultheiss, D. & Helm, M. (2013). Gaming in School: Factors Influencing the Use of Serious Games in Public Schools in Middle Germany. In K. Bredl & W. Bösch (Hrsg.), *Serious games and virtual worlds in education, professional development, and healthcare* (S. 145–159). Hershey.
- Schweitzer, H. (Automobil Industrie, Hrsg.). (2019). *Virtual Reality im Auto: Fünf Beispiele*. Zugriff am 29.03.2019. Verfügbar unter <https://www.automobil-industrie.vogel.de/virtual-reality-im-auto-fuenf-beispiele-a-812525/>
- Second Life. (2018). *Explore Second Life*. Zugriff am 03.08.2018. Verfügbar unter <https://secondlife.com/>
- Seidel, W. & Hahn, F. (Hrsg.). (2014). *Werkstofftechnik. Werkstoffe – Eigenschaften – Prüfung – Anwendung* (Lernbücher der Technik, 10. Aufl.). München.
- Shapiro, M. A. & Pena, J. (2009). Generalizability and Validity in Digital Game Research. In U. Ritterfeld, M. Cody & P. Vorderer (Hrsg.), *Serious games. Mechanisms and Effects* (1. Aufl., S. 389–403). New York: Routledge.
- Shavelson, R. J., Phillips, D. C., Towne, L. & Feuer, M. J. (2003). *On the Science of Education Design Studies*. 32: 1. Zugriff am 07.07.2018. Verfügbar unter https://web.stanford.edu/dept/SUSE/SEAL/Reports_Papers/methods_papers/On%20the%20Science%20of%20Ed%20Design%20Studies_ER.pdf
- Shen, C., Wang, H. & Ritterfeld, U. (2009). Serious Games and Seriously Fun Games: Can They Be One and the Same? In U. Ritterfeld, M. Cody & P. Vorderer (Hrsg.), *Serious games. Mechanisms and Effects* (1. Aufl., S. 50–61). New York: Routledge.
- Shute, V. J. & Ke, F. (2012). Games, Learning, and Assessment. In D. Ifenthaler, D. Eseryel & X. Ge (Eds.), *Assessment in Game-Based Learning. Foundations, Innovations, and Perspectives* (vol. 38, pp. 43–58). New York, NY: Springer New York. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-3546-4_4
- Slater, M. (2003). *A Note on Presence Terminology*. Verfügbar unter https://www.researchgate.net/publication/242608507_A_Note_on_Presence_Terminology
- Spangenberg, P., Draeger, I., Kapp, F. & Kruse, L.. Serena Supergreen und der abgebrochene Flügel. *ENERGIE-Chancengleichheit in der Energietechnik*, 61–66.
- Spangenberg, P., Kapp, F., Kruse, L. & Matthes, N. (2018). Serious Games für den Unterricht: Berufsorientierung für gewerblich-technische Ausbildungsberufe am Beispiel von Serena Supergreen. *Bildung und Beruf*, 1., 146–215.
- Spangenberg, P., Kruse, L. & Kapp, F. (2019). Serious Games as Innovative Approach to Address Gender Differences in Career Choice. In M. Gentile, M. Allegra & H. Söbke (Eds.), *Games and Learning Alliance. 7th International Conference, GALA 2018, Palermo, Italy, December 5-7, 2018, Proceedings* (Information Systems and Applications, incl. Internet/Web, and HCI, vol. 11385, vol. 11385, pp. 431–435). Cham: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-11548-7_43
- Spanhel, D. (2011). Medienkompetenz oder Medienbildung? Begriffliche Grundlagen für eine Theorie der Medienpädagogik. *Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung*, (20), 97–120.
- Spitzer, M. (2012). *Digitale Demenz. Wie wir uns und unsere Kinder um den Verstand bringen*. München: Droemer. Verfügbar unter http://deposit.d-nb.de/cgi-bin/dokserv?id=4034441&prov=M&dok_var=1&dok_ext=htm
- Steuer, J. (1992). Defining Virtual Reality: Dimensions Determining Telepresence. *Journal of Communication*, 42(4), 73–93.
- Stockmann, R. (Ed.). (2000). *Evaluationsforschung. Grundlagen und ausgewählte Forschungsfelder* (Sozialwissenschaftliche Evaluationsforschung, Bd. 1). Opladen: Leske + Budrich.
- Strobel, C. (Tegtag, Hrsg.). (2015). *Immersive Education: Virtuelle Realität im Klassenzimmer*. Zugriff am 15.07.2019. Verfügbar unter <https://www.tegtag.de/netzkultur/immersive-education-virtuelle-realitaet-klassenzimmer/>
- Suter Kunststoffe AG. (2015a). *EG-Sicherheitsdatenblatt Polyesterharz*. Verfügbar unter <https://www.swiss-composite.ch/pdf/s-Raku-Tool-UP-4310-d.pdf>
- Suter Kunststoffe AG. (2015b). *Sicherheitsinformationsblatt für Erzeugnisse Glasfaser*. Verfügbar unter <https://www.swiss-composite.ch/pdf/s-Glasfaser-Fuellstoff-FG-413-6mm.pdf>
- Tulodziecki, G. (2016). Konkurrenz oder Kooperation? Zur Entwicklung des Verhältnisses von Medienbildung und informatischer Bildung. *MedienPädagogik Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung*, 25, 7–25.

