



Game-based Learning im mathematischen Kontext

MASTERARBEIT

zur Erlangung des akademischen Grades

Master of Science

im Rahmen des Studiums

Informatikdidaktik

eingereicht von

Christoph Nagelhofer

Matrikelnummer 00427515

an der Fakultät für Informatik
der Technischen Universität Wien

Betreuung

Betreuerin: Ass.Prof. Dipl.-Ing. Mag.rer.soc.oec. Dr.techn. Monika di Angelo

Wien, 30.07.2021

Unterschrift Verfasser/in

Unterschrift Betreuer/in

Erklärung zur Verfassung der Arbeit

Christoph Nagelhofer

Hiermit erkläre ich, dass ich diese Arbeit selbständig verfasst habe, dass ich die verwendeten Quellen und Hilfsmittel vollständig angegeben habe und dass ich die Stellen der Arbeit – einschließlich Tabellen, Karten und Abbildungen –, die anderen Werken oder dem Internet im Wortlaut oder dem Sinn nach entnommen sind, auf jeden Fall unter Angabe der Quelle als Entlehnung kenntlich gemacht habe.

Wien, 30.07.2021

Unterschrift

Kurzfassung

Diese Masterarbeit behandelt Digital Game-based Learning (DGBL) in Mathematik. Im theoretischen Teil wird auf Basis zahlreicher wissenschaftlicher Literatur und Studien der aktuelle Forschungsstand auf diesem Gebiet dargestellt und die Forschungsfrage erörtert, welche Eigenschaften digitale spielbasierte Wissensvermittlung für mathematische Inhalte bieten soll, um einen positiven Mehrwert für das Lernerlebnis und den Lernerfolg zu erzielen. Es wird sowohl auf fachdidaktische und lerntheoretische als auch auf spieltheoretische Aspekte eingegangen. Mit diesen Erkenntnissen und auf den Grundlagen von Digital Game-based Learning (Kognition, Motivation, Emotion und Soziales) basierend werden neben einer Basisrichtlinie, elf eigene Guidelines formuliert und deren Nutzen, sowie deren Vor- und Nachteile diskutiert. Danach werden im Praxisteil der vorliegenden Arbeit anhand dieser Guidelines vier digitale mathematische Videospiele exemplarisch analysiert und ausgewertet. Im Anschluss werden zudem zwei Anwendungsbeispiele für DGBL in Mathematik, eines für den Präsenz- und ein anderes für den Distanzunterricht, mit Stundenbildern vorgestellt.

Abstract

This master thesis deals with digital game-based learning (DGBL) in mathematics. In the theoretical part, the current state of research in this field is presented on the basis of numerous scientific literature and studies; the research question discusses which characteristics of digital game-based knowledge transfer can add positive value to mathematical content, with regard to both the learning experience and learning success. It addresses aspects of subject didactics as well as learning and game theory. Based on these findings and the foundations of digital game-based learning - cognition, motivation, emotion and social aspects - eleven own guidelines are formulated, in addition to a basic guideline; moreover, the guidelines' usage, as well as their benefits and disadvantages are discussed. Then, in the practical part of this thesis, four mathematical videogames are analyzed and evaluated on the basis of these guidelines. Afterwards, two examples for the application of DGBL in mathematics are presented in lesson plans: one plan is designed for face-to-face and one for distance learning.

Inhaltsverzeichnis

Erklärung zur Verfassung der Arbeit	3
1 Einleitung	8
2 Computerspiele	10
2.1 Verbreitung von Computerspielen	10
2.2 Kategorien von Computerspielen	10
2.3 Entertainment Games	11
2.4 Serious Games	11
2.4.1 Educational Games	12
2.5 Gamification.....	15
3 Digital Game-based Learning.....	16
3.1 Definition.....	16
3.2 Theoretische Grundlagen des Digital Game-based Learning	18
3.2.1 Motivationale Grundlagen.....	18
3.2.2 Kognitive Grundlagen.....	20
3.2.3 Affektive Grundlagen.....	20
3.2.4 Soziokulturelle Grundlagen	21
4 Lerntheorien	22
4.1 Lernen.....	22
4.2 Lernparadigmen	22
4.3 Lernsoftware.....	23
5 Mathematik	29
5.1 Mathematik lernen.....	29
5.2 Analoge Lernspiele in der Mathematik.....	30
5.3 Digitale Lernspiele im Mathematikunterricht.....	32
5.4 Problembasiertes Lernen als zukunftsbringendes Konzept für DGBL in Mathematik	34
5.5 Studien zu Guidelines für digitale Lernspiele in Mathematik.....	37
6 Guidelines für effektives DGBL in Mathematik	42
6.1 Basisguideline.....	42
6.2 11 Guidelines für DGBL in Mathematik.....	44
6.2.1 Einteilung der Guidelines nach ihrer Funktion	44
6.2.2 Einteilung der Guidelines nach den Grundlagen des Game-based Learning.....	46
6.3 Design Actions.....	48

6.4	Besprechung der Guidelines	49
7	Analyse und Auswertung der Spiele	78
7.1	Beurteilungskriterien für die Guidelines	78
7.2	Erfüllung der Basisguideline.....	78
7.3	The Counting Kingdom©.....	79
7.3.1	Beschreibung von The Counting Kingdom©.....	80
7.3.2	Analyse und Auswertung von The Counting Kingdom©.....	82
7.4	The Devil's Calculator©.....	90
7.4.1	Beschreibung von The Devil's Calculator©.....	91
7.4.2	Analyse und Auswertung von The Devil's Calculator©	91
7.5	YASH Math Adventure©.....	101
7.5.1	Beschreibung von YASH Math Adventure©	102
7.5.2	Analyse und Auswertung von YASH Math Adventure©	105
7.6	Analyse und Auswertung des Spiels DRAGONBOX Algebra 12+©.....	114
7.6.1	Beschreibung von DRAGONBOX Algebra 12+©	115
7.6.2	Analyse und Auswertung von DRAGONBOX Algebra 12+©	116
7.7	Allgemeine Auswertung der Guidelines	124
8	Beispiele für Verwendung von Digital Game-based Learning im Mathematikunterricht..	127
8.1	Unterrichtsbeispiel für eine Mathematikstunde im Präsenzunterricht	128
8.2	Unterrichtsbeispiel für eine Mathematikstunde im Distance Learning.....	134
9	Zusammenfassung.....	137
10	Literatur	139
	Abbildungsverzeichnis.....	147
	Tabellenverzeichnis.....	149
	Diagrammverzeichnis	150

1 Einleitung

Die Bedeutung von digitaler Wissensvermittlung nimmt aufgrund des technologischen Fortschritts der letzten Jahrzehnte und einer damit einhergehende Absatzsteigerung von immer leistungsstärker werdenden mobilen und stationären digitalen Endgeräten zu. Auch die Corona-Pandemie hat mit Schulschließungen zu Distance Learning geführt und damit dem Schulwesen einen enormen Digitalisierungsschub gebracht. Diese Situation sollte auch genützt werden, um vermehrt digitale Lernspiele in die Unterrichtsplanung einzubeziehen.

Gerade im Mathematikunterricht, den viele Schüler*innen als zu abstrakt und schwer verständlich empfinden, bietet sich der Einsatz digitaler Spiele an. So habe ich mich dazu entschlossen, speziell für das Fach Mathematik Guidelines zu erstellen und damit bereits vorhandene mathematische Lernspiele zu untersuchen.

Digital Game-based Learning (DGBL) eignet sich als Lehr- und Lernmethode besonders gut, da Schüler*innen durch gute Spiele, abseits von Leistungsdruck und Prüfungsstress, nicht nur den Mehrwert von Mathematik erkennen können, sondern auch motiviert werden etwas zu lernen. [DEVL2011] [VANE2015] Die Motivation spielt eine sehr große Rolle, sowohl beim Mathematik Lernen als auch beim Spielen eines Spiels.

„Motivation is the most important factor that drives learning. When motivation dies, learning dies and playing stops.“ [GEE2003, S.3]

Da demnach also ein gutes und wirksames digitales Lernspiel gewisse Kriterien im Spieldesign, als auch in der Aufbereitung und der Darstellung der Lehrinhalte bieten soll, wird in dieser Masterarbeit folgende Fragestellung in Bezug auf DGBL in Mathematik untersucht:

Welche Eigenschaften soll Digital Game-based Learning für mathematische Inhalte bieten, um einen positiven Mehrwert für das Lernerlebnis und den Lernerfolg zu erzielen?

Diese Masterarbeit gliedert sich in zwei Teile, wobei im ersten Teil nicht nur die allgemeinen Grundlagen von Digital Game-based Learning und die Anwendung im mathematischen Kontext erörtert werden, sondern auch Guidelines für mathematische Lernspiele vorgestellt werden. Diese Richtlinien sollen eine Übersicht von erfolgversprechenden Eigenschaften von DGBL für mathematische Inhalte geben. Im zweiten Teil dieser Arbeit werden anhand dieser Guidelines bereits vorhandene digitale Lernspiele untersucht und auf ihre Eignung zur Wissensvermittlung

mathematischer Lehrinhalte geprüft. Anschließend werden Vorschläge zur erfolgreichen Implementierung von digitalen Lernspielen in den Mathematikunterricht gegeben.

2 Computerspiele

Im Folgenden sollen neben der Verbreitung, auch die Einteilung von Computerspielen in verschiedene Kategorien erörtert und die Definitionen von Entertainment Games, Serious Games, Educational Games und Gamification erklärt und voneinander abgegrenzt werden.

2.1 Verbreitung von Computerspielen

Seit dem Jahr 2011 verdoppelten sich die Einnahmen für Konsolen- und PC-Spiele weltweit auf über jeweils 30 Milliarden US-Dollar. [WKO2020] Das Marktforschungsinstitut GfK erstellte im Jahre 2019 die Studie „Gaming in Austria 2019“ im Auftrag des Österreichischen Verband für Unterhaltungssoftware ÖVUS. Waren es im Jahr 2017 noch 4,9 Millionen Österreicher*innen, die Videogames spielten, konnten sich 2019 schon 5,3 Millionen dafür begeistern. Das Durchschnittsalter der österreichischen Spieler*innen ist mit 35 Jahren konstant geblieben. Die Auswertung der Studie zeigt, dass die Begeisterung für Gaming bei beiden Geschlechtern (54% männliche und 46% weibliche User*innen) fast gleich hoch ist. 2019 favorisierten die Österreicher*innen ein Smartphone (44%) als Spielegerät, gefolgt von Konsolen (26%) und PCs (25%). Die Basis für diese Studie stellen 7,8 Millionen Personen in Internethaushalten dar. Davon waren 2,5 Millionen Personen Nichtspieler*innen und stellten mit 32% eine große Teilgruppe dar. Die restlichen 68% unterteilten sich wie folgt. 2,6 Millionen Personen spielten (33%) täglich, mehrmals in der Woche spielten 1,4 Millionen (18%) Studienteilnehmer*innen und mehrmals im Monat oder seltener spielten insgesamt 1,3 Millionen. [ÖVUS2017] [ÖVUS2019]

Aus diesen Zahlen lässt sich ein steigendes Interesse für digitale Spiele weltweit und auch in Österreich feststellen. Das kann als gute Grundlage dienen, um auch Digital Game-based Learning in österreichischen Bildungseinrichtungen zu verbreiten.

2.2 Kategorien von Computerspielen

Es gibt viele unterschiedliche Kategorien, in die Computerspiele eingeteilt werden können. Nach der Funktionsweise werden digitale Spiele entweder in Entertainment Games (Unterhaltungsspiele) oder Serious Games (Intentionsspiele) unterteilt. [DÖRN2016] [BREI2019] Nach den benötigten Fähigkeiten kann man „Reaktionsspiele, Strategiespiele, Rollenspiele und Geduldsspiele“ unterscheiden. [BREI2019, S.28] Man kann digitale Spiele auch nach dem jeweiligen Genre einteilen, doch das ist gar nicht so einfach. So wird zum Beispiel, um ein

Computerspiel besser vermarkten zu können, einfach eine neue Genrekennzeichnung verwendet oder ein Spiel vereint mehrere verschiedene Genres. Breiner et al. (2019) unterscheiden folgende Spielgenres: „*Erzählspiele, Sportspiele, Denkspiele, Musikspiele, Rollenspiele, Planspiele, Flug- und Fahrsimulationsspiele, Flippersimulationsspiele, Schießspiele, Plattformspiele und Parallelweltspiele*“. [BREI2019, S.41]

2.3 Entertainment Games

Entertainment Games, auf Deutsch Unterhaltungsspiele, werden auch Non-Serious Games genannt. Breiner et al. (2019) geben zu bedenken, dass die eigentlich nicht zutreffende Bezeichnung „unseriös“ in diesem Bezug falsch verstanden werden kann. [BREI2019]

Die Grenzen von Serious Games und Non-Serious Games verschwimmen aber oft, denn wenn Entertainment Games zu anderen Zwecken als nur zur Unterhaltung angewendet werden, kann man sie dann laut Susi et al. (2007) auch als Serious Games bezeichnen. [SUSI2007]

2.4 Serious Games

Serious Games, also „Ernste Spiele“, werden auch Intentionsspiele genannt, denn sie verfolgen einen bestimmten Zweck. [BREI2019] Sie unterliegen auch keiner eindeutigen Begriffsbestimmung, sondern es existieren eine Vielzahl von unterschiedlichen Definitionen. Alle sind sich einig, dass Serious Games „*mehr als reine Unterhaltung*“ sind. [HOBL2015, S.20]

Als erster definierte Clark C. Abt, der selbst militärische Planspiele entwickelte, schon 1971 Serious Games folgendermaßen:

„Wir haben es hier 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. Das heißt nicht, daß ernste Spiele nicht unterhaltsam sind oder sein sollten. [...] Der Begriff >ernst< wird auch hier im Sinne von Studium verwendet, das Angelegenheiten von großen Interesse und großer Bedeutung zum Inhalt hat, nicht leicht zu lösende Fragen aufwirft und bedeutende Konsequenzen nach sich ziehen kann.“ [ABT1971, S.26] [HOBL2015, S.19]

Laut Abt sollen Serious Games zwar der Bildung dienen, das heißt aber nicht, dass diese keine Spaß bieten dürfen. Abts Definition bezieht sich zwar nicht auf digitale Spiele, aber diese Beschreibung kann man sehr gut auf digitale Spiele anwenden. [HOBL2015]

Michael et al. (2006) sagen, dass Intentionsspiele vor allem zu Bildungs- und Trainingszwecken eingesetzt werden, denn sie sind „*games that educate, train, and inform*“ und „*games that do not have entertainment, enjoyment, or fun as their primary purpose.*“ [MICH2006, S.21]

Für einige scheint der Begriff „Ernste Spiele“ auf den ersten Blick ein Oxymoron sein, aber Dörner et al. (2016) sehen keinen Widerspruch darin, dass Spiele auch ernst sein können, sondern sie definieren Serious Games folgendermaßen:

„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.“ [DÖRN2016, S.3]

Laut Stieglitz (2017) handelt es sich bei Serious Games um Spiele, „*deren Ziel über reine Unterhaltung hinausgeht.*“ [STIE2017, S.4] So können sie durch Simulationen dazu dienen aus der Erfahrung zu lernen. [STIE2017]

Serious Games haben viele unterschiedliche Anwendungsgebiete. So war das erste erfolgreiche digitale Serious Game, „*America’s Army (Knight, 2002)*“, das von der US-Armee für Rekrutierungszwecke entworfen worden war. [DÖRN2016, S.4] [DJAO2011]

Neben dem militärischen Kontext werden sie in der Medizin, Wirtschaft und Politik oder auch für die Persönlichkeitsentwicklung und zum Lernen eingesetzt. [DÖRN2016]

Breiner et al. (2019) haben Intentionsspiele in die Unterkategorien „*Forschungsspiele, Anamnesespiele, Therapiespiele, Lernspiele und Trainingsspiele*“ unterteilt. [BREI2019, S.20]

Wiemeyer et al. (2013) unterscheiden sechs Kompetenzen, die durch Serious Games gefördert werden können: „*kognitive Kompetenz & Wahrnehmungskompetenzen, sensomotorische Kompetenzen, Medienkompetenz, soziale Kompetenz, persönliche Kompetenzen und emotionale Kompetenz.*“ [DÖRN2016, S.8]

2.4.1 Educational Games

Educational Games, auch Lernspiele genannt, gehören einer Untergruppe von Serious Games an. Sie finden Anwendung in der schulischen und beruflichen Aus-, Weiter- und Fortbildung.

Manchmal wird auch ein Unterschied zwischen *Educational Games* und *Learning Games* gemacht. Während erstere Anwendung im Bildungssektor finden und formale Lerninhalte abbilden, behandeln zweitere das informelle Lernen außerhalb des Bildungswesens, zum Beispiel am Arbeitsplatz. [DÖRN2016, S.9] Der Einfachheit halber, wird in dieser Arbeit der Begriff „digitales Lernspiel“ auch für Educational Games verwendet.

Lernspiele stellen schon deswegen einen Mehrwert da, wenn sie schwächere Schüler*innen zum Lernen und schüchterne zur aktiven Kommunikation motivieren können. Aber auch leistungsstarke Schüler*innen können von Lernspielen profitieren, da sich diese Spiele durch unterschiedlichen Levels an die Fähigkeiten der Anwender*innen anpassen können. Dennoch müssen Educational Games immer wieder beweisen, dass sie ein effektives Lernwerkzeug sind. Michael et al. (2006) betonen, dass Educational Games nie eine Lehrkraft ersetzen können und sie im Unterricht entsprechend integriert sein müssen. [MICH2006]

So definiert Gee (2003) 36 Lernprinzipien, die solche erfolgreichen Videospiele ausmachen. Er beschreibt, welche Eigenschaften Lernspiele haben müssen, damit sie es schaffen die Anwender*innen so zu involvieren, so dass sie motiviert zum Spielen sind und viel Zeit damit verbringen. Das Design eines Spiels steht im Zentrum der Lernerfahrung. Ein gutes digitales Lernspiel soll Belohnungen und Schwierigkeitsgrade, die auf das Niveau der Schüler*innen zugeschnitten sind, bieten. Die Bedingungen für das Üben sollen nicht langweilig sein und die Spielenden sollen davon überzeugt sein, Erfolg haben zu können. Ein gutes Videospiele bleibt trotz der einzelnen Spielerfolge herausfordernd, die Anwender*innen bleiben „*angenehm frustriert*“ [GEE2003], was wiederum motivierend wirkt. Qualitativ hochwertige Lernspiele sollen den Lernenden auch erlauben Mitgestalter*innen zu sein und den Anwender*innen ermöglichen Risiken einzugehen, da die Konsequenzen im virtuellen Raum geringer sind. Es soll eine Gelegenheit für die Spieler*innen bieten eigene Hypothesen zu bilden, diese zu testen und zu revidieren. Ein gutes Lernspiel bietet auch die Möglichkeit die Informationen selbstständig abzurufen, oder diese, wenn sie benötigt werden, bereitzustellen. [GEE2014]

Gee (2005) hat seine ursprünglichen 36 Lernprinzipien, die definieren, wie Videospiele zum Zwecke des Lernens gut funktionieren können, auf 13 Richtlinien komprimiert und in drei Kategorien – „Befähigte Lernende, Problemlösen und Verständnis“ – eingeteilt.

Da sich viele Wissenschaftler, die sich mit Digital Game-based Learning beschäftigen, immer wieder auf die Prinzipien von Gee beziehen, wie zum Beispiel auch der in dieser Arbeit viel zitierte Mathematiker Devlin, werden die 13 Prinzipien hier aufgelistet:

Tabelle 1:13 Prinzipien für ein gutes Videospiel zum Zwecke des Lernens nach Gee (2005)

13 Prinzipien für ein gutes Videospiel zum Zwecke des Lernens nach Gee (2005)	
1.Kategorie „Empowered Learners“ (Befähigte Lernende)	
„Co-design“	Spiele sollen den Spieler*innen ermöglichen aktiv mitzugestalten
„Customize“	das Spiel kann sich an den Lern- und Spielstil der Anwender*innen anpassen lassen
„Identity“	Spiele sollen den Spieler*innen eine neue Identität geben
„Manipulation and Distributed Knowledge“	die Spieler*innen sollen ihren Spielcharakter manipulieren können
2.Kategorie „Problem Solving“ (Problemlösen)	
„Well-ordered Problems“	die Problemstellung im Spiel soll gut geordnet und strukturiert sein
„Pleasantly Frustrating“	Herausforderungen im Spiel sollen angenehm frustrierend, nicht zu einfach und nicht zu schwer, aber fordernd sein
„Cycles of Expertise“	ein gutes Spiel enthält einen aufsteigenden Zyklus, wo auf Übung Anwendung folgt
„Information ‘On Demand’ and ‘Just in Time’“	den Spieler*innen werden auf Verlangen und rechtzeitig die notwendigen Informationen zur Verfügung gestellt
„Fish Tanks“	metaphorisch steht das Ökosystem Aquarium für ein vereinfachtes Lernsystem
„Sandboxes“	metaphorisch stehen Sandkästen für Zufluchtsorte und Lernsituationen mit geringen Risiken, die es in einem Spiel geben soll
„Skills as Strategies“	die Ausübung von Fertigkeiten im Spiel soll sinnvoll und in die Strategie des Spiels eingebaut sein
3.Kategorie „Understanding“ (Verständnis)	
„System Thinking“	ein Spiel soll den Spieler*innen helfen das System des Spiel bzw. seine Regeln zu verstehen bzw. ein Gefühl dafür entwickeln können
„Meaning as Action Image“	die Spieler*inne lernen durch Erfahrung und Aktivität

Tabelle nach [GEE2005, S.5-16]

Sieben der dreizehn Richtlinien von Gee (2005) beziehen sich auf das Problemlösen. Später wird darauf eingegangen, dass das Problemlösen sowohl bei digitalen Videospielen allgemein also auch in der Mathematik selbst eine große Rolle spielt.

2.5 Gamification

Wenn spielerische Elemente einem nicht-spielerischen Umfeld hinzugefügt werden, um ein nicht-spielerisches Ziel zu erreichen, spricht man von Gamifizierung. [DÖRN2016] Anhand dieser Elemente und Anreizsystemen, wie Ranglisten, Belohnungen und dem Aufsteigen in ein höheres Level werden Anwender*innen dazu angeregt, verschiedene Aufgaben auszuführen. So versucht man zum Beispiel Mitarbeiter*innen mittels gamifizierten Arbeitsprozessen zu motivieren. Der Unterschied zu Serious Games ist, dass bei der Gamification nur einzelne Spielelemente verwendet werden. Neben der Wissensvermittlung besteht bei Gamification auch die Möglichkeit Einfluss auf das soziale Verhalten zu nehmen. Durch Social Media hat Gamifizierung auch vermehrte Anwendung gefunden. [STIE2017]

Gamification wird in den unterschiedlichsten Bereichen wie zum Beispiel dem Gesundheitswesen, im Marketing, in der Weiterbildung von Mitarbeiter*innen und im Bildungskontext angewendet. [MILL2013]

3 Digital Game-based Learning

Nach einer genauen Definition von Digital Game-based Learning wird in diesem Kapitel noch auf die theoretischen Grundlagen von DGBL eingegangen.

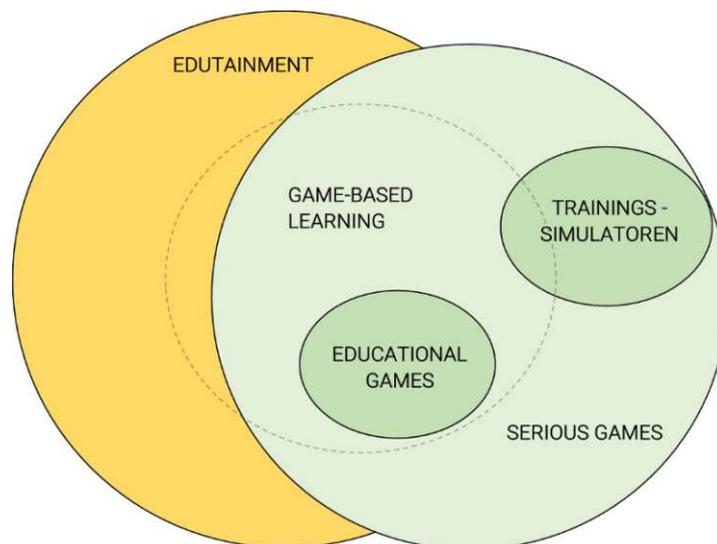
3.1 Definition

„The use of computers is more effective when the student, not the teacher, is in “control” of learning“ [HATT2009, S.225]

Laut Prensky (2013) soll man eine neue Lernkultur mit Computerspielen, die den Interessen und der Lebenswelten der Schüler*innen heutzutage besser entsprechen als der traditionelle Unterricht, etablieren. Digital Game-based Learning (DGBL), auf Deutsch auch digitales spielbasiertes Lernen genannt, ist die aktive Anwendung von Computerspielen, die Lernprozesse initiieren. [PREN2013] [HOBL2015]

Es gibt eine große Schnittmenge zwischen Serious Games und Game-based Learning und oft werden die beiden Begriffe synonym verwendet, wobei man sich in der Fachwelt nicht einig ist, wie weitgefasst der Begriff Game-based Learning sein soll. [HOBL2015]

Abbildung 1: Einordnung Game-based Learning



Grafik adaptiert nach [TANG2009, S.7]

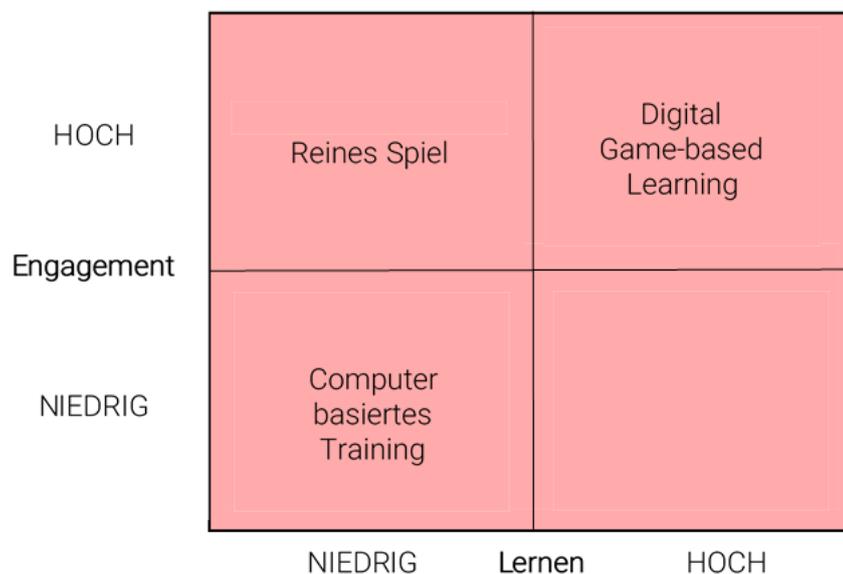
So definiert Prensky (2013) jegliches Lernen mit Computerspielen als Game-based Learning.

„Digital Game-Based Learning is any marriage of educational content and computer games.[...] So, let us define Digital Game Based Learning as any learning game on a computer or online.“ [PREN2013, eBook, S.165]

Es zeigt sich, dass das Lernen durch ein Spiel erfolgreicher sein kann als das Lernen mit herkömmlichen Medien, da das Lernen durch Erfahrung wirkungsvoller als das kognitive Lernen ist. Digitale Lernspiele können Schüler*innen zum Lernen motivieren. [MAYE2019] [MELE2011]

Die zwei Hauptkomponenten beim digitalen, spielbasierten Lernen sind großes „Engagement“ und ein hohes Maß an „Lernen“. DGBL findet nach Prensky (2013) nur statt, wenn beide Dimensionen gleich hoch sind. Es steht somit im Gegensatz zu CBT (computerbasiertes Training), wobei diese beiden Dimensionen „Lernen“ und „Engagement“ im niedrigen Bereich zu finden sind. [PREN2013] [HOBL2015]

Abbildung 2: Engagement und Lernen



Grafik adaptiert nach [PREN2013, eBook, S.170]

DGBL fördert den Wettbewerb unter Schüler*innen. Beim spielbasierten Lernen geht es sowohl um den Erwerb von mehr Wissen als auch um die Anwendung von Fähigkeiten im virtuellen Raum. [ERHE2013]

Van Eck (2006) unterscheidet drei Herangehensweisen, wie digitale Spiele in den Lernprozess bzw. in den Unterricht integriert werden können:

- 1) Schüler*innen entwerfen selbst Spiele
- 2) Spieldesigner*innen und/oder Lehrer*innen entwickeln Spiele

- 3) *Kommerzielle Spiele (COTS), die nicht unbedingt ausgewiesene Lernspiele sein müssen, werden von Schüler*innen gespielt* [VANE2006, S.22-23]

3.2 Theoretische Grundlagen des Digital Game-based Learning

Laut Plass et al. (2015) bilden Motivation, Emotion, Kognition und soziale Interaktion die „*Foundations of Game-Based Learning*“. [PLAS2015] Sie spielen beim Lernen eine große Rolle und sollen daher beim Design von Lernspielen unbedingt berücksichtigt werden. [HOBL2015] [PLAS2015, 2019]

3.2.1 Motivationale Grundlagen

Eines der Hauptargumente für Digital Game-based Learning ist, dass Spiele Schüler*innen zum Lernen motivieren. Westra (2015) gibt zu bedenken, dass ein Lernspiel nicht automatisch nur, weil es ein Spiel ist, motivierend wirkt, denn es gehört auf wissenschaftlichen Grundlagen aufgebaut. [WEST2015]

Lernen stellt eine Anstrengung dar und deshalb braucht man dazu Motivation, denn sie ist eine treibende, psychische Kraft. [HOBL2015] Bei der Leistungsmotivation kann zwischen intrinsischer und extrinsischer Motivation unterschieden werden. Eine innere Motivation kann die Aussicht Erfolg zu haben beziehungsweise die Furcht vor drohendem Misslingen sein. Ein äußerer, fremdbestimmter Anreiz kann die Hoffnung sein, belohnt zu werden oder die Vermeidung einer drohenden Bestrafung sein. [SCHL2013] Spiel- und Lernmotivation sollen bei DGBL miteinander vereint werden. [HOBL2015] Prensky (2013) fasst folgende Faktoren, die zum Lernen respektive Spielen motivieren zusammen: „*Selbstmotivation, Angst, Liebe, Gier, Leistung, Lust, Selbstaktualisierung, Ego-Befriedigung, Gewinnen, Vergnügen und Spaß.*“ [PREN2013, eBook, S.120-121]

Es gibt drei Motivationsfragen, die sich Lernende bei der Bewältigung einer Aufgabe stellen:

„Can I do this?“ „Do I want to do this, and why?“ and „What do I need to do in order to succeed?“ [PLAS2015, S.268]

Spieldesigner*innen sollen diese drei Anforderungen berücksichtigen, um die Anwender*innen motivieren zu können. So sollen Spiele erreichbare Ziele, einen Trainingsmodus sowie änderbare Schwierigkeitsgrade haben und ordnungsgemäßes Scheitern ermöglichen. [PLAS2015] Auch

Anreizsysteme, Spielmechaniken und unterhaltsame Aktivitäten, die das Lernen interessant machen, steigern außerdem die Motivation beim Spielen. Diese Merkmale eines Spiels sind auch der Grund dafür, dass die Spieler*innen sich über einen längeren Zeitraum mit dem digitalen Spiel beschäftigen. Ein weiterer wichtiger Aspekt der Motivation ist es, dass es den Anwender*innen ermöglicht wird, aus Fehlern zu lernen, da die Folgen von Fehlern verringert werden und dadurch den Spieler*innen ermöglicht wird neue Dinge auszuprobieren und Risiken einzugehen. Da Misserfolge ein Bestandteil eines Spieles sind und zum Lernprozess dazugehören, ermöglicht es auch ein selbstbestimmtes Lernen aus Fehlern. [PLAS2019]

3.2.1.1 Flow-Erlebnis

Der Flow bezeichnet den „*Motivationszustand während des spielerischen Lernens*“. [HOBL2015, S.VI] Ein gelungenes Spiel soll ein Flow-Erlebnis bieten. Studien haben gezeigt, dass dieser Bewusstseinszustand einen positiven Einfluss auch auf das Lernen hat. [CHAO2006]

„Das Gegenteil von psychischer Entropie ist optimale Erfahrung. Wenn die Information, die ins Bewußtsein dringt, mit den Zielen übereinstimmt, fließt psychische Energie mühelos. Es gibt keinen Grund zur Sorge, keinen Grund, seine Ebenbürtigkeit anzuzweifeln. Doch immer, wenn man dennoch innehält, um über sich selbst nachzudenken, sind die Anzeichen bestätigend: „Alles in Ordnung.“ Diese positive Rückmeldung stärkt das Selbst, und weitere Aufmerksamkeit wird freigesetzt, um sich mit der inneren und äußeren Umwelt auseinanderzusetzen.“ [CSIK1992, S.61]

Csikszentmihalyi (1992) beschreibt den Flow als eine Art „*Ordnung im Bewußtsein*“, [CSIK1992, S.61] wenn man ganz in einer Handlung aufgeht, die Zeit und sich selbst vergisst und das Gefühl hat die Situation unter Kontrolle zu haben und sie beeinflussen zu können. [RYAN2019] Die Gefühlslage während des Flow-Erlebnisses ist laut Csikszentmihalyi (1985) „*jenseits von Angst und Langeweile*“. [CSIK1985, S.75] Dieser Bewusstseinszustand stellt sich bei einer Freude bringenden Handlung ein, die genau dem Können der Person entspricht. Diese Tätigkeit ist weder zu schwer noch zu leicht. Man befindet sich in einem optimalen Leistungs- und Konzentrationszustand, also im Flow. [HOBL2015] Außerdem hat man bei dieser Tätigkeit meist definierte Ziele und bekommt zeitnahe Rückmeldung. [RYAN2019] Bei DGBL kann es sowohl zum Spiel-Flow, der durch das spielerische Handeln bestimmt ist, als auch zu einem Lern-Flow, der durch die Fokussierung auf das Thema entsteht, kommen. [HOBL2015]

3.2.2 Kognitive Grundlagen

Durch Lernspiele wird auch die kognitive Kompetenz gefördert. Zum Themenkomplex „Kognition“ gehören kognitive Schemata, Informationsverarbeitungsprozesse, Gedächtniskapazität, sowie Aufmerksamkeits- und Konzentrationsfähigkeit. [HOBL2015] Eine Auswahl von Informationen zu treffen, selbstständig Wissen zu generieren und Vorwissen anzuwenden bilden die kognitiven Grundlagen eines Spiels. Durch verhaltensbezogenen, emotionalen und soziokulturellen Einsatz kann das kognitive Engagement auch gefördert werden. [PLAS2019] Die lernenden Spieler*innen sollen durch die Konstruktion mentaler Modelle beschäftigt werden, digitale Lernspiele sollen also kognitive Veränderungen bei den Anwender*innen bewirken. Das erreichen Entwickler*innen von Lernspielen nicht nur durch die visuelle und inhaltliche Darstellung, sondern auch durch adaptive Spielelemente. So ist es möglich personalisierte Interaktionen zu generieren, die das Lernen individuell fördern können. [PLAS2015] Nach Mayer (2014) soll von Seiten der Spieldesigner*innen darauf geachtet werden, dass nicht notwendige kognitive Prozesse verringert, notwendige belassen und generative gefördert werden. [PLAS2015] [MAYE2014]

Westra (2015) meint, dass wenn ein Lernspiel effektiv sein soll, es Spieler*innen erlaubt sein muss das Spiel zu unterbrechen, um dann auf einer metakognitiven Ebene die gesetzten Handlungen reflektieren zu können. Learning-by-Doing wird erst durch Reflexion erfolgreich. [WEST2015]

3.2.3 Affektive Grundlagen

Da während des Lernprozesses Erkenntnis und Emotion untrennbar miteinander verbunden sind, soll die Rolle von lernfördernden Gefühlen bei der Entwicklung eines Lernspieles mitberücksichtigt werden. [PLAS2015] Es ist erwiesen, dass vor allem gute Gefühle einen positiven Effekt auf Kognition, Gedächtnis, Aufmerksamkeit und Motivation der Spieler*innen haben und somit das Lernen günstig beeinflussen. Zum affektiven Spieldesign zählen nicht nur das Induzieren, die Wahrnehmung und die Erkennung von Emotionen, sondern auch zum Beispiel die Modellierung von Gefühlsausdrücken bei Spielfiguren. [WILK2013] [PLAS2019] Visuelle und akustische Stimulationen, Handlungsstränge sowie die Spielmechanik haben einen großen Einfluss auf das affektive Spielerlebnis. [PLAS2015] Auch Prensky (2013) sagt, dass Spieler*innen durch ein gut gestaltetes Narrativ emotional involviert werden. [PREN2013] Die Gestaltung der Spielumgebung mit warmen Farben und runden Formen trägt zu einem besseren Lernergebnis bei. [PLAS2015] Um Frustration und Langeweile bei Spielenden zu verringern,

bewerten Spiele die Gefühle ihrer Anwender*innen und versuchen darauf eine Reaktion zu bewirken. [PLAS2015]

3.2.4 Soziokulturelle Grundlagen

Lernen findet durch Beobachtung oder Nachahmung statt, somit ist Lernen auch ein sozialer Prozess. [WEST2015] Durch Interaktion mit anderen Spieler*innen wird man Teil einer sozialen Gruppe. [PREN2013] Wenn Spiele die soziale Interaktion mit anderen Personen unterstützen, und dadurch Spielgemeinschaften entstehen, wirkt sich dies positiv auf das Engagement und die Motivation der Spieler*innen aus. Ein gewisser Wettbewerbsgeist unter den Anwender*innen führt zu besseren Leistungen. [PLAS2019] Westra (2015) gibt zu bedenken, dass beim Multiplayer-Modus die Konkurrenz und der Austausch von Wissen oft in einem Widerspruch zueinanderstehen und somit diese Elemente gut überlegt eingesetzt werden sollten. Bei Wettstreitkonditionen sind Nachbesprechungen in der Gruppe für das spielbasierte Lernen auch sehr wichtig, um die gemachten Erfahrungen dann untereinander austauschen zu können. [WEST2015] Kulturelle Aspekte wirken sich bewusst oder unbewusst auf das Spieldesign aus, zum Beispiel bei der Gestaltung von Charakteren oder der Spielhandlung. [PLAS2015]

4 Lerntheorien

Dieses Kapitel behandelt das Thema Lernen. Es wird auf die Lerntheorien und auf die entsprechenden Lernsoftwaretypen näher eingegangen.

