

Digital Game Based Learning

Die Begeisterung als Motivationsgrund beim Lernen

DIPLOMARBEIT

zur Erlangung des akademischen Grades

Magister der Naturwissenschaften

im Rahmen des Studiums

Lehramtsstudium UF Informatik und Informatikmanagement UF Mathematik

eingereicht von

Philipp Daferner

Matrikelnummer 0525201

an der
Fakultät für Informatik der Technischen Universität Wien

Betreuung
Betreuer: Ao. Univ. Prof. DI Dr. techn. Gerald Futschek

Wien, 11.Mai 2010

(Unterschrift Verfasser)

(Unterschrift Betreuer)

Erklärung zur Verfassung der Arbeit

Philipp Daferner

Adam-Betz-G. 19a, 1220 Wien

„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, 11.Mai 2010

Philipp Daferner

Abstract

English

Nowadays an increasing number of children spend more and more time on playing computer games. Education becomes even more important in society. The time spent playing computer games could be used better by learning. Because learning doesn't have the ability to engage as much as computer games do and people can't stay highly concentrated over a long period of time, this work discovers how the benefits of playing computer games can be combined with learning contents.

This work covers how the design process of modern computer games has to be modified so that learning contents find their place in such games. On the way to that result questions about how learning takes place, how content has to be structured and what role computer games can play in learning also have to be answered.

To answer these questions a prototype is implemented to figure out how the design process has to be modified and also gives an example on how to create computer games with learning context. Before that prototype can be designed and implemented a literature research has to be done to answer questions about learning theories, didactics and the design process of computer games.

The results of this work are that by designing a learning game that facilitates fun the design process has to be oriented by current design methods used in the industry, modified by didactical aspects from the beginning on, to ensure that the learning content is not artificially added to the game but rather is an important part of gameplay itself.

Deutsch

Heutzutage spielen eine steigende Anzahl von Kindern und Jugendlichen immer länger und immer öfter Computerspiele. Die Ausbildung nimmt eine immer wichtigere Rolle in der Gesellschaft ein. Die Zeit, die mit Computerspielen verbracht wird, könnte wesentlich gewinnbringender in Lernen investiert werden. Da herkömmliches Lernen Kinder und Jugendliche aber nicht so zu motivieren und zu faszinieren vermag wie Computerspiele und weil Menschen nicht durchgehend konzentriert Lernen können, beschäftigt sich diese Arbeit mit der Vereinigung der Vorteile von Computerspielen mit denen des Lernens.

Diese Arbeit zeigt, wie der Designprozess moderner Computerspiele verändert werden muss, um Lerninhalte in solche Spiele zu verpacken. Zur Beantwortung dieser Frage muss geklärt werden, wann und wie Lernen stattfindet, wie der Inhalt strukturiert werden muss und welche Rolle Computerspiele beim Lernen spielen können.

Deshalb wird ein Prototyp erstellt um herauszufinden, wie der Designprozess verändert werden muss und stellt ein Beispiel für die Erstellung eines Computerspiels mit Lerninhalt dar. Bevor dieser Prototyp gestaltet und implementiert werden kann, müssen mittels einer Literaturrecherche Fragen über Lerntheorien, Didaktik und den Designprozess von Computerspielen beantwortet werden.

Die Ergebnisse dieser Arbeit zeigen, dass sich das Design eines Spiels aus Digital Game-Based Learning an vorherrschenden industriellen Richtlinien orientieren muss, die von Anfang an durch didaktische Aspekte modifiziert werden, damit der Lerninhalt nicht künstlich hinzugefügt wirkt, sondern wirklich ein Teil des Spiels ist.

Inhaltsverzeichnis

1.	Vorwort	11
2.	Begriffsabgrenzung	13
3.	Forschungsfragen	15
3.1.	Ziel dieser Arbeit	15
3.2.	Potential des Game-Based-Learning	15
3.3.	Kriterien kommerzieller Spiele	16
3.4.	Lerntheoretische Anforderungen	16
3.5.	Didaktische Anforderungen	17
4.	Warum Spiele?	19
4.1.	Vorteile von Spielen	19
4.2.	Wie viel Zeit verbringen Kinder mit Spielen?	20
4.3.	Lernprogramm vs. Lernspiel	21
5.	Lerntheorien	25
5.1.	Einleitung	25
5.2.	Die Hirnforschung	26
5.3.	Die Psychoanalyse	27
5.3.1.	Pädagogische Implikationen der Psychoanalyse	30
5.4.	Der Behaviorismus	30
5.5.	Die Feldtheorie	32
5.6.	Die kognitivistische Lerntheorie	33
6.	Computerspiele und Lernen	35
6.1.	Welche Spiele sind für welche Inhalte geeignet?	35
6.1.1.	Actionspiel	35
6.1.2.	Abenteuerspiele	37
6.1.3.	Strategiespiele	38
6.1.4.	Simulationen	39
6.1.5.	Sportspiele	40
6.1.6.	Sonstige	41
6.1.7.	Online-Spiele	41
6.2.	Lerninhalte in Computerspielen	42
6.2.1.	Die Darstellungsebene	43

6.2.2.	Die Spiellogik	43
6.2.3.	Die Interaktionsebene	43
6.2.4.	Lerninhalte	44
7.	Kriterien erfolgreicher Computerspiele	45
7.1.	Einleitung	45
7.2.	Wie entsteht ein erfolgreiches Computerspiel	46
7.3.	Grundlegendes Design	49
7.4.	Der Spielspaß	52
7.5.	Ausgewogenheit des Spiels	57
7.6.	Das Flair	66
8.	Entwicklung eines Prototyps	71
8.1.	Treatment	71
8.1.1.	Einführung	71
8.1.2.	Gameplay	72
8.1.3.	Genre	73
8.1.4.	Technische Anforderungen	73
8.1.5.	Didaktische Überlegungen	74
8.2.	Design Document	75
8.2.1.	Kurzbeschreibung	75
8.2.2.	Zielgruppe	75
8.2.3.	Plattform	75
8.2.4.	Schlüsselfähigkeiten	76
8.2.5.	Bedienelemente	76
8.2.6.	Portal	77
8.2.7.	Fabrik	77
8.2.8.	Kampfeinsatz	78
8.2.9.	Nachrichten	78
8.2.10.	Highscore	79
8.2.11.	Punkte	79
8.2.12.	Gewinnen und Verlieren	79
8.2.13.	Level-Design	79
8.2.14.	Geschichte	80

8.2.15.	Visuelle Gestaltung	80
8.3.	Mathematische Grundlagen	80
8.3.1.	Allgemeine Eigenschaften von Polygonen	81
8.3.2.	Einfachheit des Polygons	81
8.3.3.	Flächeninhalt des Polygons	85
8.3.4.	Innen- und Außenwinkel	88
8.3.5.	Standardabweichung der Winkel	90
8.3.6.	Kanten	92
8.3.7.	Querverbindungen	92
8.4.	Kampfwerte	93
8.4.1.	Winkel	93
8.4.2.	Querverbindungen	93
8.4.3.	Eckpunkte	94
8.4.4.	Der Kampf	94
8.5.	Ausgewogenheitsanalyse	96
8.5.1.	Spitzester/Stumpfer Winkel	96
8.5.2.	Querverbindungsverhältnis	96
8.5.3.	Eckpunkte	97
8.5.4.	Fazit	98
9.	Zusammenfassung	103
10.	Literaturverzeichnis	107

1. Vorwort

Computerspiele haben als solche schon immer eine große Anziehungskraft auf mich gehabt und mir viele Stunden Spaß und Entspannung bereitet. Leider war es sehr oft so, dass ich nach dem Spielen eines Computerspiels der verlorenen Zeit nachtrauern musste - die ich sehr gut auch für andere Dinge hätte verwenden können. Aus diesem Grund habe ich zum Thema Digital Game-Based Learning eine sehr persönliche, erfahrungsreiche Beziehung. Denn eben Digital Game-Based Learning greift die Problematik - oder Chance - auf, die beim Spielen verlorene Zeit zu nutzen, ohne die positiven Nebeneffekte des Spielens wie Spaß und Spannung aus den Augen zu verlieren. In Anbetracht meiner eigenen Erfahrung möchte ich mit dieser Arbeit der Wissenschaft etwas beisteuern, das in Zukunft anderen Menschen, die die gleichen Erfahrungen wie ich machen, hilft. Vielleicht lässt es sich in einer fernen Zukunft ja sogar einmal vermeiden, dass Menschen die gerne Computerspiele spielen überhaupt eine derartige Erfahrung des sinnlosen Zeitverlusts machen müssen. Das hehre Ziel wäre Spiel, Spaß und dabei Freude am Lernen zu vereinen.

In dieser Arbeit wird - in Anbetracht dessen, dass im Jahr 2010 die gesellschaftlichen Unterschiede zwischen Männern und Frauen noch immer nicht zufriedenstellend beseitigt wurden - gänzlich in der weiblichen Form geschrieben. Dadurch sollen Männer keinesfalls diskriminiert werden und sind natürlich bei den weiblichen Formen auch gemeint.

2. Begriffsabgrenzung

Game-Based-Learning ist ein neues und dennoch sehr weitläufiges Forschungsfeld. Die verschiedenen Definitionen und Ansichten variieren dabei enorm. Die Tatsache, dass sich manche Arbeiten (beispielsweise [GABR 2009], [PIVE 2004]) mit den Vorteilen von Spielen in Unterrichtssituationen beschäftigen und das bereits zu Game-Based-Learning zählen, während sich andere mehr auf Computerspiele konzentrieren und sich auf deren Lerneffekt und Lernkurve konzentrieren, macht eine klare Begriffsdefinition zu Beginn erforderlich.

Im Rahmen dieser Arbeit wird ein Aspekt von Game-Based-Learning untersucht, der sehr stark auf die intrinsische Motivation und den Erfolg von Computerspielen aufbaut. Wenn hier also von Game-Based-Learning die Rede ist, dann in dem Sinn, dass ein Spiel nicht eine Bereicherung für eine von außen motivierte Unterrichtssituation ist, sondern dass das Spiel die Lust der Spielerinnen auf das Spielen ausnutzt und somit eine intrinsische Motivation hervorruft. Das Produkt des Game-Based-Learning muss also in der Lage sein, durch seine schiere Freude Kinder dazu zu motivieren, sich mit sinnvollen Inhalten zu beschäftigen. Ein Game-Based-Learning Werkzeug, das erst wieder eine externe Motivation zur Anwendung benötigt, geht am Ziel dieser Arbeit vollkommen vorbei. Daher ist im Rahmen dieser Arbeit auch der Begriff Game-Based-Learning so zu verstehen, dass es sich dabei um Objekte handelt, die von sich aus Menschen zu einer sinnvollen Freizeitbeschäftigung motivieren können. Ein Produkt, das diesen Anforderungen nicht entspricht, ist somit bei dieser Begriffsfassung auch nicht in die Welt des Game-Based-Learning einzuordnen.

Im Rahmen dieser Diplomarbeit taucht öfter der Begriff Spaß auf. Unter Spaß im Sinne dieser Arbeit verstehe ich jenen Zustand, in dem der Körper durch Hormone in Euphorie und Begeisterung für eine Sache versetzt wird. Daher ist Spaß nicht im engeren Sinn als Akt des Lachens zu verstehen, sondern ein Zustand bei dem ein Mensch sich voll und gerne auf eine Sache konzentriert und

dadurch emotional an diese gebunden wird.

3. Forschungsfragen

3.1. Ziel dieser Arbeit

In dieser Arbeit will ich mich vorrangig der Frage widmen, wie der Designprozess von Computerspielen adaptiert werden muss, um Lerninhalte darin zu verpacken ohne den Spielspaß zu stören. Dazu muss ich vorher einige grundlegende Fragen klären, welche ich im Folgenden näher erläutere. Das Besondere an Game-Based-Learning ist, dass es im Wesentlichen drei verschiedene Wissensbereiche vereinen muss:

1. Lerntheorien
2. Theorien aus dem Bereich der Computerspiele
3. didaktische Theorien

Mit dieser interdisziplinären Arbeit will ich der Leserin also ein Mittel in die Hand geben, das sie bei der Beurteilung und Entwicklung von Computerspielen im Hinblick auf deren Eignung als Game-Based-Learning Spiele unterstützt. Diese Arbeit versteht sich somit als Grundsatzlektüre, die Spiele sowohl in einer didaktischen Perspektive beleuchten als auch deren spielerische Komponente nicht aus den Augen verlieren soll.

Anhand eines Prototyps wird der klassische Designprozess moderner Computerspiele adaptiert und um didaktische und lerntheoretische Aspekte ergänzt. Da hierbei einige Fragen offen gelassen werden, da die Beantwortung derselben den Rahmen dieser Arbeit sprengen würden, stellt diese Arbeit auch eine Grundlage für weitere Forschungen und Arbeiten dar.

3.2. Potential des Game-Based-Learning

Bevor ich den Designprozess moderner Computerspiele modifizieren kann, ist es notwendig abzuklären, welche Vorteile Game-Based-Learning überhaupt

mit sich bringt. Was kann ich mit Game-Based-Learning erreichen, was ich mit konventionellen Lernmethoden nicht erreichen kann? Im Hinblick auf die Akzeptanz muss ich mich natürlich auch mit der Frage beschäftigen, welchen Stellenwert Spiele im Allgemeinen im Leben heutiger Kinder und Jugendlicher hat. Was unterscheidet Game-Based-Learning von derzeit am Markt befindlicher Lernsoftware? Diese Grundsatzfragen sollen vor allem als Basis für die Beschäftigung mit diesem Thema dienen und der Leserin näher bringen, warum sich eine Beschäftigung mit diesem Thema auszahlt und vor allem, warum diese so wichtig ist.