- TUM School of Education (Clearing House Unterricht, TUM School of Education, Technische Universität München, Hrsg.). (2018). *ICAP-Hypothese*. Zugriff am 18.07.2019. Verfügbar unter <https://www.clearinghouse.edu.tum.de/glossar/icap-hypothese/>
- UNICEF (UNICEF, Hrsg.). (1989). *UN-Konvention über die Rechte des Kindes*. Verfügbar unter https://www.ohchr.org/_layouts/15/WopiFrame.aspx?sourcedoc=/Documents/HRBodies/CRC/Discussions/2016/InternationalPlayAssociation.docx&action=default&DefaultItemOpen=1
- Van den Akker, J. (1999). Principles and Methods of Development Research. In J. J. H. Akker, R. M. Branch, K. Gustafson, N. Nieveen & T. Plomp (Eds.), *Design Approaches and Tools in Education and Training* (vol. 2, pp. 1–14). Dordrecht: Springer-Science/Kluwer Academic Publishers. https://doi.org/10.1007/978-94-011-4255-7_1
- Vbw – Vereinigung der Bayerischen Wirtschaft e.V. (Hrsg.). (2018). *Digitale Souveränität und Bildung. Gutachten* (1. Auflage). Münster: Waxmann.
- Viehmann, S. (2018). Verkaufszahlen 2017. Elektroautos: Deutschland verdoppelt Marktanteil – Stromer-Absturz in den Niederlanden. *Focus online*. Zugriff am 01.08.2018. Verfügbar unter https://www.focus.de/auto/elektroauto/marktzahlen-2017-elektroautos-deutschland-verdoppelt-marktanteil-aber-stromer-absturz-in-den-niederlanden_id_8329020.html
- Wagner, M. & Mitgutsch, K. (Donau Universität Krems, Hrsg.). (2009). *Endbericht des Projekts Didaktische Szenarien des Digital Game Based Learning*. Zugriff am 07.06.2019. Verfügbar unter https://issuu.com/michaelgwagner/docs/2008_wagner_mitgutsch_endbericht_dsdgbl
- Wang, F. & Hannafin, M. J. (2005). Design-based research and technology-enhanced learning environments. *Educational Technology Research and Development*, 53(4), 5–23. <https://doi.org/10.1007/BF02504682>
- Wastiau, P., Kearney, C. & van den Berghe, W. (European Schoolnet, Hrsg.). (2009). *How are digital games used in schools? Complete results fo the study*. Verfügbar unter http://games.eun.org/upload/gis-full_report_en.pdf
- Weidenmann, K. A. & Wanner, A. (2011). Werkstoffauswahl für den Leichtbau. In F. Henning & E. Moeller (Hrsg.), *Handbuch Leichtbau. Methoden, Werkstoffe, Fertigung* (S. 161–190). München, Wien: Carl Hanser Verlag.
- Wiater, W. (2013). Schulbuch und digitale Medien. In E. Matthes, S. Schütze & W. Wiater (Hrsg.), *Digitale Bildungsmedien im Unterricht* (S. 17–25). Bad Heilbrunn: Julius Klinkhardt.
- Wiemeyer, J. (2016). *Serious Games für die Gesundheit. Anwendung in der Prävention und Rehabilitation im Überblick* (essentials). Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-15472-1>
- Wilke, A. (Universität Paderborn, Hrsg.). (2016). *Das SAMR Modell von Puentedura*. Zugriff am 28.08.2018. Verfügbar unter <http://homepages.uni-paderborn.de/wilke/blog/2016/01/06/SAMR-Puentedura-deutsch/>
- Wilson, K. A., Bedwell, W., L., Lazzara, E., H., Salas, E., Burke, C., S., Estock, J., L., Orvis, K., L. et al. (2009). Relationships Between Game Attributes and Learning Outcomes. *Simulation and Gaming*, 40 (2), 217–266. <https://doi.org/10.1177/1046878108321866>