4.1 Lernen

Lernen kann als durch Erfahrung erzeugte langfristige Veränderung des Verhaltenspotentials einer Person gesehen werden. Wobei Verhaltensänderungen, die durch andere Ursachen wie Müdigkeit, Drogeneinfluss, Wachstum oder körperliche Reifung verursacht werden, aber nicht zum Prozess des Lernens gehören. [KIES2012]

4.2 Lernparadigmen

Da es in dieser Arbeit um das Mathematiklernen mit digitalen Spielen geht und die Verfasser*innen zahlreicher Studien und Publikationen, wie zum Beispiel Devlin (2011), Harikrishnan H. et al. (2019), Kalloo V. et al. (2012) und Krauthausen G. et al. (2007) zu diesem Thema immer wieder betonen, dass es hierbei ganz wichtig ist, dass ein Spiel für Mathematik pädagogisch fundiert und auf einem Lernparadigma aufgebaut sein soll, wird im Folgenden auf diese Paradigmen und die entsprechenden Softwaretypen näher eingegangen.

Innerhalb der Lernpsychologie gibt es drei große Strömungen, die behavioristische, die kognitivistische und die konstruktivistische Lerntheorie, die auf unterschiedliche Art und Weise das Lernen beschreiben und versuchen diese zu systematisieren. [BAUM1994] Anhand dieser drei Strömungen kann man auch computergesteuertes Lernen und entsprechende Lernsoftware analysieren. [KÖHL2008]

Tabelle 2: Lernparadigmen

Kategorien	Behaviorismus	Kognitivismus	Konstruktivismus
Hirn ist	passiver Behälter	Informations- verarbeitendes Gerät	informell geschlossenes System
Wissen ist	eine korrekte Input- Output - Relation	ein adäquater interner Verarbeitungsprozess	mit einer Situation operieren können
Wissen wird	abgelagert	verarbeitet	konstruiert
Lernziele	richtige Antworten	richtige Methoden zur Antwortfindung	komplexe Situationen bewältigen
Lernparadigmen	Stimulus - Response	Problemlösung	Konstruktion
Lernstrategie	Lehren	Beobachten und Helfen	Kooperieren
Lehrerrolle	Autorität	Tutor	Coach, Trainer

Feedback ist	<i>extern vorgegeben</i>	<i>extern modelliert</i>	<i>intern modelliert</i>
Prüfung ist	<i>Reproduzieren von vorgegebenem Lernstoff</i>	<i>aktives Problemlösen</i>	<i>Abchecken der Verständnisses für das Ganze</i>
Mensch – Maschinen Interaktion	<i>strikt fixiert, vorgegeben</i>	<i>dynamisch, adaptiv</i>	<i>selbstreferentiell und autonom</i>
Lernsoftware-Merkmale	<i>starrer Ablauf, quantitative Zeit-Antwortstatistik</i>	<i>dynamisch gesteuerter Ablauf, vorgegebene Problemstellung, Antwortanalyse</i>	<i>dynamisch, komplex vernetzte Systeme, keine vorgegebene Problemstellung</i>
Software-paradigma	<i>Lernmaschine</i>	<i>Künstliche Intelligenz</i>	<i>soziotechnische Umgebung</i>
Idealer Softwaretypus	<i>Drill-and-Practice Software Tutorielle Systeme</i>	<i>adaptive und intelligente Systeme Computer- oder Web-Based Training Simulationen</i>	<i>hypermediale Simulationen Mikrowelten</i>

Tabelle adaptiert nach
[BAUM1994, S.110] [KÖHL2008, S.485] [HOLZ2001, S.111] [BLUM1998, S.108]

4.3 Lernsoftware

Jede Lernsoftware liegt ein Lernparadigma zu Grunde. Sie werden allerdings eher nach ihren technischen Merkmalen und nicht nach ihren pädagogischen Eigenschaften kategorisiert. [HOLZ2001]

Visualisierungsprogramme

Sie dienen der sinnlichen Erfassung von Daten oder Informationen durch Visualisierungen. Diese Form ist lehrer*innenzentriert. [KÖHL2008]

Drill und Testprogramme

Bei Drill und Testprogrammen, auch „Drill-and-Practice“-Programme genannt, geht es vor allem um das Festigen und Üben eines schon bekannten Lernstoffes, der so oft wiederholt wird, bis man alle Beispiele gelöst oder Fragen beantwortet hat. Die Form des Lernens ist aufgabenzentriert und diese Programme haben meist einen starren Ablauf. Sie bieten nur eine quantitative Auswertung der Antworten und der Zeit. Vokabeltrainer basieren zum Beispiel auf Drill-and-Practice Programmen. [KÖHL2008] Viele Spiele in Mathematik für Grund- und Volksschüler*innen zum Üben von Grundrechnungsarten sind nach diesem Prinzip aufgebaut. [BYUN2017]

Tutorielle Systeme

Hier geht es vorrangig um prozedurales Anwendungswissen, weniger um deklaratives Wissen, denn es werden keine Fakten abgeprüft, sondern Regeln und/oder Handlungswissen werden geschult. Die Tutand*innen müssen eine Auswahl treffen. Der Unterschied zu einer Präsentation ist, dass zwischendurch Fragen gestellt werden und das Verständnis geprüft wird. Die Anwender*innen bekommen direktes Feedback und berücksichtigen nur die letzte Antwort. Es können auch komplexere Sachverhalte erlernt werden. [HOLZ2001] [KÖHL2008]

Intelligente tutorielle Systeme (ITS)

Intelligente Tutorials wenden künstliche Intelligenz an. Hier soll eine adaptive, individuelle Strategie für die Lernenden entwickelt werden, je nachdem wie die jeweiligen Fähigkeiten und Leistungen sind. Es gibt also keinen eindeutig vorgeschrieben Lernpfad. ITS sind aufgaben- und handlungsorientiert und haben das Entwickeln von Strategien zum Ziel. [HOLZ2001] [KÖHL2008]

Simulation

Bei Simulationsprogrammen geht es um das Entdecken von Relationen, sowie um Wechselwirkungen in einem System. Anwendung finden sie zum Beispiel bei Flugsimulationsprogrammen, wo es wichtig ist, der Realität möglichst nahe zu kommen, um neue, komplexe Herausforderungen bewältigen zu lernen. Simulationsprogramme sind aufgaben- bzw. systemorientiert. [KÖHL2008]

Hypermedia und Mikrowelten

Hypermedia ermöglicht entdeckendes Lernen, in dem die Anwender*innen sich dank einer interaktiven Benutzerschnittstelle selbstständig durch komplexe Systeme navigieren können. Sie sind also entdeckungs- und handlungsorientierte Lernprogramme. Die Anwender*innen tragen eine größere Verantwortung als bei anderen Programmen, so dass sogar manchmal kritisiert wird, dass die Lernenden zu wenig Unterstützung erhalten. [BLUM1998] Mikrowelten sind geschlossene Umgebungen, die reale Problemsituationen oder Phänomene herstellen. Sie beinhalten viele Fragen und verschiedenen Lösungsmöglichkeiten, die von den Anwender*innen entdeckt werden können. [FERG1996] Die erworbenen Strategien und Fähigkeiten kann man dann durch experimentelles Vorgehen auf einen neuen Sachverhalt anwenden. Mikrowelten werden oft in Mathematik und Physik angewendet. [HOLZ2001]

Tabelle 3: Lernsoftware

<u>Softwaretypus</u>	<u>Funktion</u>	<u>Mediendidaktisches Konzept</u>
Visualisierung	Erinnern und Rezipieren	Lehrerzentrierung
Drill und Test	Festigen und Üben	Aufgabenorientierung (Modul)
Tutorial	Auswählen	Aufgabenorientierung (System)
Intelligentes Tutorial	Modellieren von Strategien	Aufgaben und Handlungsorientierung
Simulation	Entdecken von Relationen	Entdeckungs- und Handlungsorientierung
Hypermedia	Konstruieren	Entdeckungs- und Handlungsorientierung

Abb.: nach [KÖHL2008, S.481]

Behavioristische Lerntheorie

Die Lernschritte im Behaviorismus werden von außen von einer Lehrperson gesteuert. Im Gegensatz zu den Lehrer*innen haben die Lernenden keinen Einfluss auf die Lernumgebung. Die kognitiven Denkprozesse spielen in der behavioristischen Lerntheorie keine Rolle, denn das Gehirn wird nur als „Black-Box“ betrachtet. Es geht im Behaviorismus um Verhaltensänderungen. [BAUM2003]

Man lernt durch Reiz-Reaktionsketten, das heißt, dass der Person, die etwas lernen soll, ein Reiz angeboten wird, damit diese die erwünschte Reaktion zeigt. Es wird entweder ein positiver oder negativer Stimulus dargeboten, beziehungsweise dieser weggelassen. Durch direkte oder indirekte Belohnung und Bestrafung wird das Verhalten gesteuert. Gewünschtes Verhalten wird durch positive Folgen verstärkt und unerwünschtes Verhalten wird durch unangenehme Konsequenzen reduziert. In den 1950 und 60er Jahren hat Skinner diese Art des Lernens mit Tauben und Ratten anhand seiner „Skinner-Box“ im Labor erforscht und beschrieben. Diesen Lernvorgang nennt man operantes Konditionieren. [ZIMB1999] [HOLZ2001]

Skinner hat auch eine Lernmaschine, die das programmierte Lernen anwendet, entwickelt. Hierbei wird der Lernstoff portioniert dargeboten und immer wieder wiederholt. Diese Idee findet heute noch immer in sogenannten „Sprachlaboren“, die das Erlernen einer Fremdsprache erleichtern sollen, Verwendung. [BAUM2000] [RAAS1983]

Entsprechende Lernsoftware

Angelehnt an Skinners programmiertem Lernen kann man Drill-and-Practice Softwareprogramme verstehen. Viele Lernprogramme basieren oft nach diesem Prinzip, aber bieten meist wenig Interaktivität. [ARNO2007] Hierbei geht es um systematisches Wiederholen und Einüben von Wissen mit einem Belohnungssystem. [KÖHL2008]

Kognitivistische Lerntheorie

Die Hinwendung weg vom Behaviorismus zum Kognitivismus in den 1960er und 70er Jahren wird auch als „Kognitive Wende“ bezeichnet. Nun werden auch die mentalen Prozesse in die Forschung miteinbezogen. [GÖTZ2010]

Im Gegensatz zur behavioristischen Theorie, wo die Außenwelt große Bedeutung hat und die Innenwelt als „Black-Box“ gilt, wird in der kognitiven Lerntheorie nicht auf das beobachtbare Endergebnis das Augenmerk gelegt, sondern auf die Prozesse des Lernens, die im Gehirn stattfinden. Die Rolle der Lehrkraft ist die eines Tutors bzw. einer Tutorin, der oder die bei Bedarf Unterstützung anbietet. Lernprozesse werden durch äußere Reize in Gang gebracht und werden dann von den Lernenden selbstständig und aktiv verarbeitet. Es geht dabei hauptsächlich um das Auffinden von Methoden zum Lösen von Problemen und nicht um die richtige Antwort. Man lernt durch Einsicht und Erkenntnis. [RIND2003] [BAUM2000] [HOLZ2001]

In der kognitivistischen Lerntheorie wird das menschliche Gehirn, vergleichbar mit einem Computer, als Informationsverarbeitungsgerät gesehen. Das Erforschen der Künstlichen Intelligenz (KI) in der Informatik wird auch als ein Teilbereich der Kognitionswissenschaften gesehen. [BAUM2000] [ZIMB1999]

Entsprechende Lernsoftware

Die anpassungsfähige, intelligente tutorielle Lernsoftware (ITS), die dem kognitiven Lernparadigma entspricht, bietet ein Problem an, analysiert den Lernfortschritt und reagiert darauf. Sie bietet einen dynamisch gesteuerten Ablauf, der sich an den Fähigkeiten der Lernenden orientiert, an. [HOLZ2001]

Konstruktivistische Lerntheorie

Der Konstruktivismus geht davon aus, dass man nicht auf eine objektive Umwelt reagiert, sondern auf eine subjektive Wirklichkeit. Auch geht es nicht direkt um das Lösen von

angebotenen Problemen, sondern vielmehr um das Bewältigen unübersichtlicher oder chaotischer Situationen. [KÖHL2008] [REICH2004]

Das Lernen wird in der konstruktivistischen Lerntheorie als „*konstruktives, re- und dekonstruktives, aber auch kreatives, soziales, situiertes, emotionales und individuelles Lernen*“ bezeichnet. [REICH2004, S.115] Lernende steuern aktiv ihren Lernprozess selbst und sammeln in offenen Lernumgebungen eigenständig Erfahrungen.

Es gibt drei wichtige Aspekte im Konstruktivismus, so wird zwischen Konstruktion, Rekonstruktion und Dekonstruktion unterschieden, die auch als mögliche Beobachterstandpunkte während des Lernens gesehen werden können. [REICH2004]

Konstruktionen können als Handlungen, bei denen man durch Selbsterfahrung etwas lernt, also als „Learning by Doing“, betrachtet werden. Hierbei wird Eigenständigkeit durch selbstorganisiertes Lernen gefördert. Die Lehrperson versteht sich als Coach, Moderator*in oder Trainer*in. Sie gibt den Schüler*innen Orientierungshilfen und sollen zum Handeln motivieren. [REICH2004]

Rekonstruktion ist die Reproduktion von Wissen (beziehungsweise von Konstruktionen), um sich in der jeweiligen Kultur und in deren Institutionen zurecht finden zu können. Die Lehrkraft weiß meist mehr, tritt aber nicht besserwisserisch auf. [REICH2004]

Dekonstruktionen können Fragen und Zweifel an Konstruktionen sein. Kritik, Widerstand und Ablehnung seitens der Lernenden sollen möglich und erlaubt sein. Die Lehrkraft weiß um die Macht von Manipulation und geht verantwortungsbewusst mit dieser Rolle um. [REICH2004]

Entsprechende Lernsoftware

Lernsoftware, die dem konstruktivistischen Lernparadigma entspricht, sind dynamische und komplexe Hypermedien und Mikrowelten. Hier können die Lernenden das System individuell mitgestalten und so sich selbst ihre eigene Lernumgebung schaffen. Lernende können ihre eigene Welt, eine so genannte Mikrowelt, modellieren. [KÖHL2008] [BAUM1994]

Konnektivismus

Der Lerntheoretiker Siemens (2004) meint, dass die drei Lerntheorien nicht mehr für das digitale Zeitalter ausreichen, beziehungsweise, dass sie nicht mehr zeitgemäß sind, um das Lernen und die Lernprozesse in der Gegenwart adäquat zu beleuchten und zu beschreiben. Und so postuliere er einen neue Lerntheorie, den Konnektivismus. [SIEM2004] [KÖHL2008]

„Including technology and connection making as learning activities begins to move learning theories into a digital age. We can no longer personally experience and acquire learning that we need to act. We derive our competence from forming connections.“
[SIEM2004, S.3]

Der Konnektivismus beschreibt einen selbstorganisierten Lernprozess, bei dem Wissen im Austausch mit anderen Personen in einem Netzwerk generiert wird. Durch kollaboriertes Lernen im Netz kommt man durch das Wissen und die Kompetenzen aller gemeinsam zu einer Lösung für ein Problem oder eine Aufgabenstellung. Das Lernen ist also vom Umfeld geprägt.
[SAUT2018] [SIEM2004]

„Know-how and know-what is being supplemented with know-where.“ [SIEM2004, S.2]

Entsprechende Lernsoftware

Ein Personal Learning Environment (PLE) ist ein E-Learning System, das den Lernenden ermöglicht ihre eigene, digitale Lernumgebung zu gestalten. Es kann mehrere Teilnehmer*innen miteinander vernetzen, indem sie Zugriff auf PLEs der anderen Personen im Netzwerk bekommen können. [HARM2006] Social Software spielt beim Lernen eine große Rolle, denn sie bietet die Möglichkeit, dass Lernen in verschiedenen Kontexten, informell, stattfinden kann.
[ATTW2007]

Tabelle 4: Konnektivismus

Konnektivismus	
Lernziele	eine neue Aufgabe sofort/zeitnah zu bewältigen
Lernparadigma	Wissensverbindungen knüpfen, situiertes Lernen
Lehrstrategie	nicht vorhanden
Rolle der Lehrkraft	nicht vorhanden
Lernsoftware-Merkmale	dynamisch, Integration verschiedener Anwendungen, Systeme vernetzen sich bei Bedarf
Lernsoftware-Paradigma	Virtualisierte interpersonale bzw. interaktive Umgebungen
Idealer Lernsoftware-Typus	Personal Learning Environment (PLE), Community-Systeme

Abb. adaptiert nach [KÖHL2008, S.498]

5 Mathematik

Im Folgenden werden das Fach Mathematik und die Anwendungsmöglichkeiten von analogen und digitalen Lernspielen im Mathematikunterricht näher erörtert.

5.1 Mathematik lernen

Um Guidelines für Digital Game-based Learning in Mathematik erstellen zu können, soll zuerst kurz dargelegt werden, was man grundsätzlich beim Mathematiklernen bzw. -lehren beachten muss.

Laut den Fachdidaktiker*innen Reiss et al. (2013) gibt es große Bereiche wie Kognition und Wissen, Motivation und Interesse sowie selbstreguliertes Lernen, die für ein gelungenes Lernen in Mathematik wichtig sind. [REISS 2013]

„Kognition und Wissen“: Man unterscheidet zwischen Deklarativem Wissen („Wissen, dass“), bei dem es um Wissen über Fakten, Daten und Sachverhalte geht, und dem Prozeduralen Wissen („Wissen, wie“) einem Handlungswissen, bei dem es um die Anwendung von Wissen geht, das man zum Beispiel zum Lösen von Problemen braucht. Außerdem gibt es noch das konzeptuelle Wissen, das ein miteinander vernetztes Faktenwissen darstellt und hierarchisch organisiert ist. [BAUM1994] [HOLZ2001] [REISS 2013]

„Motivation und Interesse“: Im Unterschied zur Lernmotivation, wobei die Lernenden intrinsisch den Wunsch haben sich mit der Sache zu beschäftigen, gibt es auch die Leistungsmotivation, wobei Erfolg und Misserfolg eine große Rolle spielen. Durch positive Gefühle kann das Interesse an einem Stoffgebiet und damit die Motivation zum Lernen gefördert werden. [REISS 2013]

„Selbstreguliertes Lernen“: Eigenständiges selbstgesteuertes Lernen ist eine wichtige Kompetenz für ein erfolgreiches Lernen. Es bedeutet, dass man sich selbstständig Ziele setzt und den Lernprozess eigenständig überwacht. [REISS 2013]

Devlin (2011) betont, *„mathematics education should primarily geared toward doing, as opposed to knowing - that it's about acquiring knowing how rather than knowing that.“* [DEVL2011, S.53] So unterscheidet man zwischen grundlegenden mathematischen Fertigkeiten auf der einen Seite und dem mathematischen Denken auf der anderen Seite. Der traditionelle Mathematikunterricht hat sich immer zuerst auf das Beherrschen von Fertigkeiten und dem Erlernen von Formeln („knowing“) konzentriert. Dabei ist Mathematik vor allem eine Tätigkeit

(„doing“). Es handelt sich um eine spezielle Weise über Probleme nachzudenken und dementsprechend zu handeln. [DEVL2011]

5.2 Analoge Lernspiele in der Mathematik

Um später die Anwendung von digitalen Lernspielen im Mathematikunterricht untersuchen zu können, soll zuerst der Einsatz von analogen Spielen beleuchtet werden.

Da Mathematik von Schüler*innen oft nicht als lustvolles und interessantes Fach wahrgenommen wird, ist das Hauptziel von mathematischen Spielen das Interesse der Schüler*innen zu wecken und eine positive Einstellung zu diesem Fach zu fördern. Spiele können sowohl zur Einführung als auch zum Abschluss eines Themas eingesetzt werden. Sie eignen sich auch sehr gut dazu erlernten Unterrichtsstoff einzuüben und zu festigen. [KÄPN2020]

Lernspiele in der Mathematik bieten eine Vielfalt an positiven Effekten für die Anwender*innen. Die Fachdidaktiker für Mathematik Käpnick et al. (2020) betonen die motivationale, kommunikative, kognitive, kreative und ästhetische Wirkung von Spielen im Unterricht. Ein Spiel ermöglicht Schüler*innen stressfrei ihr Können ohne Zwang und Druck und ohne einer prüfungsähnlichen Situation zu zeigen. [KÄPN2020]

Durch mathematische Spiele kann Langeweile verhindert und das Üben lustvoller gestaltet werden. Es kann dabei helfen mathematische Konzepte, Ideen und Vokabular leichter zu erlernen. Das Spiel soll die Stärken und Schwächen durch angepasste Aufgaben („*remedial work, reinforcement work or accelerated tasks*“) berücksichtigen. Auch können die stärkeren Mitspieler*innen den schwächeren helfen, so wird das soziale Miteinander verbessert. Mathematische Spiele sollen nach den Gesichtspunkten „*mathematical skills, motivational potency and competitive strategy*“ ausgewählt werden. [FEST2012]

Laut Festus et al. (2012) soll man beim Einsatz von Spielen in Mathematik die Bedürfnisse der Schüler*innen berücksichtigen, damit sie vom Spiel profitieren können. Ein Spiel soll möglichst etwas bieten, was herkömmliche Unterrichtsmethoden nicht können. Es soll auf jeden Fall zum gerade durchgenommenen Lehrstoff passen und überlegt eingesetzt werden, denn man soll nicht nur unterhalten werden, sondern unbedingt etwas dabei lernen. Ein weiterer wichtiger Faktor ist, dass man darauf achten muss, dass sich alle Schüler*innen aktiv an dem Spiel beteiligen müssen. Zwar soll das Spiel Spaß machen, aber „*informality and over-excitement*“ sollen beim Einsatz von Lernspielen möglichst verhindert werden. [FEST2012]

Die Mathematiker Käpnick et al. (2020) erheben folgende Ansprüche für analoge mathematische Lernspiele:

- einfache und nicht zu komplizierte Darstellung des Spiels
- Spielgegenstände, die leicht zu gebrauchen sind
- adäquate Spieldauer
- klare und eindeutige Regeln
- faire Gewinnchancen
- keine merkbaren Nachteile beim Verlieren
- hoher Wiederspielwert
- anpassungsfähige Spiel -und Gewinnregeln [KÄPN2020]

Die Pädagog*innen Russo et al. (2018) haben die Implementierung von analogen mathematischen Lernspielen untersucht und haben dabei fünf Prinzipien herausgearbeitet, die ein gutes, für den Mathematikunterricht geeignetes Spiel, haben muss:

„**1. Prinzip: Engagement**“: Das Spiel soll die Schüler*innen involvieren und motivieren. Die Spieler*innen tauschen sich während eines Lernspiels viel mehr über mathematische Inhalte aus als es im herkömmlichen Unterricht der Fall wäre, somit wird der „mathematische Diskurs“ gefördert.

„**2. Prinzip: Glück und Können**“: In einem guten Lernspiel sollen mathematische Fertigkeiten, als auch der Faktor Spielglück ausgewogen integriert sein. Auch ein ausgeglichenes Verhältnis von Gewinnen und Verlieren trägt dazu bei, dass die Schüler*innen motiviert beim Spielen bleiben.

„**3. Prinzip: Mathematik**“: Die Mathematik beziehungsweise die mathematischen Fertigkeiten stehen im Fokus und sollen für das Spielkonstrukt und die Spielstrategie entscheidend sein. Es können Spiele zum Üben und Festigen sein, als auch zum Entdecken neuer mathematischer Konzepte und Ideen.

„**4. Prinzip: Flexibilität**“: Das Lernspiel soll eine Herausforderung darstellen. So soll das Spiel so flexibel gestaltet sein, dass es unterschiedliche Möglichkeiten oder Schwierigkeitsgrade den Schüler*innen bieten kann.

„5.Prinzip: *Schule und Zuhause*“: Ein mathematisches Lernspiel bietet die Möglichkeit es auch zu Hause (zum Beispiel mit Eltern) zu spielen und so wird auch daheim, also in einem positiven, nicht-schulischen Kontext, der mathematische Diskurs gestärkt. [RUSS2018]

Festus et al. (2012), Russo et al. (2018) und Käpnick et al. (2020) sagen, dass sich mathematische Lernspiele hervorragend für den Unterricht eignen und die Motivation und die Lernerfolge der Schüler*innen steigern können, was vor allem auch den leistungsschwächeren Schüler*innen zugutekommt. [FEST2012] [RUSS2018] [KÄPN2020]

5.3 Digitale Lernspiele im Mathematikunterricht

Nachdem nun der Einsatz analoger Spiele behandelt wurde, wird nun das Digital Game-based Learning im Mathematikunterricht betrachtet. Digitale Lernspiele für Mathematik ermöglichen, genau wie analoge Spiele, dass die Schüler*innen ein besseres Verhältnis zur Mathematik entwickeln, aktiver mitarbeiten und sich routinierter neues, mathematisches Wissen und Fähigkeiten aneignen. [HUSS2014] Deshalb sollte ein zeitgemäßer Mathematikunterricht auch auf digitale Medien und Spiele zurückgreifen (können), um verstärkt auf die Interessen der Schüler*innen eingehen zu können und somit auch bessere Lernerfolge zu erzielen. [DIVJ2011]

Wenn Digital Game-based Learning in den Lehrplänen mehr berücksichtigt werden würde, könnte in Zeiten der Digitalisierung DGBL ein echter Gamechanger werden. Wenn man sich aber an der Studienlage orientiert, findet DGBL in Mathematik im deutschsprachigen Raum kaum Einsatz. Das kann an der fehlenden Studienlage auf Deutsch und einer konkreten Forschung an Schulen in Deutschland, Österreich und der Schweiz liegen.

So werden digitale Lernspiele oft noch skeptisch betrachtet und müssen daher immer wieder ihren Mehrwert gegenüber traditionellen Methoden des Unterrichts unter Beweis stellen. [MICH2006] Es gibt zum Beispiel kritische Stimmen von Mathematik-Fachdidaktiker*innen gegen ein Motiv von digitalen Lernspielen, „*dass das Kind vor lauter Spaß und Action gar nicht merkt, dass es in Wirklichkeit lernt.*“ Krauthausen et al. (2007) äußern in diesem Zusammenhang die Befürchtung, dass der Einsatz von Lernsoftware oder Computerspielen im Mathematikunterricht zu einer „*McDonaldisierung*“ [KRAU2007, S.278] des Lernens führen könnte und beschreiben die, ihrer Meinung nach, dahintersteckende Einstellung zum Lernen folgendermaßen: „*Da Lernen an sich nicht interessant sein kann, muss es interessant gemacht werden.*“ [KRAU2007, S.277] Dabei sind diese Fachdidaktiker*innen der Auffassung: „*Effektive*

Lernprozesse zeichnen sich durch ein hohes Maß an Motivation und Freude aus, die allerdings aus der Sache erwächst und nicht aus ihrer Umverpackung. [KRAU2007, S.278]

Aber genau in diesem Spannungsfeld zwischen intrinsischer und extrinsischer Motivation wird festgehalten, dass gerade der Spielspaß eine gute Motivation für diejenigen Schüler*innen ist, die das Fach Mathematik nicht so sehr mögen. [DEVL2011]

Weiters sollte in dieser Diskussion auch der Umstand berücksichtigt werden, dass die Schüler*innen der heutigen Zeit, als „*Digital Natives*“ gelten, denn sie sind mit Computern und Internet aufgewachsen. Um mit Prensky (2001) für den Einsatz von DGBL zu argumentieren: „*Our students have changed radically. Today’s students are no longer the people our educational system was designed to teach.*“ [PREN2001, S.1]

Byun et al. (2017) meinen auch, dass wenn die Qualität der DGBL-Studien für Mathematik besser wäre, griffen auch mehr Pädagog*innen auf spielbasiertes Lernen im Unterricht zurück. In ihrer großen Meta-Studie zu Digital Game-based Learning für Mathematik von 2017 bemängeln Byun et al., dass von 296 gesichteten Studien nur 33 empirisch durchgeführt wurden. Aufgrund statistischer Mängel konnten sie auch nur 17 der 33 Studien näher analysieren. Um die Qualität und Verwendbarkeit der Digital Game-based Learning Studien in Mathematik zu verbessern, schlagen sie vor, dass mehr Mathematiker*innen in die Forschungsarbeit mit einbezogen werden, denn nur sehr wenige Autor*innen haben auch die notwendige Erfahrung im Unterrichten von Mathematik. [BYUN2017]

Westra (2015) meint, dass es oft der Fall ist, dass das Spieldesign eher intuitiv und kreativ gestaltet wird und nicht einer durchgehenden Lerntheorie folgt und mehr Forschung zu diesem Thema benötigt wird. [WEST2015]

Auch Krauthausen et al. (2007) bemängeln, dass Fachdidaktikexpert*innen kaum bei der Entwicklung und Bewertung von Software oder Spielen für den Mathematikunterricht zu Rate gezogen werden. Sie sagen in diesem Zusammenhang sogar: „*Das Primat der Didaktik ist entscheidend!*“ [KRAU2007, S.290]

Auf der anderen Seite sind aber laut Van Eck (2006) die Befürchtungen von Spielentwicklern die, dass wenn digitale Lernspiele von Akademiker*innen entworfen werden, die „*wenig, oder kein Verständnis von der Kunst, Wissenschaft und Kultur des Game Design*“ haben, dass dann „*langweilige Spiele*“ mit „*Drill- and-Kill*“-Lernmethoden entstehen. [VANE2006, S.21]

Die Autoren der Meta-Studie 2017 sehen, dass die meisten Studien zu digitalen Spielen in Mathematik mit Grundschüler*innen durchgeführt werden und daher der Schwerpunkt auf Algebra liegt. Sie regen daher an, DGBL-Studien auch auf höhere Schulstufen zu erweitern und damit auch andere mathematische Stoffgebiete wie zum Beispiel Geometrie oder Wahrscheinlichkeitstheorie abzudecken. Die meisten Spiele, die in dieser Studie untersucht worden sind, sind Drill-and-Practice-Spiele, die dem behavioristischen Ansatz folgen. Daher schlagen die Autoren vor, auch andere Spielarten, die auch auf anderen Lerntheorien basieren zu entwerfen beziehungsweise dann zu untersuchen. Da auch bisher jegliches Lernen mit digitalen Spielen als Digital Game-based Learning definiert wurde, würde laut Byun et al. eine genauere Definition von DGBL die Forschung erleichtern. [BYUN2017]

5.4 Problembasiertes Lernen als zukunftsbringendes Konzept für DGBL in Mathematik

Die Spieldesignerin Jane McGonigal (2011) stellt folgende Fragen zur Reflexion:

„What if we decided to use everything we know about game design to fix what’s wrong with reality? What if we started to live our real lives like gamers, lead our real businesses and communities like game designers, and think about solving real-world problems like computer and video game theorists? [MCGO2011, eBook, S.16]

Die weltweit größte Organisation von Mathematiklehrer*innen in den USA, das *National Council of Teachers of Mathematics (NCTM)*, forderte im Jahr 2012, dass sich der Mathematikunterricht auf das Problemlösen konzentrieren und die Lernenden mit realen Situationen konfrontieren soll. [VANE2015]

Die Kompetenz des Problemlösens ist sowohl das Ziel als auch die Methode schulischer Allgemeinbildung. Probleme in der Mathematik lassen sich in mathematische und formal-psychologische Problemstellungen unterteilen. Zu den mathematischen gehören Bestimmungsaufgaben, Entscheidungsaufgaben und Entdeckungsaufgaben sowie zu den formal-psychologischen zählt man Entschlüsselungsaufgaben (wobei die Mittel zur Lösung bekannt sind), geschlossene Denkaufgaben (bei denen die Mittel zur Lösung unbekannt sind) und offene Denkaufgaben (wobei der Zielzustand nicht erkannt ist). [HEIN2015]

Nach Schoenfeld (2015) hängt der Erfolg beim Lösen eines zielorientierten Problems von folgenden Komponenten ab: Wissen, Heuristik, Metakognition und Selbstregulation und Überzeugungen.

„Wissen“: Das allgemeine Wissen und sonstige Ressourcen spielen bei der Problemlösung eine große Rolle.

„Heuristik“: Eine wichtige Kompetenz ist das Wissen um Problemlösungsstrategien. Der Mathematiker Pólya (1957) beschreibt folgende vier Schritte, um ein Problem zu lösen: Das Problem verstehen, einen Plan erstellen, den Plan ausführen und die Lösung überprüfen und diskutieren. [POLY1957] [KALM2019]

„Metakognition und Selbstregulation“: Während des Problemlösungsprozesses können die Problemlöser*innen ihre eigenen Fort- und Rückschritte abschätzen und ihre Strategien anpassen. [SCHOE2015]

„Überzeugungen“: Die Problemlöser*innen sind effektiver bei der Aufgabe, wenn sie sich selbst und die mathematischen Herausforderungen adäquat einschätzen können. [SCHOE2015] [LOWR2015]

Laut Prensky (2013) ist jedes Spiel ein Problem, dieses zu lösen ist die Herausforderung in einem Spiel. [PREN2013] Kalmpourtzis (2019) stellt auch fest, dass digitale Spiele das ideale Medium sind, um Probleme darzustellen und sagt:

„Games have an amazing ability to change the presentation and delivery of problems to players, making them invisible to players' eyes, while they are still engaged in the game context.“ [KALM2019, S.81]

Lowrie et al. (2015) sehen ebenfalls das Konzept der Problemlösung in einem digitalen Spiel in ähnlicher Weise, wie in einem mathematischen Kontext. Eine digitale Spielumgebung hat das Potential neue Denk- und Arbeitsweisen in Mathematik zu implementieren. [LOWR2015] Van Eck (2015) sagt, dass ein digitales Spiel die Problemauseinandersetzung schon in sich trägt, denn es hat einen Anfang, eine Problemstellung und ein Ziel, das man erreicht, wenn man ein Problem gelöst hat. [VANE2015]

Devlin (2011) meint, dass der herkömmliche Mathematikunterricht mehr auf Tests und Prüfungen vorbereitet als auf Problemstellungen im richtigen Leben. Das sogenannte Transferproblem, also das Gelernte in der Praxis nicht anwenden zu können, ist vor allem in Mathematik eine Herausforderung. Aber auch umgekehrt können oft Menschen mathematische

Probleme lösen, um etwas erreichen zu können. Sie wollen zum Beispiel einen Kauf tätigen, einen Gewinn machen, Zinsen ausrechnen oder Währung wechseln. So können Menschen zwar oft sehr gut im Kopf rechnen und im Alltag erfolgreich Lösungen für mathematische Probleme finden, haben aber Schwierigkeiten mit der symbolischen Darstellung in der Mathematik und dadurch auch Probleme bei schulischen Tests und Prüfungen. Er vergleicht das mit Musiker*innen, die ein Instrument zwar spielen, aber keine Noten lesen können. So unterscheidet Devlin (2011) daher „*Schulmathematik*“ und „*Straßenmathematik*“ [DEVL 2011; S.12]. Aber genau diese Fähigkeit, Mathematik im Alltag anwenden zu können, soll in der Schule gefördert werden und das kann man sehr gut mit digitalen Lernspielen. [DEVL 2011]

Wenn Mathematik als alltagstauglich präsentiert wird, lernen die Schüler*innen eher etwas, als wenn das Fach zu abstrakt unterrichtet wird. Dem traditionellen Mathematikunterricht fehlt aber oft die Möglichkeit der Anwendung des Gelernten in der Praxis. In einer virtuellen Lernumgebung können Schüler*innen spielerische Herausforderungen mit Hilfe von Mathematik meistern lernen. [DEVL2011] [VANE2015]

Van Eck (2015) hat untersucht, wie digitale Spiele im Mathematikunterricht den Transfer des Gelernten und das kritische Denken fördern und somit auch die Einstellung zum Unterrichtsfach verbessern können. Er stellt fest, dass den Lehrer*innen keine Anleitung gegeben wird, um das Transferproblem im Mathematikunterricht anzugehen, also wie Schüler*innen das Gelernte auch in der Praxis anwenden und gut umsetzen zu können. [VANE2015] Er hat ein Modell entwickelt und nennt es SAPS („*situated, authentic problem solving*“). Nach diesem Modell ist ein Lernspiel erst dann effektiv, wenn es ein fundiertes Lehrdesign hat und es auch Elemente eines guten Unterrichts, wie Anleitung, Übung und Feedback enthält. [VANE2015] Wie Gee (2003) und Devlin (2011) stellt auch Van Eck (2015) fest, dass ein digitales Lernspiel sogenanntes, situiertes Lernen, also einen konstruktivistischen Ansatz, bei dem Lernen in einer praxisbezogenen Umgebung stattfindet, anbieten soll. [GEE2003] [DEVL2011] [VANE2015] Die Schüler*innen sollen die Möglichkeit des Transfers erkennen, sich kognitiv mit der Aufgabe auseinandersetzen und dann das Problem lösen können. Van Eck meint, dass die Hauptmotivation ein Spiel zu spielen nicht der Spaß ist. Motivierend ist der Wert oder der Sinn eines authentischen Problems, das im Spiel gemeistert werden soll. Je wertvoller oder besser die Problemstellung ist, desto engagierter sind die Anwender*innen des Spiels, deshalb schlägt er auch vor, dass man Schüler*innen bei der Spielentwicklung zu Rate zieht, welche Probleme in ein Spiel eingebaut werden sollten, damit sie einen guten Anreiz für Jugendliche darstellen könnten. [VANE2015]

5.5 Studien zu Guidelines für digitale Lernspiele in Mathematik

Nun folgt ein kurzer Überblick über bereits vorhandene Studien und Guidelines zu DGBL im mathematischen Kontext.