3.3. Kriterien kommerzieller Spiele

Computerspiele haben sich in den letzten Jahren als eigener Markt etabliert. Mittlerweile gibt es Firmen, die nichts anderes machen, als Computerspiele zu entwickeln. Computerspiele schaffen es immer wieder, ihren Konsumentinnen Spaß und Freude zu verschaffen. Um die selben Eigenschaften auch für Spiele mit Lerninhalt zu erlangen, muss ich mich natürlich damit beschäftigen, was diese kommerziellen Spiele so effizient macht. Dabei stellen sich natürlich auch die Fragen, welche Arten von Computerspielen es gibt, worin sich diese unterscheiden, und welchen Beitrag sie zu den verschiedenen Bildungsbereichen liefern können. Wie muss ein Spiel aufgebaut sein, damit es am Markt Erfolg hat? Wie kann ich durch verschiedene Spielegenres verschiedene Geschmäcker bedienen? Was sind die besonderen Eigenheiten der einzelnen Spielegenres? Welche wichtigen Eigenschaften müssen Spiele einzelner Genres erfüllen, um am Markt erfolgreich zu sein? Diese Fragen sollen die Grenzen abstecken, welche auch für ein Game-Based-Learning Spiel notwendig sind, um „am Markt“ erfolgreich zu sein und von den Konsumentinnen akzeptiert zu werden.

3.4. Lerntheoretische Anforderungen

Um einem Computerspiel den Stempel des Game-Based-Learnings aufdrücken zu können, muss es natürlich auch einen Lerneffekt begünstigen. Dabei stellt

sich die Frage, wann denn Lernen überhaupt passiert? Wie können gängige Lerntheorien in Computerspielen zielführend eingesetzt werden? Was ist aus Sicht eben dieser Lerntheorien für die Entwicklung von Spielen aus dem Bereich des Game-Based Learning zu beachten? Welche Auswirkungen haben die Erkenntnisse moderner Lerntheorien und der Gehirnforschung auf den Designprozess eben jener Spiele?

3.5. Didaktische Anforderungen

Jeder weiß aus seiner persönlichen Erfahrung, dass manche Inhalte gut erklärt werden und andere nicht. Dieses Problem besteht bei jeder Art der Wissensvermittlung - und so auch bei Game-Based-Learning. Da es bei Game-Based-Learning nicht nur darum geht, ein Spiel zu entwickeln, das möglichst großen Anklang findet, sondern auch Inhalte in diesem Spiel zu vermitteln, stellt sich natürlich die Frage, wie diese Inhalte aufgebaut sein müssen, um leicht verständlich zu sein. Wie verpackt man Lerninhalte in Spiele, ohne dass die Konsumentinnen überfordert sind? Wie müssen die Inhalte aufgebaut sein, dass weder leistungsschwache Schülerinnen überfordert noch leistungsstarke Schülerinnen unterfordert sind? Welche Auswirkungen hat das Beherrschen des Lerninhalts - oder eben das nicht Beherrschen desselben - auf den Spielablauf? Wie muss das Feedback des Spiels an die Spielerinnen gestaltet sein um Lernen zu begünstigen? Die Beantwortung dieser Fragen ist notwendig, um nicht einfach nur ein neues Computerspiel auf den Markt zu bringen, sondern auch einen Lerneffekt zu gewährleisten.

4. Warum Spiele?

4.1. Vorteile von Spielen

Eine der größten Herausforderungen des Lehrerinnendaseins ist die Motivation der Schülerinnen. Nicht selten wird man - bereits in der Unterstufe - mit Fragen wie „Wozu brauche ich das?“, „Ich will doch nur Psychologie studieren, das brauche ich nicht.“, ... konfrontiert. Im Rahmen der Allgemeinbildung werden die Schülerinnen dazu genötigt, einen beträchtlichen Wissensschatz anzuhäufen, den sie voraussichtlich in ihrem weiteren Leben nicht mehr benötigen. Die Schülerinnen setzen sich daher mit im Unterricht behandelten Themen oft nur sehr widerwillig auseinander. Manchmal ist die einzige Motivation der Schülerinnen der Erwerb eines Abschlusses, der benötigt wird, um sich im späteren Bildungsweg mit jenen Inhalten beschäftigen zu können, die sie wirklich interessieren.

Wenden wir unseren Blickpunkt nun von der Schule ab und hin zur Freizeitgestaltung der Jugendlichen. Studien zeigen, dass bereits annähernd 50% der Jugendlichen mindestens mehrmals pro Woche den Computer nutzen - und zwar vorwiegend zum Spielen (siehe [KUTT 2009]). Zeit, die die Schülerinnen gerne aufwenden, was bei dringend notwendigen Hausübungen leider oft nicht der Fall ist.

Spiele motivieren also Schülerinnen zu Tätigkeiten und Motivation ist auch einer der Schlüsselfaktoren für erfolgreiches und effizientes Lernen. Daher wäre es doch naheliegend, diese Motivation, die Schülerinnen beim Spielen haben, zu nutzen um den Lernerfolg in der Schule zu steigern. Neben der Motivation bieten Computerspiele auch viele andere Vorteile, die die Schülerinnen beim Lernen unterstützen können. So bieten Computerspiele die Möglichkeit für „Trial & Error“ - man kann also Dinge ausprobieren, ohne einen realen Schaden davonzutragen. Man befindet sich also quasi in einer sicheren Umgebung, in der Fehler gemacht werden dürfen und sollen, ohne dass wegen der Fehler

ernsthafte Konsequenzen zu erwarten sind. Computerspiele bieten außerdem die Möglichkeit des direkten und unverzögerten Feedbacks (siehe [PIVE 2004]). Im Gegensatz zu Hausübungen, die zuerst von den Schülerinnen erstellt werden, danach von den Lehrerinnen korrigiert werden, damit die Schülerinnen sich (hoffentlich) die Korrektur ansehen und etwas daraus lernen, kommt bei Computerspielen das Feedback meist sofort. Die Schülerinnen sehen also sofort, ob etwas richtig oder falsch gemacht wurde. Zusätzlich ist es meistens notwendig, eine Aufgabe richtig zu lösen, um das Spiel voranzubringen. Hier werden die Schülerinnen also zusätzlich motiviert, sich mit dem behandelten Thema näher auseinander zu setzen, um im Spiel weiterzukommen. Spiele haben auch den Vorteil, dass der Schwierigkeitsgrad mit voranschreitendem Spielstand zunimmt. Die Schülerinnen werden also mit zunehmender Zeit immer mehr gefordert. Dies stellt auch eine Art der oft geforderten Differenzierung dar. Während die besseren Schülerinnen die Einstiegsaufgaben rasch lösen können und so schnell einen für sie herausfordernden Level erreichen, fordern bereits die anfänglichen Aufgaben die schwächeren Schülerinnen heraus und bieten durch Wiederholung die Möglichkeit, ihre Schwächen zu beseitigen.

Das große Problem bei der Entwicklung von Spielen mit Lerneffekt ist die kommerzielle Konkurrenz. Wenn die Computerspiele, die am Markt verfügbar sind, einen wesentlich größeren Spielspaß versprechen, so werden sich - wie in der Vergangenheit - Spiele als Lernmittel einfach nicht durchsetzen. Auch wenn dies einen wesentlich höheren Aufwand bedeutet, so muss bei der Entwicklung solcher Spiele doch darauf geachtet werden, welche Standards am derzeitigen Markt vorherrschen. Diese Standards müssen auch bei Software aus dem Bereich Game-Based-Learning erreicht werden, da sonst die Akzeptanz nicht vorhanden ist.

4.2. Wie viel Zeit verbringen Kinder mit Spielen?

Einige Studien belegen, dass Kinder und vor allem Jugendliche einen beträchtlichen Teil ihrer Freizeit am Computer verbringen. So geben 63 % der

Jungen und 38 % der Mädchen an, dass sie häufig bis gelegentlich mit dem Computer arbeiten. 15 % der Befragten geben als liebste beziehungsweise zweitliebste Freizeitbeschäftigung Tätigkeiten am Computer an. Damit rangiert diese nach Freunde treffen und Sport auf Rang drei. Die Dauer der Computernutzung liegt im Schnitt bei 94 Minuten pro Tag unter jenen Personen, die wenigstens gelegentlich einen Computer benutzen. Dabei fällt auf, dass je häufiger der Computer benutzt wird, desto länger auch die Zeit ist, die am Computer verbracht wird. Außerdem steigt dieser Wert mit dem steigenden Alter der Befragten (siehe [FEIE 1997]).

Bei den Gründen für die Computernutzung rangiert Spaß mit 71 % vor den Computerspielen mit 56 %. Die Studie hat auch festgestellt, dass 91 % der zwölf bis 17-jährigen Computerspiele spielen, die Hälfte davon sogar mehrmals pro Woche (siehe [FEIE 1997]). Diese Studie zeigt also, dass Computerspiele unter den Jugendlichen eine Reichweite haben, von denen populärwissenschaftliche Fachzeitschriften (wie P.M.) nur träumen können. Das Forschungsfeld des Game-Based-Learning hat also enormes Potential Kinder zu erreichen. Wenn sich die Schülerinnen in ihrer Freizeit pro Tag noch weitere 94 Minuten mit den Inhalten beschäftigten, die in der Schule durchgenommen werden, so hätte dies auf den Lernerfolg sicherlich einen positiven Einfluss. Nur um den Nachwuchs auch dazu zu bewegen, diese im Schnitt 94 Minuten pro Tag auch wirklich in Bildung zu investieren, bedarf es auch entsprechender und vor allem ansprechender Angebote - die Game-Based-Learning zur Verfügung stellen kann.

4.3. Lernprogramm vs. Lernspiel

Bereits seit der Erfindung der ersten Computer wurde über deren Einsatz in der Bildung nachgedacht. In den Anfängen wurden dabei eher bestehende Lernpfade auf dem Computer digital nachgestellt und noch kein Augenmerk auf die neuen Möglichkeiten gelegt, die Computer in der Bildungswelt bieten können. Während diese neuen Möglichkeiten des Lernens in der Anfangszeit in sich bereits eine Motivation waren, einfach um Arbeiten mittels eines

Computers zu erledigen, ist diese Art der Motivation mit der Etablierung der Computer in der heutigen Gesellschaft immer weiter zurückgedrängt worden (siehe [PREN 2001]). Heutzutage stellen Computer kein tolles, neues Gerät mehr dar, sondern sind in unseren Alltag integriert und aus diesem nicht mehr wegzudenken. Daher sind auch für die heutige Jugend uninteressante Aufgaben, die mittels Computer gemacht werden noch immer uninteressant. Wir sind also in einer Zeit angelangt, in der das Vorhandensein eines Gerätes an sich keine treibende Kraft in der Motivation mehr ist. Dennoch verbringen Jugendliche viel Zeit vor dem Computer. Allerdings sind dabei die Inhalte immer mehr in den Vordergrund gerückt. Es geht jetzt nicht mehr nur um das Werken am Computer, sondern auch sehr viel darum, was am Computer gewerkt wird. So können eben Computerspiele junge Menschen stundenlang an den Computer binden, sie schaffen es, dass sich Schülerinnen über einen langen Zeitraum mit einem Inhalt beschäftigen und sich auf diesen konzentrieren. Jedoch befinden sich unter diesen Spielen, die die Aufmerksamkeit von Menschen so lange bündeln können, leider kaum Spiele mit wesentlichen Inhalten. Hat hier die Lernsoftware die Entwicklung verschlafen (vergleiche [WECH 2008])?

Es hat sich gezeigt, dass bei der Entwicklung von Lernsoftware bis jetzt einfach andere Dinge im Vordergrund standen. So war die Frage nach der Bereitstellung der Inhalte von zentraler Bedeutung bei der Erstellung von Lernsoftware wie Moodle oder vergleichbaren Systemen. Das gesamte Softwaredesign hat dabei nicht den Spaß am Lernen in den Mittelpunkt der Entwicklung gesetzt, sondern sich hauptsächlich auf die Aufbereitung und Anordnung der Inhalte konzentriert (siehe [PREN 2001]). Auch die populäre Software Wikipedia wird es kaum schaffen, Schülerinnen derartig einzunehmen, dass diese Tage und Nächte vor den Bildschirmen verbringen, um sich die neuesten Artikel durchzulesen und dabei noch viel Spaß zu haben.

An diesem Punkt setzt Game-Based-Learning an. Um eine Software für Game-Based-Learning zu entwickeln, dürfen natürlich entsprechende Inhalte nicht fehlen. Allerdings muss im Mittelpunkt der Entwicklung der Spaß an der Sache

stehen (siehe [ZINW 2009]). Es geht nicht vordergründig darum, wie man den Inhalt wie in einer Bibliothek am übersichtlichsten ordnet oder ihn möglichst schnell verfügbar macht - denn in diesem Bereich gibt es mit Moodle, Wikipedia, etc. bereits eine ganze Palette an guter und brauchbarer Software - sondern darum, wie man den Inhalt möglichst so verpackt, dass es den Schülerinnen Spaß macht, sich mit einem Thema auseinanderzusetzen.

Im Volksschulbereich gibt es momentan noch am ehesten Programme, die diesem Ansatz entsprechen. Doch keines dieser Programme freut sich einer derartigen Beliebtheit wie etwa die SIMS-Reihe bei den PC-Spielen (siehe [WIKI 1]). Zwar verwenden Lernprogramme im Volksschulbereich meistens spielerische Elemente, um etwas bereits Gelerntes zu festigen oder Neues zu erarbeiten. Allerdings sind diese Spiele oft eine Nachahmung von Spielen der realen Welt - wie beispielsweise Memory. Hier stellt sich natürlich die Frage, ob es sinnvoll ist, ein Spiel, das man in der realen Welt gemeinsam spielen kann, und so auch noch eine soziale Komponente aufweist, einfach in den Computer zu verfrachten wobei die eigentliche Stärke des Computers im Hinblick auf Simulationsfähigkeiten, virtuelle Realitäten oder Ähnliches unausgenutzt bleibt (vergleich [PIVE 2004]).

Wenn man also will, dass all jene Energie, die Kinder beim Spielen von Computerspielen aufbringen, sinnvoll verwertet wird, dann muss man den Kindern auch etwas Entsprechendes bieten. Und das bedeutet, dass man Software entwickeln muss, die den Kindern genau so viel Spaß bereitet wie kommerzielle Spiele, aber darüber hinaus den Kindern einen schulischen Lehrstoff noch anschaulich und in eine gute Geschichte verpackt näher bringt. Und die Antwort auf diese Herausforderung heißt Game-Based-Learning.