- Winn, S. (2013). Serious Games as an Instrument of Non-formal Learning: A Review of Web-Based Learning Experience on the Issue of Renewable Energy. In K. Bredl & W. Bösche (Hrsg.), *Serious games and virtual worlds in education, professional development, and healthcar* (S. 174–190). Hershey.
- Witten, E. (2014). Materialkreisläufe. In M. Neitzel, P. Mitschang & U. Breuer (Hrsg.), *Handbuch Verbundwerkstoffe. Werkstoffe, Verarbeitung, Anwendung* (S. 455–467). München: Carl Hanser Verlag.
- Wochnik, S. (2015). *Cardboards müssen an die Schulen!* golem.de. IT-news für Profis. Zugriff am 15.07.2019. Verfügbar unter <https://www.golem.de/news/googles-vr-expeditions-cardboards-muessen-an-die-schulen-1505-114339.html>
- Woidasky, J. Recyclingfähigkeit und End-of-Life-Konzept im Leichtbau (S. 1189–1204).
- Wolff, D. (2017). *Virtuelle Realität & Schulisches Lernen: Potentiale, Grenzen und Gefahren*. Zugriff am 15.07.2019. Verfügbar unter <https://www.mebis.bayern.de/infoportal/welten/internet/virtuelle-realitaet-schulisches-lernen-potentiale-grenzen-und-gefahren/>
- Wössner, S. (Landesmedienzentrum Baden-Württemberg, Hrsg.). (2019). *Virtual Reality: Unterrichtsbeispiele*. Verfügbar unter <https://www.lmz-bw.de/medien-und-bildung/medienwissen/virtual-und-augmented-reality/virtual-reality-unterrichtsbeispiele/>
- Wouters, P., van Nimwegen, C., van Oostendorp, H. & van der Spek. (2013). A meta-analysis of the cognitive and motivational effects of serious games. *Journal of Educational Psychology*, 105 (2), 249–265. Zugriff am 05.09.2018. Verfügbar unter http://ocw.metu.edu.tr/pluginfile.php/11786/mod_resource/content/1/A%20Meta-Analysis%20of%20the%20Cognitive%20and%20Motivational%20Effects%20of%20Serious%20Games.pdf
- Wouters, P. & van Oostendorp, H. (2016). *Instructional Techniques to Facilitate Learning and Motivation of Serious Games*: Springer International Publishing. Verfügbar unter <https://books.google.de/books?id=00BrDQAAQBAJ>
- Zagal, J. P., Rick, J. & Hsi, I. (2006). Collaborative games: Lessons learned from board games. *Simulation and Gaming*, 37(1), 24–40. Zugriff am 16.07.2019. Verfügbar unter <https://my.eng.utah.edu/~zagal/Papers/Zagal%20et%20al%20-%20Collaborative%20Games%20-%20Lessons%20learned%20from%20boardgames.pdf>
- Zielinski, W., Aßmann, S., Kaspar, K. & Moormann, P. (Hrsg.). (2017). *Spielend lernen! Computerspiele(n) in Schule und Unterricht*. Marl.
- Zierer, K. (2018). *Lernen 4.0 Pädagogik vor Technik. Möglichkeiten und Grenzen einer Digitalisierung im Bildungsbereich* (2. erweiterte Auflage). Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren GmbH.
- Zimpel, A. F. (2016). *Lasst unsere Kinder spielen! Der Schlüssel zum Erfolg* (4. Aufl.). Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht.
- Zinn, B., Guo, Q. & Duygu, S. (2016). Entwicklung und Evaluation der virtuellen Lern- und Arbeitsumgebung VILA. *Journal of Technical Education*, (4). Zugriff am 14.06.2019. Verfügbar unter www.journal-of-technical-education.de/index.php/joted/article/download/71/85
- Zorn, I. (2011). Medienkompetenz und Medienbildung mit Fokus auf Digitale Medien. *MedienPädagogik Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung*, (20), 175–209. <https://doi.org/10.21240/mpaed/20.X>