Bereits eine Studie im Jahr 1998 von Klawe setzte sich mit Guidelines für Computerspiele, die das Mathematiklernen verbessern sollten, auseinander. Anhand des E-GEMS-Projekt wurde von der University of British Columbia und der Queen's University in Kooperation mit professionellen Spieleentwicklern folgende Elemente beschrieben, die es bei der Erstellung von mathematischen Computerspielen zu berücksichtigen gibt:

1. **„content to be learned“**: Das Spiel soll die Themen, die den Schüler*innen vermittelt werden sollen, beinhalten.
2. **„activity in which the learning is to occur“**: Wird den Schüler*innen ein hohes Maß an Interaktivität von dem Spiel angeboten, führt dies zu einer kontinuierlichen Beschäftigung mit diesem. Diese interaktiven Handlungen sollen, wenn möglich ein bestimmtes Ziel vorgeben. Das können zum Beispiel Simulationen, Quizze oder Problemlösungen sein.
3. **„underlying model(s) of learning“**: Das Spiel muss auf der Grundlage von einem oder mehreren Lernmodellen designt werden.
4. **„representations of the concepts“**: Die Darbietung der mathematischen Konzepte soll sich an bereits bekannten Darstellungen aus dem Mathematikunterricht orientieren.
5. **„interfaces used to manipulate concepts and objects“**: Schnittstellen, die eine direkte Interaktion ermöglichen, sind solchen, die ein Objekt manipulieren können vorzuziehen.
6. **„navigational structure and sequencing of activities“**: Spieler*innen bevorzugen die Freiheit selbstständig aus unterschiedlichen Aktivitäten aussuchen zu können. Sind diese in unterschiedlichen Schwierigkeitsgraden vorhanden, ist es besser, wenn die Auswahl seitens der Schüler*innen getroffen werden kann. Eine Überprüfung nach einem spielerischen Meilenstein, zum Beispiel durch Multiple-Choice-Fragen, hat sich als sehr effektiv herausgestellt.
7. **„feedback and reward systems“**: Durch Verstärkungen beziehungsweise Belohnungen werden Spieler*innen motiviert und können dadurch ihre Leistung steigern. Eine Kombination aus mehreren Belohnungssystemen ist effektiver, weil das unterschiedliche Vorlieben verschiedener Person ansprechen kann.

8. **„entertainment elements such as graphics, sound, story, characters, and humor“**: Das Hinzufügen von Unterhaltungselementen fördert den Spielspaß und motiviert die Anwender*innen. [KLAW1998] [DIVJ2011]

Dieses Guideline-System von Klawe (1998) berücksichtigt Kognition, Emotion und Motivation, hat aber keine explizite Richtlinie für die Komponente Soziales, wie zum Beispiel Zusammenarbeit oder Wettkampf zwischen den Spieler*innen.

Für ein erfolgreiches mathematisches Lernspiel sollen Motivationsfaktoren, mathematische Fähigkeiten und Lernprinzipien miteinander so kombiniert und in das Spiel integriert werden, so dass die mathematischen Fertigkeiten auch ein Bestandteil des Spiels sind. [KALL2012]

Kaloo et al. (2012) schlagen aufgrund früherer Forschungen und Empfehlungen weiterer Wissenschaftler*innen folgende Richtlinien vor, die ein spielbasiertes Algebra-Spiel enthalten soll:

„Mathematics Skill, Feedback, User Control, Game-Like Factors, Collaboration, User Enhancement, Visually Appealing, Learning Theories, Order, Motivators.“ [KALL2012, S.464]

In einer weiteren Studie zum Einsatz eines selbstentwickelten Mathematikspiels *MobileMath©* für mobile Endgeräte stellen Kaloo et al. (2015) dann, folgende 11 Guidelines auf:

1. **„Small skills“**: Jedes mathematische Thema wird in kleine Portionen unterteilt. Das erleichtert den Schüler*innen das Erlernen neuer Inhalte.
2. **„One skill = One game“**: Für jede mathematische Fertigkeit soll es ein eigenes Spiel geben, um die Komplexität der Anforderung möglichst zu reduzieren.
3. **„Content embedded in the game“**: Die Spieler*innen sollen die mathematischen Fähigkeiten als Teil des Spieles und nicht als Beiwerk wahrnehmen.
4. **„One activity to combine several skills“**: Im weiteren Spielverlauf sollen schwierigere Herausforderungen angeboten werden, die nur in Kombination mit den bereits separat erlernten Fertigkeiten gelöst werden können.
5. **„Include game-like features“**: Jedes Lernspiel darf die typischen Elemente eines Spiels (Motivation, ansprechende Grafiken, Spaß und Wettbewerb etc.) nicht vernachlässigen, dadurch tritt die spielerische Komponente in den Vordergrund.
6. **„Variety of learning activities for learning styles“**: Die angebotenen Lernaktivitäten sollen unterschiedliche Lernstile (z.B. nach Gardner, sprachlich, kinästhetisch, musikalisch etc.) beinhalten.

7. **„Ensure that the game is based on sound pedagogy“**: Das Spiel soll auf einem pädagogischen Fundament basieren.
8. **„Reward“**: Jedes Spiel muss ein Belohnungssystem beinhalten, um motivierend auf die Spieler*innen einzuwirken und den Spielfortschritt zu repräsentieren.
9. **„Collaboration“**: Eine Kommunikationsmöglichkeit zwischen den Anwender*innen soll integriert sein, um das Zusammenarbeiten und das gemeinsame Lernen zu fördern.
10. **„Good usability“**: Ein Spiel soll benutzerfreundlich gestaltet sein.
11. **„Immediate feedback“**: Das Feedback soll sofort an die Spieler*innen übermittelt werden. [KALL2015/2]

Die Guidelines von Kalloo et al. aus dem Jahr 2015 unterscheiden sich von denen aus dem Jahr 2012, indem sie sich vor allem auf mobile Endgeräte beziehen. Es wird auch extra nochmals darauf hingewiesen, dass die mathematischen Aufgaben in kleine, in das Spiel eingebettete, Portionen dargeboten und diese dann in einem höherem Spiellevel kombiniert werden sollen. Zudem wird der pädagogische Aspekt hervorgehoben und angeregt mehrere Lernstile zu verwenden. Wenn Kalloo et al. (2012) hauptsächlich den Konstruktivismus als Lerntheorie für digitale Mathematikspiele vorschlagen, finden 2015 neben dem problembasierten Lernen auch das Erfahrungslernen und das Instruktionsdesign nach Gagné Erwähnung. [KALL2012] [KALL2015/2]

Wenn für jede mathematische Fertigkeit ein eigenes Spiel entwickelt werden soll und es laut Lehrplan sehr viele unterschiedliche Fähigkeiten in der Mathematik gibt, führt das zu einer großen Anzahl an benötigten Spielen. Dieser Umstand erschwert es der Forschung diese zu entwickeln, zu bewerten und zu erfassen. Um ein gutes DGBL Mathematikspiel zu entwickeln, braucht man nicht nur mathematisches Fachwissen, sondern auch Erfahrung im Spieldesign. Die Herausforderung ist nicht nur mathematische Inhalte in ein digitales Spiel zu transportieren, sondern auch mathematische Fähigkeiten in ein Spielgeschehen einzubetten. [KALL2015/2]

Diese Guidelines von Kalloo et al. (2015) berücksichtigen alle vier Grundlagen des DGBL Kognition, Emotion, Motivation und Soziales.

Chorianopoulos et al. (2014) weisen Lehrer*innen auf die Möglichkeit hin, selbstständig Lernspiele mit Hilfe der visuellen Programmiersprache *Scratch* (<https://scratch.mit.edu/>)

erstellen zu können. Sie nennen dafür vier Gestaltungsprinzipien für mathematische Videospiele, die sie anhand der Spiele „*Gem Game*®“ und „*Grandma’s Garden Game*®“ beschrieben haben:

1. **„Hero and Narrative“:** Die Spieler*innen sollen durch eine Heldenfigur und einer dazu passenden Geschichte in das Spiel involviert werden.
2. **„Familiar interactions“:** Eine bereits etablierte Spielmechanik aus anderen Videospielen soll Anwendung finden um die Schüler*innen für das Lernspiel zu begeistern.
3. **„Trial-and-Error“:** Das Spiel ist nach dem Prinzip „*Trial-and-Error*“ aufgebaut, denn man soll nach einem Fehler einen weiteren Versuch bekommen.
4. **„Collaboration“:** Schüler*innen sollen im Spiel zusammenarbeiten. [CHOR2014/2, S.53]

Chorianopoulos et al. (2014) machen darauf aufmerksam, dass ein ausgewogener Schwierigkeitsgrad ein wichtiger Faktor beim Designen eines Spiels ist, damit die Anwender*innen kein Frustrationserlebnis haben. [CHOR2014/1]

Das Guideline- System von Chorianopoulos et al. (2014) lässt Lernmodelle und Pädagogik außen vor. Diese vier Guidelines beziehen sich auf die Grundlagen des DGBL Emotion („*Hero and Narrative*“), Motivation („*Familiar interaction*“ und „*Trial-and- Error*“) und Soziales („*Collaboration*“).

Die Fachdidaktiker*innen Krauthausen et al. (2007) fordern für den Einsatz in Bezug auf mathematische Software oder Spiele:

- **inhaltliche und allgemeine Ziele**
- **entdeckendes und soziales Lernen**
- **produktives Üben**
- **substanzielle Lernumgebungen** [KRAU2007, S.295]

Krauthausen et al. (2007) fordern vor allem, dass didaktische Konzepte in den Spielen implementiert sein sollen.

In einer Metaanalyse von Harikrishnan et al. (2019) wurde die Auswirkung von Digital Game-Based Learning auf das Erlernen neuer mathematischer Konzepte untersucht. Es sind 17 von insgesamt 142 Artikel ausgewählt worden, die sich auf den Mathematikunterricht und die Prinzipien des Konstruktivismus beziehen. Um diese 17 Studien miteinander vergleichen zu können, wurde für jede eine *Cohens d Effektgröße* berechnet. Diese Effektgröße beschreibt den Effekt der einzelnen Studien mit den Werten *small*, *medium* oder *large*. Es wird davon ausgegangen, dass die Theorie des Konstruktivismus am besten für Digital Game-Based

Learning geeignet ist, da es das aktive Lernen fördert. Durch das spielerische Umfeld können die Anwender*innen eigenes Wissen konstruieren. Sie plädieren dafür, dass ein Spiel auf jedem Fall auf einer Lerntheorie (Behaviorismus, Kognitivismus oder Konstruktivismus) beruhen sollte. Welche dieser Lerntheorien ausgewählt werden sollte, hängt schließlich von den Lernenden und deren Schwächen ab. Werden Lerntheorien bei der Spielentwicklung vernachlässigt, kann es dazu führen, dass die Schüler*innen kein Verständnis für die Lerninhalte aufbringen können.

Es geht in der Studie um die Integration von wichtigen Spielelementen, die das Engagement von Schüler*innen beim Mathematiklernen verbessern kann.

„The findings revealed that there are twelve essential game-based elements namely fun, play, rules, goals, interaction, outcome, adaptive, winning, conflict, problem solving, interaction and representation which are essential to create sense of engaging when adapting DGBL Courseware in Mathematics' education.“ [HARI2019, S.106]

Sie teilen die verschiedenen Spielelemente in affektive, kognitive und verhaltensbezogene Sparten ein. Einstellung, Regeln, Darstellung, Gewinne, Emotionen und Grafik zählen zu den affektiven Spielelementen. Die kognitiven Spielelemente beinhalten Konflikt, Herausforderung, Problemlösung, Ergebnis, Feedback, Multitasking und die Spielanpassung. Die Spielelemente Spaß, Spielen, Wettbewerb, Ziele und Interaktion beeinflussen das Verhalten. [HARI2019]

Harikrishnan et al. (2019) stellen fest, dass oftmals zu wenig spielbasierte Elemente im DGBL integriert sind. Die meisten Lernspiele konzentrieren sich auf Lerninhalte und haben zu Übungszwecken sich oft wiederholende Elemente, das kann dann zu Langeweile bei den Spieler*innen führen. Die Spielelemente sollen sowohl zur Unterhaltung als auch zum Lernen dienen. Die Verfasser*innen der analysierten Studien sind aber der Meinung, dass es aufgrund der hohen Komplexität kaum möglich ist, mehr als fünf Spielelemente in ein Spiel einzubauen. Bei der Auswertung der Meta-Analyse betrachten die Forscher*innen, wie oft jedes der Spielelemente verwendet wird und reihen diese nach deren Häufigkeit. Die am häufigsten verwendeten Spielelemente sind „Ergebnis“ und „Problemlösung“. Die Komponenten „Spielen“, „Spaß“ und „Interaktion“ werden auch oft implementiert und zeigen eine hohe Wirksamkeit. Diese Studie untermauert außerdem die von Prensky (2001) beschriebenen Spielelemente als wirkungsvoll und empfiehlt diese auch bei Mathematikspielen anzuwenden. [HARI2019] [PRENS2001]

6 Guidelines für effektives DGBL in Mathematik

Auf Basis der bereits bestehenden und oben vorgestellten Guidelines für mathematische Lernspiele und anhand von Literatur, die diese Guidelines untermauern, habe ich nun eigene Guidelines formuliert. Ich nehme dabei auch auf die vier wesentlichen Grundlagen für effektives Digital Game-based Learning - Kognition, Motivation, Emotion und Soziokulturelles - Bezug.

Da es viele Fertigkeiten und Teilgebiete in der Mathematik gibt, die unterschiedlich didaktisch aufbereitet werden können, können folgende Guidelines keine Allgemeingültigkeit für alle mathematischen Aufgaben und Fertigkeiten bieten. Sie sollen aber eine Orientierungshilfe für Spieldesigner*innen geben, welche Eigenschaften ein gutes digitales Lernspiel in Mathematik ausmachen können.

6.1 Basisguideline

Van Eck (2015) stellt fest, dass es gerade im mathematischen Kontext viele digitalisierte Darstellungen, die zwar vorgeben ein Spiel zu sein (vgl.: <https://illuminations.nctm.org/allgames.aspx>) aber nicht die typischen Charakteristika eines Spieles, wie Regeln, Ziele, Wettkampf, usw. aufweisen, gibt [VANE2015] Deshalb möchte ich als Grundvoraussetzung eine Basisrichtlinie formulieren, die die grundsätzlichen Merkmale eines Spiels beschreiben. Prensky (2013) definiert ein Spiel nachfolgenden Merkmalen: „*Regeln, Ziele und Aufgaben, Feedback und Ergebnisse, Konflikte und Herausforderungen, Interaktion, sowie die Darstellung einer Geschichte.*“ [PREN2013, eBook, S.135-136] Die weiteren Guidelines bilden dann auch die jetzt nicht berücksichtigten Charakteristika (Feedback und Narrativ) ab.

Basisguideline

Die Mindestanforderungen, die ein Spiel erfüllen muss, sind: Ein Spiel hat ein Ziel/Ergebnis, eine Herausforderung/einen Konflikt, Regeln und eine Interaktion mit dem System oder anderen Spieler*innen.

Ziel / Ergebnis

Jedes Spiel hat mindestens ein Ziel. Der Abschluss eines Spiels besteht im Erreichen eines Ziels oder eines messbaren Ergebnisses. [SALE2004] Gewinne, erwünschte Resultate oder eine gute Platzierung in der Rangliste sind Beispiele für Ziele in einem Spiel. Ziele können von dem Spiel vorgegeben sein oder von den Spieler*innen selbst kreiert werden. [KALM2019] Ziele machen

aus einem *Play* (Spielen) ein *Game* (Spiel), weil sie durch ein Ergebnis oder einen Abschluss der spielerischen Handlung eine Richtung vorgeben. [BOLL2017] Ziele wirken auf die Spieler*innen motivierend, weil sie die Anwender*innen anspornen diese zu erreichen. Das Spielziel wird durch die Spielregeln determiniert. [PREN2013] In Lernspielen kann das zu Lernende in Spielzielen integriert sein oder die Spieler*innen werden durch sie beim Lernen angeleitet. [KALM2019]

Ziele sollen „spezifisch“, „sinnvoll“ und „erreichbar“ sein. [KALM2019, S.172] Ein Ziel soll klar und eindeutig definiert sein und dem Spiel einen Sinn verleihen. Ihr Schwierigkeitsgrad soll ausgewogen sein, denn sie sollen nicht zu einfach, aber auch nicht zu schwer erreichbar sein. Man unterscheidet zwischen primären Zielen, die das Erreichen eines Meilensteines innerhalb eines Spiels oder das Spielende kennzeichnen, und sekundären Zielen, die eine untergeordnete Rolle im Spielverlauf einnehmen. [KALM2019]

Herausforderung / Konflikt

Die Aufgabe innerhalb eines Spiels nimmt eine zentrale Rolle ein und kann die Form eines Konflikts, Wettbewerbs oder einer Herausforderung annehmen. [PREN2013] Man kann zwischen einem „Solo-Konflikt mit einem Spielsystem“ und einem „sozialen Multiplayer-Konflikt“ unterscheiden. [SALE2004, eBook, S.93] Durch eine gute Herausforderung oder einem Wettbewerb in einem Spiel wird das Interesse der Spieler*innen geweckt und sie ist mitentscheidend für den Erfolg eines Spiels. [KALM2019] Ein Spiel ohne eine interessante Herausforderung ist oft langweilig. Eine zu schwierige Aufgabe innerhalb des Spiels wirkt sich entmutigend auf die Anwender*innen aus. Aus diesem Grund gilt es auch hier eine Ausgewogenheit des Schwierigkeitsgrades zu gewährleisten. [BOLL2017] [PREN2013]

Regeln

Regeln bilden die Grundlage eines Spiels. Sie sind für das Spiel rahmen- und strukturgebend. Sie setzen Grenzen und legen fest, was im Spiel möglich ist, oder nicht. Der Handlungsspielraum der Spieler*innen wird durch das Regelwerk eingeschränkt und hat somit eine große Auswirkung auf die Spielerfahrung. Die Spielregeln sollen klar verständlich und einfach, wiederholbar und nicht abänderbar sein. Um Unklarheiten und Diskussionen zu vermeiden, müssen die Regeln ausgewogen sein und von Spielentwickler*innen gut überlegt werden. Das Reglement soll faire Bedingungen für alle Spielteilnehmer*innen schaffen, damit alle die gleichen Erfolgchancen

haben. Die Spielregeln sollen für alle Spieler*innen gleich gelten und verbindlich sein. [SALE2004] [SUTE2018] [BOLL2017] [KALM2019]

Interaktion

Es gibt unterschiedliche Varianten der Interaktion innerhalb eines Spiels, so können mehrere Spieler*innen untereinander (Multiplayer-Modus) oder einzelne Spieler*innen gegen das Spielsystem (Soloplayer-Modus) spielen. [KALM2019] Nach Prensky (2013) präferieren die meisten Spieler*innen ein Spielerlebnis mit anderen Personen, da das mehr Freude bereitet. [PREN2013] Auch hier gilt, wenn zu wenig Interaktion geboten wird, führt das zur Langeweile bei den Anwender*innen. [BOLL2017]. Spiele werden durch Interaktion zu einem Erlebnis. [SALE2004]

6.2 11 Guidelines für DGBL in Mathematik

In diesem Kapitel werden nun anhand der zahlreich gesichteten Studien und wissenschaftlicher Literatur eigene Guidelines formuliert. Sie beschreiben die Eigenschaften die Digital Game-based Learning für mathematische Inhalte bieten sollen, um einen positiven Mehrwert für das Lernerlebnis und den Lernerfolg zu erzielen. Sie werden nach ihrer Funktion und nach den theoretischen Grundlagen des DGBL eingeteilt. Danach finden sie bei der Analyse von digitalen mathematischen Spielen Anwendung. Spielentwickler*innen digitaler, mathematischer Lernspiele sollen sich künftig an diesen Richtlinien orientieren können.

6.2.1 Einteilung der Guidelines nach ihrer Funktion

Alfadhli S. et al. (2015) schlagen vor Richtlinien für digitales spielbasiertes Lernen in vier Kategorien zu unterteilen: „*Lernziele, Spielanforderungen, Anforderungen an die Benutzeroberfläche und Anforderungen für Kinder*“ [ALFA2015]

Für die hier vorgeschlagenen Guidelines möchte ich dieses System in adaptieren Form übernehmen und in folgende Kategorien einteilen:

- Lernziele
- Spielanforderungen
- Anforderung an die Benutzeroberfläche
- Anforderungen für die Lernenden

Tabelle 5: Vier Faktoren für effektives GBL

Mathematische Lernziele	Spielanforderungen
Anforderung an die Benutzeroberfläche	Anforderungen für die Lernende

adaptiert nach S. [ALFA2015]

Tabelle 6: Eigene Guidelines nach den vier Faktoren für effektives GBL nach Alfadhli S. et al. (2015)

<p><u>Guidelines, die die Lernziele betreffen</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • 1. Guideline: Das mathematische Lernspiel muss auf einem oder mehreren Lernmodellen basieren. • 2. Guideline: Mindestens zwei der fünf mathematischen Kompetenzen nach Kilpatrick et al. (2001) sollen in einem digitalen Lernspiel für Mathematik abgebildet werden. • 3. Guideline: Das Spiel soll den Lernfortschritt bewerten und den Schwierigkeitsgrad der Levels dementsprechend anpassen können, oder den Spieler*innen eine manuelle Möglichkeit dazu anbieten. • 4. Guideline: Die Lernumgebung soll so gestaltet sein, dass die Spieler*innen eine Erfahrung wiederholen können. Das Spiel soll eine Reflexion und eine Korrektur einer Handlung erlauben („Trial-and-Error“).
<p><u>Guidelines, die die Spielanforderungen betreffen</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • 5. Guideline: Das Spiel soll den Spieler*innen einen Charakter und eine Geschichte bieten, um sie zu involvieren. • 6. Guideline: Das Spiel soll ein Tutorial-Level oder eine Hilfestellung anbieten können. • 7. Guideline: Die Spieler*innen sollen die mathematischen Fähigkeiten als Teil des Spieles und nicht als Beiwerk wahrnehmen.
<p><u>Guidelines, die die Anforderung an die Benutzeroberfläche betreffen</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • 8. Guideline: Das Spiel muss gut wahrnehmbare Grafiken und Texte verwenden und den Benutzer*innen die Spielinformationen auf mindestens zwei unterschiedlichen Weisen (z.B.: Text, Grafik, Sound, Objekt etc.) mitteilen.
<p><u>Guidelines, die die Anforderungen für die Lernende betreffen</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • 9. Guideline: Das Spiel soll entweder kollaborierte Interaktionen oder Wettbewerb mit anderen Spieler*innen ermöglichen. • 10. Guideline: Das Spiel soll entweder unmittelbar oder auf Verlangen Feedback geben können. • 11. Guideline: Das Spiel soll den Benutzer*innen ein Belohnungssystem bieten.

6.2.2 Einteilung der Guidelines nach den Grundlagen des Game-based Learning

Bei der Erstellung dieser DGBL- Guidelines für Mathematik wurde auch auf die „*Foundations of Game-Based Learning*“ [PLAS2015, Titel] Rücksicht genommen und darauf geachtet, dass die einzelnen Basiskomponenten durch mindestens eine Guideline repräsentiert sind. Wenn diese vier Grundlagen bei Digital Game-based Learning berücksichtigt sind, kann man davon ausgehen, dass auch effektive Lernprozesse ermöglicht werden. [PLAS2015, 2019]

Tabelle 7: Grundlagen des Game-based Learning

Motivationale Grundlagen	Kognitive Grundlagen
Affektive Grundlagen	Soziokulturelle Grundlagen

Tabelle nach [PLAS2015, 2019]

Tabelle 8: Eigene Guidelines nach den Grundlagen des Game-based Learning nach Plass J. et al. (2015,2019)

Guidelines, die die motivationale Grundlage des DGBL betreffen:

- **3. Guideline:** Das Spiel soll den Lernfortschritt bewerten und den Schwierigkeitsgrad der Levels dementsprechend anpassen können, oder den Spieler*innen eine manuelle Möglichkeit dazu anbieten.
- **4. Guideline:** Die Lernumgebung soll so gestaltet sein, dass die Spieler*innen eine Erfahrung wiederholen können. Das Spiel soll eine Reflexion und eine Korrektur einer Handlung erlauben („*Trial-and-Error*“).
- **11. Guideline:** Das Spiel soll den Benutzer*innen ein Belohnungssystem bieten.

Guidelines, die die kognitive Grundlage des DGBL betreffen:

- **1. Guideline:** Das mathematische Lernspiel muss auf einem oder mehreren Lernmodellen basieren.
- **2. Guideline:** Mindestens zwei der fünf mathematischen Kompetenzen nach Kilpatrick et al. (2001) sollen in einem digitalen Lernspiel für Mathematik abgebildet werden.
- **6. Guideline:** Das Spiel soll ein Tutorial-Level oder eine Hilfestellung anbieten können.
- **7. Guideline:** Die Spieler*innen sollen die mathematischen Fähigkeiten als Teil des Spieles und nicht als Beiwerk wahrnehmen.
- **8. Guideline:** Das Spiel muss gut wahrnehmbare Grafiken und Texte verwenden und den Benutzer*innen die Spielinformationen auf mindestens zwei unterschiedlichen Weisen (z.B.: Text, Grafik, Sound, Objekt etc.) mitteilen.

- **10. Guideline:** Das Spiel soll entweder unmittelbar oder auf Verlangen Feedback geben können.

Guidelines, die die affektive Grundlage des DGBL betreffen:

- **5. Guideline:** Das Spiel soll den Spieler*innen einen Charakter und eine Geschichte bieten, um sie zu involvieren.

Guidelines, die die soziokulturelle Grundlage des DGBL betreffen:

- **9. Guideline:** Das Spiel soll entweder kollaborierte Interaktionen oder Wettbewerb mit anderen Spieler*innen ermöglichen.

6.3 Design Actions

Im Folgenden wird anhand einer *Design Action* nach Spence (2011) die jeweilige Guideline beschrieben und analysiert. Es werden die Vor – und Nachteile und eventuell auftretende Probleme einer Richtlinie besprochen und mit Quellen belegt. [SPEN2011]

Tabelle 9: Design Action nach Spence (2011)

Guideline-ID	
Titel	
Beschreibung	Inhalt der Guideline
Effekt	Auswirkung der Guideline
Vorteile	positive Folgen der Guideline
Nachteile	negative Folgen der Guideline
Fragestellungen	etwaige Probleme der Guideline
Nachweis	Referenzen für die Guideline

Design Action [adaptiert nach SPEN2001]

6.4 Besprechung der Guidelines

1. Guideline: Das mathematische Lernspiel muss auf einem oder mehreren Lernmodellen basieren.

Kaloo et al. (2012, 2015/2) fordern, dass mathematische Lernspiele auf einer guten pädagogischen Grundlage und einem Lernmodell fundiert sein sollen. [KALL2012] [KALL2015/2]

Devlin (2011) teilt das Mathematiklernen in zwei gegensätzliche Modelle ein:

- *Lerne die Regeln und übe sie!*
- *Erkunde das Gebiet und errahne die Regeln intuitiv!* [DEVL2011, S.78]

Laut Devlin muss eine gute Lehrkraft beides anwenden und immer wieder zwischen diesen beiden Ansätzen wechseln können. Er empfiehlt den zweiten, konstruktivistischen Ansatz für das Erlernen grundlegender Mathematik. Der behavioristische Ansatz, also das Lernen und Üben von Regeln, ist beim Erlernen von fortgeschrittener Mathematik am praktikabelsten. Er meint aber, dass im Sinne des „*Entdeckenden Lernens*“ dem Konstruktivismus bei mathematischen DGBL-Spielen der Vorrang gegeben werden sollte. [DEVL2011]

Krauthausen et al. (2007) teilen Lernsoftware oder Spiele auch in zwei gegensätzliche Kategorien ein:

- im Sinne des Behaviorismus als „*Lehrer-Surrogat*“
- im Sinne des Konstruktivismus als „*unterstützende Arbeitsumgebungen für Lernende*“ [KRAUT2007, S.287]

Trainingsprogramme sollen auch eine Existenzberechtigung haben, wenn diese didaktisch gut eingesetzt werden, denn es gibt in Mathematik auch Fertigkeiten, die „*zu automatisieren*“ [KRAUT2007, S.294] sind, aber die Fachdidaktiker sprechen sich vor allem auch für das „*Entdeckende Lernen*“ im Mathematikunterricht und bei Lernsoftware aus. [KRAUT2007, S.287]

Alessi et al. (2001) plädieren auch dafür, dass sowohl der Behaviorismus als auch der Konstruktivismus beim Lernen ihre Daseinsberechtigung haben sollen und Lehrende verschiedene Herangehensweisen, je nach Lernsituation, anwenden sollen. [ALES2001]

„Many costructivists believe that instructional methodologies such as tutorial and drill are inappropriate. We disagree.[...] Growing research evidence indicates that costructivist methods work better only for learners with well-developed metacognitive

skills.[...] In short, constructivist techniques are good for some types of learning, some situation, and some learners, but not all.” [ALES2001, S.38-39]

In den meisten Studien sprechen sich aber die Forscher*innen für das konstruktivistische Paradigma für gutes Digital Game-based Learning aus. [KALL2012] [HARI2019] [DEVL2011]

Köhler et al. (2008) schlagen vor, dass man bei der Konstruktion einer computerbasierten Lernumgebung einen gewissen Pragmatismus an den Tag legen sollte und unabhängig davon, von welcher Lerntheorie man selbst überzeugt ist, auch einem anderen Lernparadigma den Vorzug geben sollte, wenn es passender oder praktischer für den Lerninhalt oder für die Lernsituation ist. [KÖHL2008]

Tabelle 10: 1. Guideline - Lernmodell

1. Guideline	
Das mathematische Lernspiel muss auf einem oder mehreren Lernmodellen basieren.	
Beschreibung	Damit mit einem mathematischen Lernspiel die gewünschten Lernerfolge erzielen kann, muss es auf einem oder mehreren Lernmodellen aufgebaut sein.
Effekt	Wenn ein mathematisches Lernspiel auf einem oder mehreren Lernmodellen basiert, ist dieses pädagogisch fundiert. Dadurch können bessere Lernerfolge erzielt werden.
Vorteile	Wenn ein Lernspiel auf einem Lernmodell aufgebaut ist, werden Mathematiklehrer*innen und andere interessierte Personen eher auf dieses Spiel zurückgreifen. Das hat einen positiven Einfluss auf die Akzeptanz von mathematischen Lernspielen.
Nachteile	Es erfordert die Zusammenarbeit von Spieldesigner*innen und Pädagog*innen.
Fragestellungen	Es ist schwieriger ein konstruktivistisches Lernmodell einzubauen, da es komplexer als ein behavioristisches Drill and Practice Spiel ist.
Nachweis	[ALES2001] [DEVL2011] [HARI2019] [KALL2012] [KALL2015/2] [KRAUT2007]

2. Guideline: Mindestens zwei der fünf mathematischen Kompetenzen nach Kilpatrick et al. (2001) sollen in einem digitalen Lernspiel für Mathematik abgebildet werden.

Es gibt verschieden formulierte Konzepte der mathematischen Kompetenzen: Laut Fachdiaktiker*innen im deutschsprachigen Raum geht es im Mathematikunterricht um die Grundkompetenzen Beweisen, Argumentieren, Problemlösen, Modellieren und mathematische Begriffe erklären zu können. [REISS2013]

In den deutschen Bildungsstandards gibt es zum Beispiel sechs allgemeine mathematische Kompetenzen wie Probleme mathematisch lösen, mathematisch modellieren, mathematische Darstellungen verwenden, mit symbolischen, formalen und technischen Elementen der Mathematik umgehen, kommunizieren und mathematisch argumentieren können. [KULT2003]

Das österreichische Bundesinstitut für Bildungsforschung, Innovation und Entwicklung des österreichischen Schulwesens (BIFIE) definiert vier allgemeine mathematische Kompetenzen: Modellieren, Operieren, Kommunizieren und Problemlösen. [BIFIE2011]

Damit Digital Game-Based Learning Studien in Zukunft effektiver ausgewertet und verglichen werden können, fordern Byun et al. (2017) zukünftig auf das im angloamerikanischen Raum vom amerikanischen National Research Council (NRC) anerkannte Modell der fünf mathematischen Kompetenzen zurückzugreifen, um diese Fähigkeiten besser abbilden zu können. Dadurch werden Studien vergleichbarer und es wird ermöglicht aussagekräftigere Erkenntnisse über die Resultate zu erhalten. [BYUN2017] Auch Devlin hat schon 2011 empfohlen, dass sich Spieldesigner mathematischer DGBL an diesem Konzept orientieren sollen. [DEVL2011]

Kilpatrick et al. (2001) haben die mathematischen Kompetenzen in folgende fünf Stränge („*five strands*“) unterteilt: konzeptionelles Verständnis, Verfahrensfluss, strategische Kompetenz, adaptives Denken und produktive Disposition. [KILP2001] [DEVL2011]

Konzeptionelles Verständnis („*conceptual understanding*“)

Hierbei geht es um das Begreifen von mathematischen Konzepten, Operationen und Ideen. Es handelt sich auch um eine Kompetenz mathematischer Problemstellungen (zum Beispiel Brüche) auf verschiedenste Weise darstellen zu können. Das Lernpensum von Schüler*innen kann durch das konzeptionelle Verständnis verringert werden, da sie leichter Zusammenhänge erkennen und verknüpfen können. [KILP2001]

Am ehesten kann man das konzeptionelle Verständnis bei Schüler*innen erkennen, wenn sie es schaffen, problemlos von einer mathematischen Darstellung in eine andere zu wechseln. Aber es ist selbst für erfahrene Lehrer*innen nicht einfach festzustellen, ob Schüler*innen diese Fertigkeit erlangt haben oder nicht. So ist es in einem Videospiel, trotz künstlicher Intelligenz, fast unmöglich das konzeptionelle Verständnis zu diagnostizieren. [DEVL2011]

- **Verfahrensfluss („procedural fluency“)**: Der Verfahrensfluss beschreibt die Fähigkeit ein Verfahren angemessen und flexibel auszuführen. Schüler*innen können das Ergebnis von Rechenverfahren (zum Beispiel das Veranschlagen der Trinkgeldhöhe) gut einschätzen. [KILP2001] Diese mathematische Kompetenz wird durch viel Übung erworben. Videospiele sind das ideale Medium um die Schüler*innen zum Lernen anzuspornen. Durch gutes Spieldesign und positive Rückmeldungen wird die Ausdauer bei den Lernenden gefördert. [DEVL2011]
- **Strategische Kompetenz („strategic competence“)**: Ist die Fähigkeit ein mathematisches Problem (zum Beispiel eine Verhältnisabschätzung bei den Einkaufspreisen) formulieren, darstellen und lösen zu können. Eine ausgeprägte strategische Kompetenz ermöglicht den Schüler*innen das Finden von unterschiedlichen Lösungswegen zu einer Problemstellung. [KILP2001] Gerade durch eine herausfordernde Lernumgebung in einem Videospiel wird den Schüler*innen eine gute Möglichkeit gegeben ihr strategisches Denken anwenden und trainieren zu können. [DEVL2011]
- **Adaptives Denken („adaptive reasoning“)**: Es beschreibt die Kompetenz mathematische Sachverhalte erklären und begründen zu können (zum Beispiel müssen Schüler*innen ihre mathematischen Behauptungen im Unterricht belegen können), das beinhaltet auch die Fähigkeit zum logischen Denken. Das adaptive Denken navigiert durch alle Fakten, Konzepte und Lösungsstrategien und verknüpft diese miteinander. [KILP2001] Sobald eine mathematische Aufgabe in einem Videospiel eingebettet ist, wird automatisch das adaptive Denken gefördert, damit sind Lernspiele das geeignete Medium, um diese Fähigkeit zu fördern. [DEVL2011]
- **Produktive Disposition („productive disposition“)**: Sie beschreibt eine positive Grundhaltung der Mathematik gegenüber (zum Beispiel durch eine gute Beziehung zwischen Lehrenden und Lernenden) und den Glauben an die eigenen mathematischen Fähigkeiten. Mit jeder neuen Erkenntnis steigert sich die produktive Disposition. [KILP2001]

Wenn in einem Spiel das mathematische Tun der Anwender*innen sinnvoll und gewinnbringend in einem Lernspiel implementiert wird, so wird die positive Einstellung gegenüber Mathematik gestärkt. [DEVL2011]

Da die adaptive Kompetenz rein aus ihrer Definition immer in einem digitalen mathematischen Lernspiel erfüllt ist, sollten zumindest zwei Kompetenzen in einem Spiel vorhanden sein. Devlin (2011) meint, dass ein Spielentwickler für mathematische Lernspiele sich auch fragen sollte, welche dieser fünf Kompetenzen sie in das Spiel einbauen wollen, beziehungsweise welche am besten umgesetzt werden können. Idealerweise sollten alle fünf Fertigkeit in einem Spiel repräsentiert sein. [DEVL2011]

Tabelle 11: 2. Guideline – Mathematische Kompetenzen

2. Guideline:	
Mindestens zwei der fünf mathematischen Kompetenzen nach Kilpatrick et al. (2001) sollen in einem digitalen Lernspiel für Mathematik abgebildet werden.	
Beschreibung	Zwei oder mehrere der folgenden mathematischen Kompetenzen sollen in einem Lernspiel integriert sein. Konzeptionelles Verständnis („conceptual understanding“); Verfahrensfluss („procedural fluency“); Strategische Kompetenz („strategic competence“); Adaptives Denken („adaptive reasoning“); Produktive Disposition („productive disposition“)
Effekt	Wenn Spieldesigner*innen auf das gleiche Kompetenzmodell zurückgreifen, fördert dies die Vergleichbarkeit einzelner Studien.
Vorteile	Wenn ein Lernspiel auf einem Kompetenzmodell aufgebaut ist, werden Mathematiklehrer*innen und andere interessierte Personen eher auf dieses Spiel zurückgreifen. Das hat einen positiven Einfluss auf die Akzeptanz von mathematischen Lernspielen.
Nachteile	Es erfordert die Zusammenarbeit von Spieldesigner*innen und Mathematiker*innen.
Fragestellungen	Wenn die Kompetenzen nicht explizit in der Spielbeschreibung angegeben sind, ist es oft nicht ersichtlich, welche der mathematischen Kompetenzen genau angesprochen werden.
Nachweis	[BYUN2017] [DEVL2011] [KILP2001]

3. Guideline: Das Spiel soll den Lernfortschritt bewerten und den Schwierigkeitsgrad der Levels dementsprechend anpassen können, oder den Spieler*innen eine manuelle Möglichkeit dazu anbieten.