5. Lerntheorien

5.1. Einleitung

Die Wissenschaft hat viele unterschiedliche Theorien aufgestellt, um die Entwicklung und das Lernen eines Menschen zu erklären. Diese Lerntheorien bilden die Grundlage an denen Spiele aus dem Bereich des Game-Based-Learning gemessen werden sollten. Wenn ein Spiel den Anspruch erhebt, Menschen etwas beizubringen, dann muss es sich auch gemäß der gängigsten Lern- und Entwicklungstheorien behaupten können. Im folgenden Kapitel werden einige dieser Lern- und Entwicklungstheorien vorgestellt und stellen somit die Basis für eine weitere Beschäftigung mit Game-Base-Learning Software dar. Die Theorien versuchen zu erklären, wie ein Mensch lernt - also wie der Mensch sein Verhaltensrepertoire erweitern und an seine Umwelt anpassen kann. Im Folgenden werde ich mich mit den vier Hauptströmungen der Lern- und Entwicklungstheorien befassen und deren Einfluss und Implikationen auf Spiele im Bereich des Game-Based-Learning darstellen.

Diese vier Hauptströmungen der Lern- und Entwicklungstheorien sind:

- die Psychoanalyse
- der Behaviourismus
- die Feldtheorie
- die kognitivistische Lerntheorie (siehe [BAUM 2007], teilw. [AZLI 2008])

Alle diese Theorien haben unterschiedliche Zugänge zum Lernen beziehungsweise zur Entwicklung. Bereits durch diese zwei Wörter werden zwei vollkommen unterschiedliche Blickwinkel zu den Lern- und Entwicklungstheorien geöffnet. Während die Lerntheorien grundsätzlich davon ausgehen, dass das Verhaltensrepertoire eines Menschen durch Umwelteinflüsse erweitert wird, gehen Entwicklungstheorien eher davon aus, dass die Entwicklung des Menschen durch innere Baupläne erfolgt und mehr oder weniger unabhängig von der

Umwelt automatisch abläuft (siehe [BAUM 2007]).

5.2. Die Hirnforschung

Ein momentan sehr aufstrebendes Forschungsgebiet ist die Hirnforschung. Da diese Forschungsrichtung allerdings noch in ihren Kinderschuhen steckt, lassen sich daraus zur Zeit noch keine für die Praxis relevanten Lerntheorien ableiten, obwohl die modernen bildgebenden Verfahren sehr viele Aufschlüsse über die im Gehirn stattfindenden Abläufe zulassen. Allgemein besteht das menschliche Gehirn aus mehreren Milliarden Nervenzellen, die untereinander durch ein Vielfaches an Verbindungen verbunden sind. Durch die Sinnesorgane des Menschen werden Umweltimpulse direkt an das Gehirn weitergeleitet und führen dort zu elektrochemischen Reaktionen. Interessant dabei ist, dass sich bestimmte Bereiche des Gehirns auf die Verarbeitung von bestimmten Arten von Informationen spezialisiert haben. So gibt es im Gehirn spezielle Zentren für die Sprachverarbeitung, für das Rechnen, für visuelle Ereignisse und so weiter. Da diese Bereiche bei allen gesunden Menschen gleichartig sind, scheinen sie bereits natürlich vorgegeben zu sein. Allerdings ist das menschliche Gehirn sehr adaptiv. Während bei gut hörenden Menschen das Sprachzentrum sehr eng mit dem Hörnerv verbunden ist, werden bei tauben Menschen durch das Erkennen von Gebärdensprache die gleichen Hirnregionen aktiv. Das Sprachzentrum scheint also nicht per se von einem akustischen Reiz abhängig zu sein, sondern eher auf eine bestimmte Qualität von Informationen anzuspringen. Auch bei Menschen, die durch Unfälle schwere Gehirnschäden davongetragen haben, zeigt sich, dass nach dem Ausfall bestimmter Hirnregionen die darin verarbeiteten Informationen in anderen Gehirnregionen verarbeitet werden können - zwar nicht mehr so gut und schnell wie vorher, allerdings besitzt das Gehirn Strategien, Störungen zu umgehen (siehe [BLAKE 2006]).

Ein weiteres Resultat der Hirnforschung belegt, dass das menschliche Gehirn bei der Geburt noch sehr unausgereift ist. In den ersten Lebensmonaten setzt im Gehirn allerdings ein schnelles Wachstum ein, denn Nervenzellen

und Verbindungen zwischen ihnen sprießen in großem Ausmaß. Allerdings ist diese Übervernetzung für den menschlichen Alltag nicht vorteilhaft. Durch dieses Übermaß an Verbindungen im Gehirn sind Babys beispielsweise dazu in der Lage, selbst verschiedene Gesichter von Affen auseinander zu halten. Auch Lautunterschiede nehmen Babys viel genauer wahr als erwachsene Menschen. Erst mit der Zeit wird dieser Überschuss an Nervenverbindungen wieder abgebaut. Dadurch entsteht die Schwierigkeit für Europäerinnen beispielsweise asiatische Gesichter auseinander zu halten oder Unterschiede in der chinesischen Aussprache festzustellen - eine Fähigkeit, die Babys durchaus hatten. Allerdings ist diese Spezialisierung für unseren Alltag enorm wichtig (siehe [CASP 2006]). Ohne sie würde das menschliche Gehirn wahrscheinlich in Eindrücken versinken, und wir hätten Probleme die eigene Sprache flüssig zu sprechen und zu verstehen.

Für das Game-Based-Learning legt diese Erkenntnis allerdings eines nahe: Verbindungen zwischen Gehirnzellen werden im Bedarfsfall aufgebaut, verstärkt und bei Nichtverwendung auch wieder abgebaut. Um also etwas dauerhaft zu lernen, müssen die entsprechenden Gehirnregionen über einen längeren Zeitraum regelmäßig stimuliert werden. Erst dann werden Nervenbahnen erzeugt und gefestigt. Andererseits werden Inhalte, die nicht benötigt werden genau so schnell wieder vergessen - die Verbindungen bauen sich wieder ab.

5.3. Die Psychoanalyse

Die Psychoanalyse ist eine Entwicklungstheorie, die davon ausgeht, dass sich der menschliche Geist in verschiedenen Phasen nach genau vorgegebenen Mustern entwickelt. Die Dauer der einzelnen Phasen kann dabei variieren, doch die Abfolge und die Ausprägungen der einzelnen Phasen sind grundsätzlich bei allen Menschen gleich und unabhängig von äußeren Einflüssen vorhanden. Mangelnde Umwelteinflüsse in bestimmten Phasen können Entwicklungsstörungen und im schlimmsten Fall auch geistige Störungen nach sich ziehen. Sigmund Freud unterteilt dabei den menschlichen Geist in das Es, das Ich und das Über-Ich. Der

gesamte Organismus wird von Trieben gesteuert. Durch das Befriedigen dieser Triebe empfängt der menschliche Körper ein Wohlgefühl. Es ist das Bestreben des Menschen, möglichst viele dieser Triebe zu befriedigen (siehe [BAUM 2007]).

Nach der Geburt befindet sich das Kleinkind in der Oralen Phase. Dabei werden alle Objekte, die die grundsätzlichen Bedürfnisse des Kindes befriedigen, wie die Muttermilch, über den Mund aufgenommen. Der Mund ist somit das zentrale Organ zur Befriedigung der Triebe des Kindes. Sollte ein Trieb des Kindes nicht befriedigt sein, so wird dies - wieder über den Mund - kundgetan, und die Mutter kümmert sich darum, dass diese Triebe Befriedigung finden. Das Kind muss sich noch keine Gedanken darüber machen, ob diese Triebbefriedigung nun erwünscht ist oder nicht. Außerdem erfährt das Kind, dass seine Mutter für die Befriedigung der Triebe zuständig ist - die Libido geht somit direkt auf die Mutter über (siehe [BAUM 2007]).

Nach der oralen Phase geht das Kind bis zum zweiten Lebensjahr in die anale Phase über. In dieser Phase lernt es, dass es seine Triebe nicht immer und überall befriedigen kann - es muss sich zurückhalten. Diese Zurückhaltung bereitet dem Kind allerdings auch Freude und seine Glücksgefühle stehen in direktem Zusammenhang mit seinem After. Auch in dieser Phase ist die Libido des Kindes noch sehr stark an seine Mutter als Ernährerin gebunden. Nachdem das Kind das erste Mal in seinem Leben die Triebbefriedigung aktiv zurückhalten muss, bildet sich das Ich aus und spaltet sich vom Es ab. Während das Es weiterhin die Triebe des Körpers ins Bewusstsein bringen will, entscheidet eine weitere Instanz - das Ich - ab jetzt, ob den Trieben entsprochen wird oder nicht (siehe [BAUM 2007]).

Nach der analen Phase geht das Kind in die phallische Phase über. In dieser Phase steht das Genital des Kindes im Mittelpunkt seines Interesses. Es erkennt die sozialen Rollen in der Familie und will ebenfalls in diese Rollen hineinschlüpfen. Mädchen wollen in dieser Phase die Rolle der Mutter übernehmen und ihre Libido geht direkt auf den Vater über, während Buben die Rolle des Vaters einnehmen

wollen und ihre Libido daher auf die Mutter übergeht. Natürlich werden diese Triebe des Kindes nicht befriedigt und das Kind geht mit etwa sieben Jahren in die nächste Phase der Entwicklung über (siehe [BAUM 2007]).

In der Latenzzeit verliert das Genital des Kindes an Einfluss über seine Triebe. In dieser Zeit entdecken die Kinder auch zum ersten Mal die geschlechtlichen Unterschiede zwischen Buben und Mädchen. Die Buben erkennen, dass nicht alle Kinder einen Penis haben. Durch den immer noch unbefriedigten Wunsch der phallischen Phase, die Rolle des gleichgeschlechtlichen Elternteils zu übernehmen, wächst in den Buben eine Kastrationsangst. In der Welt der jungen Männer gibt es in dieser Phase zwei Arten von Menschen - diejenigen, welche noch einen Penis haben (Knaben), und diejenigen welche bereits kastriert wurden (Mädchen). Diese Kastration sehen Buben in diesem Alter als Bestrafung wegen der verbotenen Liebe zu Mutter. Ebenfalls in dieser Phase entwickelt sich auch die Inzestschranke, die die Liebe zu nahestehenden Familienmitgliedern verbietet. Durch diese permanente Kastrationsangst geht das Zentrum der Triebe weg vom genitalen Bereich. Die Libido wechselt in der Latenzphase auch öfter zwischen Vater und Mutter (siehe [BAUM 2007]).

Die Mädchen hingegen, welche ja aufgrund ihrer inzestuösen Triebe bereits kastriert wurden, entwickeln in dieser Phase einen Penisneid. Sie schämen sich dafür, dass ihnen der Penis abgenommen wurde. Wie bei den Buben verlässt das Triebzentrum auch bei den Mädchen den Genitalbereich und die Libido wandert ebenso wie bei den Buben zwischen beiden Elternteilen hin und her (siehe [BAUM 2007]).

Nach dieser ruhigen Phase treten die Buben und Mädchen in die Pubertät ein, in der der Sexualtrieb wieder eine vorrangige Rolle einnimmt. Allerdings stehen jetzt nicht mehr die Elternteile im Zentrum der Libido. Da der Sexualtrieb in der Pubertät immer noch nicht ganz ausgereift ist, jedoch die Inzestschranke bereits voll funktionsfähig ist, geht die Libido in dieser Phase sehr oft auf andere, unerreichbare Liebesobjekte wie Popstars und Schauspielerinnen über.

Erst allmählich beginnt sich der Sexualtrieb an gleichaltrigen Partnerinnen zu orientieren. Diese Entwicklung findet erst im Erwachsenenalter sein Ende (siehe [BAUM 2007]).

5.3.1. Pädagogische Implikationen der Psychoanalyse

Gemäß Siegmund Freuds Tochter Anna Freud sind die Auswirkungen der Psychoanalyse auf pädagogische und didaktische Theorien eher gering. Die einzelnen Entwicklungsphasen sind intern bereits vorprogrammiert und laufen daher von selber ab. Pädagogisch sollte nur darauf geachtet werden, dass während der einzelnen Phasen keine der Entwicklung zuwiderlaufenden Impulse gesetzt werden. Wird also während der phallischen Phase der Liebe zum gegengeschlechtlichen Elternteil entsprochen, so hat dies Entwicklungsstörungen in den folgenden Phasen zur Folge (siehe [BAUM 2007]).

Im Bereich des Game-Based-Learning bietet die Psychoanalyse allerdings einige interessante Anhaltspunkte. Da laut Freud das gesamte Handeln des Menschen darauf ausgerichtet ist, seine eigenen Triebe zu befriedigen, kann dadurch ein enormes Motivationspotential ausgeschöpft werden. Bereits jetzt lässt sich beobachten, dass Kinder und teilweise auch Erwachsene mit sehr viel Eifer dem Spielen nachgehen. Der Körper verwendet also beträchtlich viel Energie darauf, diese Spiele zu ermöglichen. Dies legt doch aber gemäß der Psychoanalyse nahe, dass das Spielen in der Lage ist, die menschlichen Triebe (durch die ja das Handeln bestimmt wird) in einer gewissen Weise zu befriedigen. Für die weitere Bearbeitung des Themas Game-Based-Learning wird also von Seiten der Psychoanalyse zu beachten sein, dass es für eine Zuwendung des Menschen zu einer bestimmten Tätigkeit vorteilhaft ist, wenn dabei die Triebe des Menschen befriedigt werden.

5.4. Der Behaviorismus

Im Behaviorismus wird das Verhalten eines Menschen mit Hilfe eines Reiz-

Reaktions Schemas erklärt. Dabei werden von der Umwelt Reize gesetzt, auf die der Organismus des Menschen in einer gewissen Weise reagiert. Ursprünglich war es das Ziel des Behaviorismus die Psychologie auf eine naturwissenschaftliche Basis zu stellen, die Verhaltensmuster durch Experimente und quantifizierbare Aussagen erklärte. Das wohl bekannteste Experiment der behavioristischen Theorie vollbrachte Iwan Petrowitsch Pawlow. Sein „Pawlowscher Hund“ bekam bei jeder Fütterung eine Glocke zu hören und bald reichte das klingeln der Glocke bereits aus, die Speichelproduktion des Hundes zu stimulieren. Dadurch wurde einerseits gezeigt, dass das Läuten der Glocke als äußerer Reiz genügte, um eine körpereigene Reaktion hervorzurufen, andererseits wurde aber ebenso gezeigt, dass es möglich ist, gewisse Reaktionen auf äußere Reize anzutrainieren. Bei verschiedenen Experimenten mit Ratten, bei denen die Umweltstimuli im Laufe des Experiments geändert wurden, traten allerdings unverhergesehene Ergebnisse ein. Diese Tatsache legte nahe, dass die benutzte Theorie noch nicht ausreichend war, um das Verhalten eines Lebewesens zu erklären (siehe [BAUM 2007]).