Anhang (eidesstattliche Erklärung etc.)

Anlagenverzeichnis

Anlage 0:	Fragebogen F1
Anlage 1a:	Tonversion Experteninterview 1 (nur CD)
Anlage 1b:	Transkript Experteninterview gekürzt (nur CD)
Anlage 2:	Mitschrift Experteninterview 2 Usability (nur CD)
Anlage 3:	Mitschrift Experteninterview 3 Usability (nur CD)
Anlage 4:	Ausgefüllte Fragebögen Studierende (nur CD)
Anlage 5:	Anleitungen Lernzirkel CC on Tortuga
Anlage 6:	Fragebogen F2 GEQ
Anlage 7:	Fragebogen F3 Wissen CC on Tortuga
Anlage 8:	Auswertung Fragebogen F3 Wissen LZ (nur CD)
Anlage 9:	Auswertung Fragebogen F3 Wissen CC on Tortuga (nur CD)
Anlage 10:	Inhalte Poster World Café (nur CD)
Anlage 11:	Auswertung Moderationskärtchen Gruppe 1 (nur CD)
Anlage 12:	Auswertung Moderationskärtchen Gruppe2 (nur CD)
Anlage 13a:	Tonversion Experteninterview Lehrkräfte (nur CD)
Anlage 13a:	Transkript Experteninterview Lehrkräfte Einleitung (nur CD)
Anlage 13b:	Tonversion Experteninterview Lehrkräfte Hauptteil (nur CD)
Anlage 13b:	Transkript Experteninterview Lehrkräfte Hauptteil (nur CD)
Anlage 14:	ausgefüllte Fragebögen formative Evaluierung (nur CD)
Anlage 15:	ausgefüllte Fragebögen summative Evaluierung (nur CD)
Anlage 16:	Datenbank Auswertung1 (nur CD)
Anlage 17:	Datenbank Auswertung 2 (nur CD)
Anlage 18:	Datenbank Auswertung 3 (nur CD)
Anlage 19:	Datenbank Auswertung 4 (nur CD)
Anlage 20:	Datenbank Vergleich formative Evaluierung (nur CD)
Anlage 21:	Datenbank summative Evaluierung (nur CD)

Anlage 0 Fragebogen F1

EVALUATION Faszifa 2.0

Wir arbeiten an einem Spiel, welches du heute testen durftest.
Um das Spiel weiter verbessern zu können, brauchen wir unbedingt deine ehrliche Meinung! Bitte kreuze die für dich zutreffenden Felder an.



DANKE für deine Mithilfe

	Stimme völlig zu	Stimme zu	Stimme nicht zu	Stimme gar nicht zu
Bedienung des Spiels				
Das Spiel war einfach zu bedienen.				
Ich wusste gleich, was ich in dem Spiel tun soll.				
Das Spiel war in sich schlüssig aufgebaut.				
Man muss sehr geschickt mit den Fingern sein, um das Spiel spielen zu können.				
Die Bedienung war einfach für mich, weil ich häufig am Tablet / Smartphone / Computer spiele.				
Verständlichkeit des Spiels				
Die Aufgaben im Spiel waren gut verständlich.				
Die Aufgaben im Spiel konnte ich gut lösen.				
Die Einleitungstexte vor den einzelnen Leveln waren gut verständlich.				
Die Einleitungstexte vor den einzelnen Leveln waren zu kurz.				
Die Einleitungstexte vor den einzelnen Leveln waren ausführlich genug.				
In dem Spiel wusste man immer, was man als nächstes tun soll.				
Das Spiel war einfach zu spielen.				
Mir war immer klar, was ich zu tun habe.				
Ich fand die Aufgaben im Spiel klar formuliert.				
Mir war klar, um was es in dem Spiel geht.				
Die Informationstexte waren hilfreich.				
Die Informationstexte waren zu ausführlich.				
Das Spiel war inhaltlich zu ausführlich.				
Ich konnte das Spiel in der vorgegebenen Zeit durchspielen.				
Es wurde darauf hingewiesen, wenn Fehler gemacht wurden.				
Mir war klar, welche Fehler ich gemacht habe.				