Spielentwickler*innen sollen also nichts anderes tun als gute Mathematiklehrer*innen, die den Schüler*innen nach dem „Prinzip der Passung“ [KERR2009, S.4] Aufgaben geben, die sie zwar unter Anstrengung, aber dennoch selbständig erfolgreich lösen können. Das führt zu Erfolgserlebnissen, die die Lernenden motivieren. [DEVL2011] [KERR2009]

Laut Fisher (2014) soll das Spiel zum Beispiel anhand von Performance-Metriken den Schwierigkeitsgrad des Spieles mit dem Leistungsniveau der Spieler*innen abgleichen und eine im Hintergrund ablaufende dynamische Adaption des Schwierigkeitsgrades vornehmen können. Dabei gilt es zu beachten, dass die Anpassung des Schwierigkeitsgrades nicht nur auf eine Art einer Messung beruhen darf, sondern verschiedene Metriken (Zeit, Leistung, Aktivität, etc.) als Beurteilungsgrundlage herangezogen werden sollen. Allerdings gilt es zu berücksichtigen, dass die Änderung des Schwierigkeitsgrades nicht zu schnell erfolgt, um die Spieler*innen nicht zu demotivieren. [FISH2014]

Nach Devlin (2011) lässt sich ein Videospiel, das entweder zu leicht oder zu schwer ist, nicht verkaufen, daher steht ein Leveldesigner vor der großen Aufgabe, dass ein Spiel nicht zu einfach lösbare Herausforderungen anbieten soll. Er verweist dabei auf Gee (2014):

„The learner gets ample opportunity to operate within, but at the outer edge of, his or her resources, so that at those points things are felt as challenging but not “undoable.”“
[GEE2014, S.288] [DEVL2011, S.93]

Auch nach Kerres et al. (2009) und Chorianopoulos et al. (2014) motiviert ein ausgewogener Schwierigkeitsgrad die Spieler*innen so, dass es zu keinen Frustrationserlebnissen und auch zu weniger Spielabbrüchen kommt. [KERR2009] [CHOR2014/2]

Tabelle 12: 3. Guideline – Anpassung des Schwierigkeitsgrads

3. Guideline	
Das Spiel soll den Lernfortschritt bewerten und den Schwierigkeitsgrad der Levels dementsprechend anpassen können, oder den Spieler*innen eine manuelle Möglichkeit dazu anbieten.	
Beschreibung	Das Spiel soll den Schwierigkeitsgrad an das Leistungsniveau der Spieler*innen anpassen.
Effekt	Automatische Anpassungen des Schwierigkeitsgrades führen zu einem positiven Spielerlebnis der Spieler*innen.
Vorteile	Ein angemessener Schwierigkeitsgrad fördert die Motivation der Spieler*innen.
Nachteile	Ein zu hoher Schwierigkeitsgrad erhöht das Frusterlebnis der Spieler*innen und reduziert die Lernerfolge.
Fragestellungen	Wie kann der Schwierigkeitsgrad zum richtigen Zeitpunkt automatisch angepasst werden? Bei zu schneller Änderung kann es zu Frustrationserlebnissen oder Spielabbrüchen führen.
Nachweis	[CHOR2014/2] [DEVL2011] [FISH2014] [GEE2014] [KERR2009]

4. Guideline: Die Lernumgebung soll so gestaltet sein, dass die Spieler*innen eine Erfahrung wiederholen können. Das Spiel soll eine Reflexion und eine Korrektur einer Handlung erlauben („Trial-and-Error“).

Devlin (2011) stellt fest, dass die Strategie „Trial-and-Error“ für Schüler*innen im klassischen Mathematikunterricht nicht die erfolgreiche Lernstrategie ist, denn es werden hier diejenigen belohnt, die die Regeln lernen und die Anwendung üben. DGBL gibt aber nun die Möglichkeit um nach dem erfahrungsgeliteten Prinzip „Versuch und Irrtum“, oder besser gesagt mit „*Trial-and-Improvement*“ [DEVL2011, S.77] effektiver Mathematik zu lernen. Auch sollen die Fehler „*nicht weh tun*“ [DEVL2011, S.76], denn sonst geben die Schüler*innen zu früh auf. Das Eingehen gewisser Risiken wird dadurch gefördert und man ist eher bereit etwas Neues auszuprobieren, was auch ein wichtiger Bestandteil des Mathematiklernens ist. Er schlägt auch vor, dass ein Spiel die Möglichkeit zur Reflexion auch außerhalb des Spiels ermöglichen soll. [DEVL2011]

Auch Chorianopoulos et al. (2014) empfehlen, dass man den Spieler*innen ermöglichen sollte, Fehler rückgängig machen zu können und diese auszubessern. [CHOR2014/1] [CHOR2014/2] [VALE2019]

Laut Beck et al. (2006) hat das „Trial-and-Error“-Prinzip viele Vorteile, denn man hat in digitaler Umgebung nicht viel zu verlieren. So kann man einiges ausprobieren, etwas riskieren und lernt dadurch aus Erfahrung. [BECK2006]

Jorgensen et al. (2012) geben aber zu bedenken, dass bei „Trial-and-Error“ im mathematischen Kontext das Denken höherer Ordnung weniger gefördert wird und die Spieler*innen dann auf Geschwindigkeit im Spiel setzen [JORG2012] Eine Reflexion nach einem zu erledigenden Task kann dieser Problematik entgegenwirken. Auch Westra (2015) betont, dass Anwender*innen das Spiel unterbrechen dürfen sollen, um anschließend die getätigten Handlungen reflektieren zu können. [WEST2015]

Laut Kalmpourtzis (2019) sollen Spiele den Anwender*innen die Möglichkeit geben über das Gelernte nachzudenken, ihr Vorgehen zu beurteilen und es gegebenenfalls zu verändern. Reflexion ist ein wichtiger Bestandteil des Problemlöseprozesses, deshalb sollte sie gefördert werden. So soll in einem Lernspiel nach einer Lernphase eine Reflexionsphase folgen. Diese muss aber einen guten Aufbau haben, damit das Spiel nicht zu komplex oder langweilig wird. Eine effektive Reflexionssitzung bietet die Möglichkeit einer Diskussion zwischen Spieler*innen,

damit sie Erkenntnisse und daraus resultierende Schlussfolgerungen auszutauschen können. Ein gutes Reflexionswerkzeug soll Fragen aufwerfen, die den Anwender*innen neue Perspektiven auf den Lerninhalt aufzeigen und Missverständnisse aufklären können. Der richtige Moment eines Rückblicks befindet sich nach Beendigung eines Spiels, eines Levels oder dem Erreichen eines Zwischenziels, denn zu diesem Zeitpunkt verfügt die/der Spieler*in über die notwendige Erfahrung, um eine Reflexion effektiv durchführen zu können. [KALM2019]

Nach Devlin (2011) sollen Spiele ihre Anwender*innen möglichst wenig frustrieren. Er schlägt vor, dass Spieldesigner*innen Frustrationen bei den Spieler*innen reduzieren können, indem das Misslingen einer mathematischen Aufgabe mit dem Erfüllen einer nicht-mathematischen Aufgabe kompensiert werden kann. Um aber zu verhindern, dass dann nur noch nicht-mathematische Tasks gewählt werden, sollen die mathematischen Aufgaben mit den cooleren und besseren Gadgets belohnt werden als die für das Lösen der anderen nicht-mathematischen Herausforderungen. Auch sollen die Fortschritte bei den Mathematikaufgaben größer sein. [DEVL2011]

Tabelle 13: 4. Guideline – „Trial-and-Error“

4. Guideline:	
Die Lernumgebung soll so gestaltet sein, dass die Spieler*innen eine Erfahrung wiederholen können. Das Spiel soll eine Reflexion und eine Korrektur einer Handlung erlauben („Trial-and-Error“).	
Beschreibung	Die Spieler*innen sollen die Möglichkeit haben Aufgaben zu wiederholen, Eingaben zu korrigieren und Ergebnisse reflektieren zu können.
Effekt	Die Spieler*innen werden auf Grund von Fehlern nicht bestraft und demotiviert. Das führt zu einer geringeren Anzahl an Spielabbrüchen.
Vorteile	Die Anwender*innen sind risikofreudiger und lernen aus Erfahrungen. Ziel ist eigentlich „Trial-and-Improvement“
Nachteile	Bei „Trial-and-Error“ in einem Spiel besteht die Gefahr, dass die Anwender*innen die mathematischen Problemstellungen durch Ausprobieren und nicht durch Denkprozesse lösen.
Fragestellungen	Wie kann eine Reflexionsphase effektiv gestaltet werden, um die Nachteile von „Trial-and-Error“ zu minimieren?
Nachweis	[BECK2006] [CHOR2014/1] [CHOR2014/2] [DEVL2011] [JORG2012] [KALM2019] [VALE2019] [WEST2015]

5. Guideline: Das Spiel soll den Spieler*innen einen Charakter und eine Geschichte bieten, um sie zu involvieren.

Chorianopoulos et al. (2014) schlagen vor in ein digitales mathematisches Lernspiel eine Heldenfigur und ein passendes Narrativ einzubauen. [CHOR2014/2]

Besteht die Möglichkeit den Charakter zu individualisieren, führt dies zu einer Identifizierung mit diesem und zur Steigerung der Spielmotivation. [PLAS2015] Die emotionale Bindung an einen Charakter hat einen positiven Einfluss auf das Lernen. [GEE2003] [HSIA2007]

Devlin (2011) sagt, dass nicht die Spieler*innen, sondern deren Charaktere die Aufgaben lösen und spricht von einer „*faszinierenden Identitätsverschiebung in Videospiele*“. [DEVL2011, S.88] Damit man sich zwar leicht, aber nicht zu sehr, mit dem eigenen Spielcharakter identifiziert, soll die Sichtweise auf ihn „*direkt hinter und leicht über*“ ihm sein. [DEVL2011, S.88] So wird gewährleistet, dass bei Fehlern oder einem Scheitern der Charakter die Hauptverantwortung trägt und weniger der oder die Spieler*in. Bei Multiplayerspielen ist ein weiterer Vorteil, dass die Spieler*innen anonym sind und man nur ihren Charakternamen kennt. [DEVL2011]

Die Spieler*innen sollten diejenigen sein, die die Kontrolle haben. Sie möchten sich für das Spiel verantwortlich fühlen - zumindest in Bezug auf die Kontrolle über ihren Avatar [IBRA2012]

Das Narrativ in einem Spiel ist die Komponente, die die Spieler*innen emotional involvieren kann und ist daher für DGBL sehr wichtig. [PREN2013] [PLAS2015]

Laut Prensky (2013) ist das Erstellen von guten interaktiven Geschichten für Videospiele auch eine Aufgabe, die sehr viel Kreativität erfordert und hochkomplex ist. So wird zum Beispiel anhand von Entscheidungsbäumen der Fortgang einer Handlung durch die Spieldesigner*innen geplant. [PREN2013]

Laut Gee (2013) bestimmen folgende vier Dinge die Handlung in einem Computerspiel:

- durch die Autoren bestimmte Handlung
- durch die Aktionen des Hauptspielcharakters in der Geschichte bestimmte Handlung
- durch die Entscheidungen der Spieler*innen bestimmter Handlungsablauf
- durch die eigene Projektion der Spieler*innen in das Spiel bestimmte Handlung [GEE2013]

Tabelle 14: 5. Guideline – Charakter und Narrativ

5. Guideline:	
Das Spiel soll den Spieler*innen einen Charakter und eine Geschichte bieten, um sie zu involvieren.	
Beschreibung	Interessante Charaktere und ein gutes Narrativ motivieren die Spieler*innen das digitale Lernspiel zu spielen.
Effekt	Durch Identifizierung mit dem Spielcharakter werden die Spieler*innen in das Spiel emotional involviert. Eine gute Spielgeschichte hat denselben Effekt.
Vorteile	Die Spielfehler werden dem Spielcharakter zugeordnet und nicht den Spieler*innen selbst.
Nachteile	Wenn man sich zu sehr mit einem Spielcharakter identifiziert, kann das zu negativen Auswirkungen führen. Eine uninteressante Geschichte kann die Spieler*innen demotivieren und das kann zu einem Spielabbruch führen.
Fragestellungen	Welcher Spielcharakter und welches Narrativ eignen sich am besten für mathematische Lernspiele?
Nachweis	[CHOR2014/2] [DEVL2011] [GEE2003] [GEE2013] [HSIA2007] [PRENS2013] [PLAS2015]

6. Guideline: Das Spiel soll ein Tutorial-Level oder eine Hilfestellung anbieten können.

Oft werden bei digitalen Spielen die Regeln während des Spielens nur intuitiv erlernt. [BOLL2017] Dennoch erweist es sich als sinnvoll Tutorials anzubieten. Nach Schell (2015) führt ein ansprechend designtes Tutorial zu einem ersten positiven Spielerlebnis. [SCHE2015] Diese Spielanweisungen dienen dazu, den Spieler*innen die Vorgangsweise im Spiel zu erklären. Kerres et al. bezeichnen ein Tutorial auch als „*didaktisierte Lernhilfe*“, weil es einem „*Lehrbuch*“ ähnelt. [KERR2009, S.3] Das kann am Beginn eines Spieles als eigenes Spiellevel, interaktiver Film, oder als Erklärung mit statischen Bildern erfolgen, oder während des Spielens integriert sein. [MITC2012] Um die Aufmerksamkeit der Spieler*innen nicht zu verlieren, wird davon abgeraten eine zu lange Einführung in das Spiel bereitzustellen, da sonst Spieler*innen geneigt sind das Spiel frühzeitig zu beenden. [KERR2009] Stattdessen rät Fisher (2014) dazu eine Hilfestellung innerhalb einer Spielsituation darzubieten. [FISH2014] Dies kann nach Boller et al. (2017) in Form eines Hilfesymbols am Bildschirm erscheinen. [BOLL2017] Entsprechende Tutorials sollten zum richtigen Zeitpunkt beim Erscheinen neuer Spielelemente oder Spielregeln angeboten werden. [FISH2014] [BOLL2017] Hierbei sollte auf ein ausgewogenes Verhältnis zwischen der Möglichkeit als Anwender*in das Spiel selbst erkunden und eine Hilfestellung erhalten zu können, geachtet werden. [MITC2012] Für erfahrene Spieler*innen empfiehlt sich die Möglichkeit die Hilfestellungen zu überspringen oder zu deaktivieren. [FISH2014] [BOLL2017]

Hilfreiche Spielinformationen wie Ratschläge, Zeitangaben oder Belohnungen können während des Spielens als Pop-up auf dem Bildschirm erscheinen. Allerdings sollten Pop-ups nicht zu häufig Verwendung finden, da diese als störend empfunden werden können. [MITC2012] Van Eck (2015) meint, dass in das Videospiel eingebaute Avatare, die die Spieler*innen beraten, besser als bloße Text-Informationen als Hilfestellungen sind, denn sie verringern auch die Ängstlichkeit bei den Spieler*innen. [VANE2015]

Tabelle 15: 6. Guideline - Tutorials

6. Guideline:	
Das Spiel soll ein Tutorial-Level oder eine Hilfestellung anbieten können.	
Beschreibung	Anhand eines Tutorials werden den Spieler*innen die Grundlagen des Spiels näher erläutert. Hilfestellungen während des Spielens erleichtern das Vorankommen.
Effekt	Durch ein Tutorial fällt der Einstieg in ein Spiel leichter. Hilfestellungen während des Spielens vermindern Frustrationserlebnisse.
Vorteile	Gutgemachte Tutorials lehren den Spieler*innen innerhalb des Spieles dessen Handhabung, ohne den Spielfluss zu unterbrechen.
Nachteile	Tutorials und Hilfestellungen können als störend empfunden werden.
Fragestellungen	Wie lässt sich ein ausgewogenes Verhältnis zwischen Hilfestellungen und Selbstständigkeit erreichen?
Nachweis	[BOLL2017] [FISH2014] [KERR2009] [MITC2012] [SCHE2015] [VANE2015]

7. Guideline: Die Spieler*innen sollen die mathematischen Fähigkeiten als Teil des Spieles und nicht als Beiwerk wahrnehmen.

Kaloo et al. (2015) schlagen als Guideline für Digital Game-based Learning im mathematischen Kontext vor, dass die Spieler*innen die mathematischen Fähigkeiten als Teil des Spieles und nicht als Beiwerk wahrnehmen sollen. [KALL2015/2]

Das Prinzip „*One skill – One game*“, bei dem nur eine Fertigkeit pro Spiel repräsentiert sein soll, kann den Spieldesigner*innen ermöglichen sich auf den mathematischen Inhalt zu konzentrieren. Das würde auch generell das Erstellen von Spielen und somit auch die Einbettung der mathematischen Fähigkeit in das Spiel erleichtern. [KALL2015/1] [KALL2015/2]

Devlin (2011) geht hierbei noch weiter, denn seiner Meinung nach soll Mathematik nicht nur kein Beiwerk sein, sondern die Hauptrolle in einem Spiel einnehmen. So sollen im Spiel Situationen vorkommen, in denen Mathematik auch in der Realität eine Rolle spielt, wie zum Beispiel beim Einkaufen, am Arbeitsplatz oder in einem wissenschaftlichen Labor. [DEVL2011]

Auch Van Eck (2015) spricht sich für situiertes Lernen aus, wobei authentische, mathematische Problemstellungen gelöst werden sollen. Auch wenn es sich zum Beispiel um ein Fantasy-Spiel mit einer erfundenen Umgebung handelt, kann das Problem, das es in diesem Spiel zu lösen gilt, sehr wohl realistisch und authentisch sein, wie beispielsweise Vermessungsaufgaben. [VANE2015]

Tabelle 16: 7. Guideline – Rolle der Mathematik

7. Guideline:	
Die Spieler*innen sollen die mathematischen Fähigkeiten als Teil des Spieles und nicht als Beiwerk wahrnehmen.	
Beschreibung	Die mathematischen Aufgabenstellungen sollen als Teil des Spiels und nicht nebensächlich wahrgenommen werden.
Effekt	Durch situiertes Lernen, authentische Problemstellungen und sinnvolle Aufgaben kann Mathematik in einem Spiel gelernt werden.
Vorteile	Die Mathematik wird nicht als unnötig wahrgenommen, sondern man erkennt, dass man mit ihr alltägliche Probleme lösen kann.
Nachteile	Unzureichende mathematische Fähigkeiten können sich negativ auf den Spielverlauf auswirken.
Fragestellungen	Wie lässt sich (höhere) Mathematik sinnvoll in ein Spiel integrieren?
Nachweis	[DEVL2011] [KALL2015/1] [KALL2015/2] [VANE2015]

8. **Guideline: Das Spiel muss gut wahrnehmbare Grafiken und Texte verwenden und den Benutzer*innen die Spielinformationen auf mindestens zwei unterschiedlichen Weisen (z.B.: Text, Grafik, Sound, Objekt etc.) mitteilen.**

Krauthausen et al. (2007) bemängeln die oft schlechte Umsetzung von Spieldesign. [KRAU2007] So sollte eine Guideline, wie für alle guten digitalen Lernspiele, auf jeden Fall ein ansprechendes Design forcieren.

Es wird zwischen aktiven (Interaktionen sind möglich) und passiven (Darstellung von Informationen) Benutzerschnittstellen unterschieden. Anhand des graphischen User Interfaces (GUI) kann man das Spiel zum Beispiel durch Icons bedienen. Das Heads-up Display (HUD) bildet essenzielle Informationen im Sichtbereich der Spieler*innen ab. HUDs können als Pop-ups auftauchen oder Teil einer Anzeige sein. Das HUD findet häufig bei Flug- oder Autorensimulationen Anwendung. [MITC2012]

Weiters kann man zwischen diegetischen und nicht- diegetischen Schnittstellen unterscheiden. Diegetische Schnittstellen sind Bestandteil der Spielwelt und erlauben den Spieler*innen komplett im Spielgeschehen aufzugehen. Nicht diegetische Schnittstellen sind kein Teil der Spielwelt. Diese finden am häufigsten Anwendung. [MITC2012]

Anugerah et al. (2017) stellen fest, dass es nur wenige Studien zu Grafik und Benutzeroberfläche in Bezug auf Digital Game-based Learning gibt, obwohl beides eine große Rolle für den Lernprozess spielt. Gutes Grafikdesign kann den Prozess des Lernens vereinfachen, indem die Funktionen kompakt dargestellt werden. Eine lustige altersadäquate Grafikdarstellung kann das Lernen noch mehr unterstützen und das Engagement der Spieler*innen fördern. Die Benutzerschnittstelle kann dazu beitragen die Aufmerksamkeit der Anwender*innen aufrecht zu erhalten. Außerdem hilft das User Interface beim Visualisieren und fördert die Vorstellungskraft und Fantasie der Spieler*innen. [ANUG2017]

Wichtige Eigenschaften des User-Interface, wenn das Spiel für Kinder entworfen wird:

1. **Schriftgröße:** Laut Vasconcelos et al. (2017) sind für Kinder einfach lesbare Schriftarten in Großbuchstaben zu verwenden. [VALE2019] [VASC2017] Nach Bruckman et al. (2002) sollen die Schriftgrößen dem Alter adäquat angepasst sein. [BRUC2002] [VALE2019] In der Studie „Which Fonts Do Children Prefer to Read Online?“ sagen Bernard et al. (2001), dass die beliebtesten Kombinationen aus Schriftart und Schriftgröße für 9- bis 11-jährige Kinder demnach 12 Punkte Comic und 14 Punkte Arial sind. [BERN2001] [VALE2019]

2. **Menü und Interaktionselemente:** Das User Interface soll den Einstieg in das Spiel erleichtern und daher auch einfach gehalten sein. Ist die Benutzungsoberfläche zu außergewöhnlich, kann es passieren, dass Spieler*innen gleich zu Beginn des Spiels das Interesse daran verlieren. [MITC2012] Laut Gilutz et.al (2002)¹ sollen die Interaktionselemente schnell und einfach zu finden sein, denn Kinder machen sich selten die Mühe durch Information durchzuscrollen. Sie wollen lieber gleich mit der animierten Benutzeroberfläche interagieren. [zit. nach VALE2019] Das Spiel soll anklickbare Menüs anbieten, um eine einfache Interaktion zu ermöglichen. [MITC2012] Laut Chiasson et al. (2005) soll es keine zu umfangreichen Menüs geben, da diese die Kinder überfordern könnten und die Anwender*innen dann weniger erfolgreich durch das Spiel navigieren können. Das Interface soll unmittelbar nach einer Eingabe auf diese reagieren und keine indirekten Manipulationen verwenden, da sonst Missverständnisse aufgrund der Funktionen entstehen können und dadurch intensivere Einschulgen notwendig werden können. [CHIA2005] [VALE2019] Laut Nousiainen et al. (2008) bevorzugen Kinder immer sichtbare und gut verfügbare Interfaceelemente. [NOUS2008]
3. **Icons:** Symbole und Icons repräsentieren Aktionen oder Texte im Spiel. Chiasson et al. (2005) weisen darauf hin, dass Symbole leicht verständlich, gut erkennbar, vertraut und aussagekräftig sein sollen, dadurch wird ein intuitiver Umgang mit ihnen ermöglicht. Wenn es sich um Kinder unter 10 Jahre handelt, sollte auf genug Abstand zwischen den einzelnen Icons oder Symbolen geachtet werden, damit das unabsichtliche Verklicken vermieden werden kann. [CHIA2005] [VALE2019]

¹ Anm. des Verfassers: Der Name „Gilutz“ wird im Paper von Valenza et al. (2019) als „Gilitz“ falsch zitiert. Die Originalquelle Gilutz S. et al.; *Usability of websites for children: 70 design guidelines*, Nielsen Norman Group, 2002 konnte nicht eingesehen werden.

Tabelle 17: 8. Guideline - Benutzeroberfläche

8. Guideline:	
Das Spiel muss gut wahrnehmbare Grafiken und Texte verwenden und den Benutzer*innen die Spielinformationen auf mindestens zwei unterschiedlichen Weisen (z.B.: Text, Grafik, Sound, Objekt etc.) mitteilen.	
Beschreibung	Eine gut gestaltete Benutzeroberfläche ermöglicht einen schnellen und einfachen Einstieg in das Spiel. Texte, Grafiken, Symbole und Icons dienen den Spieler*innen als Orientierungshilfe während des Spieles.
Effekt	Ein klar strukturiertes User Interface mit bekannten Symbolen erleichtert den Spieleinstieg.
Vorteile	Wenn User Interfaces vermehrt auf bereits bekannte Symbole und Icons setzen, benötigen die Spieler*innen weniger Einschulung.
Nachteile	Eine zu komplizierte Benutzeroberfläche kann eine abschreckende Wirkung auf die Anwender*innen haben und zu Frustrationserlebnissen führen. Das kann zu Spielabbrüchen führen.
Fragestellungen	<p>Wann bietet sich die Verwendung von diegetischen und nicht - diegetischen Schnittstellen an?</p> <p>Ist für das Spiel ein GUI oder ein HUD passender?</p>
Nachweis	[ANUG2017] [BERN2001] [BRUC2002] [CHIA2005] [KRAU2007] [MITC2012] [NOUS2008] [VALE2019]

9. Guideline: Das Spiel soll entweder kollaborierte Interaktionen oder Wettbewerb mit anderen Spieler*innen ermöglichen.

Schell (2015) nennt Wettbewerb, Zusammenarbeit, Treffen und die Tatsache sich selbst und Freunde besser kennen zu lernen als Grund Multiplayer-Spiele zu spielen. Durch das Wettbewerbsmotiv kann man sich beweisen und seine Fähigkeiten mit anderen messen. Es gibt aber auch Spiele, bei denen man nicht in Konkurrenz zueinander steht, sondern miteinander gemeinsam eine Herausforderung meistern muss. Oft gleichen diese Spiele einem Mannschaftssport. Auch die regelmäßigen Treffen bieten die Möglichkeit die Zeit gemeinsam zu verbringen und dabei Freundschaften zu pflegen. Man lernt durch Gespräche die anderen Spieler*innen besser kennen und kann sich beim Spielen die Problemlösestrategien der anderen anschauen, wodurch man sich selbst weiterentwickeln kann. Das gemeinsame Spielen fördert auch die Selbsterfahrung. Die Spieler*innen erleben sich in Stresssituationen und können dadurch an sich selbst arbeiten, wenn etwas schief gegangen ist. Man kann auch neues Verhalten in sozialen Situationen ausprobieren. [SCHE2015]

Laut Devlin (2011) spielt der soziale Druck, mit dem auch ein Verantwortungsgefühl einhergeht, bei Online Multiplayer-Spielen eine große Rolle, weil die Gruppe zusammenhält und alle eine gemeinsame Problemlösung anstreben. Das können sich Spieldesigner zu Nutze machen, wenn sie ein Spiel für Digital Game-based Learning mit mathematischem Inhalt entwickeln. [DEVL2011]

Ein wesentlicher Aspekt von Multiplayer Spielen ist das Gefühl der Verbundenheit zueinander, dass die Anwender*innen ein Teil der Gemeinschaft und der Spielwelt sind. [PLAS2015] Das Gemeinschaftsgefühl bei Multiplayer-Spielen im schulischen Kontext fördert vor allem bei schwächeren Schüler*innen die Motivation mathematische Probleme zu lösen. [DEVL2011] Allerdings können beim Multiplayer-Modus die Konkurrenz und der Austausch von Wissen einen Widerspruch zueinander bilden. [WEST2015]

Man könnte auch besseren Schüler*innen im Spiel die Rolle einer Lehrperson geben, um den anderen zu helfen. [DEVL2011] Devlin (2011) meint, dass Wettbewerb im Rahmen des Mathematikunterrichts oft als bedrohlich für die schwächeren Schüler*innen wahrgenommen wird und Angst machen kann. In einem Spiel verhält sich das aber anders und der Wettbewerb wirkt sich unter den Spieler*innen positiv auf das Lernen aus. Auch Konflikte können in einer Spielumgebung, im Gegensatz zum Klassenzimmer, eine Motivationsquelle sein. [DEVL2011]

Tabelle 18: 9.Guideline - Multiplayer

9. Guideline:	
Das Spiel soll entweder kollaborierte Interaktionen oder Wettbewerb mit anderen Spieler*innen ermöglichen.	
Beschreibung	Das Spiel soll die soziale Interaktion mit einem oder mehreren Mitspieler*innen bieten.
Effekt	Da Lernen ein sozialer Prozess ist, wirkt sich die Interaktion zwischen den Spieler*innen positiv auf das Mathematiklernen aus.
Vorteile	Durch das regelmäßige Treffen im Spiel motivieren sich die Teilnehmer*innen gegenseitig.
Nachteile	Der soziale Druck kann auch für manche Spieler*innen zu groß werden.
Fragestellungen	Wann entscheiden sich die Spieldesigner*innen am besten für das Konzept der Konkurrenz oder dem Wissensaustausch?
Nachweis	[DEVL2011] [PLAS2015] [SCHE2015] [WEST2015]

10. Guideline: Das Spiel soll entweder unmittelbar oder auf Verlangen Feedback geben können.

Man kann das Feedback zum Ergebnis oder zum Prozess, auditiv oder visuell, sofort oder zeitverzögert bereitstellen. [LEST2019] Laut Devlin (2011) ist es wichtig, dass das Feedback zeitnahe erfolgt, um effektiv sein zu können. [DEVL2011] Mathan et al. (2005) unterscheiden Situationen bei der ein verzögertes Feedback einem sofortigen Feedback vorzuziehen ist. Wenn den Lernenden das Machen von Fehlern erlaubt ist und diese von ihnen selbst bewertet werden, dann ist eine zeitverzögerte Rückmeldung besser. [MATH2005] Laut Lester et al. (2019) bedarf es noch weiterer Studien, welche Feedbackvarianten und Kombinationen am effektivsten sind. [LEST2019]

Man kann Feedback auch lerntheoretisch kategorisieren. So ist ein behavioristisches Feedback eine „richtig oder falsch“- Meldung zu einer Aufgabe. Im positiven Fall soll es verstärkend und motivierend wirken. Diese Art kommt sehr oft zum Einsatz, weil es sich leicht in ein Spiel einbauen lässt. Krauthausen et al. (2007) stellen fest, dass die Rückmeldung in einer Lernsoftware oder in einem Spiel oft nur mit „richtig“ oder falsch“ erfolgt, das ist zwar nicht grundsätzlich abzulehnen, aber ist oft didaktisch nicht sinnvoll. [KRAU2007]

„A good teacher can always tell the student that his or her approach, while not leading to the correct answer, is nevertheless of merit and something to be proud of. But that kind of feedback is simply not possible in a video game, or indeed from any software system.“ [DEVL2011, S.79]

Ein Feedback nach dem kognitivistischen Paradigma bietet Informationen oder Kommentare zu einer Handlung und gibt den Spieler*innen die Möglichkeit ihre Herangehensweise zu überdenken. Aus konstruktivistischer Sicht ist Feedback nur als Angebot zu verstehen und lässt den Spieler*innen die Wahl, ob sie es nützen wollen, oder nicht. [ZIEL2004]

Tabelle 19: Feedback-Kategorien

Feedback-Kategorien nach Jacobs B. (1998/2002)	Feedback-Kategorien nach Mason et al. (2001)	Feedback-Kategorien nach Zielhofer S. (2004)
Knowledge Of Result - KOR bzw. KR (meldet zurück, ob die Antwort richtig oder falsch ist)	No-feedback (bietet kein Feedback)	No-Feedback (bietet kein Feedback)
Knowledge Of Correct Result – KCR (teilt die richtige Antwort mit)	Knowledge-of-Response (meldet zurück, ob die Antwort richtig oder falsch ist)	Knowledge Of Result (meldet zurück, ob die Antwort richtig oder falsch ist)
Answer Until Correct - AUC oder Multiple Try Feedback-MTF (nach Clariana, 2000) (ermöglicht, dass die Anwender*innen selbst die richtige Antwort finden)	Answer-until-correct (ermöglicht, dass die Anwender*innen selbst die richtige Antwort finden)	Knowledge Of Correct Result (teilt die richtige Antwort mit)
Elaborated Feedback (oder Explanatory Feedback, Extended Feedback, Informatives Feedback) -siehe unten	Knowledge-of-correct-response (teilt die richtige Antwort mit)	Answer Until Correct (ermöglicht, dass die Anwender*innen selbst die richtige Antwort finden)
	Topic-contingent (bietet Informationen bezüglich des Themas)	Elaboriertes Feedback - siehe unten
	Response-contingent (kommentiert sowohl falsche als auch richtige Antworten)	
	Bug-related (reagiert auf bestimmte Fehler und hilft bei der Behebung)	
	Attribute-isolation (hebt zum besseren Verständnis die wichtigsten Eigenschaften des Konzepts hervor)	
Kategorien des Elaborierten Feedbacks nach Kulhavy et al. (1989) [zit. nach JACO1998/2002]		
<ul style="list-style-type: none"> • Task specific elaboration (kennzeichnet z.B. die richtigen Antworten bei Multiple- Choice Fragen) • Instruction based elaboration (unterstützt bei der Aufgabe, verbessert Fehler, etc.) • Extra-instructional elaboration (bietet ganz neue, zusätzliche Informationen) 		

Tabelle nach [JACO1998/2002] [MASO2001] [ZIEL2004]

Tabelle 20: 10. Guideline - Feedback

10. Guideline:	
Das Spiel soll entweder unmittelbar oder auf Verlangen Feedback geben können.	
Beschreibung	Das Spiel soll auf unterschiedliche Art den Spieler*innen Rückmeldungen über ihren Spielverlauf geben. Das kann auch nur auf Verlangen passieren.
Effekt	Das Feedback gibt Rückmeldung, ob die Aufgabenstellung richtig erfüllt wurde. Bei elaboriertem Feedback besteht auch die Möglichkeit Hilfestellungen oder Kommentare anzubieten.
Vorteile	Feedback kann das Verständnis für den richtigen Lösungsweg fördern.
Nachteile	Unabhängig vom richtigen Lösungsweg wird in einem Spiel oft nur die korrekte Lösung als Resultat akzeptiert.
Fragestellungen	In welcher Form wird das Feedback dargeboten?
Nachweis	[DEVL2011] [JACO1998/2002] [KRAU2007] [LEST2019] [MASO2001] [MATH2005] [ZIEL2004]

11. Guideline: Das Spiel soll den Benutzer*innen ein Belohnungssystem bieten.

Der Mathematiker Devlin (2011) meint, dass im Gegensatz zum Mathematikunterricht in einer Klasse, wo zum Beispiel immer nur ein oder zwei Schüler*innen brillieren und nur diese dann von der Lehrperson konstant positive Rückmeldungen bekommen, in einem Spiel die Möglichkeit besteht, nach dem Prinzip „Erfolg bringt Erfolg“ [DEVL2011, S.77], jede/jeder zu einem/r Mathe-Held/Heldin gemacht werden kann und soll. [DEVL2011]

Durch Belohnung oder Verstärkung können laut Klawe M. (1998) Spieler*innen motiviert werden und dadurch bessere Leistungen erbringen. Sie schlägt auch eine Kombination aus mehreren verschiedenen Belohnungssystemen vor, um unterschiedliche Vorlieben der Spieler*innen ansprechen zu können. [KLAW1998] Auch Kalloo et al. (2015/2) heben die motivierenden Faktoren eines Belohnungssystems auf die Spieler*innen hervor. [KALL2015/2]

Pausch et al. (1992) haben die Beobachtung gemacht, dass wenn keine fortlaufende Zählung des Punktestands am Bildschirm angezeigt wurde, die jungen Spieler*innen selbst zum Punkte zählen begonnen haben. Sie schließen daraus, dass Kinder eine Aufzeichnung ihrer Leistung benötigen und daher auch fordern. [PAUS1992] [VALE2019]

Tabelle 21: Belohnungskategorien

Belohnungen nach Hallford et al. [HALL2001]	Belohnungen nach Wang et al. [WANG2011]
<p>„Rewards of Access“ Die Spieler*innen werden durch den Zugang zu neuen Gebieten oder zu weiteren Gegenständen im Spiel belohnt</p>	<p>„Score Systems“ Punktesysteme bilden die Erfolge von Spieler*innen ab und dienen der Selbsteinschätzung. Im Multiplayer Modus werden Punktelisten häufig tabellarisch in Form von Ranglisten abgebildet und zum gegenseitigen Vergleich mit anderen Spieler*innen herangezogen.</p>
<p>„Rewards of Facility“ Die Spieler*innen bekommen die Möglichkeit bereits bestehende Fähigkeiten ihres Avatars zu verbessern oder neue zu erhalten.</p>	<p>„Experience Points“ Durch Erfahrungspunkte können bestehende Fähigkeiten des Avatars verbessert und neue erworben werden. Im Unterschied zu einem herkömmlichen Punktesystem wirken sich Erfahrungspunkte direkt auf das Gameplay aus und finden selten Anwendung im Spieler-Ranking-Vergleich. Außerdem sind sie an einen Avatar gebunden.</p>

<p>„Rewards of Sustenance“ Die Anwender*innen erhalten mehr Lebensenergie oder ein weiteres Leben für ihre Spielfigur.</p>	<p>„Item-granting-Systems“ Die Vergabe von virtuellen Gegenständen stellt eine weitere Form einer Belohnung dar. Das treibt das Spiel voran und macht zum Beispiel Kampfszenen interessanter.</p>
<p>„Rewards of Glory“ Am Ende eines Spiels oder eines Kampfes innerhalb eines Spiels erhalten die Spieler*innen Ruhm und Anerkennung in Form von Punkten oder anderen Auszeichnungen.</p>	<p>„Resources and Valuables“ Ressourcen und Wertgegenstände werden im Spiel zusammengetragen und nehmen einen unterstützenden Einfluss auf das Gameplay.</p>
	<p>„Achievement Systems“ Spieler*innen werden durch Erfolgssysteme dazu motiviert verschiedene Aufgaben zu absolvieren und die Spielumgebung zu erkunden. Nach erfolgreicher Erledigung einer Aufgabe werden Auszeichnungen oder Titel verliehen.</p>
	<p>„Feedback Messages“ Sofort angezeigtes und positives Feedback kann eine Belohnung darstellen.</p>
	<p>„Plot Animations and Pictures“ Diese Belohnungen in Form von Bildern oder Plot-Animationen werden am Ende einer Aufgabenstellung präsentiert, um die Spieler*innen anzuregen weiterhin am Spielgeschehen aktiv teilzunehmen.</p>
<p>„Unlocking Mechanisms“ Wenn Spieler*innen gewisse Aufgaben erfüllt haben, werden sie mit dem Freischalten von Spielgebieten oder weiteren Spielinhalten belohnt.</p>	

Tabelle nach [PHIL2013] [HALL2001] [WANG2011]

Tabelle 22: 11. Guideline - Belohnungssystem

11. Guideline:	
Das Spiel soll den Benutzer*innen ein Belohnungssystem bieten.	
Beschreibung	Es gibt eine große Bandbreite an unterschiedlichen Belohnungssystemen, die die Handlung der Spieler*innen bewerten und das Spiel vorantreiben können.
Effekt	Ein Belohnungssystem fördert die Motivation der Spieler*innen und das kann zu einer Leistungssteigerung im Spiel führen.
Vorteile	Um eine größere Benutzergruppe ansprechen zu können, kann man einzelne Belohnungssysteme miteinander kombinieren.
Nachteile	Belohnungssysteme können nicht immer den Erwartungen der Spieler*innen entsprechen.
Fragestellungen	Welche Form des Belohnungssystems ist passend? Welche Handlung im Spiel soll belohnt werden?
Nachweis	[DEVL2011] [HALL2001] [KALL2015/2] [KLAW1998] [PAUS1992] [PHIL2013] [VALE2019] [WANG2011]

7 Analyse und Auswertung der Spiele

Elisabeth Weißenböck hat im Jahr 2014 in ihrer Masterarbeit an der Universität Wien „Guidelines zur Evaluierung digitaler Lernspiele“ verschiedene Arten von Computerlernspielen für die unterschiedlichsten Fächer anhand selbsterstellter Richtlinien untersucht und ausgewertet. [WEIS2014] Im praktischen Teil dieser Arbeit soll in ähnlicher Weise anhand eigener, speziell für mathematische Lernspiele aufgestellten Guidelines vier Videospiele analysiert und bewertet werden.