Burrhus Frederic Skinner entwickelte daher den radikalen Behaviorismus. Dieser unterschied sich vom klassischen Behaviorismus dadurch, dass die Reiz-Reaktions-Ketten durch so genanntes operantes Verhalten ersetzt wurde. Beim operanten Verhalten resultiert menschliches Verhalten nicht nur aus den gesetzten Reizen, sondern aus einem Wechselspiel mit der ihn umgebenden Umwelt. So setzt der Mensch manche Aktionen, um seine Umwelt gezielt zu beeinflussen. Anhand des Ergebnisses dieser Beeinflussung wird das Verhalten bewertet. Dabei unterscheidet Skinner zwischen positiver und negativer Verstärkung und Bestrafung. Sollte nach einem gezeigten Verhalten eine positive Verstärkung eintreten, so steigt die Wahrscheinlichkeit des Auftretens dieses Verhaltens. Positive Verstärkungen können dabei verschiedenster Art sein und vom Erreichen eines Zieles bis hin zu sozialer Anerkennung reichen. Sollte das Verhalten nicht die gewünschten Reaktionen der Umwelt hervorrufen, so tritt eine negative Verstärkung ein. Das Verhalten hat nicht zum Ziel geführt und wird dementsprechend weniger oft ausgeführt. Skinner unterscheidet noch zwischen

negativer Verstärkung und Bestrafung. Während negative Verstärkung bereits einfach durch ausbleiben positiver Umwelteffekte eintreten kann, treten bei Bestrafung gezielt negative Ergebnisse eines Handelns auf (siehe [BAUM 2007]).

Im Bereich des Game-Based-Learning bedeutet das, dass die Aktionen, mit denen eine Spielerin das Spiel beeinflusst, durch entsprechende Verstärkungen oder Bestrafungen bedacht werden müssen. Sollte eine Spielerin etwas lernen, so muss das auf diesem Lernerfolg beruhende Verhalten durch eine positive Verstärkung wie etwa dem Erreichen eines Zwischenziels oder Voranschreiten des Spiels belohnt werden. Sollte durch die Aktionen der Spielerin jedoch ersichtlich werden, dass das gewünschte Lernziel noch nicht erreicht wurde, so muss entweder eine negative Verstärkung etwa durch die Blockade des Spielvortschritts oder sogar eine Bestrafung durch Nachteile im Spiel erfolgen.

Gerade im Bereich der Computerspiele lassen sich dergleichen Konzepte bereits sehr oft finden, obwohl bei der Entwicklung der Spiele der skinnerische Behaviorismus wohl eher weniger Beachtung gefunden hat. Dennoch ist der Behaviorismus eine im Bereich des Digital Game-Based-Learning nicht zu missachtende Theorie, die jedenfalls ihren Einzug in die didaktischen Konzepte des Spiels finden sollte!

5.5. Die Feldtheorie

Kurt Lewin beschreibt die Umwelt eines Menschen ähnlich wie in der Physik als Feld. In diesem psychologischen Feld agiert der Mensch und versucht so, durch sein Agieren Einfluss auf die ihn umgebenden Kräfte des Feldes zu nehmen. Dabei stehen der Mensch und das ihn umgebende psychologische Feld in einer Wechselbeziehung. Bevor der Mensch etwas unternimmt, untersucht er das ihn umgebende Feld und erfasst so die Lage, in der er sich befindet. Sollte dabei der Einfluss der Person sowie das genaue Aussehen des sie umgebenden Feldes bekannt sein, so lässt sich mathematisch auch das Verhalten dieser Person berechnen (siehe [BAUM 2007]).

Auch Spiele erzeugen in dieser Theorie ein psychologisches Feld, in dem der Mensch agiert. Nach und nach erfasst der Mensch dieses Feld und die ihm zugrunde liegenden Regeln und lernt so durch eigene Aktivitäten dieses Feld zu beeinflussen. Je nach Reaktion des Feldes auf die Aktionen der Spielerin wird dabei Unterschiedliches gelernt.

5.6. Die kognitivistische Lerntheorie

Diese Lerntheorie wendet sich davon ab, die Lernende als passive Empfängerin von Umweltsignalen zu sehen und steckt die Lernende in eine aktive Rolle. Beim Lernen wird ein persönliches Bild von der Umwelt entwickelt. Je nach Alter sind jedoch die kognitiven Strukturen der Lernenden unterschiedlich ausgeprägt und dementsprechend anders sehen auch die Modelle aus, die sich Menschen von ihrer Umwelt anlegen. Während im Säuglingsalter Gegenstände, die aus dem Blickfeld des Kindes verschwinden, aufhören zu existieren, wird dieses Konzept mit der Zeit durch ein anderes, tragfähigeres Konzept ersetzt, das nämlich Gegenstände auch dann weiter existieren, wenn sie sich gerade nicht im Blickfeld des Kindes befinden (siehe [BAUM 2007]). Dadurch wird ersichtlich, dass das menschliche Gehirn stets darauf bedacht ist, Erklärungsmuster für seine Umwelt zurechzulegen, die Qualität dieser Erklärungsmuster allerdings sehr stark von der Entwicklung und der geistigen Reife des Kindes abhängen. Die Weiterentwicklung der kognitiven Lerntheorien münden in den konstruktivistischen Lerntheorien, die davon ausgehen, dass sich jeder Mensch seine Umwelt eigentlich erst selber erschafft (siehe [ARNO 2007]). Die Umwelt und wie Menschen ihre Umwelt wahrnehmen, hängen somit stark vom Blickpunkt der Betrachterin ab und wird je nach Wissens- und Entwicklungsstand konstruiert.

Für das Game-Based-Learning bedeutet das, dass wenn erfolgreiches Lernen stattfinden soll, die bereits vorhandenen Erklärungsmuster erweitert werden müssen. Dies erfordert allerdings zuerst, dass bereits bestehende Erklärungsmuster für anstehende Probleme nicht ausreichend sind. Sollte das

vorhandene Wissen um die Umwelt bereits ausreichen, um ein Problem zu lösen, so wird der Mensch nichts Neues lernen, sondern einfach das Vorhandene auf das gegebene Problem anwenden. Erst wenn das vorhandene Wissen nicht mehr ausreicht um ein Problem zu lösen, muss sich der menschliche Geist neue Muster zurechtlegen, um sich dem Problem zu nähern. Eine Grundlage der konstruktivistischen Lerntheorien ist somit, dass das vorhandene Wissen zuerst „in die Krise“ geführt werden muss, bevor Lernen stattfinden kann.

An diesem Punkt müssen Lernmaterialien aus dem Bereich des Game-Based-Learning ansetzen. Damit sich die Kinder etwas Neues aneignen, muss ihr Wissen zuerst in die Krise geführt werden. Sie sollen dabei nicht in der Lage sein, das Problem, vor dem sie stehen durch ihr bisheriges Wissen lösen zu können. Sobald das gewährleistet ist, öffnet sich der menschliche Geist, um sein vorhandenes Wissenrepartoire zu adaptieren und Neues zu lernen. Sobald sich der Mensch ein neues Erklärungsmuster zurechtgelegt hat, wird dieses am gegebenen Problem erprobt. Sollte sich das neue Erklärungsmuster als zweckmäßig erweisen, so wird es in das vorhandene Verhaltensrepartoire aufgenommen, andernfalls muss sich der Geist noch weiter adaptieren (siehe [ARNO 2007]). Natürlich müssen auch die Spiele des Game-Based-Learning diesen Umstand berücksichtigen. Erst wenn sich ein Kind die richtigen Muster angeeignet hat, darf sich dadurch das Problem lösen lassen. Nur etwas richtig Gelerntes liefert den gewünschten Erklärungserfolg für das neue „Umweltproblem“.

6. Computerspiele und Lernen

6.1. Welche Spiele sind für welche Inhalte geeignet?

Im Bereich der Computerspiele gibt es verschiedene Unterteilungen, wie ein Computerspiel aufgebaut ist, wie es gespielt wird und welche Inhalte darin vorkommen. Diese Unterteilungen werden bei Computerspielen allgemein Genres genannt und jedes Genre besitzt seine eigenen Merkmale, die sich natürlich auch auf die darin verarbeiteten Inhalte auswirken. Je nach Genre werden also andere Inhalte angeboten oder die Inhalte zumindest anders aufbereitet. Daher ist es auch bei Lerninhalten interessant zu wissen, welche Inhalte sich denn besonders gut oder besonders schlecht in ein Computerspiel eines bestimmten Genres implementieren lassen. Für eine weitere Analyse werde ich die Genreeinteilung von Wikipedia heranziehen, die in sehr ähnlicher Form übrigens auch bei den renommiertesten Spielezeitschriften Anwendung findet (Gamestar, PC-Games, Gamers.at, ...). Gemäß Wikipedia (siehe [WIKI 2]) lassen sich Computerspiele in folgende große Kategorien einteilen, die ihrerseits wieder weiter unterteilt werden:

- Actionspiel
- Abenteuerspiele
- Strategiespiele
- Simulationen
- Sportspiele
- Sonstige

Im Folgenden werde ich die Besonderheiten der einzelnen Genres hervorheben und deren Bedeutung für das Digital Game-Based-Learning anführen.

6.1.1. Actionspiel

Actionspiele sind jene Computerspiele, die vor allem die Geschicklichkeit im

Umgang mit den Eingabegeräten und Reaktionsschnelligkeit von den Spielerinnen erfordern. Zu dieser Kategorie gehören Jump'n'Run Spiele, deren bekannteste Vertreter wohl „Prince of Persia“ oder „Super Mario“ sind. Außerdem zählen auch diverse Shooter zu den Actionspielen, wie etwa die Quake-Reihe oder die Tomb Raider-Reihe. Ebenfalls in die Riege der Actionspiele reihen sich Rennspiele wie „Need for Speed“ (siehe [WIKI 3]).

Auf den ersten Blick scheinen diese Spiele eher ungeeignet zu sein, um damit etwas zu lernen. Dennoch bieten sich auch bei den Actionspielen viele Möglichkeiten. Einerseits trainieren, wie bereits erwähnt, die Actionspiele die Geschicklichkeit der Spielerinnen, andererseits eignen sie sich auch hervorragend, um den Umgang mit den Eingabegeräten des Computers zu trainieren. Neben diesen motorischen Trainingsmöglichkeiten lassen sich allerdings auch kognitive Inhalte in Computerspiele dieses Genres verpacken. Dadurch, dass bei diesen Spielen Reaktionsschnelligkeit und Geschicklichkeit eine Rolle spielen, eignen sie sich hervorragend, um eben jene Sachverhalte erlebbar und damit lernbar zu machen. So ließe sich beispielsweise der Lebenszyklus eines Virus wunderbar in ein Actionspiel verwandeln. Dabei schlüpfen die Spielerinnen in die Rolle eines Virus und müssen versuchen, möglichst viele Zellen zu infizieren, bevor sie von den menschlichen Abwehrstoffen zerstört werden. Um etwas mehr Taktik in das Spiel zu bringen, ließen sich auch Mutationen in das Spiel integrieren, oder die Spielerinnen können wählen, ob sie lieber Viren oder Antikörper sind. Auf jeden Fall kann durch solch ein Spiel veranschaulicht werden, wie Viren arbeiten, wie sie sich vermehren und wie sie sich verändern.

Weitere Ideen aus dem Bereich der Actionspiele wären Spiele, die physikalische Zusammenhänge aufzeigen. Gerade in der Physik sind alle Reaktionen und Gesetze zeitabhängig. Dieser Zeitfaktor wird bei Actionspielen etwa zu den Themen Trägheit, Reibung, Kernspaltungen, ... für die Spielerinnen erlebbar gemacht.

Im Allgemeinen stehen bei Actionspielen allerdings weniger Denken und Kombinieren im Vordergrund, wodurch sie sich eher eigenen, Dinge erlebbar zu machen - hier allerdings mit dem Vorteil, dass zeit- und reaktionskritische Vorgänge korrekt abgebildet werden können.

6.1.2. Abenteuerspiele

Im Gegensatz zu den Actionspielen stehen bei Abenteuerspielen nicht mehr Geschicklichkeit und Reaktionsvermögen im Vordergrund, sondern die Fähigkeit Aufgaben zu lösen. Zu den Abenteuerspielen zählen daher die klassischen Adventures wie „Monkey Island“ und Rollenspiele wie etwa „Diablo“ (siehe [WIKI 2]). Durch den Charakter des AufgabenlöSENS eignen sich Spiele dieses Genres besonders dafür, Lerninhalte darin zu verpacken. Besonders Rollenspiele besitzen eine ganz besondere Eigenheit: Dadurch, dass die Spielerin in Rollenspielen in die Rolle einer anderen Person schlüpft und deren Handlungen und Interaktionen bestimmt, eignen sich besonders Rollenspiele zum Lernen und Anwenden von Sprachen. Sonst lassen sich beinahe alle Lerninhalte in Form von Rätseln oder einer Aufgabe in Abenteuerspiele verpacken. Sofern dies gewünscht ist, besteht auch die Möglichkeit, einige historische Fakten in das Spiel zu integrieren, um so beispielsweise berühmte Entdeckungen oder bestimmte Ereignisse selber nachspielen zu können und erlebbar zu machen.

Eine Möglichkeit wäre ein Spiel, bei dem die Spielerinnen in die Rolle von Thomas Edison schlüpfen, um das Prinzip des elektrischen Stromes zu entdecken. Daneben spielen natürlich noch andere Wissenschaftlerinnen, Geldmangel und eine Menge an Fehlversuchen eine entscheidende Rolle. Nach Bestehen des Abenteuers verstehen die Spielerinnen wahrscheinlich nicht nur besser, was der elektrische Strom bewirkt, wie Strom erzeugt und verwendet wird, sondern können auch etwas über das Leben der damaligen Zeit erfahren, darüber, wie Wissenschaft vor etwa 100 Jahren war und auch Persönliches über Thomas Edison.