Mir war klar, wie ich den Fehler beim nächsten Mal vermeiden kann.				
Das Spiel dauerte zu lange.				
Design des Spiels				
Ich fand das Spiel sieht gut aus.				
Insgesamt war das Design des Spiels ansprechend.				
Die Rahmenhandlung hat man gut verstanden.				
Die Rahmenhandlung hat für den Spielverlauf wichtige Informationen geliefert.				
Gesamtbeurteilung des Spiels				
Ich wünsche mir mehr Spiele dieser Art.				
Meine Erfahrungen mit dem Spiel waren insgesamt gut.				
Es hat mir Spaß gemacht, das Spiel zu spielen.				
Ich spiele in meiner Freizeit mehr als 2 Stunden am Tag Spiele auf dem Computer / Smartphone / Tablet.				
Ich spiele in meiner Freizeit weniger als 2 Stunden am Tag Spiele auf dem Computer / Smartphone / Tablet.				
Ich würde das Spiel weiterempfehlen.				
Ich würde das Spiel gerne nochmal spielen.				
Persönliche Daten				
Schule und Schulart				
Klasse				
Alter				
Geschlecht	männlich		weiblich	
Ein passender Name für das Spiel wäre:				
Was ich euch noch sagen will:				

Anlage 5 Anleitungen Lernzirkel CC on Tortuga

Einstieg in den Lernzirkel Composites Cup on Tortuga

Aufgabe: Lest den Einführungstext zum Lernzirkel „Composites Cup on Tortuga“. Danach dürft ihr in die Rolle von Captain Francis Carbon und Captain Franka Carbon schlüpfen und den Beiden bei ihren Herausforderungen zum Gewinn des Composites Cup helfen.



Prolog:

Zwei Piraten, die Captain Francis Carbon und Captain Franka Carbon beim Composites Cup herausfordern wollen, fahren mit dem Schiff auf eine Insel zu und unterhalten sich, als sie Captain Francis Carbon und seine Gefährtin Captain Franka Carbon am Ufer entdecken:

„Schau mal, wen wir da vorne haben! Team „Holzkopf“! Erinnerst du dich, wie sie sich letztes Jahr beim Cup blamiert haben? Das war ein Spektakel!“

Die Piraten Captain Francis Carbon und Captain Franka Carbon unterhalten sich ebenfalls auf ihrer Insel über den anstehenden Composites Cup:

„Nächste Woche startet der Tortuga Cup. Dieses Mal müssen wir unbedingt gewinnen! Die Schande vom letzten Jahr steckt mir noch tief in den Knochen. Keinen Punkt im gesamten Cup! Die Schiedsrichter hatten doch Tomaten auf den Augen! Wären unsere Holzbeine nicht gebrochen... und hätte die Angelschnur beim Harpunieren gehalten... Ich bin mir sicher, dann hätten wir gewonnen.“

Die beiden Herausforderer unserer Piraten fahren mit ihrem Schiff an der Insel vorbei:

Die Herausforderer: „Wollt ihr dieses Jahr ernsthaft nochmal teilnehmen? Dann haben die Zuschauer wenigstens was zu lachen. Ihr mit euren Holzfüßen und Baumwollsocken. Das Ü in Kajüte bekommt doch mehr Punkte als ihr! Holzköpfe!“

Captain Franka Carbon: „Ich kann die beiden nicht ausstehen!“

Captain Francis Carbon: „Dieses Jahr gewinnen wir. Ich weiß auch schon wie. Mit Faserverbundwerkstoffen werden wir ihnen schon zeigen, wer die Verlierer des diesjährigen Cups sind!“

Nun bist du gefragt! Captain Francis Carbon und Captain Franka Carbon müssen sich den Herausforderungen des Composites Cup stellen und du kannst ihnen helfen, diese zu bestehen und den Composites Cup zu gewinnen!

Faser – Quiz 10 Minuten

Schüler spielen zur Einführung das Faserquiz – Zeit im Auge behalten!!

Materialien:

Dokument mit den Faserarten und Faserproben

Lösungsbogen

Harpunieren I (Faserart)

Bei dieser Disziplin des Tortuga Cups, dem Harpunieren, geht es darum, die richtige Angelschnur auszuwählen. Die verschiedenen Fasern können unterschiedliche Gewichte aushalten, bis sie reißen.

Die Belastbarkeit gibt an, wieviel Gewicht die Angelschnur tragen kann, bevor sie reißt. Durch das Verwenden verschiedener Faserarten kann die Belastbarkeit der Schnur verändert werden.

Der Durchmesser der Angelschnur bestimmt ihre maximale Belastbarkeit. Je dicker die Schnur, desto mehr Gewicht kann sie tragen bevor sie reißt. Für eine dickere Schnur wird aber auch mehr Material benötigt, wodurch sie teurer wird.