7.1 Beurteilungskriterien für die Guidelines

Um die Spiele miteinander vergleichen zu können, werden zuerst die Guidelines mit zwei vollen Sternen ★★, einem vollen Stern ★ oder einem leeren Stern ☆ beurteilt und dann im Anschluss ausgewertet, wie die Verteilung dieser Bewertung pro Spiel ausfällt. Jede einzelne Guideline zu jedem einzelnen Spiel wird wie folgt beurteilt:

- **Beurteilung mit zwei vollen Sternen „★★“:** Die Vorgaben der Guideline werden über das Wesentliche hinausgehende Ausmaß erfüllt.
- **Beurteilung mit einem vollen Stern „★“:** Die Vorgaben der Guideline werden erfüllt.
- **Beurteilung mit einem leeren Stern „☆“:** Die Vorgaben der Guideline werden nicht erfüllt.

Für die Auswertung des Spiels soll dann im Anschluss ausgerechnet werden, wieviel Prozent der Guideline-Vorgaben über das Wesentliche hinaus, im Wesentlichen oder gar nicht erfüllt werden. Die Ergebnisse werden dann in einem Tortendiagramm dargestellt.

7.2 Erfüllung der Basisguideline

Bevor ich die folgenden vier Spiele ausgewählt habe, ist überprüft worden, ob sie die Mindestanforderungen eines Spiels (Ziel/Ergebnis, Herausforderung/Konflikt, Regeln und Interaktion mit dem System oder anderen Spieler*innen) erfüllen. Alle vier ausgesuchten Spiele erfüllen diese Vorgaben der Basisguideline. Das Einhalten der Mindestanforderungen wird vorausgesetzt und hat daher keinen Einfluss auf die Bewertung der jeweiligen Spiele.

7.3 The Counting Kingdom©



Abbildung 3: The Counting Kingdom© - Startbildschirm

Tabelle 23: Daten zum Spiel The Counting Kingdom©

Titel	The Counting Kingdom©
Genres	Tower-Defense
Webseite	http://www.countingkingdomgame.com/
Entwickler	Little Worlds Interactive
Veröffentlichung auf folgenden Plattformen	PC & Mac: 05.08.2014 iOS: 06.11.2014 Android: 17.04.2015
Getestete Plattform(en)	PC
Unterstützte Sprachen	Deutsch, Englisch, Französisch, Italienisch, Spanisch, Japanisch, brasilianisches Portugiesisch, Russisch und Chinesisch
Verweise	[COUN2014/1] [COUN2014/2]

Allgemeines

In *The Counting Kingdom*© übernehmen die Spieler*innen die Rolle eines Zauberlehrlings, der seine Burg vor einem Heer von angreifenden Monstern mit Zuhilfenahme seiner mathematischen Fähigkeiten verteidigt. Durch Addition von Zahlen in Form von „mathematischen“ Zaubersprüchen und -tränken, werden die einzelnen Monster besiegt. Dieses Spiel ist eine Variante des Tower-Defense-Genre und bietet eine Spielwelt bestehend aus fünf Bereichen mit insgesamt 30 Levels. Bei der Entwicklung dieses Spiels wurden Lehrkräfte, Eltern und Kinder miteinbezogen. Es wurde im Jahr 2014 für mehrere Awards nominiert und gewann

in der Kategorie „Original Family Game“ die „National Academy of Video Game Trade Reviewers“-Auszeichnung. [COUN2014/1] [COUN2014/2]



Abbildung 4: The Counting Kingdom© - Spielwelt



Abbildung 5: The Counting Kingdom© - Level

7.3.1 Beschreibung von The Counting Kingdom©

Spielfeld und Steuerung

Das Levelbild teilt sich in zwei unterschiedliche Bereiche. Auf der linken Seite befinden sich der Levelfortschrittsbalken und darunter die Truhe mit den verfügbaren Zaubertränken. Die drei verfügbaren Zaubersprüche mit den Werten 10, 15 und 6 sowie das Zauberbuch befinden sich unter der Truhe. Auf der rechten Hälfte des Bildes befindet sich das Spielfeld. Dieses unterteilt sich in eine linke und rechte Seite. Auf der linken Seite stehen die Türme, die es zu verteidigen gilt und auf der rechten Seite erscheinen die angreifenden Monster. Diese Monster besitzen unterschiedliche Zahlenwerte. Durch Anklicken von einem oder mehreren Monstern mit entsprechenden Zahlenwerten ergibt sich eine Summe. Nun besteht die Aufgabe darin den dazugehörigen Zahlenwert aus dem Zauberbuch auszuwählen. Um die Monster zu besiegen, muss die Summe der Monster mit dem Zahlenwert am Blatt des Zauberspruchs übereinstimmen. Hat der Zauberspruch gewirkt verschwindet dieser und ein neuer erscheint an seiner Stelle.

Austausch der Zaubersprüche

Befindet sich unter den drei vorhandenen Zaubersprüchen kein anwendbarer, so haben die Spieler*innen die Möglichkeit pro Spielzug einen der vorhandenen Zaubersprüche auszutauschen. Dazu verschieben sie eines der Blätter zum Zauberbuch und erhalten dafür einen neuen Zauberspruch.

Kombinieren von Zaubersprüchen

Um den Zahlenwert eines Zauberspruches zu erhöhen, besteht die Möglichkeit diesen mit den anderen Zaubersprüchen zu addieren. Dafür wird ein Zauberspruch ausgewählt und mit einem weiteren kombiniert.

Anwendung von Zaubersprüchen

Die Zaubersprüche erfüllen unterschiedliche Aufgaben. Zum Spielbeginn haben die Spieler*innen nur Zaubersprüche zur Verfügung, die die Zahlenwerte eines Monsters verändern können.

Während des Spiels werden weitere Zaubersprüche freigeschaltet. Diese können die Position eines Monsters verändern, eine ganze Reihe von Monstern besiegen, oder diese für zwei Spielzüge einfrieren. Die Zaubersprüche verschwinden nach dem Gebrauch aus der Truhe.



Abbildung 6: The Counting Kingdom© - Austausch eines Zauberspruchs



Abbildung 7: The Counting Kingdom© - Zaubersprüche



Abbildung 8: The Counting Kingdom© - Kombinieren von Zaubersprüchen

7.3.2 Analyse und Auswertung von The Counting Kingdom©

Basisguideline

Die Mindestanforderungen, die ein Spiel erfüllen muss, sind: Ein Spiel hat ein Ziel/Ergebnis, eine Herausforderung/einen Konflikt, Regeln und eine Interaktion mit dem System oder anderen Spieler*innen.

Tabelle 24: Auswertung der Basisguideline für The Counting Kingdom©

The Counting Kingdom ©	
Ziel/Ergebnis	Das Spielziel besteht darin 30 Burgen in fünf verschiedenen Gebieten vor den Monstern zu verteidigen. Jede Burg steht für ein eigenes Level. Wenn das letzte Level abgeschlossen ist, wird ein Abspann mit einer Versöhnungsfeier mit den Monstern freigeschaltet.
Herausforderung/Konflikt	Es handelt sich um einen Solo-Konflikt mit dem Spielsystem. Die Aufgabe besteht darin die Burg vor dem Eindringen der Monster zu beschützen.
Regeln	Es ist notwendig die korrekte Summe aller Monsterzahlenwerte zu errechnen, um das Blatt mit der korrekten Zahl aus dem Zauberbuch auszuwählen und somit die Monster zerstören zu können. Wenn ein Monster die Burg betritt, gilt das Level als verloren.
Interaktion mit dem System oder anderen Spieler*innen	Es handelt sich um eine Interaktion mit dem System. Ein Multiplayermodus ist nicht vorhanden. Die Monster bewegen sich nach jedem Spielzug ein Feld von rechts nach links. Berühren sie den Turm, wird dieser zerstört und die Gegner können in die Burg eindringen.

1. Guideline: Das mathematische Lernspiel muss auf einem oder mehreren Lernmodellen basieren.

Bei dem Spiel The Counting Kingdom© handelt es sich nicht um ein reines Drill-and-Practice Spiel, obwohl es zum Festigen und Üben von Additionen dient. Das Spiel stellt zwar strategische, aber keine mathematischen Problemlösungsaufgaben bereit. Die Spieler*innen müssen die Burg vor einer Horde an Monster verteidigen. Durch richtiges Addieren kann die Burg vor den

Monstern gerettet werden. Das erfordert eine gewisse Strategie, um die richtigen Monster zur richtigen Zeit auszuwählen. Demnach beinhaltet das Spiel sowohl das behavioristische als auch das kognitive Lernparadigma.

Beurteilung der Guideline: ★

Die Guideline wird somit erfüllt.

2. Guideline: Mindestens zwei der fünf mathematischen Kompetenzen nach Kilpatrick et al. (2001) sollen in einem digitalen Lernspiel für Mathematik abgebildet werden.

In diesem Spiel The Counting Kingdom© wird die Addition mit positiven und negativen Zahlen geübt. Folgende Kompetenzen nach Kilpatrick et al. werden in diesem Spiel gefördert:

- **Verfahrensfluss („procedural fluency“):** Durch das Auswählen und Kombinieren der einzelnen Monster üben die Schüler*innen den Zahlenwert und das Verhältnis der Zahlenwerte zueinander richtig einzuschätzen.
- **Adaptives Denken („adaptive reasoning“):** Da die Additionen in diesem Spiel eingebettet sind, wird das adaptive Denken gefördert.

Beurteilung der Guideline: ★

Die Guideline wird erfüllt.

3. Guideline: Das Spiel soll den Lernfortschritt bewerten und den Schwierigkeitsgrad der Levels dementsprechend anpassen können, oder den Spieler*innen eine manuelle Möglichkeit dazu anbieten.

Die Spieler*innen haben jederzeit die Möglichkeit den Übungsmodus zu spielen, hier kann man zwischen den unterschiedlichen Schwierigkeitsstufen 1 bis 10 wählen. Das Spiel selbst bietet seinen Nutzer*innen aber keine Möglichkeit den Schwierigkeitsgrad selbstständig anzupassen. Es gibt auch keine automatische Anpassung des Schwierigkeitsgrades, allerdings steigert sich dieser von Level zu Level.

Beurteilung der Guideline: ☆

Die fehlende automatische oder manuelle Anpassungsmöglichkeit des Schwierigkeitsgrades kann zu Motivationsverlust bei den Spieler*innen führen. Die Spieler*innen haben keine Möglichkeit einzelne Levels zu überspringen, um Frust zu vermeiden. Die fehlende manuelle oder automatische Anpassung des Schwierigkeitsgrades führt dazu, dass diese Guideline nicht erfüllt ist.

4. Guideline: Die Lernumgebung soll so gestaltet sein, dass die Spieler*innen eine Erfahrung wiederholen können. Das Spiel soll eine Reflexion und eine Korrektur einer Handlung erlauben („Trial-and-Error“).

Den Spieler*innen wird am Ende eines Levels mitgeteilt, ob sie dieses geschafft haben und wieviel Sterne sie als Belohnung erreichen konnten. Eine spielinduzierte Reflexion nach einem Level findet nicht statt. Um fehlende Sterne in bereits abgeschlossenen Levels zu erhalten, können diese erneut gespielt werden. Insofern ist „Trial-and-Error“ möglich, aber innerhalb eines Levels ist es nicht erlaubt Eingaben rückgängig zu machen oder Fehler zu korrigieren. Die Spieler*innen unterliegen zwischen den Zügen keinem Zeitdruck und können mögliche Spielzüge in Ruhe überdenken. Sollte ein Level nicht mehr lösbar sein, besteht jederzeit die Möglichkeit dieses erneut zu starten.

Beurteilung der Guideline: ☆

Die Möglichkeit innerhalb eines Levels bereits gemachte Spielzüge zu berichtigen, besteht nicht. Einmal getätigte Fehler können nicht rückgängig gemacht werden, den Spieler*innen bleibt nur der Neustart des kompletten Levels. Dies entspricht nicht dem Prinzip von „Trial-and-Error“ innerhalb eines Levels und somit ist diese Guideline nicht erfüllt.

5. Guideline: Das Spiel soll den Spieler*innen einen Charakter und eine Geschichte bieten, um sie zu involvieren.

Beim Charakterdesign haben sich die Spielentwickler*innen für einen männlichen Jugendlichen entschieden. Es ist nicht möglich das Geschlecht zu ändern, dem Charakter einen eigenen

Namen zu geben oder das Aussehen anzupassen. Somit ist eine Individualisierung des Spielhelden nicht möglich. Das führt zu einer Geschichte mit einem namenlosen männlichen Protagonisten, mit dem sich möglicherweise einige Spieler*innen nicht identifizieren können.

Das Narrativ wird rein von den Autoren bestimmt und bietet den Spieler*innen keine Einflussnahme auf den Handlungsverlauf. Die Geschichte wird den Anwender*innen in Form von animierten Einzelszenen vorgestellt. Zu Beginn des Tutorials erfahren die Spieler*innen, dass Monster die Burg des Zauberlehrlings angreifen. Die Anwender*innen übernehmen die Rolle des Zauberlehrlings und sollen die Burg durch ihre Rechenkünste beschützen.

Der Abspann zeigt die Siegesfeier der Burgbewohner*innen und des Zauberlehrlings. Eine überdimensionale Torte stellt den Mittelpunkt der Feierlichkeiten dar. Um die besiegten Monster zu besänftigen, wird die Torte mit ihnen geteilt und die Geschichte endet mit einem Happy End.

Somit wird die Guideline zwar erfüllt, aber man könnte einige Dinge verbessern: In *The Counting Kingdom*® übernehmen die Spieler*innen die Rolle eines bereits erstellten Avatars. Die Sichtweise auf das Spiel, die fehlende Individualisierungsmöglichkeit des Charakters und nicht vorhandene Sequenzen zwischen den einzelnen Levels, um die Geschichte voranzutreiben, erschweren die Identifizierung der Spieler*innen mit dem Spiel und dessen Figur.

Beurteilung der Guideline: ★

Die Guideline wird erfüllt.

6. Guideline: Das Spiel soll ein Tutorial-Level oder eine Hilfestellung anbieten können.

Das erste Level startet die Geschichte in Form von animierten Einzelszenen. Unmittelbar darauffolgend beginnt das Tutorial, das sich in vier Abschnitte unterteilt. Jeder Abschnitt beginnt mit einer animierten Erklärung und einem entsprechenden Übungslevel. Die Themenbereiche Spielsteuerung, Anwendung der Zaubertränke und Austausch oder Kombination der Zaubersprüche werden im Tutorial näher erläutert. Nach dem ersten Level haben die Spieler*innen die Grundlagen dieses Spiels kennengelernt. Weitere Zaubertränke werden im Laufe des Spiels freigeschaltet und deren Funktion in Form von Animationen näher erklärt. Es ist nicht möglich die Erklärung der Zaubertränke zu einem späteren Zeitpunkt erneut abzurufen.

Hilfestellungen werden in Form von Feedback (siehe Guideline 10) gegeben, außerdem erleichtert eine Rechenleiste, die erste nach einigen Fehlversuchen erscheint, das Kopfrechnen.

Beurteilung der Guideline: ★★

Das Spiel bietet sowohl ein Tutorial-Level als auch Hilfestellungen an. Somit ist die Guideline über das erforderliche Ausmaß hinaus erfüllt.

7. Guideline: Die Spieler*innen sollen die mathematischen Fähigkeiten als Teil des Spieles und nicht als Beiwerk wahrnehmen.

Die mathematischen Fähigkeiten sind Bestandteil des Spiels. In diesem Spiel ist die Addition ein essenzieller Spielfaktor. Um die sich annähernden Monster aufhalten zu können, ist es notwendig durch Addieren der Zahlenwerte auf den jeweiligen Monstern den Wert des Zauberspruchs zu errechnen. Erst eine korrekte Addition ermöglicht es den dazugehörigen Zauberspruch ausführen zu können und die Monster damit zu besiegen. Zwar soll ein mathematisches Problem gelöst werden, aber es ist weder realitätsnah noch authentisch. Ohne die Anwendung der Mathematik, ist es nicht möglich dieses Spiel zu bedienen. Das Spiel behandelt also den Themenschwerpunkt Addition und so wird hier das Prinzip „*One skill–One game*“ erfüllt.

Beurteilung der Guideline: ★

Die Guideline ist somit erfüllt.

8. Guideline: Das Spiel muss gut wahrnehmbare Grafiken und Texte verwenden und den Benutzer*innen die Spielinformationen auf mindestens zwei unterschiedlichen Weisen (z.B.: Text, Grafik, Sound, Objekt etc.) mitteilen.

Die Menü- und Interaktionselemente verwenden bereits etablierte und gut erkennbare Grafiksymbbole. Der Text und die Zahlen im Spiel sind aufgrund der verwendeten Schriftart und Schriftgröße sehr gut lesbar. Die Benutzeroberfläche beinhaltet sowohl diegetische (Zahlenwerte auf den Monstern) als auch nicht diegetische Elemente (Animation des

Zauberlehrlings beim Ausführen eines Zauberspruchs). Die fünf Spielwelten unterscheiden sich nur in dem Design des Spielfeldes, das Aussehen der restlichen Symbole wurde beibehalten. The Counting Kingdom© bietet also eine übersichtliche, informative und leicht bedienbare Benutzeroberfläche, die von den Spieler*innen intuitiv zu bedienen ist. Das Spiel teilt die Informationen auf mehr als einem Weg mit.

Beurteilung der Guideline: ★

Die Guideline ist somit erfüllt.

9. **Guideline:** Das Spiel soll entweder kollaborierte Interaktionen oder Wettbewerb mit anderen Spieler*innen ermöglichen.

Dieses Spiel ist ein reines Singleplayerspiel. Es besteht keine Möglichkeit dieses mit weiteren Spieler*innen offline oder online im Multiplayer zu spielen. Des Weiteren besteht nicht die Möglichkeit mehr als ein Spieler*innenprofil zu erstellen und somit kann nur ein Spielfortschritt gleichzeitig gespeichert werden.

Beurteilung der Guideline: ☆

Diese Guideline ist nicht erfüllt, da keine Interaktion mit weiteren Spieler*innen möglich ist. Ein Multiplayermodus könnte den Wettbewerb unter den Spieler*innen fördern und das Spiel interessanter machen.

10. **Guideline:** Das Spiel soll entweder unmittelbar oder auf Verlangen Feedback geben können.

The Counting Kindom© übermittelt den Spieler*innen nach jeder ihrer Aktionen ein Feedback. Bei einer korrekten Eingabe, also bei der richtigen Auswahl der Monster und dem dazugehörigen Zauberspruch, erscheint der Zauberlehrling und lässt die Kreaturen auf dem Spielfeld verschwinden. Wird ein Zauberspruch ausgewählt, der nicht der Zahlensumme der Monster entspricht, wird dies als Fehlermeldung auf dem Bildschirm ausgegeben, sie beinhaltet den sofortigen Hinweis, ob die ausgewählte Monstersumme zu klein oder zu groß in Bezug auf den

Zauberspruch ist („*Knowledge of Result*“). Nach erneuter falscher Zauberspruchauswahl wird die Lösung in Form einer Addition (Summand+Summand = Summe) gleich eingeblendet und der dazugehörige Zauberspruch rot markiert („*Knowledge of Correct Result*“).



Abbildung 9: The Counting Kingdom© - Lösung

Beurteilung der Guideline: ★

Die Guideline wird erfüllt.

11. Guideline: Das Spiel soll den Benutzer*innen ein Belohnungssystem bieten.

The Counting Kingdom© bietet den Spieler*innen eine Vielzahl an unterschiedlichen Belohnungsarten. Die Punktevergabe („*Score System*“) ist nicht transparent. Zwar erhalten die Spieler*innen für das Zerstören der Monster und das Beschützen der Türme Punkte, aber es wird nur ein Teil aller erspielten Punkte innerhalb eines Levels angezeigt. Am Ende jedes Levels werden die Punkte in Sterne umgewandelt, wobei hier ein nachvollziehbarer Umrechnungsschlüssel fehlt. Somit ist es für die Spieler*innen nicht überprüfbarer wie viele Punkte für die maximale Anzahl von drei Sternen benötigt werden. Die verdienten Punkte und Sterne sind nur kosmetisch und haben keinen weiteren Nutzen oder Einfluss auf das Spielgeschehen. Die verdienten Sterne werden im Hauptbildschirm über jedem Level angezeigt, die Punkte sind nicht ersichtlich.

Nach Beendigung des letzten Levels wird im Abspann die Siegesfeier eingeblendet („*Plot Animations and Pictures*“ und „*Rewards of Glory*“). Ab diesem Zeitpunkt kann der Beginn und der Abspann jederzeit über das Menü erneut aufgerufen werden. Wurden alle Monster besiegt, gilt

das Level als erfolgreich beendet und das nächste wird freigeschaltet. Die Anzahl der bisher erreichten Sterne ist hierfür uninteressant („*Rewards of Access*“ und „*Unlocking Mechanism*“). Die Spieler*innen bekommen im Laufe ihres Abenteuers weitere Zaubertränke freigeschaltet („*Item granting Systems*“).

Die fehlende Möglichkeit die erspielten Punkte einlösen zu können, kann bei den Spieler*innen dazu führen, dass sie weniger Ansporn haben die Levels bestmöglich zu lösen. Daher ist, trotz Kombination mehrerer Belohnungssysteme, diese Guideline nicht über das erforderliche Maß hinaus erfüllt. Es fehlt die Transparenz der Punktevergabe.

Beurteilung der Guideline: ★

Die Guideline ist erfüllt.

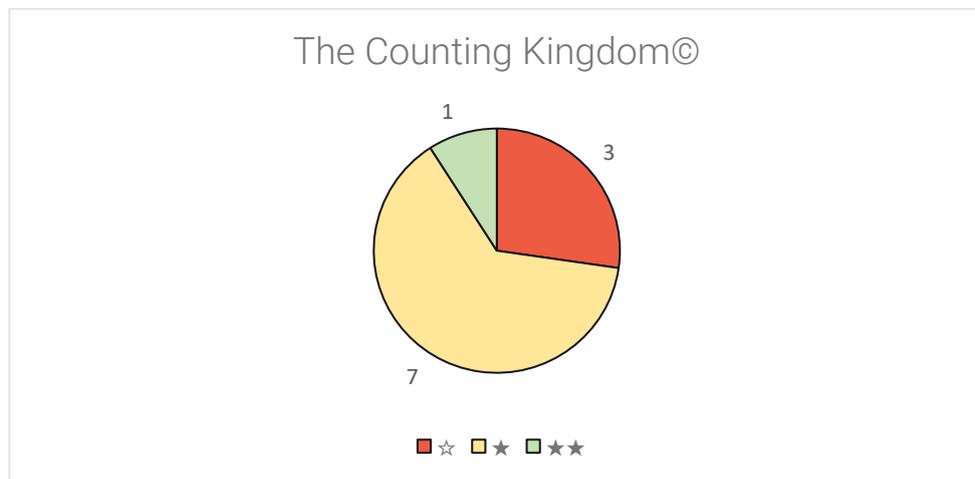


Diagramm 1: Auswertung des Spiels - The Counting Kingdom©

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass The Counting Kingdom© ein solides mathematisches Lernspiel ist, denn acht von elf Guidelines werden erfüllt. Es besteht Verbesserungsbedarf bezüglich der Anpassung des Schwierigkeitsgrades, dem Erlauben von Trial-and-Error und dem Bereitstellen eines Multiplayer-Modus. Ich könnte mir den Einsatz im Unterricht dieses Spiels gut vorstellen.

7.4 The Devil's Calculator©



Abbildung 10: The Devil's Calculator© - Logo

[CALC2019/1]

Tabelle 25: Daten zum Spiel The Devil's Calculator©

Titel	The Devil's Calculator©
Genres	Logik, Denksport, Puzzle
Webseite	https://www.cinqmarsmedia.com/devilscalculator/
Entwickle:	Cinq-Mars Media
Veröffentlichung auf folgenden Plattformen	<u>PC & Mac:</u> 28.01.2019 <u>iOS:</u> 2019 <u>Android:</u> 2019
Getestete Plattform(en)	Android und PC
Unterstützte Sprachen	Englisch
Verweise	[CALC2019/1] [CALC2019/2]

Allgemeines:

Bei dem Spiel *The Devil's Calculator*© bedienen die Spieler*innen einen Taschenrechner, bei dem die arithmetischen Operatoren durch Symbole mit unterschiedlichen Funktionen ersetzt wurden. Das Ziel jedes Levels besteht darin, durch Kombination der Operatoren und den verfügbaren Zahlen die Zahl 666 zu berechnen. Das Spiel zeichnet sich unter anderem dadurch aus, dass die Möglichkeit besteht eigene Levels zu erstellen und diese mit anderen Spieler*innen zu tauschen. *The Devil's Calculator*© ist quelloffen und es ist eine kostenfreie Variante, mit den ersten 20 Levels, verfügbar. Es wurde von der Gaming-Convention PAX zu einem der besten Indie Games 2019 gekürt. [CALC2019/1] [CALC2019/2]

7.4.1 Beschreibung von The Devil's Calculator©



Abbildung 11: The Devil's Calculator© - Taschenrechner

Das Spielfeld in The Devil's Calculator© ist einem digitalen Taschenrechner nachempfunden. Die Darstellung des Rechners ist einfach gehalten und realitätsnah. Den Spieler*innen stehen die Tasten Null bis Neun, drei Speicherplätze und die Operatoren (\diamond , ψ , ϕ) zur Verfügung. In einigen Levels werden die Funktion einzelner Zahlentasten deaktiviert und durch ein brennendes Tastensymbol gekennzeichnet.

7.4.2 Analyse und Auswertung von The Devil's Calculator©

Basisguideline

Die Mindestanforderungen, die ein Spiel erfüllen muss, sind: Ein Spiel hat ein Ziel/Ergebnis, eine Herausforderung/einen Konflikt, Regeln und eine Interaktion mit dem System oder anderen Spieler*innen.

Tabelle 26: Auswertung der Basisguideline für *The Devil's Calculator*©

The Devil's Calculator©	
Ziel/Ergebnis	Das Spielziel besteht darin 68 unterschiedliche Levels zu beenden und somit die Fehlfunktion des Taschenrechners zu beheben. Wenn das letzte Level abgeschlossen ist, wird ein Abspann freigeschaltet, der den Schüler mit seinem funktionstüchtigen Taschenrechner während des Tests zeigt.
Herausforderung/Konflikt	Es handelt sich um einen Solo-Konflikt mit dem Spielsystem. Die Aufgabe besteht darin in jedem Level eine gesuchte Funktion zu finden. Dies wird durch Einschränkung der zur Verfügung stehenden Tasten am Taschenrechner erschwert.
Regeln	In jedem Level gilt es die Funktion zu finden, die unter der Voraussetzung der zur Verfügung gestellten Zahlen und Operatoren die Zahl 666 ergibt.
Interaktion mit dem System oder anderen Spieler*innen	Es handelt sich hauptsächlich um eine Interaktion mit dem System, aber es gibt eine Variante eines Multiplayermodus in Form eines Levelmakers. Bei diesem können die Spieler*innen für andere Spieler*innen eigene Levels erstellen.

1. Guideline: Das mathematische Lernspiel muss auf einem oder mehreren Lernmodellen basieren.

Bei *The Devil's Calculator*© handelt es sich um ein Puzzlespiel, das heißt, dass mathematische Rätsel beziehungsweise Probleme gelöst werden müssen. Bei einem Taschenrechner wurden die arithmetischen Operatoren (+, -, *, /) durch drei unterschiedliche Operatoren (\diamond , ψ , ϕ) ersetzt. Diese werden während des Spiels nacheinander freigeschaltet. Zu Beginn erhält man den unären Operator \diamond , der bei einer Eingabe nur eine Zahl als Ausgabe zurückgibt. Der zweite Operator ψ ist ein binärer Operator, der zwei Eingaben benötigt und eine Zahl als Ausgabe zurückgibt. Der dritte Operator ϕ ist wieder ein unärer Operator, der eine positive Eingabe voraussetzt und die Stelle einer Primzahl zurückgibt. Um ein Level zu beenden, muss die Funktionsgleichung gefunden werden, die in Kombination mit den zur Verfügung stehenden Operatoren als Ergebnis den Wert 666 ergibt.

Diese Beispiele fördern die logische Denkfähigkeit. Das Spiel bietet zusätzlich die Möglichkeit Levels mit eigenen Aufgaben selbst zu konstruieren. Somit beinhaltet das Spiel sowohl kognitive als auch konstruktivistische Lernparadigmen.

Beurteilung der Guideline: ★★

Es werden zwei Lernmodelle in diesem Spiel abgebildet. Da das Spiel auch konstruktivistische Komponenten, die von Fachdidaktiker*innen gefordert werden, beinhaltet, wird die Guideline über das geforderte Maß hinaus erfüllt.

2. Guideline: Mindestens zwei der fünf mathematischen Kompetenzen nach Kilpatrick et al. (2001) sollen in einem digitalen Lernspiel für Mathematik abgebildet werden.

In dem Spiel The Devil's Calculator© wird hauptsächlich das Lösen von Funktionen behandelt. Folgende Kompetenzen nach Kilpatrick et al. werden in diesem Spiel gefördert:

- **Verfahrensfluss („procedural fluency“)**: Durch die verschiedenen Arten mit Funktionen umzugehen, werden die Spieler*innen immer schneller und geschickter in deren Anwendung.
- **Konzeptionelles Verständnis („conceptual understanding“)**: Im Spielverlauf ist es notwendig unterschiedliche mathematische Probleme lösen zu können. Die Aufgabenstellungen können durch das Kombinieren von unterschiedlichen mathematischen Konzepten (Logarithmen, Potenzen, verschiedene Arten von Funktionen) erledigt werden.
- **Adaptives Denken („adaptive reasoning“)**: Dieses Spiel fördert die Fähigkeit zum logischen Denken. Durch die Einbettung der mathematischen Aufgaben in das Spiel, wird das adaptive Denken angeregt.

Beurteilung der Guideline: ★★

Die Guideline wird über das erforderliche Maß hinaus erfüllt, da drei von fünf Kompetenzen in diesem Spiel integriert sind.

3. Guideline: Das Spiel soll den Lernfortschritt bewerten und den Schwierigkeitsgrad der Levels dementsprechend anpassen können, oder den Spieler*innen eine manuelle Möglichkeit dazu anbieten.

Das Spiel unterstützt keine automatische oder manuelle Anpassung des Schwierigkeitsgrads. Es besteht allerdings die Möglichkeit ein Level zu überspringen und dieses später erneut zu versuchen. Der Schwierigkeitsgrad der Levels ist durch das Freispiel einzelner Operatoren ansteigend.

Beurteilung der Guideline: ☆

Diese Guideline ist aufgrund fehlender Auswahlmöglichkeiten des Schwierigkeitsgrades nicht erfüllt.

4. Guideline: Die Lernumgebung soll so gestaltet sein, dass die Spieler*innen eine Erfahrung wiederholen können. Das Spiel soll eine Reflexion und eine Korrektur einer Handlung erlauben („Trial-and-Error“).

Das „Trial-and-Error“-Prinzip ist bei The Devil’s Calculator© vollständig erfüllt. Die Spieler*innen haben eine unbegrenzte Anzahl an Versuchen, um die Lösung eines Levels zu finden. Jede Eingabe kann wiederholt werden, allerdings ist es nicht möglich innerhalb einer Eingabe einzelne Zahlen oder Symbole zu löschen. Hierfür muss allerdings die gesamte Eingabe erneut getätigt werden. Das Spiel speichert zu jedem Zeitpunkt den Spielfortschritt der Spieler*innen. Das ermöglicht auch ein längeres Pausieren und fördert somit die Selbstreflexion.

Beurteilung der Guideline: ★★

Die Guideline ist über das geforderte Maß erfüllt. Das „Trial-and-Error“-Prinzip wird unterstützt, Selbstreflexion ist jederzeit möglich und die Korrekturen der Handlungen sind erlaubt.