Ein sicherlich genau so spannendes Abenteuerspiel wäre ein netzwerkfähiges Rollenspiel, das in der Zeit des Wiener Kongresses angelegt ist. Dabei können die Spielerinnen in die Rolle verschiedenster Diplomatinen der damaligen Zeit schlüpfen. Je nach Ausgangssituation des Landes bekommen die Spielerinnen verschiedene Aufgaben und Ziele, die sie zu erledigen haben. Neben Sprachbarrieren und der höfischen Etikette stehen den Spielerinnen auch die zuwiderlaufenden Interessen der anderen Diplomatinen im Weg.

Im Allgemeinen lassen sich jene Inhalte besonders gut in Abenteuerspiele verpacken, die sich in Aufgaben und Rätsel finden. Schnelle Entscheidungen zu treffen ist nicht gefragt, dafür aber die Fähigkeit zu kombinieren. Rollenspiele im Besonderen eignen sich für soziale Interaktion und dem Erlernen von Sprachen.

6.1.3. Strategiespiele

In Strategiespielen wird den Spielerinnen ein strategisches beziehungsweise taktisches Geschick abverlangt. Im Gegensatz zu Abenteuerspielen steht dabei nicht das Lösen von Aufgaben und das Knobeln im Vordergrund, sondern das Treffen der richtigen Entscheidungen im richtigen Moment. Bei den Strategiespielen gibt es einerseits rundenbasierte Strategiespiele wie etwa „Civilisation“ oder die „Total War“-Reihe und andererseits Echtzeitstrategiespiele wie die „Command & Conquer“-Reihe oder „Starcraft“. Zu den Strategiespielen zählen auch Wirtschaftssimulationen wie „Sim City“ oder „Die Gilde“ (siehe [WIKI 4]). Wie der Name bereits verrät, sollten sich die Spielerinnen bei Strategiespielen einen Plan zurechtlegen, dessen Verfolgung ihnen den gewünschten Spielerfolg bringt. Durch Ereignisse oder Informationen kommt es bei Strategiespielen vor, dass der Plan während des Spiels adaptiert werden muss. Üblicherweise gewinnt bei Strategiespielen die Person, die ein besseres Verständnis der zugrundeliegenden Spiellogik hat. Daher eignen sich Strategiespiele besonders um ein tieferes Verständnis eines Zusammenhangs herzustellen.

In dem entwickelten Prototyp „Geometria“ geht es beispielsweise darum, Polygone mit verschiedenen Merkmalen herzustellen. Um ein Polygon herzustellen, benötigt die Spielerin allerdings die Koordinaten seiner Eckpunkte sowie seinen Flächeninhalt. Je nach Aussehen des Polygons erhält es bestimmte Kampfwerte. Je tiefer das Verständnis vom Berechnen des Flächeninhalts eines Polygons ist, desto eher ist die Spielerin in der Lage ein in seinen Kampfwerten optimiertes Polygon zu erschaffen. Dieses tiefe Verständnis beeinflusst dann natürlich auch die verwendete Strategie im Spiel.

Eine weitere Idee für ein Spiel wäre, wenn die Spielerinnen die Kontrolle über eine Kolonie von Einzellern besitzen. Durch Wahl des Lebensraumes für die Kolonie und genetischer Entwicklung können die Spielerinnen ihrer Art das Überleben sichern. Dabei könnte ein grundlegendes Verständnis von Evolution und Überlebenskampf gewonnen werden.

Im Allgemeinen lässt sich sagen, dass Strategiespiele eher für Inhalte geeignet sind, bei denen es um das Verstehen von Zusammenhängen geht. Um auswendig zu lernen, empfehle ich auf keinen Fall Strategiespiele.

6.1.4. Simulationen

Bei Simulationsspielen werden reale Sachverhalte, die normalerweise nicht jeder zugänglich sind, in einem Computerspiel dargestellt. Diese Simulationen umfassen klassische Flugsimulationen wie den Microsoft Flight Simulator ebenso wie Fahrsimulationen wie etwa die Grand Prix-Reihe und Weltraum-, Marine-, Lebenssimulationen wie „Die Sims“-Reihe (siehe [WIKI 5]). Bei diesen Simulationen werden reale physikalische, soziale oder wirtschaftliche Zusammenhänge möglichst detailgetreu modelliert.

Eine Umsetzungsvariante wäre beispielsweise eine Göttersimulation, bei der die Spielerinnen in die Rolle einer imaginären Göttin schlüpfen und so Einfluss auf die Plattentektonik eines Planeten nehmen können. Dabei werden Erdbeben,

Vulkanausbrüche und Tsunamis simuliert und verschaffen den Spielerinnen so einen Einblick in die Funktion unserer Kontinente.

Eine andere Möglichkeit der Umsetzung wäre ein Spiel, bei dem die Spielerin die Abläufe in einem Ameisenhaufen steuern muss. Dabei muss sie ihre Untertanen durch Gefahren lenken, für Futter und Nachwuchs sorgen und gegebenenfalls den Bau erweitern lassen.

Im Allgemeinen eignen sich solche Inhalte besonders für Simulationen, deren reale Erfahrung schlichtweg unmöglich ist oder mit erheblichen Gefahren verbunden ist. In einer Computersimulation können die Spielerinnen dennoch einen Einblick in die Thematik bekommen, müssen die Konsequenzen ihres Handelns allerdings nicht tragen. Im Rahmen eines Computerspiels dürfen diese Simulationen natürlich nicht nur passiv konsumiert werden, sondern die Spielerinnen müssen bis zu einem gewissen Grad die Möglichkeit haben, diese Simulation durch ihre eigenen Entscheidungen zu beeinflussen.

6.1.5. Sportspiele

In Sportspielen können die Spielerinnen mit Hilfe des Computers eine Sportart ausüben (siehe [WIKI 6]). Zu den Sportspielen zählen im engeren Sinn keine Sport-Managerspiele, da diese bereits bei den Wirtschaftssimulationen abgehandelt wurden. Auch Rennspiele wurden bereits vorher behandelt. Im Bereich des Game-Based-Learning bieten Sportspiele daher relativ wenig Optionen, da sich diese aus ihrer Definition heraus auf bestehende Sportarten beziehen müssen. Neben den bei den Actionspielen bereits erwähnten Verbesserungen im Bereich der Motorik und der Reaktionsfähigkeit könnten Sportspiele unter Umständen noch dazu dienen, sich mit exotischeren Sportarten zu befassen oder sich einen Überblick über den aktuellen Stand des Sports zu verschaffen.

6.1.6. Sonstige

Die sonstigen Computerspiele beinhalten all jene Spiele, die in keine der bisher genannten Kategorien passen. Diese unterteilen sich laut Wikipedia in Retrospiele, unter die die ersten Computerspiele ohne ausgereifte Grafik fallen, Puzzle- und Mah-Jongg-Spiele, bei denen die Spielerinnen diverse simuliert-mechanische Rätsel nach gewissen Regeln lösen müssen und Lernspiele (siehe [WIKI 2]).

Aufgrund der Diversifiziertheit dieses Genres lässt sich keine allgemeine Aussage über Vor- und Nachteile für Game-Based Learning dieser Spiele treffen.

6.1.7. Online-Spiele

Obwohl es kein eigenes Genre ist sollte der Online-Faktor in der modernen Spielewelt nicht vergessen werden. Gerade für das Game-Based-Learning bietet das Internet eine enorme Verbreiterung des Spektrums. Dadurch können die Spielerinnen miteinander in Kontakt treten, miteinander interagieren und auch gegeneinander spielen. Dadurch wird einerseits die soziale Komponente des Spielens noch weiter gestärkt, andererseits haben die Spielerinnen auch die Möglichkeit, sich gegenseitig etwas beizubringen und Erfahrungen und Strategien auszutauschen. Sollten die Spiele sogar so konzipiert sein, dass sie keine Installation erfordern, so hat dies für den Schul- und Heimbetrieb weitere Vorteile. Um ein neues Produkt in einem Schulnetzwerk zu etablieren, ist meistens viel Zeit und Geduld erforderlich. Die Netzwerkadministratorinnen der Schulen bekommen ein geringes Stundenausmaß, um alle Computer am Laufen zu halten und sich um die Wünsche ihrer Kolleginnen zu kümmern. Ein neues Programm zu installieren, dessen Funktion zu prüfen und dann die Installation auf alle Computer im Schulnetzwerk zu kopieren ist sehr zeitaufwändig und wird meistens nicht öfter als ein mal pro Jahr durchgeführt. Daher bieten reine Online-Spiele den Vorteil, dass diese ohne zusätzliche Installationen dann verfügbar sind, wenn sie benötigt werden. Auch für die Spielerinnen

zu Hause haben Online-Spiele etwas Positives. Da die wenigsten Kinder einen Computer ihr Eigen nennen können, verwenden Sie den Computer daheim oft gemeinsam mit Geschwistern und Eltern. Auch hier müssen Installationen zuerst mit den für die Administration verantwortlichen abgesprochen werden. Dabei treten oft Probleme auf, die die Kinder daheim nicht lösen können. Wenn das Spiel allerdings online zur Verfügung steht, dann ist eine funktionierende Internetverbindung und ein Webbrowser das Einzige, was den Spielerinnen zur Verfügung stehen muss. Der Nachteil reiner Online-Spiele liegt natürlich in der Abhängigkeit vom Internet. Sollte das Internet ausfallen, dann ist es in der Unterrichtsstunde ratsam, ein Ersatzprogramm vorzubereiten. In der Freizeit haben viele Kinder immer noch das Problem, dass sie über keinen Internetzugang verfügen oder dieser Zugang zeitlich beschränkt ist, was eine längere Auseinandersetzung mit dem Spiel erschwert. Durch technische Einschränkungen können Online-Spiele auch nicht den aktuellen technischen Standard von installierten Computerspielen erreichen - besonders im Hinblick auf die Grafik.

6.2. Lerninhalte in Computerspielen

Grundsätzlich gibt es verschiedene Möglichkeiten, ein Computerspiel mit einem Lerninhalt zu versehen. Ein Computerspiel übermittelt durch verschiedene Ebenen Informationen über das Spiel an die Spielerin (siehe [ROLL 2003]). Diese Informationen, die über das Spiel weitergegeben werden, und die die Spielerin als Feedback zu ihren Aktionen erhält, können natürlich auch Wissensinhalte transportieren. Der Lerninhalt wird bei Computerspielen also in dem Feedback des Spiels zu den Aktivitäten der Spielerin verpackt. Dabei besitzt jedes Computerspiel verschiedene Ebenen, auf denen das visuell oder auditiv weitergeleitete Feedback beruht. Diese Ebenen sind

- die Darstellungsebene
- die Spiellogik
- die Interaktionsebene

6.2.1. Die Darstellungsebene

In der Darstellungsebene werden Informationen generiert, die rein mit dem Visuellen zu tun haben. Dies können bei einem historischen Spiel das Aussehen der Gebäude oder das Gewand der Leute sein. In einem biologischen Spiel könnte das Aussehen einer Zelle eine Information sein, die eine Spielerin über die Darstellungsebene bekommt. Ebenso wie das Aussehen gehören auch Geräusche zur Darstellungsebene. So könnte eine Spielerin über die Darstellungsebene auch lernen verschiedene Tiere akustisch zu erkennen. Die Darstellungsebene umfasst somit alle Informationen, die Menschen ohne weitere Interpretation durch ihre Sinnesorgane wahrnehmen. Gäbe es Computer mit Geruchsentwicklung, so würden auch Gerüche zur Darstellungsebene zählen.

6.2.2. Die Spiellogik

Die Regeln, auf denen ein Computerspiel basiert und nach denen ein Spiel abläuft, heißt Spiellogik. Diese Regeln des Spiels müssen die Spielerinnen lernen, damit sie das Spiel überhaupt spielen können. Natürlich können diese Spielregeln auch durchaus nützliche Lerninhalte besitzen. Wenn eine Spielerin beispielsweise in einem Chemiespiel eine Explosion verursacht, dann ist das eine Information die die Spielerin aufgrund der Spiellogik erhält. Natürlich wird der Spielerin die Explosion visuell und vielleicht sogar auditiv näher gebracht. Auf der Darstellungsebene hat die Spielerin allerdings gelernt, wie eine Explosion aussieht, während sie auf der Ebene der Spiellogik gelernt hat, welche Aktionen diese Explosion hervorrufen und welche Aktionen sie daher in Zukunft unterlassen sollte.

6.2.3. Die Interaktionsebene

Wann immer eine Spielerin mit einem Objekt innerhalb des Spiels interagiert, hat die Spielerin die Möglichkeit Informationen über die Interaktionsebene zu bekommen. Wenn eine Spielerin beispielsweise in einem historischen Spiel mit

einer anderen Person im heutigen Jargon spricht und diese Person daraufhin eine negative Reaktion zeigt - die natürlich wieder über die Darstellungsebene vermittelt wird - dann hat die Spielerin über die Interaktionsebene etwas über die Etikette der damaligen Zeit gelernt. Die Art der negativen Auswirkungen dieser Interaktion wiederum sind Teil der Spiellogik-Ebene.

6.2.4. Lerninhalte

Je nach Art des zu verpackenden Inhalts muss die entsprechende Ebene zur Inhaltsvermittlung gewählt werden. Während rein äußerliche Dinge offensichtlich in die Darstellungsebene gehören, gestaltet es sich bei anderen Inhalten schwieriger diese einzugliedern. Allgemein kann allerdings gesagt werden, dass Inhalte, die ganz wesentlich das Spielprinzip und den Spielablauf mitentscheiden, Teil der Spiellogik sind, während Inhalte, die in einem gleichartigen Spiel mit einem anderen Ablauf nicht mehr zwangsläufig vorkommen, Teil der Interaktionsebene sind.

7. Kriterien erfolgreicher Computerspiele

7.1. Einleitung

Die heutige Welt unterliegt einem rasanten Wandel. Neue Entdeckungen und Forschungsergebnisse werden wesentlich schneller und häufiger gemacht als noch vor 100 Jahren. Dementsprechend haben sich Wissen und Fertigkeiten in der heutigen Welt zu Schlüsselqualifikationen herauskristallisiert, ohne die ein Überleben in der Welt schwierig, wenn nicht gar unmöglich gemacht wird. Es ist die Aufgabe der Schule, den Kindern das nötige Wissen und die nötigen Fertigkeiten zu vermitteln, damit diese alle notwendigen Grundlagen besitzen, um ihr weiteres Leben nach ihren Wünschen gestalten zu können.