Materialien:

- Angelschnur aus Carbon, Baumwolle und Stahldraht
- Unterschiedliche Gewichte

Aufgabenstellung:

Teste, mit welcher Angelschnur du die größten Fische aus dem Wasser ziehen kannst!

Hänge dafür die Gewichte an die drei verschiedenen Schnüre und probiere aus, welche Schnur die größte Belastbarkeit hat.

Harpunieren II (Leitfähigkeit)

Wusstest du schon, dass Zitteraale eine Spannung mit bis zu 850V (vgl. Steckdose 230V) erzeugen können? Dabei kommt es auf die richtige Angelschnur an!

In der Vergangenheit wurden Angelschnüre aus natürlichen Fasern wie z.B. Baumwolle hergestellt. Diese Materialien sind jedoch anfällig gegenüber Fäulnis und können nur wenig Gewicht tragen. Heutzutage bestehen Angelschnüre vorwiegend aus Nylon oder Fluorocarbon. Zum Angeln von besonders schweren Fischen werden Angelschnüre aus Metall eingesetzt.

Carbonfasern können, wie auch Metalle, Strom leiten. Sind die Fasern mit Kunststoff ummantelt, leiten sie keinen Strom mehr. Je nach gewünschter Eigenschaft können die Fasern während der Verarbeitung behandelt werden.

Materialien:

- Steckschaltungen mit unterschiedlichen Angelschnüren (Leitern) aus:
 - Carbonfasern, die mit Kunststoff ummantelt sind (Fluorocarbon)
 - Stahldraht
 - Baumwolle
 - Carbonfasern in einem durchsichtigen Schlauch (da ansonsten durch die feinen Fasern Verletzungsgefahr besteht)

Aufgabenstellung:

Mit welcher Angelschnur kannst du Zitteraale angeln ohne einen Stromschlag abzubekommen?

Teste die einzelnen Faserarten in der Steckschaltung.

Wettrennen (Herstellungskosten)

Um den Tortuga Cup zu gewinnen benötigen die Piraten ein schnelleres Schiff. Leider ist das erbeutete Gold bereits etwas knapp, daher muss das Schiff zwar schnell und leicht aber auch so günstig wie möglich sein.

Die verschiedenen Faserarten werden durch unterschiedliche Verfahren hergestellt. Dadurch unterscheiden sie sich erheblich im Preis. So sind die Herstellungskosten von technischen Fasern durch einen hohen Energieaufwand deutlich höher, als die von Naturfasern. Der Preis eines Werkstücks hängt vom Material und von der Menge des verwendeten Materials ab.

Materialwert (vom teuersten zum billigsten):

Carbon > Glasfaser > Stahl > Aluminium > Holz > Pappe

Materialien:

- Anschauungsmaterial: Carbon-, Glasfaser-, Aluminium- und Stahlstäbe; Sandwichmaterialien, Holz, ...

Aufgabenstellung:

Diskutiert, aus welchem Material/ aus welchen Materialien das neue Schiff für die Piraten gebaut werden könnte?

Prothesenrennen (Faserverbunde)

In der nächsten Disziplin treten die Piraten mit ihren Beinprothesen gegeneinander in einem Hindernislauf an. Um den Parcours erfolgreich zu durchlaufen brauchen die Piraten eine Beinprothese, die sowohl leicht, als auch stabil ist.

Für Prothesen können **massive Materialien** (z.B. Metalle) oder **Faserverbundwerkstoffe** verwendet werden.

Faserverbunde sind Materialien, wie z.B. Kunststoff oder Keramik, die mit Fasern durchzogen werden. Im Prinzip kann man dazu die meisten Arten von Fasern verwenden. Faserverbunde sind meist leichter und belastbarer als die massiven Materialien.

Massive Materialien werden schon lange verwendet. Aus Zement, Kunststoff und Stahl können Bauteile einfach und in großer Stückzahl produziert werden.

Fasern lassen sich frei formen und unterschiedlich verarbeiten, bleiben jedoch nicht an Ort und Stelle. Um das zu erreichen, werden sie mit einem Kleber (Matrixmaterial) fixiert.

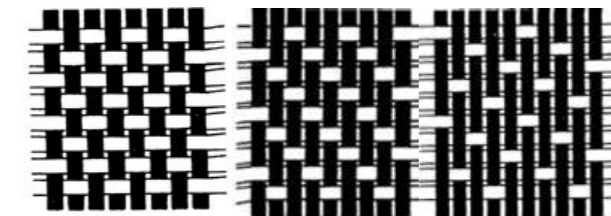
Gips wird beispielsweise als Matrixmaterial verwendet, damit Baumwollfasern um ein gebrochenes Bein fixiert werden können.