5. Guideline: Das Spiel soll den Spieler*innen einen Charakter und eine Geschichte bieten, um sie zu involvieren.

Das von den Autoren bestimmte Narrativ kann nicht von den Spieler*innen beeinflusst werden. Während eines Tests verändert sich der Taschenrechner eines Schülers. Statt den bekannten arithmetischen Operatoren erscheinen im Laufe des Spiels drei neue Operatoren. Die Story begleitet die Spieler*innen durch die 68 verschiedenen Levels. Das Erscheinen eines neuen Operators wird in der Story aufgegriffen und dieser kurz erklärt. Am Ende des Spiels verwandelt sich der Taschenrechner zurück und der Schüler kann den Test erfolgreich beenden.

Der Spielcharakter ist vom Spiel vorgegeben und kann nicht bearbeitet werden. Es ist nicht möglich das Geschlecht zu ändern oder dem Spieler einen Namen zu geben. Der Spielcharakter ist nur während der Story sichtbar. Während des Spielens nehmen die Spieler*innen die Sichtweise der Hauptfigur ein. Eine Individualisierung des Charakters würde den Spieler*innen das Eintauchen in das Spiel erleichtern.



Abbildung 12: The Devil's Calculator© - Narrativ



Abbildung 13: The Devil's Calculator© - Problemstellung



Abbildung 14: The Devil's Calculator© - Spielcharakter

Beurteilung der Guideline: ★

Die Guideline wird somit erfüllt.

6. Guideline: Das Spiel soll ein Tutorial-Level oder eine Hilfestellung anbieten können.

The Devil's Calculator beinhaltet kein Tutorial-Level. Dennoch ist es den Spieler*innen möglich auf eine Vielzahl an unterschiedlichen Hilfestellungen zurückzugreifen. In jedem Level können die Spieler*innen einen Lösungshinweis abrufen. Zusätzlich besteht die Möglichkeit die Funktionen grafisch darzustellen und direkt aus dem Spiel heraus Berechnungen auf der

Webseite der semantischen Suchmaschine „Wolfram-Alpha“ (<https://www.wolframalpha.com/>) durchzuführen. Die Integration eines funktionierenden Taschenrechners und einer Onlinehilfe sind ebenso vorhanden.



Abbildung 15: The Devil's Calculator© - Graph



Abbildung 16: The Devil's Calculator© - Wolfram Alpha

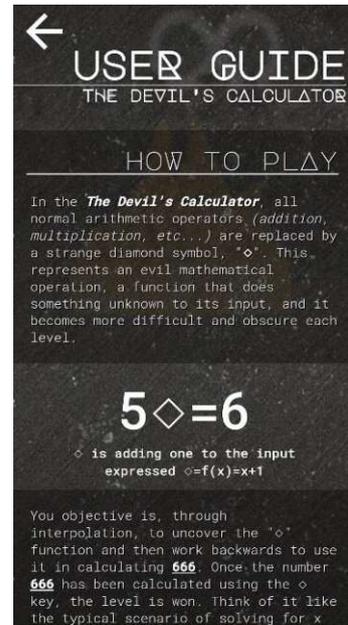


Abbildung 17: The Devil's Calculator© - User Guide

Während des Spiels werden die Operatoren und deren Anwendung in Form von Zwischensequenzen vorgestellt und mit Beispielen erklärt.

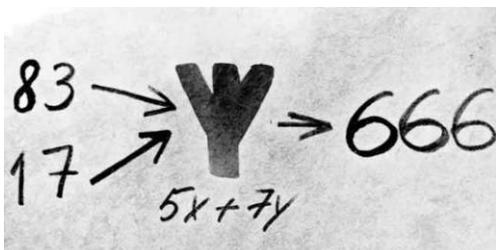


Abbildung 18: The Devil's Calculator© - Erklärung Operator

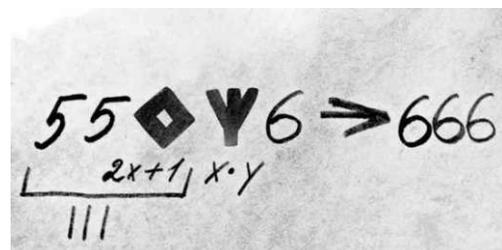


Abbildung 19: The Devil's Calculator© - Kombination von Operatoren

Beurteilung der Guideline: ★★

Die Hilfestellungen in The Devil's Calculator© umfassen einen User Guide, die grafische Darstellung der Funktion, visuelle Erklärungen der Operatoren und die Möglichkeit Berechnungen auf „Wolfram Alpha©“ durchzuführen. Dieses Angebot führt zur Erfüllung dieser Guideline über das erforderliche Maß hinaus. Das fehlende Tutorial-Level ist in diesem mathematischen Puzzle nicht unbedingt notwendig, da das selbstständige Finden einer Lösung Teil des Spiels ist.

7. Guideline: Die Spieler*innen sollen die mathematischen Fähigkeiten als Teil des Spieles und nicht als Beiwerk wahrnehmen.

In jedem Level muss die Zahl 666 errechnet werden, um dieses zu beenden. Mathematik ist ein essenzieller Bestandteil des Spiels und nimmt die Hauptrolle darin ein. Das Lösen der Puzzles ist unumgänglich, um das Spiel zu beenden. Es soll zwar ein mathematisches Problem gelöst werden, aber es ist weder realitätsnah noch authentisch.

Beurteilung der Guideline: ★

Die Guideline ist somit erfüllt.

8. Guideline: Das Spiel muss gut wahrnehmbare Grafiken und Texte verwenden und den Benutzer*innen die Spielinformationen auf mindestens zwei unterschiedlichen Weisen (z.B.: Text, Grafik, Sound, Objekt etc.) mitteilen.

Erklärungen, Rechenschritte und Hinweise werden als diegetisches Element am Display des Rechners eingeblendet. Die Schriftart orientiert sich an der Darstellung eines digitalen Taschenrechners. Die Schriftgröße ist gut gewählt und selbst viel Text ist leicht lesbar. Bei Betätigung der Taschenrechner Tastatur ertönen je nach Funktion der Tasten unterschiedliche Geräusche. Die korrekte Eingabe einer Aufgabenlösung wird mit einem Sound und der Anzeige der Zahl 666 bestätigt.

Beurteilung der Guideline: ★

Diese Guideline ist somit erfüllt.

9. **Guideline:** Das Spiel soll entweder kollaborierte Interaktionen oder Wettbewerb mit anderen Spieler*innen ermöglichen.



Abbildung 20: *The Devil's Calculator*© - Levelmaker

Im Laufe des Spiels besteht die Möglichkeit eigene Levels zu erstellen. Diese werden unter dem selbstgewählten Benutzernamen allen anderen Spieler*innen weltweit zur Verfügung gestellt. Ein Multiplayermodus im Sinne gleichzeitiger gemeinsamer Interaktionen oder einem Wettbewerb ist in diesem Spiel nicht vorhanden.

Beurteilung der Guideline: ☆

Diese Guideline ist aufgrund des fehlenden Multiplayer-Modus in Form eines Wettbewerbs oder einer Live-Interaktion nicht erfüllt.

10. **Guideline:** Das Spiel soll entweder unmittelbar oder auf Verlangen Feedback geben können.

Alle eingegebenen Rechenschritte der Spieler*innen werden im Display des Taschenrechners dargestellt. Die Eingabe, die zur Lösung des Levels führt, wird mit einem Sound unmittelbar bestätigt. Die Spieler*innen werden mit einer Fehlermeldung auf unvollständige oder unzulässige Eingaben hingewiesen („*Knowledge of Result*“). Die Spieler*innen haben unendlich viele Versuche die richtige Lösung für das Level zu finden („*Answer-until-correct*“).

Beurteilung der Guideline: ★

Diese Guideline ist somit erfüllt.

11. **Guideline:** Das Spiel soll den Benutzer*innen ein Belohnungssystem bieten.

Die Spieler*innen werden für das Beenden eines Levels mit dem Freischalten des nächstens Levels belohnt Als Bonus für das Erreichen höherer Levels werden im Spielverlauf einzelne Operatoren freigeschaltet („*Rewards of Access*“, „*Unlocking Mechanism*“ und „*Item granting Systems*“). Das Spiel bietet den Spieler*innen einen Vorspann, einzelne Zwischensequenzen und einen Abspann. In den Zwischensequenzen werden neue Spielfunktionen näher erläutert („*Plot Animations and Pictures*“).

Beurteilung der Guideline: ★★

Das Freischalten neuer Levels und Operatoren sowie der Abspanns stellen das Belohnungssystem in diesem Spiel dar. Durch die Kombination mehrerer Belohnungssysteme ist diese Guideline über das erforderliche Maß hinaus erfüllt

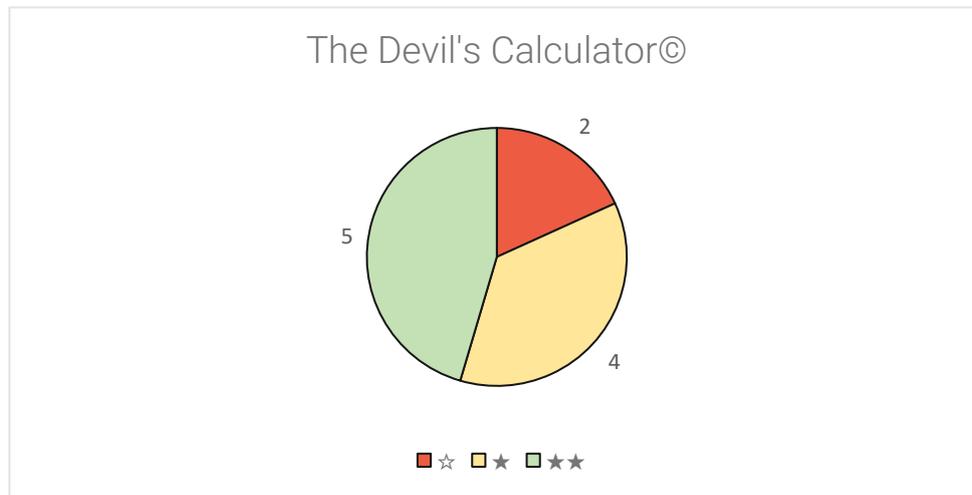


Diagramm 2: Auswertung des Spiels - The Devil's Calculator©

Abschließend kann man sagen, dass das Spiel The Devil's Calculator© ein sehr gutes mathematisches Lernspiel ist, denn fünf von elf Guidelines werden über das Maß hinaus erfüllt. Nur zwei Guidelines werden nicht umgesetzt, denn die Anpassung des Schwierigkeitsgrades und eine zeitgleiche Interaktion zwischen Spieler*innen ist nicht möglich. Dieses Puzzlespiel eignet sich hervorragend, um Mathematikschüler*innen unterschiedliche Arten von Funktionen näher zu bringen. Im Unterschied zu den anderen Spielen bietet dieses Spiel die Möglichkeit ein eigenes Level zu erstellen und kann somit gut in den Unterricht integriert werden (siehe Kapitel 8.2 Unterrichtsbeispiel für eine Mathematikstunde im Distance Learning).

7.5 YASH Math Adventure©



Abbildung 21: YASH Math Adventure© - Startbildschirm

Tabelle 27: Daten zum Spiel YASH Math Adventure©

Titel:	YASH Math Adventure©
Genres:	2D-Jump-and-Run
Webseite:	http://www.yashmathgame.com/
Entwickler:	Degenet
Veröffentlichung auf folgenden Plattformen:	PC: 03.06.2016 iOS: 03.06.2016 Android: 03.06.2016
Getestete Plattform(en)	Android
Unterstützte Sprachen:	Deutsch, Englisch, Spanisch, Französisch, Italienisch, Portugiesisch
Verweise	[YASH2016]

Allgemeines

Bei dem 2D-Jump-and-Run Spiel *YASH Math Adventure*© übernehmen die Spieler*innen die Rolle des männlichen Protagonisten namens Yash. Dieses Spiel wurde in Zusammenarbeit von Lehrkräften und Pädagog*innen entwickelt. [YASH2016]

7.5.1 Beschreibung von YASH Math Adventure©



Abbildung 22: YASH Math Adventure© - Spielwelt

Spielwelt und Spielelemente

Die Spieler*innen besuchen im Laufe dieses Jump-and-Run-Spiels sechs unterschiedliche Welten mit insgesamt 36 Levels. Die Welten behandeln unterschiedliche Themengebiete und unterscheiden sich in der Darstellung der Tiere und Fallen. In YASH Math Adventure© können die Spieler*innen Spielelemente sammeln oder mit ihnen interagieren. Es handelt sich dabei um Münztokens, Y-Münzen, Sterne und Gegner in Form von Tieren und Fallen in Form von Pflanzen oder Lava. Um neue Welten freizuschalten, sammeln die Spieler*innen eine vorgegebene Anzahl an Münzen und Sterne. Die Münztokens sind in jedem der Level versteckt und die Sterne erhalten die Anwender*innen als Belohnung für das Erledigen der Aufgaben.



Abbildung 23: YASH Math Adventure© - Yash und Gegner



Abbildung 24: YASH Math Adventure© - Yash und Falle

Berührt die Spielfigur Yash den Skorpion (Gegner) oder die Kakteen (Falle) müssen die Spieler*innen ein Rechenbeispiel lösen. Wird dieses richtig beantwortet, können die Anwender*innen weiterspielen.



Abbildung 25: YASH Math Adventure© - Münztoken



Abbildung 26: YASH Math Adventure© - Y-Münze



Abbildung 27: YASH Math Adventure© - Schalter

Um ein Level zu beenden, müssen die Spieler*innen die versteckten Münztokens finden und diese einsammeln. Einige Tokens befinden sich hinter verschlossenen Toren und können nur durch das Aktivieren der dazugehörigen Schalter erreicht werden. Wird einer dieser Schalter bedient, müssen die Anwender*innen ein Rechenbeispiel lösen. Neben den Münztoken sind zusätzlich Y-Münzen in den Levels versteckt. Diese können gesammelt werden und bei 100% bei Beendigung des Levels gegen einen Stern eingetauscht werden. Die Benutzer*innen erhalten am Ende jedes Levels für das Sammeln aller Y-Münzen, dem Beenden des Levels innerhalb des Zeitlimits und dem Finden aller Münztokens jeweils einen Stern.



Abbildung 28: YASH Math Adventure© - Sterne

Spielsteuerung und Benutzeroberfläche

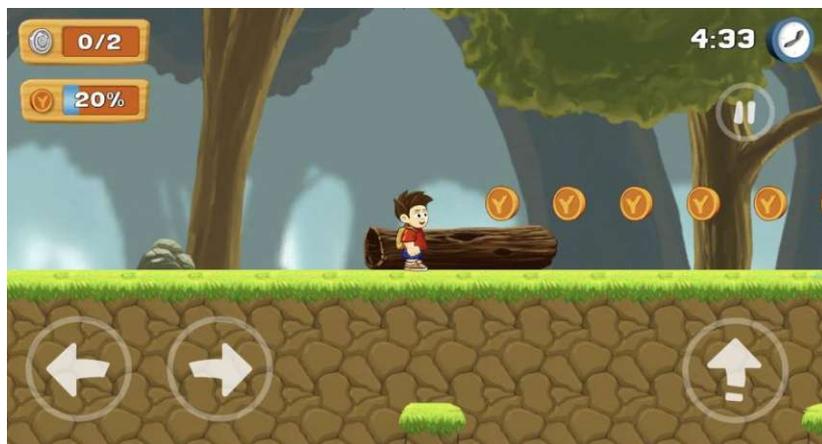


Abbildung 29: YASH Math Adventure© - Benutzeroberfläche

In der oberen linken Ecke des Bildschirms finden die Spieler*innen Informationen über ihren derzeitigen Levelfortschritt. Die Uhrzeit in der oberen rechten Ecke zeigt den Anwender*innen die verbleibende Spielzeit, um das Level innerhalb der Zeitvorgabe beenden zu können. Die Pfeile im unteren Bereich werden gedrückt, um die Spielfigur Yash nach links oder rechts zu bewegen oder diese Klettern sowie springen zu lassen.

7.5.2 Analyse und Auswertung von YASH Math Adventure©

Basisguideline

Die Mindestanforderungen, die ein Spiel erfüllen muss, sind: Ein Spiel hat ein Ziel/Ergebnis, eine Herausforderung/einen Konflikt, Regeln und eine Interaktion mit dem System oder anderen Spieler*innen.

Tabelle 28: Auswertung der Basisguideline für YASH Math Adventure©

YASH Math Adventure©	
Ziel/Ergebnis	Das Spielziel besteht darin in 36 unterschiedlichen Levels die verstreuten Münzen und Münztokens einzusammeln. Nach Abschluss des letzten Levels werden alle Levels eingeblendet, ein Abspann ist nicht vorhanden. Um etwaige fehlende Münzen zu sammeln, können die Spieler*innen diese Levels erneut spielen.
Herausforderung/Konflikt	Es handelt sich um einen Solo-Konflikt mit dem Spielsystem. Die Aufgabe besteht darin in jedem Level drei Münztokens zu finden. Für optionale Münzen und das Einhalten des Zeitlimits werden Sterne vergeben, die zum Freischalten der nächsten Welten benötigt werden.
Regeln	Bei Berührung mit Tieren, Fallen oder Schaltern muss als Strafe eine mathematische Aufgabe gelöst werden.
Interaktion mit dem System oder anderen Spieler*innen	Es handelt sich um eine Interaktion mit dem System. Ein Multiplayermodus ist nicht vorhanden.

1. Guideline: Das mathematische Lernspiel muss auf einem oder mehreren Lernmodellen basieren.

Bei YASH Math Adventure© handelt es sich im Prinzip um ein Drill-and-Practice Spiel. Es werden mathematische Aufgaben gestellt, die gelöst werden müssen. Bei dreimaliger falscher Beantwortung muss das Level wiederholt werden. Es handelt sich also um das behavioristische

Lernmodell. Das konstruktivistische Paradigma (zum Beispiel: offenere Spielwelten oder Entscheidungsmöglichkeiten für die Spieler*innen) fehlt allerdings, mit dem das Spiel anspruchsvoller gemacht werden könnte.

Beurteilung der Guideline: ★

Da das Spiel auf dem behavioristischen Lernmodell basiert, wird die Guideline erfüllt.

2. Guideline: Mindestens zwei der fünf mathematischen Kompetenzen nach Kilpatrick et al. (2001) sollen in einem digitalen Lernspiel für Mathematik abgebildet werden.

Im Spiel YASH Math Adventure© werden die arithmetischen Grundrechnungsarten geübt. Folgende Kompetenzen nach Kilpatrick et al. werden in diesem Spiel gefördert:

- **Verfahrensfluss („procedural fluency“)**: Durch das Üben wird Addieren, Subtrahieren, Multiplizieren und Dividieren geübt, so dass die Spieler*innen lernen schneller zu rechnen.
- **Adaptives Denken („adaptive reasoning“)**: Da die Grundrechnungsarten in diesem Spiel eingebettet sind, wird das adaptive Denken gefördert.

Beurteilung der Guideline: ★

Da zwei Kompetenzen in diesem Spiel gefördert werden, wird die Guideline erfüllt.

3. Guideline: Das Spiel soll den Lernfortschritt bewerten und den Schwierigkeitsgrad der Levels dementsprechend anpassen können, oder den Spieler*innen eine manuelle Möglichkeit dazu anbieten.

Es ist keine automatische Anpassung des Schwierigkeitsgrades von Seiten des Systems vorhanden. Die Spieler*innen haben aber die Möglichkeit bei jedem Spielstart zwischen den Schwierigkeitsgraden: „BEGINNER“ (bei Verwendung der deutschen Spracheinstellung

„ANFNGER“, fehlerhafte Übersetzung für Anfänger), „INTERMEDIATE“ (dt.: „ZWISCHEN-“) und „ADVANCED“ (dt.: „FORTGESCHRITTEN“) auszuwählen.

Beurteilung der Guideline: ★

Die Möglichkeit der manuellen Anpassung des Schwierigkeitsgrades führt dazu, dass diese Guideline erfüllt ist.

4. Guideline: Die Lernumgebung soll so gestaltet sein, dass die Spieler*innen eine Erfahrung wiederholen können. Das Spiel soll eine Reflexion und eine Korrektur einer Handlung erlauben („Trial-and-Error“).



Abbildung 30: YASH Math Adventure© - Rechenaufgabe

Wenn die Spielfigur in einem Level ein Spielelement berührt, startet eine Interaktion in Form eines mathematischen Beispiels. Die Spieler*innen haben in jedem Level drei Fehlversuche für das Lösen aller Rechenbeispiele, bevor das Level neu gestartet werden muss. Die Anwender*innen haben keine Möglichkeit ein bereits ausgewähltes Ergebnis zu ändern, oder das Neustarten des Levels durch eine nicht-mathematische Aufgabe zu verhindern. Nach der dritten falschen Eingabe wird den Spieler*innen nur angezeigt, dass ihr Ergebnis falsch ist. Eine Reflexion ist nicht vorgesehen, außerdem setzt die Angabe der Sekunden die Spieler*innen unter Zeitdruck.

Beurteilung der Guideline: ☆

Diese Guideline ist nicht erfüllt, weil es keine Möglichkeit einer Anpassung der Lösung gibt und keine Zeit für längere Reflexion gegeben ist.

5. Guideline: Das Spiel soll den Spieler*innen einen Charakter und eine Geschichte bieten, um sie zu involvieren.

In YASH Math Adventure© übernehmen die Spieler*innen die Rolle des männlichen Museumsbesuchers Yash. Die Benutzer*innen haben keine Möglichkeit den Namen, das Geschlecht oder das Aussehen des Avatars ihren Wünschen anzupassen.

Das Narrativ wird in Form von aufeinanderfolgenden Einzelbildern erzählt. Bei einem Museumsbesuch in einer Münzausstellung beobachtet der Spielcharakter Yash den Diebstahl der ausgestellten Münzen durch eine ihm unbekannte Person. Der Dieb erzeugt ein Portal und versteckt weltweit diese gestohlenen Münztoken. Um diese wiederzufinden, verfolgt Yash den Dieb durch das Portal. Die Handlung dieser Geschichte ist ausschließlich von den Autoren bestimmt. In diesem 2D-Jump-and-Run ist der Spielcharakter von der Seite zu sehen. Die Spieler*innen steuern Yash durch Betätigen der jeweiligen Touch-Pfeile. Jede Eingabe hat eine unmittelbare Auswirkung auf das Verhalten der Spielfigur und vermittelt den Spieler*innen die Kontrolle über den Spielcharakter.



Abbildung 31: YASH Math Adventure© - Story

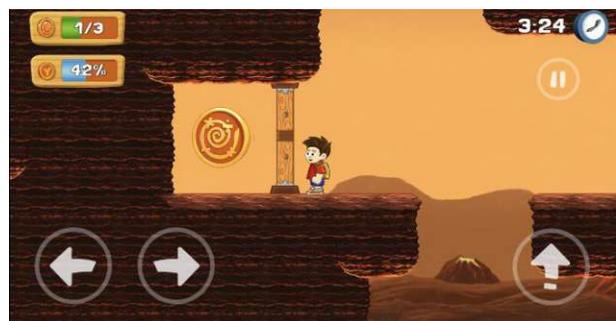


Abbildung 32: YASH Math Adventure© - versteckte Münztoken

Beurteilung der Guideline: ★

Diese Guideline ist erfüllt.

6. Guideline: Das Spiel soll ein Tutorial-Level oder eine Hilfestellung anbieten können.

Im ersten Level werden neben der Bewegungssteuerung die einzelnen Spielelemente innerhalb einer Spielsituation in Form von Hinweisboxen erklärt. Die Pop-ups mit den Erklärungen fügen sich nahtlos in das Leveldesign ein. Sie haben keinen Einfluss auf den Spiel-Flow und können somit von Spieler*innen mit Vorerfahrung ignoriert werden. Durch diese Art der Integration in das erste Level ist auch die fehlende Möglichkeit das Tutorial abzubrechen vernachlässigbar. Außerhalb des ersten Levels besteht keine Möglichkeit, sich die Eigenschaften der einzelnen Spielelemente nochmals näher erklären zu lassen.



Abbildung 33: YASH Math Adventure© - Hilfestellung "Laufen"

Beurteilung der Guideline: ★

Diese Guideline ist erfüllt.

7. Guideline: Die Spieler*innen sollen die mathematischen Fähigkeiten als Teil des Spieles und nicht als Beiwerk wahrnehmen.

Bei Spielstart wird eine Grundrechnungsart ausgewählt oder eine Kombination aus Addition und Subtraktion oder Multiplikation und Division ausgewählt. Der Status des Spiels wird in einem Profil gespeichert und die Auswahl der Rechenoperationen kann bei jedem Start geändert werden.

Die mathematische Komponente kommt in diesem Spiel nur nach Interaktion mit einem Gegner, einer Falle oder eines Schalters zum Vorschein. Werden diese berührt, muss eine

mathematische Berechnung durchgeführt werden. Diese Herangehensweise kann von Seiten der Spieler*innen als Strafe empfunden werden. Das widerspricht der Idee, dass die Mathematik die Hauptrolle in einem digitalen Spiel verkörpern soll, denn damit könnte der spaßige und gewinnbringende Effekt der Mathematik hervorgehoben werden.

Beurteilung der Guideline: ☆

Diese Guideline ist nicht erfüllt. Die Mathematik soll einen integralen Bestandteil eines Spiels darstellen. Die Spieler*innen müssen für das Lösen von mathematischen Beispielen belohnt werden und sollen diese Aufgaben nicht als Strafe empfinden.

8. **Guideline:** Das Spiel muss gut wahrnehmbare Grafiken und Texte verwenden und den Benutzer*innen die Spielinformationen auf mindestens zwei unterschiedlichen Weisen (z.B.: Text, Grafik, Sound, Objekt etc.) mitteilen.

Das Menü und die Interaktionselemente sind in ihrer Funktion wahrnehmbar und fügen sich gut in das Design der Benutzeroberfläche ein. Die verwendeten Grafiken, die Schriftart und Schriftgröße sind sehr gut erkennbar. Die deutschsprachige maschinelle Übersetzung ist aufgrund fehlender Umlaute und falsch geschriebenen Wörtern als mangelhaft zu bewerten. Bei den Rechenbeispielen ist die Darstellung komplexer Divisionen nicht zufriedenstellend. Hier wäre eine Darstellung als Brüche vorzuziehen. Das Ergebnis einer Rechenaufgabe wird den Benutzer*innen mit Text, Sound und bei falscher Eingabe, auch in Form eines Symbols mitgeteilt.

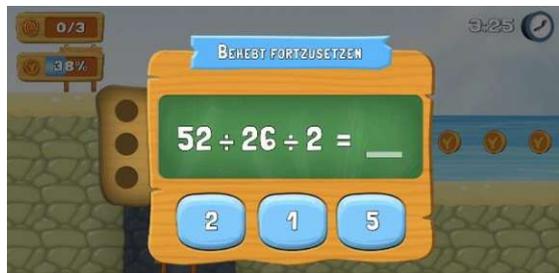


Abbildung 34: YASH Math Adventure© - Darstellung Division



Abbildung 35: YASH Math Adventure© - Umlaute und Rechtschreibung

Beurteilung der Guideline: ★★

Die Spieler*innen werden mit einem Text, einem Soundeffekt und einem Symbol über das Resultat ihrer Eingaben informiert. Diese Guideline ist somit über das Maß hinaus erfüllt. In der deutschen Version sollte allerdings noch eine Korrektur der Übersetzung stattfinden.

9. **Guideline:** Das Spiel soll entweder kollaborierte Interaktionen oder Wettbewerb mit anderen Spieler*innen ermöglichen.

Das Spiel ist ein reines Singleplayer-Spiel und eine Interaktion mit weiteren Mitspieler*innen in Form eines Multiplayer-Modus steht nicht zur Verfügung. Den Spieler*innen bietet sich nur die Möglichkeit drei unterschiedliche Profile anzulegen, in denen der Spielfortschritt gespeichert wird.

Beurteilung der Guideline: ☆

Diese Guideline ist nicht erfüllt. Herausforderungen gegen andere Mitspieler*innen in Form von Zeitrennen würde den Wettbewerb und die Motivation der Spieler*innen fördern.

10. Guideline: Das Spiel soll entweder unmittelbar oder auf Verlangen Feedback geben können.

Die Spieler*innen müssen nach Berührung eines Spielobjektes eine mathematische Aufgabenstellung lösen. Die Antwort wird den Spieler*innen in Form von Texten, Grafiken und Sound sofort mitgeteilt.

Ist die Eingabe richtig, wird das Wort „RECHT“ angezeigt. Hierbei handelt es sich um eine fehlerhafte Übersetzung. Falsche Antworten werden in Form von roten Symbolen gekennzeichnet. Die korrekte Lösung der mathematischen Aufgabenstellungen nach dreimaliger falscher Antwort wird den Spieler*innen nicht mitgeteilt („*Knowledge of Results*“).

Beurteilung der Guideline: ★

Die Guideline ist erfüllt.

11. Guideline: Das Spiel soll den Benutzer*innen ein Belohnungssystem bieten.

Die Spieler*innen werden für das Beenden eines Levels mit dem Freischalten des nächstens Levels belohnt („*Rewards of Access*“ und „*Unlocking Mechanism*“). Für das Sammeln von Münzen und das Abschließen eines Levels innerhalb der Zeitvorgabe erhalten die Spieler*innen Sterne. In jedem Level befindet sich eine festgelegte Anzahl an Münztoken, die für das Beenden der Levels gesammelt werden müssen. Um weitere Welten freizuschalten ist eine bestimmte Anzahl an Sternen und Münztoken notwendig („*Score System*“ und „*Rewards of Glory*“). Der Spielfortschritt in Form von bereits erspielten Sternen und Münztoken ist jederzeit im Menü sichtbar („*Achievement System*“).

Beurteilung der Guideline: ★★

Das Freischalten weiterer Welten durch die Vorgabe einer bestimmten Anzahl an Münztoken und Sternen motiviert die Spieler*innen alle Münzen innerhalb des Levels zu sammeln und dieses in der Zeitvorgabe zu beenden. Die Guideline ist über das erforderliche Maß hinaus erfüllt.

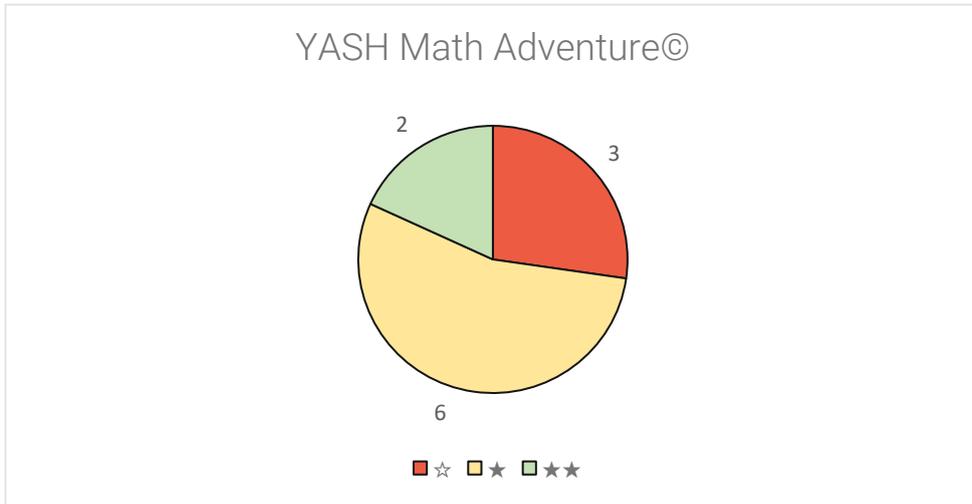


Diagramm 3: Auswertung des Spiels - YASH Math Adventure©

Resümierend lässt sich sagen, dass YASH Math Adventure© ein durchschnittliches mathematisches Lernspiel ist, dessen Einsatz sich eher für Übungseinheiten zu Hause als im Unterricht eignet. Es handelt sich um ein Drill-and-Practice Spiel. Der größte Kritikpunkt ist allerdings, dass Mathematik von den Spieler*innen als Strafe empfunden werden kann.

7.6 Analyse und Auswertung des Spiels DRAGONBOX Algebra 12+©



Abbildung 36: DragonBox Algebra 12+© - Startbildschirm

Tabelle 29: Daten zum Spiel DRAGONBOX Algebra 12+©

Titel:	DRAGONBOX Algebra 12+©
Genres:	Logik, Puzzle
Webseite:	https://dragonbox.com/products/algebra-12
Entwickler:	Kahoot DragonBox AS
Veröffentlichung auf folgenden Plattformen:	PC: 2012 iOS: 2012 Android: 2012
Geteste Version	Android
Unterstützte Sprachen:	Deutsch, Englisch, Spanisch, Französisch, Italienisch, Portugiesisch und viele weitere.
Verweise	[DRAG2012]

Allgemeines

Das Spiel DragonBox Algebra 12+ © behandelt die mathematischen algebraischen Grundlagen der Addition, Subtraktion, Multiplikation und Division. Außerdem werden die Themenbereiche Rechnen mit Klammern sowie mit negativen und positiven Vorzeichen, Substitution und Faktorisierung von Termen und Addition von Brüchen behandelt.

Dieses mehrfach ausgezeichnete Spiel bietet eine großzügige Sprachunterstützung. Algebra 12+ hat zehn unterschiedliche Spielwelten mit insgesamt 200 verschiedenen Levels und einen Übungsmodus mit nochmals über 150 weiteren Levels. Algebra 12+ ist für Kinder ab neun Jahren geeignet. [DRAG2012]

7.6.1 Beschreibung von DRAGONBOX Algebra 12+©



Abbildung 37: DragonBox Algebra 12+© - Spielfeld mit einfachen Symbolen

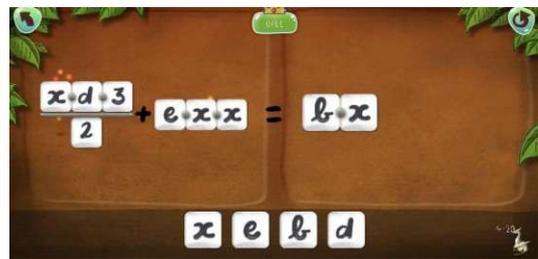


Abbildung 38: DragonBox Algebra 12+© - Spielfeld mit Zahlen und Variablen

Das Spielfeld ist in eine linke und eine rechte Hälfte unterteilt, die Mittellinie entspricht dem Gleichheitszeichen einer Gleichung. Das Spielziel besteht darin, am Ende eines Levels durch mathematisches Umformen die rote Kiste beziehungsweise die Variable x allein stehend auf einer der beiden Spielfeldseiten zu bekommen.

Neue Spielelemente werden für das leichtere Verständnis erst mit einfachen Symbolen dargestellt. Im unteren Bereich des Spielfeldes finden die Spieler*innen die zur Verfügung stehenden Elemente für dieses Level. Durch Klicken auf eines dieser Elemente wird das Vorzeichen dieses Elements geändert.

Das Spiel bietet zehn unterschiedliche Kapitel mit jeweils 20 Level. Alle Level innerhalb eines Kapitels müssen abgeschlossen sein, um das folgende Kapitel auswählen zu können. Der Inhalt der jeweiligen Kapitel ist aufeinander aufbauend. Um den Lerninhalt zu festigen, existiert ein Übungsbereich in dem diese zehn Themengebiete gezielt wiederholt werden können.

7.6.2 Analyse und Auswertung von DRAGONBOX Algebra 12+©

Basisguideline

Die Mindestanforderungen, die ein Spiel erfüllen muss, sind: Ein Spiel hat ein Ziel/Ergebnis, eine Herausforderung/einen Konflikt, Regeln und eine Interaktion mit dem System oder anderen Spieler*innen.

Tabelle 30: Auswertung der Basisguideline für DragonBox Algebra 12+©

DragonBox Algebra 12+©	
Ziel/Ergebnis	Das Spielziel besteht darin zehn Spielwelten mit jeweils 20 Levels zu beenden. Nach Beendigung der vierten Spielwelt erhalten die Spieler*innen ein „ <i>DragonBox Algebra-Basic Mastery Diplom</i> “. Wenn die zehnte Spielwelt abgeschlossen ist, wird kein Abspann freigeschaltet, sondern es folgt eine Gratulation und die Spieler*innen erhalten ein weiteres Diplom, das „ <i>DragonBox Algebra-Advanced Mastery Diplom</i> “.
Herausforderung/Konflikt	Es handelt sich um einen Solo-Konflikt mit dem Spielsystem. Die Aufgabe besteht darin in jedem Level die Gleichung nach der gesuchten Variable aufzulösen.
Regeln	Beim Auflösen der Gleichung müssen die mathematischen Regeln eingehalten werden. Werden beim Lösen der Gleichung nicht mehr als die notwendige Anzahl an Zügen benötigt, wird dies mit einem Stern belohnt.
Interaktion mit dem System oder anderen Spieler*innen	Es handelt sich um eine Interaktion mit dem System. Ein Multiplayermodus ist nicht vorhanden.

1. Guideline: Das mathematische Lernspiel muss auf einem oder mehreren Lernmodellen basieren.

Bei dem Spiel DragonBox Algebra 12+© handelt es sich nicht um ein Drill-and-Practice Spiel. Das Spiel stellt Problemlösungsaufgaben bereit. Um die Beispiele zu lösen, bietet das Spiel den Spieler*innen unterschiedliche Lösungswege. Damit die höchste Punkteanzahl erreicht werden kann, müssen die Anwender*innen selbst auf die schnellste Lösungsmöglichkeit kommen, wobei Trail-and-Error erlaubt ist. So fördert das Spiel auch das Experimentieren im Sinne des entdeckenden Lernens. DragonBox Algebra 12+© beinhaltet also sowohl kognitivistische als auch konstruktivistische Lernansätze.