Doch mit dem Fortschritt wurden auch die benötigten Fertigkeiten und das benötigte Grundwissen immer mehr. Die heutige Schule muss es also schaffen, den Kindern in immer weniger Zeit immer mehr zu vermitteln. Dies verlangt von den Kindern natürlich auch einen Einsatz außerhalb der Unterrichtszeiten. Doch ein Mensch - besonders ein junger - hat natürlich auch das Bedürfnis nach Spaß und Freude. Dieses Bedürfnis wird heutzutage zur Genüge von der Unterhaltungsindustrie abgedeckt.

Die Schule befindet sich in der heutigen Welt eigentlich in einem steten Kampf. Durch Appelle an die Vernunft und die damit verbundenen Zukunftsaussichten versucht die Schule die Kinder nicht vollständig an die Unterhaltungsindustrie zu verlieren. Es herrscht also ein regelrechter Kampf zwischen Bildung und Unterhaltung um die rare Freizeit der Kinder und Jugendlichen. Doch auch in diesem Kampf könnte eine „Invasionstaktik“ von Nutzen sein. Denn sollte es der Bildung gelingen, in den Unterhaltungssektor einzutauchen, so können die Kinder den von ihnen gewünschten Spaß haben und gleichzeitig auch etwas lernen. In dieser Sparte setzt Game-Based-Learning an. Die Schwierigkeit des Unterfangens liegt dabei jedoch auf der Hand. Will man den Unterhaltungssektor für Bildungsziele gebrauchen, so befindet man sich

automatisch in einem Machtkampf mit den führenden Firmen dieser Branche. Jene Unterhaltungsangebote mit Bildungsinhalt müssen so konzipiert sein, dass sie ein attraktives Angebot für die Jugendlichen neben den bereits bestehenden Angeboten darstellen. Dabei darf bei den angebotenen Bildungsinhalten nicht derselbe Fehler wiederholt werden, der in der Vergangenheit bereits gemacht wurde: Bildungsfernsehen zu langweiligen Nachrichtensendungen verkommen zu lassen, Lernspiele genau so zu gestalten, wie sich das Üben in der realen Welt abspielt, nur am Computer. Wenn man den Kindern und Jugendlichen eine attraktive Alternative zu kommerziellen Unterhaltungsangeboten bieten will, die einen Bildungsinhalt haben, dann müssen diese Alternativen auch in der Welt der Unterhaltungsangebote bestehen können und dürfen kein Schattendasein führen.

Daher wird sich diese Arbeit im nächsten Kapitel dem Entstehungsprozess von kommerziellen Computerspielen widmen und dabei mit einem pädagogischen und einem didaktischen Auge betrachten, worauf man im Hinblick auf Computerspiele mit Lerninhalt besonders achten muss.

7.2. Wie entsteht ein erfolgreiches Computerspiel

Bei Computerspielen steht, wie bei allen Medien der Unterhaltungsindustrie, die Unterhaltung im Vordergrund. Das bedeutet, wie auch immer das Computerspiel zum Schluss aussieht, das Spielen sollte Spaß machen (siehe [ROLL 2003]). Dies gilt natürlich besonders für Spiele des Game-Based-Learning. Denn wenn das Spiel keinen Spaß macht, dann befindet es sich in der gleichen Kategorie wie jede bis jetzt am Markt vorhandene Lernsoftware - digitalisiertes, langweiliges Üben. Doch warum sollten sich Kinder und Jugendliche gerade mit einem Game-Based-Learning Spiel beschäftigen, wo es doch so viele Alternativen gibt? Hier kämpft man auch bei Game-Based-Learning mit einem Problem, vor dem auch viele Spieleschmieden stehen: man muss der Kundschaft etwas Interessantes, etwas Neues bieten. Wobei man mit einer Game-Based-Learning Software einen gewissen Vorteil gegenüber der Konkurrenz hat. Dadurch, dass dieses Spiel den Anreiz bietet, nicht nur beim Spielen Spaß zu haben, sondern dabei auch noch

etwas zu lernen, wird sich ein Kind oder eine Jugendliche beim Kauf vielleicht doch für das Spiel mit dem positiven Nebeneffekt entscheiden.

Dennoch ist eine neue, durchschlagende Spielidee der wesentliche Motivationsfaktor, warum sich junge Menschen für ein Spiel und gegen ein anderes entscheiden. Hier kommt man also auch bei Game-Based-Learning nicht um einen kreativen Prozess herum, auch hier benötigt man eine fundamentale Spielidee (vergleiche [ROLL 2003]). Diese Spielidee ist das, was über den Erfolg oder Mißerfolg eines ambitionierten Projektes entscheidet.

An dieser Stelle muss man sich auch über den entscheidenden Nachteil von Game-Based-Learning im Vergleich zur kommerziellen Unterhaltungsindustrie klar werden. Während in dieser Phase der Spieleentwicklung am freien Markt keinerlei Einschränkungen herrschen, so muss sich ein Spiel, damit es in den Bereich Game-Based-Learning fällt, doch ein Bildungsziel setzen, das es erreichen will. Während bei kommerziellen Spieleschmieden also jede Idee die Möglichkeit hat, zu einem Spiel zu gedeihen, muss bei Game-Based-Learning bereits im Vorfeld klar sein, welches Bildungsziel in diesem Spiel umgesetzt werden wird.

Doch trotz dieser Einschränkung bleiben hier noch genug Möglichkeiten für gelungene Spiele offen. Die wichtigste Grundregel in dieser Phase der Spielekonzeption ist, dass man sich noch nicht den Kopf über etwaige technische Details zerbrechen darf. Jeder Idee muss eine Chance gegeben werden und hier gilt ausdrücklich, dass auch geträumt werden darf - ja sogar geträumt werden soll. Natürlich braucht auch jede Idee eine gewisse Zeit um zu reifen. In dieser Phase sollte man sich also genügend Zeit nehmen, um die Idee zu entwickeln, sich vor dem geistigen Auge vorzuführen und sich in das Spiel hineinzusetzen. Folgende Fragen sollten beantwortet werden können, bevor man in der Entwicklung fortfährt:

- Worum geht es in diesem Spiel?

- Wie wird das Spiel gespielt?
- Welche Rolle hat die Spielerin in diesem Spiel?
- Wie kann die Spielerin auf das Spielgeschehen Einfluss nehmen?

Die letzte Frage ist von besonderem Interesse. Denn gerade der Computer eröffnet Möglichkeiten, die zuvor nur sehr selten bestanden: die Spielerin kann selber Einfluss auf die Spielhandlung nehmen. Während im Kino, im Theater oder beim Lesen die Konsumentin eine passive Rolle spielt und sich von einer vorgegebenen Handlung berieseln lässt, bieten Spiele die Möglichkeit selber Einfluss auf die Handlung zu nehmen (siehe [ROLL 2003]). Die Spielerinnen machen sich die Handlung also selber, sie finden selber ihren Weg zum Ziel. Es wäre fatal, wenn ein Spiel zum Nachspielen eines fix vorgegebenen Handlungsstranges verkommen würde (siehe [MISA 2009]).

Natürlich wird es nicht vorkommen, dass man plötzlich von einem Geistesblitz getroffen wird und das fertige Spiel vor dem geistigen Auge erscheint. Viel mehr wird sich aus einer Grundidee durch viele weitere Einfälle und Inspirationen langsam ein Bild des gesamten Spiels im Gehirn entwickeln. Dabei werden oft viele verschiedene Ideen zum Spielablauf, zur Steuerung, zur Darstellung oder zu den Interaktionen regelrecht auf einen einprasseln. Diese Ideen müssen irgendwie zusammengeführt werden, und manchmal muss man einfach eine Idee, die die Synergie des Spiels zerstört oder die die Spielbarkeit negativ beeinträchtigen würde, fallen lassen. Ausgehend von einer Grundidee werden also weitere Ideen in das Konzept gepackt, manche wieder fallengelassen, bis sich zum Schluss ein fertiges Spiel vor dem geistigen Auge abspielt (siehe [ROLL 2003]). Dieses Spiel sollte bereits jetzt Spaß vermitteln und viele - am besten neue - Ideen synergetisch verbinden.

Sobald dieser Prozess beendet ist, und das kann durchaus dauern und viele Träume und Diskussionen beinhalten, sollte das Konzept zu Papier gebracht werden. Alle Ideen, die bis zum Schluss existieren, ohne verworfen zu werden, müssen jetzt in einem kurzen Text niedergeschrieben werden. Wenn zuerst die

Phase des Träumens war, so beginnt nun die Phase der Analyse und Kritik. Jetzt wird das Konzept vor den Kolleginnen stand halten müssen (siehe [ROLL 2003]). Möglichst viele Leute aus verschiedenen Bereichen zerpfücken das Konzept und durchleuchten es auf etwaige Schwachstellen - denn sollte das fertige Spiel bei der Zielgruppe nicht ankommen, dann wurde viel Zeit und Energie für nichts verschwendet. Sollte das Konzept jedoch bei Freundinnen, Schülerinnen, Verwandten, etc. Anklang finden, so hat es auch gute Chancen, sich in der Nische der Unterhaltungsindustrie festzusetzen und so den Kindern und Jugendlichen nicht nur Spaß und Unterhaltung, sondern auch Bildung zu bieten.

7.3. Grundlegendes Design

Nachdem die Grundidee eines Spieles gefunden wurde, müssen die Details eines Spieles spezifiziert werden. In diesem Schritt der Spieleentwicklung werden die Regeln und Funktionen des Spiels festgelegt. Die Designerinnen beschreiben möglichst genau, wie das Spiel aussehen wird, wie die Spielerinnen mit dem Spiel interagieren können und welche Regeln dem Spiel zugrunde liegen (siehe [ROLL 2003]). Dabei sollte die Spezifikation allerdings auch in einem Game-Based-Learning Spiel nicht zu einschränkend sein. Die Besonderheit von Computerspielen ist ja, dass der Ablauf und die Geschichte nicht strikt vorgegeben sind, sondern den Spielerinnen einen gewissen Handlungsspielraum geben, innerhalb dessen sie sich individuell bewegen können. Sollte das Spiel einen zu starren Ablauf haben, dann sollte man sich die Frage stellen, ob ein Spiel wirklich das geeignete Mittel ist, um einen Inhalt zu übermitteln. An und für sich sind Filme, Theater, Bücher oder auch klassischer Unterricht eher die Orte, an denen fix vorgegebene Abläufe erlebt werden. Computerspiele können auf die Eingaben einer Spielerin individuell eingehen, und dieser eklatante Vorteil des Mediums sollte nicht unter den Tisch fallen (siehe [MISA 2009]).

Neben all den Möglichkeiten, technischen Entwicklungen und tollen Funktionen, die Computer bieten, sollte der Spielspaß nicht aus den Augen verloren werden (siehe [ROLL 2003]). Gerade hier befindet sich ja der große Vorteil von Game-

Based-Learning im Vergleich zu klassischen Lernmethoden. Lernen ist dabei keine mühsames Zwingen des Gehirns, sich etwas zu merken, sondern passiert voll automatisch nebenbei (siehe [KICK 2006]). Deswegen darf bei allen guten Vorsätzen der Spielspaß nie vergessen werden. Denn der Spielspaß ist jenes Element, das die Kinder und Jugendlichen dazu bringt, sich in ihrer Freizeit gerne und motiviert mit einem Thema auseinander zu setzen.

Bei aller Freizügigkeit, die Computer bieten, benötigt jedes Spiel doch grundlegende Regeln. Diese Regeln sind der eigentliche Kern des Spiels. Aus den Regeln entwickeln sich die Funktionen des Spiels, die dann die Schwierigkeiten, die Besonderheiten und somit den ganzen Spielspaß ausmachen. Oft ist es daher sinnvoll, sich zuerst die Funktionen zu überlegen, die das Spiel bieten soll und darauf aufbauend die Regeln des Spiels zu entwickeln. Wichtig ist, dass die Funktionen den Spielerinnen eine Auswahl geben. Denn erst durch diese Entscheidungsmöglichkeit - mit unterschiedlichen Ausgängen - wird das Spiel zu dem, was es ausmacht: interaktiv. Daher unterscheidet man grundsätzlich drei Arten von Funktionen (siehe [ROLL 2003]):

1. Wesentliche Funktionen

Diese Funktionen sind überlebenswichtig für die ordnungsgemäße Funktion des Spiels. Sie bestimmen die Entscheidungsmöglichkeiten, die sich den Spielerinnen bieten und sind für die Spieltiefe verantwortlich.

2. Plastische Funktionen

Diese Funktionen tragen zum Spielablauf nichts bei, tragen aber zum Flair des Spiels bei. Ohne sie würde das Spiel prinzipiell genauso gespielt werden, sie machen das Spiel aber ansehnlicher und gestatten der Spielerin, weiter in das Milieu des Spiels einzutauchen.

3. Künstliche Funktionen

Diese Funktionen tragen weder etwas zum Spielablauf bei, noch vertiefen sie das Flair des Spiels. Stattdessen fügen sie dem Spiel künstliche Komplexität

hinzu, indem ein Spielparameter durch einen weiteren, gleichartigen ergänzt wird. Dadurch gewinnt das Spiel allerdings weder an Tiefe noch an Charme. Derartige Funktionen sollten daher besser ausgespart werden, da sie nichts zum Erfolg eines Spiels beitragen.

Nachdem die Funktionen und Regeln eines Spiels bestimmt wurden, sollte eine Spielspezifikation geschrieben werden. In dieser Spezifikation sollte man sich bereits folgende Dinge überlegen (siehe [WIKI 7]):

- Wie wird das Spiel aussehen?
- Wie soll man das Spiel bedienen?
- Welche Regeln gelten?
- Welche Funktionen stehen der Spielerin zur Verfügung?
- Wie werden die Level aussehen?
- Wie beginnt das Spiel?
- Wie können Spielerinnen das Spiel spielen?
- Welche Ziele werden in dem Spiel verfolgt?
- Welche Objekte kommen in dem Spiel vor?
- Wie sehen die technischen Anforderungen aus?
- Wie wird das Spiel vermarktet?