Materialien:

- Verschiedene Fasern
- Webvorrichtung
- Verschieden gewebte, geflochtene Matten aus dem Koffer

Aufgabenstellung:

Probiere mit der Webvorrichtung aus, auf welche Arten die Fasern verarbeitet werden können.



Würdest du die Beinprothese aus Faserverbundwerkstoffen oder aus massiven Materialien bauen?

Durch die verwendeten Materialien wird die Belastbarkeit der Prothese bestimmt. Die Belastbarkeit gibt an, wie viel ein Mensch wiegen darf sodass die Prothese noch alle seine Bewegungen aushält.

D.h. eine 80 kg schwere Person kann mit einer Prothese, die für 90 kg ausgelegt ist, laufen, rennen und springen. Dahingegen kann eine 80 kg schwere Person mit einer Prothese, die für 70 kg ausgelegt ist, nicht mehr springen oder rennen.

Plankenspringen (Biegefestigkeit)

- eine der beliebtesten Disziplinen bei Piraten. Sie springen dabei von einem Sprungbrett ins Meer, um sich abzukühlen.

Durch die Richtung der Fasern und die Wandstärke kann die Biegsamkeit des Sprungbretts beeinflusst werden.

Die Wandstärke hat Einfluss auf die Stabilität des Sprungbretts. Je dicker die Wandstärke, desto belastbarer aber auch steifer wird es. Außerdem wird das Sprungbrett mit zunehmender Wandstärke schwerer.

Die Faserrichtung bestimmt maßgeblich die Biegefestigkeit des Sprungbretts. Beim Biegen des Sprungbretts entsteht auf dessen Oberseite eine Zug- und auf der Unterseite eine Druckspannung.

Das bedeutet, je 'schräger' die Fasern zur Biegerichtung orientiert sind, desto weniger Zug- und Druckspannungen entstehen und desto biegsamer ist das Material. Dies verringert aber die Belastbarkeit des Sprungbretts, sodass es sogar brechen kann.

Biegefestigkeit beim Biegen treten sowohl Zug- als auch Druckspannungen auf. Verschiedene Materialien können diesen Spannungen unterschiedlich gut standhalten bis sie brechen.

Materialien

- Planken aus Carbon- und Glasfasermatten in unterschiedlichen Orientierungen und Stärken
- Unterschiedliche Gegenstände
- Waage

Aufgabenstellung:

Welches ist das optimale Sprungbrett? Die Sprunghöhe wird dabei durch die Biegefestigkeit des Sprungbretts bestimmt.

Teste die vorliegenden Planken auf Biegsamkeit, Gewicht und Stabilität. Achte auf die unterschiedlichen Faserrichtungen und Stärken!

Bitte Holzstück mit Gefühl biegen!

Kanonenkugelschießen (Gewicht und Hitzebeständigkeit)

Diese Disziplin im Tortuga Cup ist das Kanonenkugelschießen. Die Piraten haben Kanonenkugeln aus carbonfaserverstärktem Kunststoff, Aluminium, Stahl und aus Glasfaserverstärktem Kunststoff zur Auswahl.

Materialien:

- 4 Stäbe aus unterschiedlichen Materialien (gleiche Größe)
- Waagen

Aufgabenstellung:

Finde die optimale Kanonenkugel! Sie sollte leicht sein, aber auch der Hitze, die beim Abfeuern entsteht, standhalten!

Wiege die vorliegenden Stäbe und diskutiere, aus welchem Material die Kanonenkugel bestehen sollte.

Anlage 6 Fragebogen F2 GEQ

Fragebogen Game Experience – Tortuga Cup

Bitte beschreibe anhand der folgenden Aussagen, wie du dich während dem Spielen des Spiels gefühlt hast.