Beurteilung der Guideline: ★★

Es werden zwei Lernmodelle in diesem Spiel abgebildet. Da das Spiel auch konstruktivistische Komponenten beinhalten, wird die Guideline über das geforderte Maß hinaus erfüllt.

2. Guideline: Mindestens zwei der fünf mathematischen Kompetenzen nach Kilpatrick et al. (2001) sollen in einem digitalen Lernspiel für Mathematik abgebildet werden.

Bei Algebra 12+ © steht das Lösen von Gleichungen mit mehreren Variablen im Vordergrund. Folgende Kompetenzen nach Kilpatrick et al. werden in diesem Spiel gefördert:

- **Konzeptionelles Verständnis („conceptual understanding“):** Die Spieler*innen können mathematische Problemstellungen (zum Beispiel Brüche, Gleichungen) auf unterschiedliche Weise darstellen.
- **Verfahrensfluss („procedural fluency“):** Durch die Übung und die verschiedenen Darstellungen der Brüche und Gleichungen können die Schüler*innen ähnliche mathematische Aufgaben schneller und flexibler lösen.
- **Strategische Kompetenz („strategic competence“):** Die Aussicht einer Belohnung für das Einhalten der vorgegebenen maximalen Spielzüge spornt die Schüler*innen an, ihre Rechenschritte im Vorhinein strategisch zu planen, um den effektivsten Ablauf zu finden.

- Adaptives Denken („adaptive reasoning“): Dieses Spiel fördert ein flexibles und vorrauschauendes Denken. Die Integration der mathematischen Aufgaben in das Spiel, regt das adaptive Denken an.

Beurteilung der Guideline: ★★

Da vier Kompetenzen in diesem Spiel gefördert werden, wird die Guideline über das wesentliche Ausmaß hinaus erfüllt.

3. Guideline: Das Spiel soll den Lernfortschritt bewerten und den Schwierigkeitsgrad der Levels dementsprechend anpassen können, oder den Spieler*innen eine manuelle Möglichkeit dazu anbieten.

Das Spiel beinhaltet zehn unterschiedliche Welten, in denen sich der Schwierigkeitsgrad im Laufe des Spiels sukzessive steigert. Es kann den Schwierigkeitsgrad aber nicht automatisch adaptieren. Die Spieler*innen haben keine Möglichkeit den Grad der Schwierigkeit manuell zu verändern.

Beurteilung der Guideline: ☆

Diese Guideline ist aufgrund der fehlenden Möglichkeit einer Schwierigkeitsanpassung nicht erfüllt.

4. Guideline: Die Lernumgebung soll so gestaltet sein, dass die Spieler*innen eine Erfahrung wiederholen können. Das Spiel soll eine Reflexion und eine Korrektur einer Handlung erlauben („Trial-and-Error“).

DragonBox Algebra 12+ erfüllt das „Trial-and-Error“-Prinzip. Ein Fehler hat keine langfristigen Auswirkungen, da die Spieler*innen die Möglichkeit haben jede einzelne ihrer Eingaben rückgängig zu machen oder das Level erneut zu starten. Da es keinen Zeitdruck gibt, besteht auch die Möglichkeit zur Reflexion.

Beurteilung der Guideline: ★★

Durch die Möglichkeit jede einzelne Eingabe beliebig oft rückgängig machen zu können, werden die Spieler*innen darin unterstützt den optimalen Lösungsweg zu finden. Dadurch ist diese Guideline über das erforderliche Maß hinaus erfüllt.

5. Guideline: Das Spiel soll den Spieler*innen einen Charakter und eine Geschichte bieten, um sie zu involvieren.

Das Storyelement in diesem Spiel ist sehr kurzgehalten und dient nur als Beiwerk. Die Handlung in diesem Spiel ist durch die Autoren vorgegeben und die Aufgabe der Spieler*innen besteht darin, einen Drachen aus seiner roten Kiste zu locken. Dieser verlässt die Kiste nur, wenn sie von keinem anderen Element umgeben ist. Die rote Kiste symbolisiert eine Variable, nach welcher die Gleichungen aufgelöst werden.

Die Auswahl der eigenen Spielfigur ist dafür sehr großzügig gehalten. Die Spieler*innen können sich einen aus 26 vorgefertigten Avataren in Form von geschlechtsneutralen Fantasiefiguren auswählen und diesem einen eigenen Namen geben. Den Anwender*innen stehen insgesamt vier verschiedene Profile zur Verfügung in denen der Spielfortschritt unabhängig voneinander gespeichert wird.

Beurteilung der Guideline: ★★

Obwohl sich die Story sehr auf das Wesentliche konzentriert, kann das Spiel durch seine umfangreiche Auswahl an verschiedenen Avataren hervorstechen. Die Möglichkeit den Charakter durch einen eigenen Namen weiter zu individualisieren, unterstützt die Spieler*innen darin eine passende Spielfigur für sich zu finden. Dadurch ist diese Guideline über das erforderliche Maß hinaus erfüllt.

6. Guideline: Das Spiel soll ein Tutorial-Level oder eine Hilfestellung anbieten können.

In den ersten Levels jeder Welt kommen einfache Symbole zum Einsatz, um den Spieler*innen die neuen Spielfunktionen leichter oder verständlicher näher bringen zu können. Zusätzlich wird

in einem Tutorial jede neue Spielfunktion mittels einer Handanimation vorgeführt, die von den Spieler*innen zur Festigung nachgemacht werden muss. Ein Hilfesymbol in Form einer Glühbirne erscheint nach einem Levelneustart und zeigt den Lösungsweg in Videoform. Innerhalb des Videos besteht die Möglichkeit dieses zu pausieren, jedoch fehlt die Funktion des Vor- oder Zurückspulens.



Abbildung 39: DragonBox Algebra 12+© - Handanimation



Abbildung 40: DragonBox Algebra 12+© - Lösung

Beurteilung der Guideline: ★★

Dieses Spiel bietet eine Kombination aus Tutorial-Level und Hilfestellungen in Form von Videos. Diese Guideline ist über das erforderliche Maß hinaus erfüllt.

7. Guideline: Die Spieler*innen sollen die mathematischen Fähigkeiten als Teil des Spieles und nicht als Beiwerk wahrnehmen.

Die Mathematik ist kein Beiwerk, sondern sie nimmt in DragonBox Algebra 12+ © die Hauptrolle ein. Die Aufgabenstellung in jedem Level besteht darin, eine Gleichung mit zur Hilfenahme mathematischer Rechenregeln zu lösen. Es sind aber keine authentischen oder realitätsnahen Lernsituationen, in denen Mathematik eine Rolle spielt vorhanden. Beim Bereich der Übungsbeispiele („Seite B“) findet man zehn unterschiedliche Themengebiete (z.B.: Faktorisierung, Variable, Brüche, etc.) der Algebra. Somit ist das Prinzip „One skill-One game“ auch vorhanden.

Beurteilung der Guideline: ★

Die Anforderung der Guideline ist erfüllt.

8. **Guideline:** Das Spiel muss gut wahrnehmbare Grafiken und Texte verwenden und den Benutzer*innen die Spielinformationen auf mindestens zwei unterschiedlichen Weisen (z.B.: Text, Grafik, Sound, Objekt etc.) mitteilen.

Die im Spiel verwendeten Symbole sind grafisch gut erkennbar und die Schriftart und Schriftgröße sind sehr gut lesbar. Die Schriftfarbe der Textmitteilungen ist nicht immer optimal gewählt, dafür ist die deutsche Übersetzung gut verständlich. Jede Aktion wird mit einem Soundeffekt bestätigt. Für jedes Level steht der Lösungsweg in Form eines Videos zur Verfügung.

Beurteilung der Guideline: ★★

Da die Informationen über Videos mit Sound, Grafik und Animationselementen, mitgeteilt werden, ist diese Guideline über das erforderte Maß hinaus erfüllt.

9. **Guideline:** Das Spiel soll entweder kollaborierte Interaktionen oder Wettbewerb mit anderen Spieler*innen ermöglichen.

Das Spiel bietet keinen Multiplayer-Modus. Im Singleplayer-Modus unterstützt das Spiel die Möglichkeit vier unterschiedliche Profile anzulegen. Eine Interaktion mit weiteren Mitspieler*innen ist nicht möglich.

Beurteilung der Guideline: ☆

Diese Guideline ist nicht erfüllt. Das Erstellen eigener Levels oder das Lösen der Gleichungen unter Zeitdruck, um einen Wettbewerb mit anderen Mitspieler*innen zu forcieren, wird nicht angeboten.

10. **Guideline:** Das Spiel soll entweder unmittelbar oder auf Verlangen Feedback geben können.

Das Feedback („*Knowledge of Result*“) erfolgt unmittelbar mit Kommentaren wie „*Yum!*“ (für eine richtige Lösung), „*Igitt!*“ (für eine falsche Lösung) und „*Error!*“ (für einen Rechenschritt, der zu einer Division durch 0 führen würde). Die Meldung „*Gelöst in weniger Schritten als erwartet!*“ (für einen kürzeren Lösungsweg) kann man als „*Elaborated Feedback*“ bezeichnen. Die Sternvergabe kann sowohl als Belohnung (siehe 11. Guideline) als auch als eine „*Feedback-Message*“ betrachtet werden. Das steigert die Motivation der Spieler*innen.



Abbildung 41: DragonBox Algebra 12+© - Feedback durch Sterne



Abbildung 42: DragonBox Algebra 12+© - Division durch 0

Beurteilung der Guideline: ★★

Die Guideline ist über das Ausmaß hinaus erfüllt, denn das Feedback erfolgt auf mehr als zwei unterschiedliche Arten.

11. **Guideline:** Das Spiel soll den Benutzer*innen ein Belohnungssystem bieten.

Die Spieler*innen werden für das Beenden einer Welt mit dem Freischalten der nächsten Welt belohnt („*Rewards of Access*“ und „*Unlocking Mechanism*“). Für das korrekte Lösen der Beispiele, Einhalten der vorgegebenen Anzahl der Rechenschritte und das so weit wie mögliche Vereinfachen der Gleichungen erhalten die Spieler*innen Sterne. („*Score System*“) Den ersten Stern erhalten die Spieler*innen für das erfolgreiche Beenden des Levels. Den zweiten Stern

erhalten die Spieler*innen für das Vereinfachen aller Terme und den dritten Stern für den optimalen Lösungsweg. Sollten die Spieler*innen weniger Züge als vorgesehen für den dritten Stern benötigen, wird dies extra positiv vom Spiel erwähnt. Am Ende von Welt 4 und Welt 10 werden sie sogar mit einem Diplom belohnt, das die gute mathematische Leistung der Spieler*innen bestätigen soll („Achievement System“ und „Rewards of Glory“).



Abbildung 43: DragonBox Algebra 12+© - Freischalten aller Welten



Abbildung 44: DragonBox Algebra 12+© - Diplom

Beurteilung der Guideline: ★★

Die Guideline ist über das Ausmaß hinaus erfüllt, denn das Freischalten weiterer Welten und das Erlangen eines Diploms motiviert die Spieler*innen.

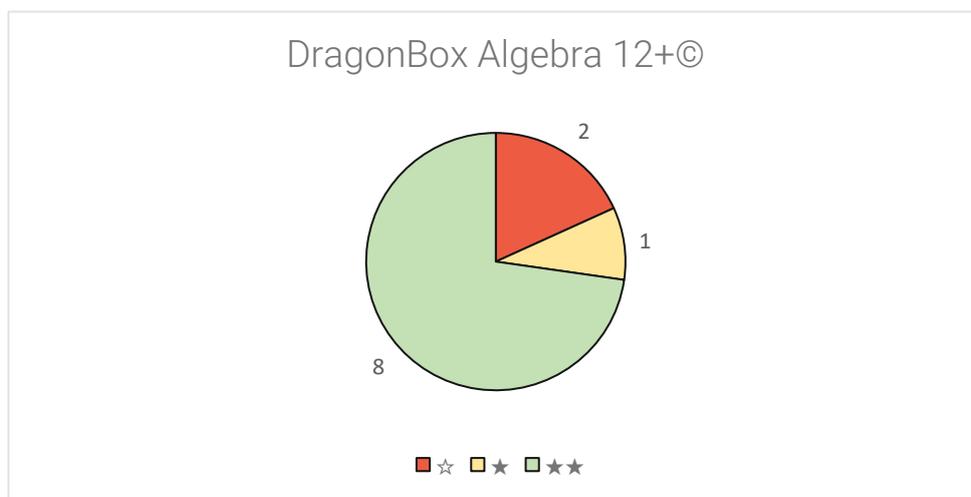


Diagramm 4: Auswertung des Spiels - DragonBox Algebra 12+©

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass - DragonBox Algebra12+© zu Recht viele Auszeichnungen erhalten hat. Dieses Spiel erfüllt überdurchschnittlich viele Guidelines und eignet sich dadurch hervorragend für den Einsatz im Unterricht (siehe Kapitel 8.1 Unterrichtsbeispiel für eine Mathematikstunde im Präsenzunterricht)

7.7 Allgemeine Auswertung der Guidelines

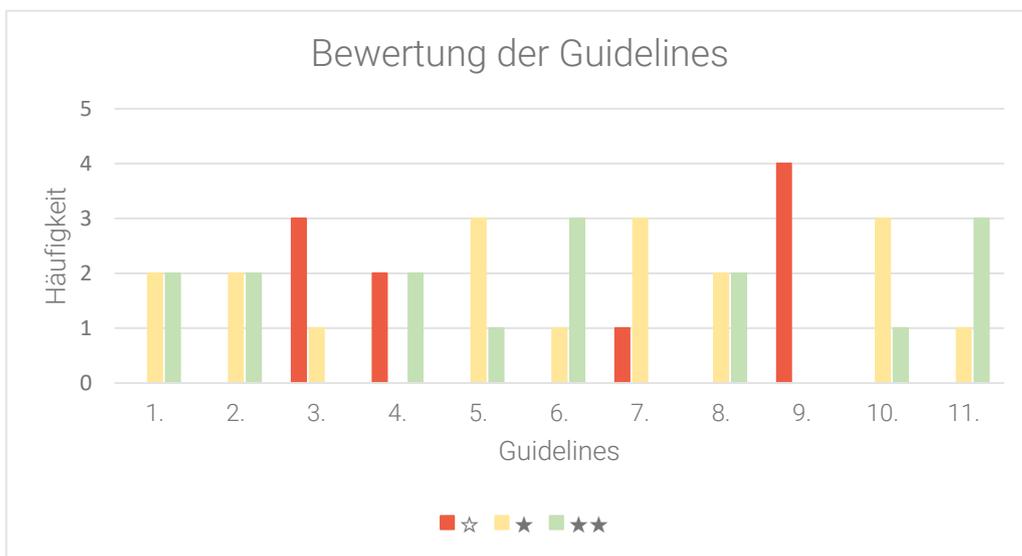


Diagramm 5: Vergleich der Guidelines

1. Guideline

Als Anwender*in ist es gar nicht so einfach, von außen alle Lernparadigmen, auf denen die Spiele basieren, zu identifizieren. Bei Drill and Practice Übungen (YASH Math Adventure©) ist es einfach das behavioristische Model zu erkennen. Bei elaborierteren Spielen (DragonBox Algebra12+© und The Devil's Calculator©) war es schon schwieriger die entsprechenden Lernparadigmen zu identifizieren. Auch hier wäre es in Zukunft wünschenswert, wenn die Spieleentwickler*innen auch die Lernparadigmen, die den Spielen zur Grunde liegen, nennen würden. Das würde nicht nur Wissenschaftler*innen, die Spiele auswerten, die Arbeit erleichtern, sondern auch Lehrer*innen die Entscheidung für ein Spiel erleichtern.

2. Guideline

Manche mathematischen Kompetenzen sind einfach, manche schwieriger zu identifizieren. Dass die produktive Disposition vom Spiel angesprochen wird, lässt sich nicht voraussetzen, da

diese Kompetenz sehr individuell ausgeprägt ist. Auch hier ist es wünschenswert die geförderten Kompetenzen in der Spielbeschreibung anzugeben, damit mathematische Spiele auch im Unterricht größere Akzeptanz finden können.

3. Guideline

Eine manuelle Auswahl des Schwierigkeitsgrades gibt es nur bei einem der untersuchten Spiele (YASH Math Adventure©). Im Sinne der Motivation der Spieler*innen sollte jedes Spiel zumindest eine individuelle Auswahl anbieten. Eine automatische Anpassung des Schwierigkeitsgrads findet sich bei keinem der Spiele. Wahrscheinlich ist der Mehraufwand bei der Programmierung und die dadurch höheren Kosten dafür verantwortlich.

4. Guideline

Gerade für mathematische Beispiele ist Zeit für Reflexion und das Trial-and-Error-Prinzip wichtig, da Schüler*innen sich dadurch mehr trauen. Nur zwei der vier Spiele erfüllen diese Vorgabe.

5. Guideline

Eine emotionale Involvierung durch ein gutes Narrativ und eine Spielfigur ist für den Lernprozess wichtig. Alle Spiele erfüllen diese Guideline, allerdings erlaubt nur ein Spiel (DragonBox Algebra 12+©) die Individualisierung des Spielcharakters.

6. Guideline

Jedes der vier Spiele bietet entweder eine Hilfestellung oder ein Tutorial an. Zwei Spiele (The Counting Kingdom© und DragonBox Algebra 12+©) bieten eine Kombination aus beidem an. Bei dem Spiel The Devil's Calculator© fehlt zwar ein Tutorial, aber aus gutem Grund, denn es würde das Puzzlespiel beeinflussen.

7. Guideline

Keines der Spiele bietet authentische Situationen, in denen Mathematik im Alltag integriert ist, an. Immerhin spielt bei drei der vier Spiele die Mathematik eine Hauptrolle. In einem Spiel (YASH Math Adventure©) kann die Mathematik sogar als Bestrafung empfunden werden, was nicht im Sinne effektiven DGBLs im mathematischen Kontext ist.

8. Guideline

Alle vier Spiele haben gut wahrnehmbare Grafiken und Texte. Sie teilen den Spieler*innen die Informationen auf mindestens zwei unterschiedlichen Weisen mit. DragonBox Algebra 12+© sticht mit seinen Videos besonders hervor.

9. Guideline

Leider bietet keines der vier Spiele einen Multiplayer-Modus an. Damit ist keine direkte Interaktion oder Wettbewerb zwischen Spieler*innen möglich. The Devil's Calculator© gibt vor einen Multiplayer-Modus anzubieten, doch das stimmt so nicht, denn es handelt sich lediglich um einen Levelmaker, der aber einem asynchronen Spielprinzip folgt und keine direkte Interaktion ermöglicht. Deshalb wird vorgeschlagen, dass Spieldesigner*innen mathematischer Lernspiele bei zukünftigen Spielen einen Multiplayer-Modus implementieren sollten.

10. Guideline

Alle vier Spiele beinhalten mehrere Arten von Feedback, das unmittelbar nach Erfolg der Aktion übermittelt wird. Das Spiel DragonBox Algebra 12+© sticht mit der Vielzahl von verschiedenen dargebotenen Feedbackarten heraus.

11. Guideline

Die Belohnungssysteme aller Spiele sind sehr variantenreich und können somit die unterschiedlichen Vorlieben der Spieler*innen ansprechen. The Counting Kingdom© fällt negativ mit seiner intransparenten Punktevergabe auf, wodurch es zu Frustrationserlebnissen bei Spieler*innen kommen kann.

8 Beispiele für Verwendung von Digital Game-based Learning im Mathematikunterricht

Laut Devlin (2011) kann und soll ein Spiel nicht den herkömmlichen Unterricht ersetzen. So möchte ich im Folgenden zwei mögliche Einsatzszenarien von Digital Game-based Learning im Mathematikunterricht beschreiben. Ich habe die Spiele „*The DragonBox Algebra 12+ ©*“ und „*The Devil’s Calculator©*“ für meine Unterrichtsbeispiele ausgesucht, da auch die Analyse der Spiele ergeben hat, dass diese beiden gute digitale Lernspiele für Mathematik sind. Die Entscheidung für 100 Minuten Einheiten, also Doppelstunden, habe ich getroffen, weil die üblichen 50 Minuten für einen DGBL- Einsatz meiner Meinung nach zu kurz sind. Im Schulbetrieb kann man sich normalerweise mit der Administration absprechen, dass an einem bestimmten Tag in einer Klasse eine Doppelstunde benötigt wird. Eine Doppeleinheit wird für den Präsenzunterricht und die andere für den Distanzunterricht geplant. Die Distance Learning Einheit kann aber auch vor Ort abgehalten werden. Das eine Anwendungsbeispiel ist für die Unterstufe und das andere für die Oberstufe konzipiert. Ich habe auch versucht unterschiedliche Herangehensweisen abzubilden, während in der einen Stunde aktiv gespielt wird, wird in der anderen Stunde ein neues Level für ein Spiel kreiert, das die Schüler*innen zuvor schon als Hausübung gespielt haben. Um zu kontrollieren, ob die Schüler*innen ein Spiel als Hausübung auch wirklich gespielt haben, besteht die Möglichkeit sich die erreichten Levels oder einen Screenshot des Spielfortgangs zeigen zu lassen. Man kann auch in der Klasse Feedback zum Spiel einholen und die Schüler*innen fragen, was ihnen am Spiel gut bzw. weniger gut gefallen hat.

Wie im Kapitel 5.1 Mathematik lernen bereits erwähnt, soll guter Mathematikunterricht laut den Fachdidaktiker*innen Reiss et al. (2013) Kognition und Wissen, Motivation und Interesse sowie selbstreguliertes Lernen beinhalten. [REISS 2013] Ich habe die Stunden so konzipiert, dass alle erforderlichen Punkte erfüllt, werden.

Vorkehrungen

Die Lehrkraft sollte eventuell vor der Anwendung von DGBL im Mathematikunterricht, die Erziehungsberechtigten, vor allem, wenn es sich um Unterstufen-Schüler*innen handelt, darüber informieren, dass digitale Videospiele im Unterricht gespielt werden und dass eine Hausübung darin bestehen kann, diese auch daheim zu spielen. Das betrifft auch etwaige Kosten, wenn sich die Schüler*innen das Spiel selbst kaufen müssen. In vielen Schulen kann man die anfallenden

Kosten über das entsprechende Kustodiat (in diesem Fall Mathematik) begleichen. Ebenso kann der Elternverein um finanzielle Unterstützung gebeten werden. Bei jedem Medieneinsatz im Unterricht muss damit gerechnet werden, dass dieser unter Umständen nicht funktioniert, weil beispielsweise das WLAN in der Schule ausfällt oder weil die Schüler*innen ihr Handy oder Tablet vergessen haben. Für solche Fälle sollte man entweder Hotspots oder Ersatzgeräte anbieten können sowie ein Alternativprogramm vorbereitet haben.

8.1 Unterrichtsbeispiel für eine Mathematikstunde im Präsenzunterricht

Zielgruppe: 8.Schulstufe, 4.Klasse, Unterstufe AHS

Unterrichtsthema: „Verbinden der Rechenarten bei Bruchtermen“

Einbettung in den Unterricht: In den vorhergehenden Unterrichtsstunden wurde Multiplizieren und Dividieren sowie Addieren und Subtrahieren von Bruchtermen durchgenommen.

Unterrichtsdauer: Doppelstunde (100 Min)

Mathematikbuch: Brandhofer M. et al., Schritt für Schritt Mathematik 4, Österreichischer Bundesverlag Schulbuch, Wien, 2019, S.72-74 [BRAN2019]

Mathematikspiel: DragonBox Algebra 12+ © (€ 7,99)

Lehrplanbezug: Mathematiklehrplan 4. Klasse, AHS – 4.2 Arbeit mit Variablen und Arbeit mit einfachen Bruchtermen [LEHR2021]

Bezug zum Alltag am Anfang für Bruchterme herstellen: Kochrationen berechnen; eine Erbschaft aufteilen, etc...

Voraussetzungen: Die Schüler*innen bekommen in der Schule ein Tablet zur Verfügung gestellt, wo DragonBox Algebra12+© schon vorinstalliert ist. Da das Spiel kostenpflichtig ist, kann man zum Beispiel die Schulleitung oder den Elternverein um finanzielle Unterstützung dafür bitten. Alternativ kann man in einem Elternbrief bitten, dass die Schüler*innen das Spiel käuflich erwerben und auf ihrem Handy installieren dürfen.

Motivation und Interesse: Die Abwechslung im Unterricht einmal ein Spiel auf einem Tablet zu spielen, wird das Interesse der Schüler*innen wecken. Auch der Erfolg oder der Spaß beim Spielen soll sie dahingehend motivieren sich das Stoffgebiet anzueignen.

Kognition und Wissen: Es werden noch einmal die Regeln für das Rechnen mit Bruchtermen wiederholt. Dann werden anhand von Beispielen im Mathematikbuch die verschiedenen Rechenarten bei Bruchtermen angewendet. Das Spielen selbst ist kognitiv auch anspruchsvoll.

selbstreguliertes Lernen: Die Schüler*innen sollen anhand des Spiels selbstständig die verschiedenen Rechenarten bei Bruchtermen üben und wiederholen. Die Lehrkraft bleibt dabei im Hintergrund und steht für etwaige Fragen zur Verfügung.

Tabelle 31: Planungsraaster: „Verbinden der Rechenarten bei Bruchtermen“

Zeit	Inhalte	Ziele/Kompetenzen	Methode	Hilfsmittel
5 Minuten	Begrüßung			
10 Minuten	Bruchterme	Schüler*innen sollen die verschiedenen Rechenarten bei Bruchtermen lösen können	Schüler*innen rechnen im Buch ausgewählte Beispiele	Buch, S.72-74
20 Minuten	Tablets austeilen Spiel starten	Schüler*innen sollen die Tablets einschalten und die Spiel-App öffnen können und die Spielregeln anwenden können	Instruktionen werden von der Lehrkraft gegeben	Tablet, App
15 Minuten	gemeinsames Spielen des ersten Levels von DragonBox Algebra12+©	Schüler*innen sollen mit dem Spiel umgehen können	Game-based Learning	Tablet, App
5 Minuten	Pause			
25 Minuten	eigenständiges Spielen von DragonBox Algebra12+©	Schüler*innen sollen anhand des Spiels die verschiedenen Rechenarten bei Bruchtermen üben	Game-based Learning	Tablet, App
15 Minuten	Überprüfung	Schüler*innen können Beispiele aus dem Videospiel auch auf einem Arbeitsblatt und/oder an der Tafel lösen	Wiederholung des Gelernten	Tafel Arbeitsblatt
5 Minuten	Verabschiedung und Resümee und Feedback	Schüler*innen sollen beschreiben können, ob ihnen das Mathematik Spiel nicht nur Spaß gemacht hat, sondern, ob sie dabei auch etwas gelernt haben.	Die Lehrkraft fragt, wie ihnen das Spiel gefallen und ob dieses Spiel einen Mehrwert für sie gehabt hat	

Arbeitsblatt

DragonBox Algebra 12+© Aufgaben „Seite B – Thema: „x im Nenner“ [DRAG2012]

Alle Gleichungen müssen nach der Variable x aufgelöst werden!

1. Beispiel

$$\frac{a}{(b+x)} = \frac{1}{c}$$

2. Beispiel

$$\frac{1}{i} = \frac{d}{(e+x)}$$

3. Beispiel

$$d = \frac{a}{c * (4+x)}$$

4. Beispiel

$$e = \frac{e * g}{g * (x+i)}$$

5. Beispiel

$$\frac{c * a}{(1 * 7 + x)} = \frac{a * 7}{c}$$

6. Beispiel

$$\frac{(3 * x + (-3) * x)}{((-2) * x + 5)} + \frac{(x + (-3))}{6} = \left(\frac{2 * x}{3} + (-5) \right) * 2$$

7. Beispiel

$$\frac{(4 * (x + 2) + 3 * (x + (-1)))}{(x + (-1)) * (x + 2)} = 0$$

8. Beispiel

$$\frac{2}{x} = \frac{3}{(x+1)} + \frac{1}{x * (x+1)}$$

9. Beispiel

$$\frac{(7 * x + 1)}{(2 * x + 3)} = 5$$

Arbeitsblatt mit Lösungen – Teil I

DragonBox Algebra 12+© Aufgaben „Seite B – Thema: „x im Nenner“ [DRAG2012]

Alle Gleichungen müssen nach der Variable x aufgelöst werden!

1. Beispiel

$$\frac{a}{(b+x)} = \frac{1}{c}$$

$$x = a * c - b \quad \text{Lösung der Gleichung}$$

2. Beispiel

$$\frac{1}{i} = \frac{d}{(e+x)}$$

$$x = d * i - e \quad \text{Lösung der Gleichung}$$

3. Beispiel

$$d = \frac{a}{c * (4+x)}$$

$$x = \frac{a}{c * d} - 4 \quad \text{Lösung der Gleichung}$$

4. Beispiel

$$e = \frac{e * g}{g * (x+i)}$$

$$x = 1 - i \quad \text{Lösung der Gleichung}$$

5. Beispiel

$$\frac{c * a}{(1 * 7 + x)} = \frac{a * 7}{c}$$

$$x = \frac{c * c}{7} - 7 \quad \text{Lösung der Gleichung}$$

6. Beispiel

$$\frac{(3 * x + (-3) * x)}{((-2) * x + 5)} + \frac{(x + (-3))}{6} = \left(\frac{2 * x}{3} + (-5) \right) * 2$$

$$x = \frac{57}{7} \quad \text{Lösung der Gleichung}$$

Arbeitsblatt mit Lösungen – Teil II

DragonBox Algebra 12+© Aufgaben „Seite B – Thema: „x im Nenner“
[DRAG2012]

Alle Gleichungen müssen nach der Variable x aufgelöst werden!

7. Beispiel

$$\frac{(4 * (x + 2) + 3 * (x + (-1)))}{(x + (-1)) * (x + 2)} = 0$$

$$x = \frac{(-5)}{7}$$

Lösung der Gleichung

8. Beispiel

$$\frac{2}{x} = \frac{3}{(x + 1)} + \frac{1}{x * (x + 1)}$$

$$x = 1$$

Lösung der Gleichung

9. Beispiel

$$\frac{(7 * x + 1)}{(2 * x + 3)} = 5$$

$$x = \frac{(-14)}{3}$$

Lösung der Gleichung

8.2 Unterrichtsbeispiel für eine Mathematikstunde im Distance Learning

Zielgruppe: 9.Schulstufe, 5.Klasse, Oberstufe AHS

Unterrichtsthema: „Lineare Funktionen“

Einbettung in den Unterricht: Die Schüler*innen haben Lineare Funktionen schon durchgenommen und haben als Hausübung die Vorgabe gehabt die ersten sieben Levels von The Devils Calculator© zu spielen.

Unterrichtsdauer: 1 Doppelstunde (100 Min)

Unterrichtsmedium: MS Teams, GeoGebra

Mathematikbuch: Malle et. al.; Mathematik verstehen 5, Österreichischer Bundesverlag Schulbuch, Wien, 2017, Seite 126-129 [MALL2017]

Mathematikspiel: The Devils Calculator© (€ 2,59)

Lehrplanbezug: Mathematiklehrplan 5. Klasse, AHS – Lineare Funktionen beschreiben und untersuchen können [LEHR2021]

Bezug zum Alltag am Anfang für Lineare Funktionen herstellen: Haushaltbudget, Strom- oder Benzinverbrauch berechnen, etc...

Voraussetzungen: Die Schüler*innen sollen das Spiel auf ihrem Handy installiert haben. Da das Spiel The Devils Calculator© kostenpflichtig ist, sollte man die Erziehungsberechtigten in einem Elternbrief von dem Vorhaben ein Mathematikspiel im Unterricht einzusetzen, informieren und sie bitten es für den Schüler oder die Schülerin zu finanzieren. Der Umgang mit GeoGebra© sollte auch für alle Schüler*innen der Oberstufe bekannt sein.

Motivation und Interesse: Neben dem motivierenden Spielspaß spornt es auch die SchülerInnen an, sich näher mit dem Stoffgebiet der Linearen Funktionen zu beschäftigen, wenn sie ein eigenes Spiellevel kreieren können.

Kognition und Wissen: Die Lehrkraft erstellt gemeinsam mit ihnen einen Funktionsterm und die Schüler*innen festigen so ihr Wissen zu Linearen Funktionen.

selbstreguliertes Lernen: Die Schüler*innen sollen selbstständig einen Funktionsterm erstellen können und die jeweiligen Funktionswerte berechnen sowie die lineare Funktion graphisch darstellen können. Sie sollen das Spiel bis zum nächsten Meilenstein weiterspielen, wo dann ein

weiterer Rechenoperator freigeschalten wird. Anschließend sollen sie ihr selbsterstelltes Level im Spiel hochladen.

Tabelle 32: Planungsraster: „Lineare Funktionen“

Zeit	Inhalte	Ziele/Kompetenzen	Methode	Hilfsmittel
5 Minuten	Begrüßung			
15 Minuten	Mathematikspiel The Devils Calculator©	Schüler*innen sollen beschreiben können, ob ihnen das Mathematik Spiel nicht nur Spaß gemacht hat, sondern auch, ob sie dabei etwas gelernt haben	Lehrer*innen – Schüler*innen Gespräch Die Lehrkraft fragt, wie ihnen das Spielen gefallen hat und ob dieses Spiel einen Mehrwert für sie hatte Erfahrungen werden ausgetauscht	
30 Minuten	Lineare Funktionen	Schüler*innen sollen ihr Wissen zu Linearen Funktionen festigen können	Mit dem Buch werden anhand von ausgewählten Beispielen die Linearen Funktionen wiederholt	Buch S.126-129
5 Minuten	Pause			
20 Minuten	<u>gemeinsames</u> Erstellen eines neuen Levels von The Devils Calculator© am Papier und Hochladen im Spiel	Die Lehrkraft erstellt gemeinsam mit den Schüler*innen einen Funktionsterm Dieser wird in explizierter Form dargestellt und gezeichnet, anschließend lädt die Lehrkraft das neue Level im Spiel hoch.	Lehrer*innen – Schüler*innen Gespräch Game-based Learning Bildschirm der Lehrkraft wird geteilt	Spiel
20 Minuten	<u>selbstständiges</u> Erstellen eines neuen Levels von The Devils Calculator© am Papier und Zeichnen mit GeoGebra	Die Schüler*innen sollen selbstständig einen Funktionsterm erstellen können und die jeweiligen Funktionswerte berechnen sowie die lineare Funktion graphisch darstellen können – Sie sollen dann die Graphik bei MS Teams hochladen können	Game-based Learning	Blatt Papier GeoGebra
5 Minuten	Hausübung besprechen Verabschiedung	<u>Zuhause:</u> Schüler*innen sollen das Spiel bis zum nächsten Meilenstein weiterspielen, bei dem ein weiterer Rechenoperator freigeschaltet wird. Anschließend sollen sie ihr in der Stunde selbsterstelltes Level im Spiel hochladen können	Game-based Learning	Spiel

9 Zusammenfassung

Nachdem die Begriffe „Serious Games“ und „Educational Games“ als verschiedene Arten bzw. Untergruppen von digitalen Lernspielen und „Digital Game-based Learning“ als Tätigkeit des Lernens beim Spielen dieser Computerspiele definiert und voneinander abgegrenzt wurden, werden Motivation, Kognition, Emotion und Soziales als Grundlagen des DGBL besprochen.

Mathematik und digitale Spiele haben viel gemeinsam, denn bei beiden spielt das Lösen von Problemen eine große Rolle und daher bietet es sich an, beide zu verbinden. Da in Mathematik das Tun wichtiger ist als der Wissenserwerb, sind Computerspiele das ideale Medium für „Learning-by-doing“

Nach Sichtung von Studien zu bereits vorhandenen Richtlinien für analoge, als auch für digitale mathematische Spiele, haben sich die Eigenschaften für mathematisches Digital Game-based Learning, die für einen Lernerfolg wichtig sind, herauskristallisiert und werden durch eigene Guidelines repräsentiert. Anhand dieser Richtlinien sind im Praxisteil mathematische Lernspiele analysiert und bewertet worden. Diese Guidelines können dann Spieldesigner*innen eine Orientierungshilfe geben, was bei der Entwicklung künftiger digitaler Mathematiklernspiele zu beachten ist.

Von den meisten Studienautor*innen wird eine Zusammenarbeit zwischen Spieleentwickler*innen und Fachlehrer*innen gefordert, damit das Spieldesign auch pädagogischen Aspekten entspricht. Eine Lerntheorie soll die Basis des mathematischen Lernspiels bilden, wobei sich die meisten darin einig sind, dass das konstruktivistische Lernparadigma, zum Beispiel mit Erfahrungslernen oder situiertem Lernen, zu bevorzugen ist. Natürlich können auch mehrere Lerntheorien im Spiel miteinander verbunden werden. Mathematik soll im Spiel nicht als Beiwerk, sondern in der Handlung verankert sein. Auch die Vorgangsweise von „Trial-and-Error“ mit einer Reflexionsmöglichkeit, um die Handlung zu korrigieren, kann zu einer gewinnbringenden Lernerfahrung beitragen. Hierbei spielen Feedback und die Art und Weise, wie es dargeboten wird, eine wichtige Rolle im Lernprozess. Auch ein ansprechendes Belohnungssystem motiviert die Spieler*innen beim Lernen. Neben einer effizienten und grafisch gut wahrnehmbaren Benutzeroberfläche soll das Lernspiel auch ein Tutorial-Level anbieten. Durch ein gutes Narrativ und eine ansprechende Spielfigur sollen die Lernenden in das Spiel involviert werden. Damit den Spieler*innen ein Spielflow-Erlebnis geboten werden kann, soll der Schwierigkeitsgrad entweder automatisch oder manuell anpassbar sein.