Während diese Spezifikationen für kommerzielle Spiele ausreichend sind, haben Spiele des Game-Based-Learning auch noch einen Inhaltlichen und einen Didaktischen Anspruch. Das bedeutet, die Spezifikation sollte bereits hier um didaktische und lerntheoretische Elemente erweitert werden:

- Welche Inhalte sollen mit dem Spiel vermittelt werden?
- Wie werden diese Inhalte vermittelt?
- Was können Schülerinnen von diesem Spiel lernen, was können sie nicht lernen?
- Wie wird bei diesem Spiel auf unterschiedliche Lernniveaus eingegangen?
- Was sollten die Schülerinnen bereits vor dem Spielen des Spiels wissen?

- In welcher Reihenfolge werden die Inhalte vermittelt?

Obwohl durch den Lerninhalt zusätzliche Schwierigkeiten und Aufgaben auf eine Spieleentwicklerin zukommen, darf das eigentliche Ziel des Spiels nicht aus den Augen verloren werden: der Spielspaß.

7.4. Der Spielspaß

Damit sich Kinder und Jugendliche in ihrer Freizeit freiwillig mit Lerninhalten aus der Schule beschäftigen, müssen diese entsprechend motivierende Utensilien vorfinden (siehe [KICK 2006]). Wie bereits eingangs erwähnt, bieten Computerspiele eine Möglichkeit, Schülerinnen zum freiwilligen Lernen und Üben zu begeistern - denn noch nie mussten junge Menschen dazu gezwungen werden, ein Computerspiel zu spielen. Um diese Begeisterung für ein Produkt zu gewinnen, das auch Inhalte transportiert, darf der Spielspaß nicht aus den Augen verloren werden.

Ein Merkmal, das besonders Computerspiele in diesem Bezug auszeichnet, ist die Interaktivität. Computer bieten zum ersten Mal in der Geschichte die Möglichkeit, gezielt auf die Aktionen der Spielerin einzugehen und sich ihr anzupassen. Darin unterscheiden sich Computerspiele auch eklatant von anderen Produkten der Unterhaltungsindustrie. Ein Computerspiel, das einem vorgegebenen Handlungsstrang starr folgt, kann zwar in viele Bereichen durchaus gelungen sein, allerdings stellt sich die Frage, ob es in einem anderen Genre wie zum Beispiel der Filmindustrie nicht besser aufgehoben wäre (siehe [ROLL 2003]). Die Interaktivität von Computerspielen stellt auch aus pädagogischer Perspektive ein wichtiges Merkmal dar. So werden Lerninhalte erst durch deren Anwendung wirklich verinnerlicht. Statt bloßem Auswendiglernen von Fakten oder Zusammenhängen, müssen die Inhalte dabei bei praktischen Aufgaben angewandt werden, wodurch sich Neuronen verbinden beziehungsweise bestehende Verbindungen gefestigt werden. Und erst das ermöglicht einen langen und nachhaltigen Lernerfolg. Die Interaktivität

der Computerspiele ist hier der Schlüssel zum Erfolg, denn sie erlaubt es den Lernenden nicht nur ihr erworbenes Wissen anzuwenden, sondern liefert auch unverzüglich eine Rückmeldung, ob das Wissen korrekt angewandt wurde oder nicht (siehe [PIVE 2004]).

Der Spielspaß bei Computerspielen besteht allerdings nicht nur aus Interaktivität. Ein sehr wichtiger Faktor beim Erstellen von Computerspielen sind Entscheidungsmöglichkeiten und Optionen. So sollte bei Computerspielen als interaktives Medium nicht nur ein Weg zum Ziel führen sondern stattdessen der Spielerin eine Auswahl an Möglichkeiten gegeben werden, von denen jede - natürlich abhängig von der Situation - zum Ziel führen kann. Dieses Analysieren des Kontextes und darauf basierendes Treffen von Entscheidungen gibt den Computerspielen erst ihren besonderen Reiz. Hierbei sollte bereits auf ein ausgewogenes Spielverhalten geachtet werden. Eine Option, die in jeder Situation unabhängig vom Kontext immer die beste Option ist, bedeutet eigentlich keine Wahl. Denn warum sollte eine Spielerin absichtlich eine andere Entscheidung treffen als die Beste - außer um herauszufinden was bei den anderen Optionen passiert. Eine solche Option wird dominierende Option genannt und bereichert den Spielspaß eigentlich nicht. Stattdessen sollten solche Optionen bei der Entwicklung eines Spiels möglichst rasch identifiziert werden und überlegt werden, warum diese Option vorhanden ist. Danach kann die dominierende Option entweder in manchen Situationen abgeschwächt werden, sodass diese Wahl nicht immer die Beste ist, oder sie sollte vom Spiel automatisiert genommen werden (siehe [ROLL 2003]). Gerade dies stellt bei derzeit auf dem Markt befindlichen Lernspielen ein sehr großes Defizit dar. Meistens hängt der Spielfluss davon ab, ob inhaltliche Fragestellungen korrekt beantwortet werden können. Natürlich ist es immer am besten, diese Fragestellungen richtig zu beantworten. Daher stellt das eine dominierende Option dar - und wenn ein Spiel auf derartige Fragestellungen reduziert wird, dann leidet darunter automatisch der Spielspaß. Aus didaktischer Sicht bedeutet diese Erkenntnis eigentlich nichts anderes, als dass es in manchen Situationen vorteilhaft sein muss, die gestellten Aufgaben nicht richtig zu lösen. Diese

Vorgehensweise ist jedoch aus pädagogischer Sicht eher fragwürdig, denn worin liegt der Lernreiz, jemanden dafür zu belohnen, eine gestellte Aufgabe falsch zu beantworten? Ein anderer Ausweg aus dem Dilemma wäre, diese im Game-Based-Learning wichtigen inhaltlichen Fragestellungen noch um spielerische Elemente zu bereichern. So wäre es denkbar, dass die Spielerin zwar immer wieder mit inhaltlichen Fragen zu konfrontieren, deren falsche Beantwortung durchaus einen negativen Effekt auf den Spielverlauf haben können, das Spiel aber auf keinen Fall auf diese Aufgaben zu beschränken.

Eine weitere Art von Merkmalen, die vermieden werden sollten, sind rezessive Möglichkeiten. Das sind Möglichkeiten, die die Spielerin eigentlich nie wählen sollte. Bei diesen Optionen stellt sich die Frage, warum sie überhaupt im Spiel integriert sind, wenn es sich nie lohnt sie zu wählen. Natürlich kann es sein, dass solche Möglichkeiten das Spiel an sich bereichern, weil sie etwa den Flair des Spiels verbessern oder den Spielhintergrund stimmig erscheinen lassen. Allerdings sind solche Optionen reine kosmetische Operationen und dessen sollte sich die Entwicklerin auch bewusst sein. Die Einfachste Art von Optionen, die weder dominant noch rezessiv sind, findet man bei Schere-Stein-Papier. Hier gibt es weder eine beste Wahl, noch eine schlechteste Wahl. Die Auswahlmöglichkeiten sind schlichtweg gleichwertig. Allerdings verliert dieses Spiel auch sehr schnell an Reiz, weil es sich durch diese vollkommene Ausgewogenheit zu einem reinen Glücksspiel reduziert. Das Problem bei Schere-Stein-Papier ist, dass es weder den Kontext des Spiels einbezieht noch die Möglichkeit zu langfristiger, strategischer Planung bietet. Ein Computerspiel sollte also Wahlmöglichkeiten anbieten, die einerseits vom Kontext abhängig sind und andererseits die Möglichkeit zu verschiedenen Strategien anbieten (siehe [ROLL 2003]). Da reine Wissensfragen normalerweise weder die eine noch die andere Option beinhalten, muss der didaktische Inhalt in anderer Weise in das Spiel gepackt werden. So könnte wie bei Simulationen bereits der gesamte Spielhintergrund den didaktischen Hintergrund darstellen, oder ein überlegenes Wissen kann den Spielerinnen erst bestimmte Optionen ermöglichen, die dann ihrerseits eine strategische und taktische Planungsmöglichkeit bieten.

Um ein erfolgreiches Spiel zu konzipieren, müssen die Spielerinnen vor nicht-triviale Entscheidungen gestellt werden. Bei diesen Entscheidungen wird es immer Optionen geben, die besser beziehungsweise schlechter sind. So sollte jede Option sowohl Vor- als auch Nachteile mit sich bringen - und somit aus wirtschaftlicher Sicht einen gewissen Ertrag für die Spielerin haben, aber auch mit Kosten verbunden sein. Es liegt in der Hand der Entwicklerinnen sicherzustellen, dass die Nutzen und Kosten einer Option ausgeglichen sind. So könnten bei Strategiespielen beispielsweise manche Einheiten deutlich kampfstärker sein als andere, allerdings dafür Einbußen in der Geschwindigkeit haben, sodass sie nicht so schnell am Ort des Geschehens sein können und daher nicht universal einsetzbar sind. Manche Einheiten können im Falle eines Frontalangriffs fast unüberwindbar sein, sobald die Gegnerin diesen Einheiten allerdings in den Rücken fällt, ist ihre gesamte Kampfkraft dahin. Hier wäre es für die Gegnerin eine strategisch kluge Entscheidung, nicht auf die kampfstarken Einheiten zu setzen, sondern auf die schnellen und wendigen Einheiten, da diese in diesem Kontext die bessere Wahl darstellen. Es wäre auch denkbar, dass diese unüberwindbare Einheit erst verfügbar wird, wenn zuvor in Forschung investiert wurde. Hierbei fallen dann nicht nur die Kosten für die Einheit mit ihren Vor- und Nachteilen an, sondern auch so genannte Schattenkosten, die die Spielerin aufwenden muss, um sich diese Option erst zu erkaufen. In Summe stehen der Spielerin auf diese Art und Weise eine Vielzahl an Optionen zur Verfügung, die sowohl Vor- als auch Nachteile haben und damit individuelle Entscheidungen und Strategien zulassen. Durch Schattenkosten können frühe Entscheidungen für eine Strategie erzwungen werden - deren Investitionen im Falle eines späteren Strategiewechsels verfallen würden (siehe [ROLL 2003]).

Aus lerntheoretischer Sicht können stoffliche Inhalte in diesem Kontext auf zwei verschiedene Arten in einem Computerspiel verpackt sein - je nach Beschaffenheit der konkreten Inhalte. Sollte es sich um fachliches Wissen handeln, das entweder richtig oder falsch sein kann, so sollte aus didaktischer Sicht ein Beherrschen des Stoffes immer belohnt werden, während eine Wissenslücke immer zu einem Nachteil führen sollte. Aus spieltheoretischer

Sicht handelt es sich hierbei also eigentlich um eine dominante Option, die nach Möglichkeit immer gewählt werden sollte. Wie oben bereits festgestellt wurde, stellen solche Optionen meist keine Bereicherung des Spiels dar und sollten somit nicht der wesentliche Spielinhalt sein - da das Spiel sonst weniger ein Spiel als ein Quiz ist. Derartige Inhalte lassen sich dennoch in Computerspiele einbauen, um beispielsweise gewisse Optionen erst zu erhalten. Sie können also die Kosten für eine bestimmte Option darstellen. Auch bei Rollenspielen, die hervorragend dazu geeignet sind sich Fremdsprachen anzueignen, stellt das Sprachverständnis einen derartigen Faktor dar. Es ist immer von Vorteil, die Sprache zu beherrschen, da die Spielerin erst dadurch die Aufträge richtig versteht. Ein nicht Beherrschen der Sprache führt auf der anderen Seite dazu, dass durch fehlende Informationen ein direkter Nachteil im Spiel entsteht. Wichtig zu bemerken ist hierbei allerdings, dass das Beherrschen der Sprache nicht den eigentlichen Spieleinhalt darstellt - dieser ist das Verbessern der Charaktere und das lösen der Aufträge. In diesem Sinne spreche ich daher von einem didaktischen Sekundärinhalt - der eigentliche Spielinhalt hat keinerlei inhaltliche Ansprüche, der Inhalt wird allerdings als Nebenprodukt des Spieles dennoch vermittelt.

Gegensätzlich sieht es bei einem Spiel aus, bei dem beispielsweise ein Unternehmen simuliert wird. Ziel des Spieles ist es, das Unternehmen zu expandieren und seinen Reichtum zu vergrößern. Aufgrund von Informationen über Nachfrage und Angebot kann die Spielerin dabei Entscheidungen über zukünftige Investitionen treffen. Hierbei werden wesentliche wirtschaftliche Konzepte benötigt, um eine Spielstrategie zu entwickeln und zu verfolgen. In diesem Sinne spreche ich daher von einem didaktischen Primärinhalt - wesentliche Entscheidungen im Spiel hängen vom wirtschaftlichen Verständnis ab.

Dabei ist natürlich die Art des Inhalts wesentlich, wie sich dieser in einem Game-Based-Learning Spiel integrieren lässt. Sowohl von Primär- als auch von Sekundärinhalten lässt sich ein Lernerfolg versprechen - allerdings

leidet der Spielspaß enorm, wenn versucht wird, einen Sekundärinhalt als Primärinhalt in ein Spiel zu verpacken, da die Spielerinnen dabei wesentlicher Entscheidungsmöglichkeiten beraubt werden.

7.5. Ausgewogenheit des Spiels

Ein wichtiger Teilaspekt des gesamten Spielspaßes ist die Ausgewogenheit des Spiels. Ein Spiel, bei dem eine Spielerin unabhängig von ihren Entscheidungen und Taten immer verliert, wird das Interesse der Spielerin wohl kaum lange erhalten können. Genau so sieht es bei einem Spiel aus, bei dem die Spielerin immer gewinnt. Daher ist die Ausgewogenheit eines Spiels neben den anderen im letzten Kapitel behandelten Faktoren einer der wesentlichen Kriterien für den Spielspaß und somit für die Akzeptanz des Spiels (siehe [ROLL 2003]).