		Überhaupt nicht	Etwas	Mittelmäßig	Ziemlich	Extrem
1	Ich bin zufrieden.					
2	Ich fühlte mich geschickt.					
3	Die Geschichte des Spiels hat mich interessiert.					
4	Das Spiel hat Spaß gemacht.					
5	Ich war komplett mit dem Spiel beschäftigt.					
6	Ich war während dem Spielen glücklich.					
7	Das Spiel hat mich in schlechte Laune versetzt.					
8	Meine Gedanken sind beim Spielen abgeschweift.					
9	Ich fand das Spiel anstrengend.					
10	Ich fühlte mich kompetent.					
11	Ich fand das Spiel schwierig.					
12	Das Spiel war schön gestaltet.					
13	Ich habe während dem Spielen alles um mich herum vergessen.					
14	Ich habe mich gut gefühlt.					
15	Ich war gut in dem Spiel.					
16	Ich fühlte mich gelangweilt.					
17	Ich fühlte mich erfolgreich.					
18	Ich fühlte mich ideenreich / fantasievoll.					
19	Ich hatte das Gefühl, in diesem Spiel vieles erforschen zu können.					



20	Ich hatte Spaß an dem Spiel.					
21	Ich konnte das Ziel des Spieles schnell erreichen.					
22	Ich fühlte mich genervt.					
23	Ich fühlte mich unter Druck gesetzt.					
24	Ich fühlte mich irritiert.					
25	Ich habe die Zeit aus den Augen verloren.					
26	Ich fühlte mich herausgefordert.					
27	Ich fand das Spiel beeindruckend.					
28	Ich war sehr konzentriert während dem Spiel.					
29	Ich fühlte mich frustriert.					
30	Es war eine umfangreiche Erfahrung.					
31	Ich habe die Verbindung zur Außenwelt verloren.					
32	Ich fühlte mich unter zeitlichen Druck gesetzt.					
33	Ich musste mich sehr anstrengen.					



		Stimmt gar nicht	Stimmt wenig	Stimmt etwas	Stimmt ziemlich	Stimmt völlig
34	Naturwissenschaften bringen mir Spaß.					
35	Bei naturwissenschaftlichen Sendungen im Fernseher schalte ich immer aus oder um.					
36	Naturwissenschaften gehören für mich persönlich zu den wichtigen Dingen.					
37	Ich führe in meiner Freizeit nur ungern Gespräche über naturwissenschaftliche Themen.					
38	Ich finde es wichtig, mich mit naturwissenschaftlichen Fragestellungen zu beschäftigen.					
39	Naturwissenschaftliche Artikel finde ich völlig uninteressant.					
40	In meiner Freizeit habe ich besseres zu tun, als über naturwissenschaftliche Phänomene nachzudenken.					

41	Mich würden Naturwissenschaften bestimmt interessieren, wenn nicht alles so kompliziert wäre.					
42	Obwohl ich mir bestimmt Mühe gebe, fallen mir Naturwissenschaften schwer.					
43	Das Lernen der naturwissenschaftlichen Theorien fällt mir leicht.					
44	Kein Mensch kann alles. Für Naturwissenschaften habe ich einfach keine Begabung.					
45	Bei manchen Sachen in den Naturwissenschaften, die ich nicht verstehe, weiß ich von vornherein: „Das verstehe ich nie“.					
46	Anhand anschaulicher Experimente verstehe ich auch kompliziertere naturwissenschaftliche Theorien.					
47	Naturwissenschaften liegen mir nicht besonders.					



48. Deine beiden Lieblingsfächer in der Schule sind:

49. Welche beiden Schulfächer magst du am wenigsten?

Persönliche Angaben		
Schule		
Klasse		
Alter		
Geschlecht	Männlich	Weiblich

Was ich euch noch sagen möchte:

Anlage 7 Fragebogen Wissen

Fragebogen Wissen

Um deine Daten zu anonymisieren und um die verschiedenen Fragebögen einander zuordnen zu können, möchten wir dich bitten, einen individuellen Code zu verwenden:

Erster und letzter Buchstabe des Vornamens deiner Mutter		
Erster und letzter Buchstabe des Vornamens deines Vaters		
Tag deines Geburtsdatums		

Beispiel: Mutter: Maria Vater: Josef Geburtstag: 08.12.2002 ->

M	A	J	F	0	8
---	---	---	---	---	---

Du hast im Spiel / im Lernzirkel einige Dinge über Fasern und Faserverbundwerkstoffe gelernt. Bitte beantworte die folgenden Fragen:

1. Aus welchen Komponenten besteht ein Faserverbundwerkstoff?
2. Welche Fasern können das meiste Gewicht tragen?
3. Welche Fasern können Strom leiten?
4. Wozu dient das Matrixmaterial?
5. Warum leitet ein Faserverbund aus Carbon und Kunststoff keinen Strom?