Das Problem, das die Auswahl der zu analysierenden Spiele erschwert hat, ist, dass von den vielen mathematische Spielen, die man online erwerben kann, die wenigsten annähernd die geforderten Richtlinien erfüllen. Es konnten auch keine Videospiele, wie es Devlin (2011) und Van Eck (2015) fordern, situiertes Lernen anhand authentischer und realitätsnaher Mathematikprobleme bieten, gefunden werden. Drei der vier Videogames, die im Praxisteil anhand der erstellten Guidelines besprochen und bewertet werden, haben unterschiedliche Auszeichnungen erhalten und gehören somit zu den besten derzeit verfügbaren Spielen mathematischen Inhalts. Aber auch hier gibt es Potential die Spiele noch besser gestalten zu können.

Zum Beispiel bietet keines der vier Spiele einen Multiplayer-Modus an. Da das soziale Miteinander ein wichtiger Faktor beim Lernen ist, sollten Spiele kollaborierte Interaktion oder einen Wettbewerb fördern. Auch um die Effektivität von Lernspielen in zukünftigen Studien besser erforschen zu können, wird vorgeschlagen, dass sie die mathematischen Kompetenzen, die diese Spiele fördern oder lehren sollen, in Zukunft explizit nennen und kennzeichnen sollen. Spielentwickler*innen mathematischer Spiele sollen einen realen Kontext herstellen, damit die Schüler*innen einen Praxisbezug haben und auch eine Idee bekommen, wann und wo überall im außerschulischen Bereich noch Mathematik zur Anwendung kommen kann. Das kann auch mehr Lehrkräfte dazu motivieren DGBL in ihrem Unterricht anzuwenden. In diesem Sinne sind auch zum Abschluss zwei Unterrichtsbeispiele, eines für den Präsenz- und eines für den Distanzunterricht, mit digitalen mathematischen Lernspielen vorgestellt worden.

Zusammenfassend kann man sagen, dass die Digital Game-based Learning ein großes Potential gerade für den Mathematikunterricht hat, dieses aber derzeit noch zu wenig genutzt wird. Unter anderem deswegen, weil zu wenig Spiele online verfügbar sind, den Ansprüchen des effektiven Digital Game-based Learnings entsprechen.

10 Literatur

[ABT1971] Abt C., Ernste Spiele – Lernen durch gespielte Wirklichkeit, Kiepenheuer & Witsch, Köln, 1971

[ALES2001] Alessi S. et al., Multimedia for Learning – Methods and Development, Massachusetts, Allyn and Bacon, 2001

[ALFA2015] Alfadhli S. et al., Game-Based Learning Guidelines: Designing for Learning and Fun, 2015, online abrufbar unter: <https://doi.org/10.1109/CSCI.2015.37> [dl. 07.02.2021, 22:32]

[ANUG2017] Anugerah Y. et al., The Design of Children's Educational Game Interface: Review of the Literature, 2017, online abrufbar unter: <https://dx.doi.org/10.2991/ictte-17.2017.87> [dl.19.06.2021, 15:29]

[ARNO2007] Arnold R., Pragmatische Empfehlungen zur Entwicklung von interaktiven Lernumgebungen. In: Schubert, S. (Hrsg.), Didaktik der Informatik in Theorie und Praxis, Gesellschaft für Informatik e. V., Bonn, 2007, S.171-182

[ATTW2007] Attwell G., The Personal Learning Environments - the future of eLearning?, 2007, online abrufbar unter: <https://web.archive.org/web/20090306183043/http://www.elearningeuropa.info/files/media/media11561.pdf> [dl. 20.01.2021, 18:49]

[BAUM1994] Baumgartner P. et al., Lernen mit Software, Österreichischer Studienverlag, Innsbruck, 1994

[BAUM2000] Baumgartner P. et al., Handlungsstrategien von LehrerInnen – ein heuristisches Modell, In: Metzger Ch. et al. (Hrsg.) Impulse für die Wirtschaftspädagogik. Festschrift zum 65. Geburtstag von Prof. Dr. Rolf Dubs, Verlag des schweizerischen kaufmännischen Verbandes, St. Gallen, 2000, S.247-266, online abrufbar unter: https://portfolio.peter-baumgartner.net/files/pdf/2000/Baumgartner_etal_2000_Handlungsstrategien%20von%20LehrerInnen.pdf [dl. 12.01.2021, 17:39]

[BAUM2003] Baumgartner P., E-Learning: Lerntheorien und Lernwerkzeuge. In: Österreichische Zeitschrift für Berufsbildung (ÖZB), 21,3, Wien, 2003, S.3-6, online abrufbar unter: https://imb.donau-uni.ac.at/themetest/wp-content/uploads/2012/12/Baumgartner_2003_E-Learning-Lerntheorien-und-Werkzeuge.pdf [dl. 03.03.2021, 20:32]

[BECK2006] Beck J. et al., The kids are alright – How the Gamer Generation is Changing the Workplace, Harvard Business School Press, Boston, 2006

[BERN2001] Bernard M. et al, Which Fonts Do Children Prefer to Read Online?, 2001, online abrufbar unter: https://www.researchgate.net/profile/Michael-Bernard/publication/255612717_Which_Fonts_Do_Children_Prefer_to_Read_Online1/links/547e10b10cf2de80e7cc4702/Which-Fonts-Do-Children-Prefer-to-Read-Online1.pdf [dl. 19.06.2021, 18:56]

[BIFIE2011] Kompetenzorientierter Unterricht in Theorie und Praxis, online abrufbar unter: https://www.iqs.gv.at/_Resources/Persistent/8d36f307bacc072b4f335e58f087e61fa973e843/bist_vs_sek1_kompetenzorientierter_unterricht_2011-03-23.pdf [dl. 11.4.2021, 15:43]

[BLUM1998] Blumenstengel A., Entwicklung hypermedialer Lernsysteme, Wissenschaftlicher Verlag Berlin, Berlin, 1998

- [BOLL2017] Boller S. et al., Play to Learn: Everything You Need to Know About Designing Effective Learning Games, online abrufbar unter: <https://learning.oreilly.com/library/view/play-to-learn/9781562867720/> [dl. 12.06.2021, 18:23]
- [BRAN2019] Brandhofer M. et al., Schritt für Schritt Mathematik 4, Österreichischer Bundesverlag Schulbuch, Wien, 2019, S.72-74
- [BREI2019] Breiner T. et al., Computerspiele: Grundlagen, Psychologie und Anwendungen, eBook, 2019
- [BRUC2002] Bruckman A. et al., HCI for Kids, 2002, online abrufbar unter: <https://www.cc.gatech.edu/~asb/papers/hci-for-kids.pdf> [dl. 19.06.2021, 18:30]
- [BYUN2017] Byun J. et al., Digital game-based learning for K–12 mathematics education: A meta-analysis, 2017, online abrufbar unter: <http://dx.doi.org/10.1111/ssm.12271> [dl. 16.05.2021, 17:45]
- [CALC2019/1] The Devil's Calculator PressKit, 2019, online abrufbar unter: https://www.cinqmarsmedia.com/devilscalculator/TheDevilsCalculator_PressKit.zip [dl. 11.06.2021, 16:01]
- [CALC2019/2] The Devil's Calculator – Steam Shop, online abrufbar unter: https://store.steampowered.com/app/1014280/The_Devils_Calculator/ [dl. 11.06.2021, 16:12]
- [CHAO2006] Chao C., An Investigation of Learning Style Differences and Attitudes toward Digital Game-based Learning among Mobile Users, 2006, online abrufbar unter: <https://dl.acm.org/doi/10.5555/1193221.1194509> [dl. 22.05.2021, 22:00]
- [CHIA2005] Chiasson S. et al., Design Principles for Children's Technology, 2005, online abrufbar unter: https://hotsoft.carleton.ca/~sonia/content/Chiasson_HCI_TR_2005_02_Design.pdf, [dl. 13.06.2021, 15:25]
- [CHOR2014/1] Chorianopoulos K. et al., Design Principles for Serious Video Games in Mathematics, 2014, online abrufbar unter: <https://doi.org/10.1145/2645791.2645843> [dl. 18.04.2021, 16:09]
- [CHOR2014/2] Chorianopoulos, K. et al., Design Principles for Serious Video Games. In: Mathematics Education: From Theory to Practice. International Journal of Serious Games, 1(3). 2014, S.51 -59, online abrufbar unter: <https://doi.org/10.17083/ijsg.v1i3.12> [dl. 18.04.2021, 22:22]
- [COUN2014/1] The Counting Kingdom Press Kit, online abrufbar unter: <http://www.countingkingdomgame.com/press-kit> [dl. 10.6.2021, 19:23]
- [COUN2014/2] The Counting Kingdom - Steam Shop, online abrufbar unter: https://store.steampowered.com/app/302750/The_Counting_Kingdom/ [dl. 10.6.2021, 19:41]
- [CSIK1985] Csikszentmihalyi M., Das Flow-Erlebnis, Jenseits von Angst und Langeweile: im Tun aufgehen, Stuttgart, Klett-Cotta,1985
- [CSIK1992] Csikszentmihalyi M., Flow - Das Geheimnis des Glücks, Stuttgart, Klett-Cotta,1992
- [DEVL2011] Devlin K., Mathematics Education for a New Era - Video Games as a Medium for Learning, Massachusetts, A.K. Peters – CRC Press, 2011

[DIVJ2011] Divjak B. et al., The Impact of Game-Based Learning on the Achievement of Learning Goals and Motivation for Learning Mathematics - Literature Review, 2011, online abrufbar unter: https://www.researchgate.net/publication/286615836_The_impact_of_game-based_learning_on_the_achievement_of_learning_goals_and_motivation_for_learning_mathematics_-_Literature_review [dl. 25.04.2021, 19:23]

[DJAO2011] Djaouti D. et al., Origins of Serious Games, 2011, online abrufbar unter: https://www.researchgate.net/publication/273693305_Origins_of_Serious_Games [dl. 16.05.2021, 17:21]

[DÖRN2016] Dörner R. et al., Introduction. In: Dörner R. et al., Serious Games – Foundations, Concepts and Practice, Schweiz, Springer International Publishing, 2016, S.1-34

[DRAG2012] DRAGONBOX Algebra - Press Kit, online abrufbar unter: <https://drive.google.com/drive/folders/0B-Px2fGm3PAxZGY5eHZRSzM2THc?resourcekey=0-YLUzpeno3Whmxi6RJQfCFg> [dl. 10.6.2021, 21:24]

[ERHE2013] Erhel S. et al., Digital game-based learning: Impact of instructions and feedback on motivation and learning effectiveness, 2013, online abrufbar unter: <http://dx.doi.org/10.1016/j.compedu.2013.02.019> [dl. 10.05.2021, 15:30]

[FERG1996] Ferguson D.L., Diagnosis and Cognitive Support in Microworlds and Intelligent Tutoring Systems: Conceptualization, Realization, and Application to Real-World Learning Environments. In: Liao T.T. (eds) Advanced Educational Technology: Research Issues and Future Potential. NATO ASI Series (Series F: Computer and Systems Sciences), 145, Springer, Berlin, Heidelberg, 1996, online abrufbar unter: https://doi.org/10.1007/978-3-642-60968-8_10 [dl. 01.03.2021, 17:30]

[FEST2012] Festus A. et al., The Development and Use of Mathematical Games in Schools, In: Mathematical theory and modeling, 2, 2012, S.10-14, online abrufbar unter: <https://core.ac.uk/download/pdf/234679028.pdf> [dl. 12.04.2021, 17:38]

[FISH2014] Fisher C., Designing Games for Children: Developmental, Usability, and Design Considerations for Making Games for Kids, Routledge, eBook, 2014

[GEE2003] Gee J., What Video Games Have to Teach Us About Learning and Literacy, In: Computers in Entertainment (CIE), 1(1), 2003, online abrufbar unter: <https://doi.org/10.1145/950566.950595> [dl. 29.07.2021, 15:23]

[GEE2005] Gee J., Learning by Design: good video games as learning machines, In: E-Learning, 2(1), 2005, S.5-16, online abrufbar unter: <https://journals.sagepub.com/doi/10.2304/elea.2005.2.1.5> [dl. 23.05.2021, 23:00]

[GEE2014] Gee J., What Video Games Have to Teach Us About Learning and Literacy, Palgrave Macmillan, eBook, 2014

[GÖTZ2010] Götz T. et al., Psychologische Bildungsforschung, In: Tippelt R. et al. Handbuch der Bildungsforschung, 3. Auflage, VS Verlag, Wiesbaden, 2010

[HALL2001] Hallford, N. et al., Swords and Circuitry: A Designer's Guide to Computer Role-Playing Games, Prima Publishing, Roseville 2001, zitiert nach [PHIL2013]

[HARI2019] Harikrishnan H. et al., Exploring the Digital Game-Based Elements in Mathematics Education: A Meta-Analysis Review, In: Universal Journal of Educational Research, 7(9A), 2019, S.106-116, online abrufbar unter: <http://dx.doi.org/10.13189/ujer.2019.071613> [dl. 29.07.2021, 15:30]

- [HARM2006] Harmelen M., Personal Learning Environments, In: Sixth International Conference on Advanced Learning Technologies, IEEE Computer Society, Kerkrade, 2006, S. 815-816, online abrufbar unter: https://www.researchgate.net/profile/Oleg-Liber/publication/220095391_Personal_Learning_Environments/links/0deec518100ccb69d8000000/Personal-Learning-Environments.pdf [dl. 29.07.2021, 15:40]
- [HATT2009] Hattie J. Visible Learning a synthesis of over 800 Meta-Analyses relating to achievement, Routledge, eBook, 2009
- [HEIN2015]. Heinrich et al., Problemlösen lernen. In: Bruder R. et al. Handbuch der Mathematikdidaktik, Springer Spektrum, eBook, S.279-301
- [HOBL2015] Hoblitz A., Spielend Lernen im Flow - Die motivationale Wirkung von Serious Games im Schulunterricht, Springer Verlag, eBook, 2015
- [HOLZ2001] Holzinger A., Basiswissen Multimedia, Band 2: Lernen, Vogel Verlag, Würzburg, 2001
- [HSIA2007] Hsiao H. A Brief Review of Digital Games and Learning, In: First IEEE International Workshop on Digital Game and Intelligent Toy Enhanced Learning (DIGITEL'07), Jhongli, 2007, S.124-129, online abrufbar unter: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/4148842> [dl. 29.07.2021, 15:48]
- [HUSS2014] Hussain S. et al., Digital Game Based Learning for Remedial Mathematics Students: A New teaching and Learning Approach in Malaysia, In: International Journal of Multimedia Ubiquitous Engineering, 9(11), 2014, S.325-338, online abrufbar unter: https://doi.org/10.3850/978-981-09-0463-0_011 [dl. 29.07.2021, 15:55]
- [IBRA2012] Ibrahim A. et al., Playability Guidelines for Educational Video Games: A Comprehensive and Integrated Literature Review. In: International Journal of Game-Based Learning (IJGBL), 2(4), 2012, S.18-40, online abrufbar unter: <http://doi.org/10.4018/ijgb.2012100102> [dl. 29.07.2021, 16:06]
- [JACO1998/2002] Jacobs B., Aufgaben stellen und Feedback geben, 1998, online abrufbar unter: <http://psydok.psycharchives.de/jspui/bitstream/20.500.11780/1024/1/feedback.pdf> [dl. 04.06.2021, 19:05]
- [JORG2012] Jorgensen R. et al., Digital Games for Learning Mathematics: Possibilities and Limitations, online abrufbar unter: <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED573295.pdf> [dl. 12.05.2021, 21:20]
- [KALL2012] Kalloo V. et al., Principles for Creating Learning Games for Algebra. In: 2012 IEEE 12th International Conference on Advanced Learning Technologies, 2012, S.462-464, online abrufbar unter: <https://doi.org/10.1109/ICALT.2012.147> [dl. 16.04.2021, 17:59]
- [KALL2015/1] Kalloo V. et al., A Technique for Mapping Mathematics Content to Game Design, In: International Journal of Serious Games, 2(4), 2015, online abrufbar unter: <https://doi.org/10.17083/ijsg.v2i4.95> [dl. 29.07.2021, 16:21]
- [KALL2015/2] Kalloo V. et al., Guidelines for Developing Mobile Learning Games for Mathematics Based on a Case Study. In: Crompton H. et al., Mobile Learning and Mathematics - Foundations, Design, and Case Studies, Routledge, New York, 2015
- [KALM2019] Kalmpourtzis G., Educational Game Design Fundamentals - A Journey to Creating Intrinsically Motivating Learning Experiences, CRC Press, eBook, 2019
- [KÄPN2020] Käpnick F. et al., Mathematiklernen in der Grundschule, Springer Spektrum, eBook, 2020

- [KERR2009] Kerres M. et al., Didaktische Konzeption von Serious Games: Zur Verknüpfung von Spiel- und Lernangeboten, In: MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung, 2009; S.1-16, online abrufbar unter: <https://doi.org/10.21240/mpaed/00/2009.08.25.X> [dl. 29.07.2021, 16:42]
- [KIES2012] Kiesel A. et al., Lernen - Grundlagen der Lernpsychologie, VS-Verlag, Wiesbaden, 2012
- [KILP2001] Kilpatrick J. et al., Adding It Up: Helping Children Learn Mathematics, The National Academies Press, eBook, 2001
- [KLAW1998] Klawe M., When Does The Use Of Computer Games And Other Interactive Multimedia Software Help Students Learn Mathematics?, 1998, online abrufbar unter: <https://tecfa.unige.ch/tecfa/maltt/VIP/Ressources/Articles/Klawe1998.pdf> [dl. 22.04.2021, 23:12]
- [KÖHL2008] Köhler T. et al., Lehren und Lernen mit Multimedia und Internet, In: Batinic B. et al., Medienpsychologie, Springer Medizin Verlag, Heidelberg, 2008, S.477-499
- [KRAU2007] Krauthausen G. et al., Einführung in die Mathematikdidaktik, Springer Spektrum, Heidelberg, 2007
- [KULT2003] Kultusministerkonferenz, Bildungsstandards im Fach Mathematik für den Mittleren Schulabschluss – Beschluss vom 4.12.2003 online abrufbar unter: https://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2003/2003_12_04-Bildungsstandards-Mathe-Mittleren-SA.pdf [dl. 09.04.2021, 16:02]
- [LEHR2021] Österreichischer Lehrplan für Mathematik, AHS, Fassung vom 26.06.2021, online abrufbar unter: <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=10008568> [dl. 26.06.2021, 19:00]
- [LEST2019] Lester J. et al., Instructional Support, Feedback, and Coaching in Game-Based Learning. In: Plass J. et al., Handbook of Game-Based Learning, Cambridge, MIT Press, 2019, S.209-238
- [LOWR2015] Lowrie T. et al., Digital Games and Learning: What's New Is Already Old? In: Lowrie T. et al., Digital Games and Mathematics Learning – Potential, promises and pitfalls, Springer, eBook, 2015, S.1-10
- [MALL2017] Malle et. al., Mathematik verstehen 5, Österreichischer Bundesverlag Schulbuch, Wien, 2017, S.126-129
- [MASO2001] Mason et al., Providing Feedback in Computer-based Instruction: What the Research Tells Us, In: CLASS Research Report No. 9. Center for Instructional Innovation, University of Nebraska-Lincoln, 2001, online abrufbar unter: https://www.researchgate.net/publication/247291218_Providing_Feedback_in_Computer-based_Instruction_What_the_Research_Tells_Us [dl. 29.07.2021, 17:05]
- [MATH2005] Mathan S., et al., Fostering the Intelligent Novice: Learning From Errors With Metacognitive Tutoring. In: Educational Psychologist 40(4), Routledge, 2005, S.257-265, online abrufbar unter: https://doi.org/10.1207/s15326985ep4004_7 [dl. 09.06.2021, 19:51]
- [MAYE2014] Mayer R., Computer games for learning, An evidence-based approach, MIT Press, Cambridge, 2014
- [MAYE2019] Mayer R., Cognitive Foundations of Game-Based Learning. In: Plass J. et al., Handbook of Game-Based Learning, MIT Press, 2019, S.83-110

- [MCGO2011] McGonigal J., Reality is broken, Jonathan Cape, eBook, 2011
- [MELE2011] Melero J. et al., A Review of Scaffolding Approaches in Game-based Learning Environments, In: Proceedings of the 5th European Conference on Games Based Learning, 2011, S.20-21, online abrufbar unter: https://www.researchgate.net/profile/Javier-Melero-2/publication/259564364_A_Review_of_Scaffolding_Approaches_in_Game-based_Learning_Environments/links/02e7e52c8a9805cf65000000/A-Review-of-Scaffolding-Approaches-in-Game-based-Learning-Environments.pdf [dl. 29.07.2021, 17:16]
- [MICH2006] Michael, D. et al., Serious games: Games that educate, train, and inform. Course Technology Cengage Learning, Mason, 2006
- [MILL2013] Miller C., The Gamification Of Education, In: Developments in Business Simulation and Experiential Learning: Proceedings of the Annual ABSEL conference, 2013, online abrufbar unter: <https://journals.tdl.org/absel/index.php/absel/article/view/40> [dl. 29.07.2021, 17:26]
- [MITC2012] Mitchell B. L., Game Design Essentials, Sybex, eBook, 2012
- [NOUS2008] Nousiainen T. et al., Exploring Children's Requirements for Game-Based Learning Environments, In: Advances in Human-Computer Interaction, 2008, online abrufbar unter: <https://doi.org/10.1155/2008/284056> [dl. 29.07.2021, 17:35]
- [ÖVUS2017] ÖVUS - Österreichischer Verband für Unterhaltungssoftware, Fast 5 Millionen Österreicher spielen Videogames, 2017, online abrufbar unter: <https://www.ovus.at/news/fast-5-millionen-osterreicher-spielen-videogames/> [dl.15.06.2021, 21:15]
- [ÖVUS2019] ÖVUS - Österreichischer Verband für Unterhaltungssoftware, 5,3 Millionen Österreicher spielen Videospiele, 2019, online abrufbar unter: <https://www.ovus.at/news/ueber-fuenf-millionen-oesterreicher-spielen-videospiele/> [dl.15.06.2021, 21:20]
- [PAUS1992] Pausch R. et al., One Dimensional Motion Tailoring for the Disabled: A User Study, In: Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '92), ACM, 1992, S.405-411, online abrufbar unter: <https://doi.org/10.1145/142750.142876> [dl. 29.07.2021, 17:43]
- [PHIL2013] Phillips, C. et al., Videogame reward types. In Proceedings of the First International Conference on Gameful Design, Research and Applications, University of Waterloo, Ontario, 2013, online abrufbar unter: <http://eprints.qut.edu.au/65011/> [dl. 07.06.2021, 19:28]
- [PLAS2015] Plass J. et al., Plass, Foundations of Game-Based Learning. In: Educational Psychologist 50(4), Routledge, 2015, S.258-283, online abrufbar unter: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00461520.2015.1122533> [dl. 01.05.2021, 18:49]
- [PLAS2019] Plass J. et al., Theoretical Foundations of Game-Based and Playful Learning. In: Plass J. et al., Handbook of Game-Based Learning, Cambridge, MIT Press, 2019, S.3-24
- [POLY1957] Pólya G., How to solve it, Princeton University Press, 1957
- [PREN2001] Prensky M., Digital Natives, Digital Immigrants, In: On the Horizon 9(5), 2001, online abrufbar unter: <https://www.marcprensky.com/writing/Prensky%20-%20Digital%20Natives,%20Digital%20Immigrants%20-%20Part1.pdf> [dl. 29.07.2021, 17:47]
- [PREN2013] Prensky M., Digital Game-Based Learning, Paragon House, eBook, 2013,
- [RAAS1983] Raasch A., Handlungsorientierter Fremdsprachenunterricht und seine pragmlinguistische Begründung, Günter Narr Verlag, Tübingen, 1983

- [RYAN2019] Ryan R. et al., Motivational Foundations of Game-Based Learning. In: Plass J. et al., Handbook of Game-Based Learning, Cambridge, MIT Press, 2019, S.154-176
- [REICH2004] Reich K., Konstruktivistische Didaktik im Blick auf Aufgaben der Fachdidaktik Pädagogik. In: Beyer Klaus (Hg.): Planungshilfen für den Fachunterricht. Die Praxisbedeutung der wichtigsten allgemeindidaktischen Konzeptionen, Baltmannsweiler, Schneider Verlag Hohengehren, 2004, S.103-120
- [REISS 2013] Reiss K. et al., Grundlagen der Mathematik - Eine Einführung in den Unterricht der Sekundarstufe, Birkhäuser, eBook, 2013
- [RIND2003] Rinder A., Das konstruktivistische Lernparadigma und die neuen Medien, In: Info DaF, Band 30, Heft 1, De Gruyter Verlag, Feb.2003, S.3-22
- [RUSS2018] Russo J. et al., Five principles of educationally rich mathematical games, In: Australian Primary Mathematics Classroom, 23(3), 2018, S.30-34, online abrufbar unter: https://www.researchgate.net/publication/328443542_Five_principles_of_educationally_rich_mathematical_games [dl. 29.07.2021, 17:52]
- [SALE2004] Salen K. et al., Rules of Play, Massachusetts, eBook, 2004
- [SAUT2018] Sauter W., Die Zukunft des Lernens, Selbstorganisierter Kompetenzerwerb durch personalisiertes Lernen, Bertelsmann Stiftung, Gütersloh, 2018, online abrufbar unter: https://www.bertelsmann-stiftung.de/fileadmin/files/BSt/Publikationen/GrauePublikationen/LL_Sauter2018_ZukunftDesLernens.pdf [dl. 04.03.2021, 18:20]
- [SCHE2015] Schell J., The Art of Game Design - A Book of Lenses, CRC Press, eBook, 2015
- [SCHOE2015] Schoenfeld A., How We Think: A Theory of Human Decision-Making, with a Focus on Teaching In: Cho S., The Proceedings of the 12th International Congress on Mathematical Education - Intellectual and Attitudinal Challenges, eBook,2015, S.229-243
- [SCHL2013] Schlag B., Lern- und Leistungsmotivation, SpringerVS, eBook, 2013
- [SIEM2004] Siemens G., Connectivism: A Learning Theory for the Digital Age, In: International Journal of Instructional Technology and Distance Learning, 2004, online abrufbar unter: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.1089.2000&rep=rep1&type=pdf> [dl. 29.07.2021, 18:00]
- [SPEN2011] Spence B., The Broker. In: Ebert A. et al., Human Aspects of Vizualization, Springer Verlag, 2011, S.10-22
- [STIE2017] Stieglitz S., Enterprise Gamification – Vorgehen und Anwendung. In: Strahinger S. et al., Gamification und Serious Games – Grundlagen, Vorgehen und Anwendungen, eBook, 2017
- [SUSI2007] Susi T. et al., Serious Games – An Overview, 2007, online abrufbar unter: <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:2416/FULLTEXT01.pdf> [dl. 07.06.2021, 22:30]
- [SUTE2018] Suter B., Rules of Play as the Framework for the „Magic Circle“. In: Suter B. et al., Games and Rules - Game Mechanics for the „Magic Circle“, transcript Verlag, Bielefeld, 2018
- [TANG2009] Tang S. et al., Chapter I - Introduction to Games-Based Learning, In: Games-based learning advancements for multi-sensory human computer interfaces: Techniques and effective practices, IGI Global, 2009, S.1-17, online abrufbar unter: <https://www.upiih.ipn.mx/assets/files/upiih/docs/SRI/c1.pdf> [dl. 29.07.2021, 18:11]

- [VALE2019] Valenza M. et al., Serious Game Design for Children: A Set of Guidelines and their Validation, In: 19th International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT), IEEE, 2019, S.110-112, online abrufbar unter: <https://doi.org/10.1109/ICALT.2019.00034> [dl. 29.07.2021, 18:15]
- [VANE2006] Van Eck R., Digital Game-Based Learning - It's Not Just the Digital Natives Who Are Restless. In: Educause Review, 41(2), S.16-30, 2006, online abrufbar unter: <https://www.educause.edu/ir/library/pdf/erm0620.pdf> [dl. 21.05.2021, 15:55]
- [VANE2015] Van Eck R., SAPS and Digital Games: Improving Mathematics Transfer and Attitudes in Schools. In: Lowrie T. et al., Digital Games and Mathematics Learning – Potential, promises and pitfalls, Springer, eBook, 2015, S.141-174
- [VASC2017] Vasconcelos D. et al., The protocol of a serious game based on Virtual Reality to aid in the literacy of children with Intellectual Disability, In: Proceedings of SBGames, 2017, S.2179-2259, online abrufbar unter: <https://www.sbgames.org/sbgames2017/papers/CulturaFull/175566.pdf> [dl. 29.07.2021, 18:24]
- [WANG2011] Wang H. et al., Game Reward Systems: Gaming Experiences and Social Meanings, In: Proceedings of the 2011 DiGRA International Conference: Think Design Play, 2011, online abrufbar unter: <http://www.digra.org/digital-library/publications/game-reward-systems-gaming-experiences-and-social-meanings/> [dl. 29.07.2021, 18:35]
- [WEIS2014] Weißenböck E., Guidelines zur Evaluierung digitaler Lernspiele, Diplomarbeit, Universität Wien, 2014
- [WEST2015] Westera W., Games are motivating, aren't they? Disputing the arguments for digital game-based learning, In: International Journal of Serious Games, 2(2), 2015, S.3-17, online abrufbar unter: <https://pdfs.semanticscholar.org/d4a4/f23b669eb42f25f2ceaeb157f33b26ca0d12.pdf> [dl. 29.07.2021, 18:41]
- [WILK2013] Wilkinson P., Affective educational games: Utilizing emotions in game-based learning, In: 5th International Conference on Games and Virtual Worlds for Serious Applications (VS-GAMES), IEEE, 2013, online abrufbar unter: <http://dx.doi.org/10.1109/VS-GAMES.2013.6624219> [dl. 29.07.2021, 18:52]
- [WKO2020] WKO - Wirtschaftskammer Österreich, Wirtschaftsfaktor Gaming - Immer mehr Menschen nutzen Computerspiele, das sorgt für steigende Umsätze, 2020, online abrufbar unter: <https://news.wko.at/news/oesterreich/Wirtschaftsfaktor-Gaming.html> [dl. 15.06.2021, 22:00]
- [YASH2016] YASH Math Adventure – Press Kit; 2016, online abrufbar unter: <http://yashmathgame.com/presskit/> [dl. 12.06.2021, 10:10]
- [ZIEL2004] Zielhofer S., Feedbackgestaltung bei der Entwicklung eines multimedialen Lernsystems zum Thema Fakteninformationssysteme im Projekt SELIM, 2004, online abrufbar unter <https://www.infodata-edepot.de/volltext/dgi04/05470.pdf> [dl. 04.06.2021, 20:09]
- [ZIMB1999] Zimbardo P. et al., Psychologie, Springer Verlag, Heidelberg, 1999

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Einordnung Game-based Learning	16
Abbildung 2: Engagement und Lernen.....	17
Abbildung 3: The Counting Kingdom© - Startbildschirm.....	79
Abbildung 4: The Counting Kingdom© - Spielwelt	80
Abbildung 5: The Counting Kingdom© - Level	80
Abbildung 6: The Counting Kingdom© - Austausch eines Zauberspruchs	81
Abbildung 7: The Counting Kingdom© - Zaubersprüche	81
Abbildung 8: The Counting Kingdom© - Kombinieren von Zaubersprüchen	81
Abbildung 9: The Counting Kingdom© - Lösung	88
Abbildung 10: The Devil's Calculator© - Logo	90
Abbildung 11: The Devil's Calculator© - Taschenrechner.....	91
Abbildung 12: The Devil's Calculator© - Narrativ.....	95
Abbildung 13: The Devil's Calculator© - Problemstellung	95
Abbildung 14: The Devil's Calculator© - Spielcharakter	95
Abbildung 15: The Devil's Calculator© - Graph	96
Abbildung 16: The Devil's Calculator© - Wolfram Alpha	96
Abbildung 17: The Devil's Calculator© - User Guide	96
Abbildung 18: The Devil's Calculator© - Erklärung Operator	96
Abbildung 19: The Devil's Calculator© - Kombination von Operatoren.....	96
Abbildung 20: The Devil's Calculator© - Levelmaker	98
Abbildung 21: YASH Math Adventure© - Startbildschirm.....	101
Abbildung 22: YASH Math Adventure© - Spielwelt	102
Abbildung 23: YASH Math Adventure© - Yash und Gegner.....	102
Abbildung 24: YASH Math Adventure© - Yash und Falle	102
Abbildung 25: YASH Math Adventure© - Münztoken	103
Abbildung 26: YASH Math Adventure© - Y-Münze.....	103
Abbildung 27: YASH Math Adventure© - Schalter	103
Abbildung 28: YASH Math Adventure© - Sterne	104
Abbildung 29: YASH Math Adventure© - Benutzeroberfläche	104
Abbildung 30: YASH Math Adventure© - Rechenaufgabe	107
Abbildung 31: YASH Math Adventure© - Story	108
Abbildung 32: YASH Math Adventure© - versteckte Münztoken.....	108
Abbildung 33: YASH Math Adventure© - Hilfestellung "Laufen"	109
Abbildung 34: YASH Math Adventure© - Darstellung Division.....	111
Abbildung 35: YASH Math Adventure© - Umlaute und Rechtschreibung.....	111
Abbildung 36: DragonBox Algebra 12+© - Startbildschirm	114
Abbildung 37: DragonBox Algebra 12+© - Spielfeld mit einfachen Symbolen.....	115
Abbildung 38: DragonBox Algebra 12+© - Spielfeld mit Zahlen und Variablen	115
Abbildung 39: DragonBox Algebra 12+© - Handanimation	120

Abbildung 40: DragonBox Algebra 12+© - Lösung.....	120
Abbildung 41: DragonBox Algebra 12+© - Feedback durch Sterne	122
Abbildung 42: DragonBox Algebra 12+© - Division durch 0	122
Abbildung 43: DragonBox Algebra 12+© - Freischalten aller Welten.....	123
Abbildung 44: DragonBox Algebra 12+© - Diplom	123

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:13 Prinzipien für ein gutes Videospiel zum Zwecke des Lernens nach Gee (2005) ...	14
Tabelle 2: Lernparadigmen	22
Tabelle 3: Lernsoftware	25
Tabelle 4: Konnektivismus	28
Tabelle 5: Vier Faktoren für effektives GBL.....	45
Tabelle 6: Eigene Guidelines nach den vier Faktoren für effektives GBL nach Alfadhli S. et al. (2015).....	45
Tabelle 7:Grundlagen des Game-based Learning.....	46
Tabelle 8: Eigene Guidlines nach den Grundlagen des Game-based Learning nach Plass J. et al. (2015,2019).....	46
Tabelle 9: Design Action nach Spence (2011).....	48
Tabelle 10: 1. Guideline - Lernmodell	51
Tabelle 11: 2. Guideline – Mathematische Kompetenzen	55
Tabelle 12: 3. Guideline – Anpassung des Schwierigkeitsgrads	57
Tabelle 13: 4. Guideline – „Trial-and-Error“	60
Tabelle 14: 5. Guideline – Charakter und Narrativ.....	62
Tabelle 15: 6. Guideline - Tutorials	64
Tabelle 16: 7. Guideline – Rolle der Mathematik	66
Tabelle 17: 8. Guideline - Benutzeroberfläche	69
Tabelle 18: 9.Guideline - Multiplayer	71
Tabelle 19: Feedback-Kategorien	73
Tabelle 20: 10. Guideline - Feedback.....	74
Tabelle 21: Belohnungskategorien	75
Tabelle 22: 11. Guideline - Belohnungssystem	77
Tabelle 23: Daten zum Spiel The Counting Kingdom©	79
Tabelle 24: Auswertung der Basisguideline für The Counting Kingdom©	82
Tabelle 25: Daten zum Spiel The Devil's Calculator©	90
Tabelle 26: Auswertung der Basisguideline für The Devil's Calculator©	92
Tabelle 27: Daten zum Spiel YASH Math Adventure©	101
Tabelle 28: Auswertung der Basisguideline für YASH Math Adventure©.....	105
Tabelle 29: Daten zum Spiel DRAGONBOX Algebra 12+©.....	114
Tabelle 30: Auswertung der Basisguideline für DragonBox Algebra 12+©	116
Tabelle 31: Planungsraster: „Verbinden der Rechenarten bei Bruchtermen“	130
Tabelle 32: Planungsraster: „Lineare Funktionen“	136

Diagrammverzeichnis

Diagramm 1: Auswertung des Spiels - The Counting Kingdom©	89
Diagramm 2: Auswertung des Spiels - The Devil's Calculator©	100
Diagramm 3: Auswertung des Spiels - YASH Math Adventure©.....	113
Diagramm 4: Auswertung des Spiels - DragonBox Algebra12+©	123
Diagramm 5: Vergleich der Guidelines	124