Die Frage nach der Ausgewogenheit eines Spiels wirft letztendlich auch immer die Frage auf, wovon denn eigentlich der Ausgang eines Spiels abhängt. Sollte der Ausgang eines Spiels im Wesentlichen von Dingen abhängen, die die Spielerin nicht beeinflussen kann, so ist das Spiel an sich auch nicht sehr ausgewogen. Daher sollte das Ergebnis des Spielens hauptsächlich von den Entscheidungen und der Strategie der Spielerin abhängen (siehe [ROLL 2003]). In einem lerntheoretischen Kontext sollte Wissen und Können auch einen berechtigten Faktor bei Erfolg oder Misserfolg spielen. Eine Spielerin, die den zu vermittelnden Stoff bereits gut beherrscht, sollte unabhängig von den konkreten Umständen immer über eine Spielerin dominieren, die noch große Lücken im Lernstoff aufweist. Daher muss ein Spiel den Spielerinnen natürlich auch die Möglichkeit geben, ihr Wissen einfließen zu lassen, um eine Entscheidung zu ihren Gunsten herbeizurufen. Dieser Faktor spielt bei kommerziellen Spielen zwar nur eine sekundäre Rolle, sollte aufgrund der lerntheoretischen Anforderungen an Game-Based-Learning allerdings hier nicht vernachlässigt werden.

Im Allgemeinen werden drei Arten der Ausgewogenheit unterschieden (siehe

[ROLL 2003]):

- Ausgewogenheit zwischen Spielerinnen
- Ausgewogenheit der Spielanforderungen an die Spielerinnen
- Ausgewogenheit innerhalb des Spiels

Die Ausgewogenheit zwischen Spielerinnen beschäftigt sich dabei hauptsächlich mit Mehrspielerinnenvarianten eines Spiels - die allerdings in der modernen Zeit immer wichtiger wird. So sollte in einem Mehrspielerinnenumfeld kein eklatanter Nachteil für eine der teilnehmenden Spielerinnen entstehen, den sie nicht selbst zu verantworten hat. Beim Erstellen von Mehrspielerinnenlevels sollte beispielsweise penetrant darauf geachtet werden, dass eine Spielerin durch ihre Startposition oder ihren Zugang zu Ressourcen keinen Nachteil erwirbt, der sich spielentscheidend auswirkt. Ein einfacher Ausweg aus dieser Misere wäre etwa die Level symmetrisch zu gestalten - in etwa wie auf einem Schachbrett. Beim Schach hat keine der Spielerinnen einen Nachteil durch die Erstaufstellung der Figuren, da die Figuren exakt symmetrisch aufgestellt sind. Die Kehrseite einer exakten Symmetrie ist natürlich, dass sie in einem Spiel (wenn es nicht sonderlich abstrakt ist) die Esthetik stört und sehr unrealistisch wirkt. Außerdem belohnt ein symmetrisches Level nicht jene Spielerin, die ihre Strategie an die Begebenheiten des Levels anpassen kann. Eine Möglichkeit, ein faires, allerdings nicht vollkommen symmetrisches Level zu gestalten, besteht in einer funktionalen Symmetrie. Dabei ist das Level von seinen Eigenschaften her symmetrisch, allerdings äußern sich diese Eigenschaften in verschiedenen Entitäten. So könnte in einer Strategiesimulation der Startpunkt der einen Spielerin von einer Seite von Wasser geschützt sein, während der Startpunkt der anderen Spielerin durch ein Gebirge geschützt ist. Diese Ausgangssituation bietet beiden Spielerinnen anfangs den gleichen Schutz und keine der Spielerinnen ist durch ihre Startposition benachteiligt. Dennoch eröffnet diese asymmetrische Levelanordnung für den späteren Spielverlauf verschiedene Strategien für beide Spielerinnen. Während die eine Spielerin die Strategie verfolgen könnte, ihre Gegnerin auf dem Wasserweg zu überrumpeln,

könnte jene vermehrt auf Lufteinheiten setzen und ihre Verteidigung auf die Küstenlinien beschränken. Daher wäre es für die erste Spielerin wieder eine mögliche Strategie vollkommen auf den Seeweg zu verzichten und auf konventionelle Landeinheiten zu setzen. Das Level ist auf jeden Fall für beide Spielerinnen ausgeglichen, die Startposition bieten beiden die gleichen Voraussetzungen, und dennoch lässt das Level verschiedene Strategien mit unterschiedlichen Vor- und Nachteilen zu - was dann wiederum Spielspaß erzeugt (siehe [ROLL 2003]).

Neben der Levelgestaltung gibt es noch andere Aspekte der Ausgewogenheit zwischen Spielerinnen. Wenn zum Beispiel in einem Rollenspiel ein Charakter stärker ist als alle anderen, oder in einem Strategiespiel eine Seite gegen die andere Seite immer gewinnt, so hängt der Ausgang des Spiels eigentlich nur noch von Entscheidungen ab, die vor dem Spiel getroffen wurden. Eklatant wird dieses Ungleichgewicht dann, wenn selbst unerfahrene Spielerinnen der einen Seite selbst gegen erfahrene Spielerinnen auf der anderen Seite gewinnen. Ein solches Ungleichgewicht kann noch ausgeglichen werden, indem die bevorteilte Seite beispielsweise gegen eine weitere Seite Schwächen aufweist. Wie bereits in den vorhergehenden Kapiteln festgestellt wurde, ist das Wesentliche bei einem Spiel, dass es keine Strategie - also Folge von Entscheidungen - gibt, die jede andere Strategie aushebt (siehe [ROLL 2003]).

Bei der Ausgewogenheit der Spielanforderungen an die Spielerinnen steht im Vordergrund, dass das Spiel die Spielerinnen zwar fordert, aber nicht überfordert. Es ist sehr frustrierend, wenn das Spiel die Spielerinnen über die Oberfläche nicht mit den benötigten Informationen versorgt, oder Informationen über die Funktionsweise von Entitäten nicht erklärt werden. Die Ausgewogenheit der Spielanforderungen ist somit ein Thema, das viele Facetten beinhaltet. Eine dieser Facetten ist das Wissen über die Steuerung des Spiels. Eine Spielerin, der die Steuerung des Spiels nicht ausreichend erklärt wurde, wird Spiele nicht aufgrund schlechter Entscheidungen verlieren, sondern schlicht und einfach weil sie die ihr zur Verfügung stehenden Optionen nicht nutzen

kann. Was bringt eine Formation in einem Strategiespiel, wenn die Spielerin nicht einmal weiß, wie sie diese Formation anwenden kann? Oder was bringt eben diese Formation in diesem Spiel, wenn die Spielerin keine Möglichkeit hat, sich über die Vor- und Nachteile einzelner Formationen zu informieren? So kann es passieren, dass in einem Spiel unerwünschte, negative Effekte eintreten, schlicht weil der Spielerin die komplexen, zugrunde liegenden Regeln des Spiels nicht vertraut sind. Natürlich kann keine Spielerin ein Spiel von Anfang an perfekt ausführen und wird beim Erlernen des Spiels viele negative Erfahrungen machen. Allerdings sollte die Spielerin immer die Möglichkeit haben Unterstützung zu erfahren, um die Regeln des Spiels nicht durch Probieren herauszufinden (siehe [ROLL 2003]). In diesem Bereich spielt auch die Didaktik eine wichtige Rolle. Während die Spielerinnen das Spiel lernen, sollten die Anforderungen an die Spielerin langsam gesteigert werden. Gleich zu Beginn mit den schwierigsten Aufgaben konfrontiert zu werden ist sehr frustrierend und bietet später nicht die Möglichkeit das Niveau des Spiels zu steigern. Das Spiel muss sich also der Lernkurve der Spielerinnen anpassen und je nach Können der Spielerinnen unterschiedlich herausfordernd sein. Während der Lernphase werden den Spielerinnen natürlich immer wieder Fehler unterlaufen. Diese Fehler können demotivierend wirken und somit ist von einem didaktischen Gesichtspunkt betrachtet auch wichtig, dass gelernte Dinge gutiert werden. Für richtige Lösungen sollte es im Spiel Belohnungen geben. Diese können aus gewissen Vorteilen bestehen, die die Spielerin im Spiel für eine richtig gelöste Herausforderung erhält oder einfach nette Kleinigkeiten wie etwa eine hübsche Animation oder Ähnliches sein. Neu gelernte Inhalte sollten auch die Spielerfahrung verbessern - also durchaus auch neue Möglichkeiten eröffnen und das Spiel erweitern.

Im kommerziellen Bereich gibt es noch die Regel, dass der Computer der Spielerin Entscheidungen - und damit auch Arbeit - abnehmen sollte, die die Spielerin sowieso jedes Mal trifft. Im Bereich des Game-Based-Learning muss diese Tatsache jedoch hinterfragt werden. Wenn es aus einer didaktischen Perspektive heraus sinnvoll ist, dass eine Spielerin eine Tätigkeit immer

wieder ausführt, obwohl das falsche Ausführen dieser Tätigkeit niemals einen Vorteil bringt, so sollte dies im Sinne eines Lernerfolges beibehalten werden. Dies können beispielsweise Berechnungen sein, die der Computer genau so gut erledigen könnte wie die Spielerin, aber weil es didaktisch sinnvoll ist, dass die Spielerin diese Berechnungen übt, wird der Spielerin diese Bürde nicht abgenommen.

Neben all diesen oben bereits erwähnten Anforderungen sollte auch darauf geachtet werden, dass das Spiel der Spielerin immer die nötigen Informationen und die Möglichkeit bietet eine Aufgabe zu lösen oder der Niederlage zu entgehen - vorausgesetzt natürlich, dass die Spielerin aufgrund der Informationen die richtigen strategischen Entscheidungen trifft. Ein Spiel, bei dem die Spielerin den richtigen Lösungsweg durch Probieren herausfinden muss und notfalls einfach einen gespeicherten Spielstand lädt, ist schlecht konzeptioniert. Wenn die Spielerin eine Niederlage erfährt, weil ihr das Spiel keinerlei Hinweis auf die Auswirkungen einer Entscheidung bot, zeigt von einem schlechten Spielkonzept (siehe [ROLL 2003]).

Schlussendlich sind die Anforderungen des Spiels so zu gestalten, dass die Spielerin mit dem Spiel spielt und nicht gegen das Spiel. Die Spielerin sollte immer alle notwendigen Informationen haben, um eine strategische Entscheidung zu treffen, oder sich diese Informationen zumindest besorgen können (siehe [ROLL 2003]).

Die Ausgewogenheit innerhalb des Spiels - das so genannte Spielgleichgewicht - betrifft die eigentliche Spiellogik. Das Spielgleichgewicht soll sicherstellen, dass die Optionen, die einer Spielerin zur Verfügung stehen, in sich ausgewogen sind. Wie bereits erwähnt, sollte den Spielerinnen immer eine Palette an verschiedenen Möglichkeiten zur Verfügung stehen - durch eine dominierende Strategie verarmt die Abwechslung des Spiels. Außerdem sollte die optimale Wahl nicht offensichtlich sein und von vielen Faktoren abhängen, wie beispielsweise den Mitspielerinnen, dem Level und den Kenntnissen

der Spiellogik. Im allgemeinen wird zwischen zwei Arten von Spielentitäten unterschieden, die sich im Ausgleich befinden sollten (gemäß [ROLL 2003]):

- Bestandteile des Spiels
- Attribute der Bestandteile

Die einzelnen Spielbestandteile - die Artefakte des Spiels - sollten sich dabei im Gleichgewicht befinden und interessante Optionen bieten. Wenn sich die Spielbestandteile auf ihre Werte reduzieren lassen und sich diese Werte konstant vergleichen lassen, dann ist das Spielgleichgewicht gefährdet. Stattdessen müssen sich die Werte der Spielbestandteile neben festgesetzten Werten auch an Umgebungsvariablen orientieren, die eine Wahl und Strategie für die Spielerinnen erst zulassen. Auf der anderen Seite haben die Spielbestandteile auch Attribute, die einerseits erst die Möglichkeit zu Synergie und Strategie zulassen, andererseits auch ausgewogen gestaltet gehören. Solche Attribute können Kosten, Angriffs- und Verteidigungskraft und auch Spezialfähigkeiten beinhalten, die sich nicht einfach messen lassen (siehe [ROLL 2003]).

Die einfachste Art ein Spielgleichgewicht herzustellen, ist das Schere-Stein-Papier Prinzip. Bei diesem Spiel sucht sich jede Spielerin entweder Schere, Stein oder Papier aus, und diese Wahl wird gleichzeitig offenbart. Die Regeln des Spiels besagen, dass der Stein gegen die Schere gewinnt, die Schere gegen das Papier und das Papier gegen den Stein. In einem solchen Spiel gibt es keine beste Wahl - und auch keine beste Strategie. Wenn beide Spielerinnen zufällig entscheiden, was sie nehmen, so hat jede die gleichen Gewinnchancen. Das Spiel befindet sich immer noch im Gleichgewicht, wenn eine der Spielerinnen unterschiedliches zeigt während die andere immer Stein wählt - denn in einem Drittel aller Fälle verliert die Spielerin, in einem Drittel der Fälle gewinnt sie und in einem Drittel geht das Duell unentschieden aus. Sollte die andere Spielerin jedoch merken, dass die erste Spielerin immer Stein wählt, so kann sie ihre Taktik anpassen und öfter Papier wählen. Jetzt müsste die erste Spielerin

wiederum ihre Taktik anpassen und vermehrt Schere wählen - und so dreht sich das Spiel im Kreis. Schlussendlich ist die beste Taktik, einfach zufällig Schere, Stein oder Papier auszuwählen. Die Spieltheorie bietet hier einfache Mittel, um eine Aussage über das Spielgleichgewicht zu erhalten. Zuerst wird in einer Tabelle der Erfolg der einzelnen Optionen festgehalten:

	Schere	Stein	Papier
Schere	0	-1	+1
Stein	+1	0	-1
Papier	-1	+1	0

Da jede Option gleich oft gewinnt und verliert, ist die Zeilensumme immer Null. Was würde sich allerdings am Spielgleichgewicht ändern, wenn verschiedene Siege unterschiedlich viele Punkte brächten? Falls zum Beispiel Schere gegen Papier gewinnt, dann erhält die Siegerin nicht einen Punkt sondern drei. Die Tabelle sieht dann folgendermaßen aus:

	Schere	Stein	Papier
Schere	0	-1	+3
Stein	+1	0	-1
Papier	-3	+1	0

Die Werte in den einzelnen Feldern entsprechen dabei den relativen Punkteänderungen - wenn also eine Spielerin mit einer Schere gegen einen Stein verliert, so hat sich ihr relativer Punktestand um eins verringert. Wird jetzt der Nettoertrag von Schere, Stein und Papier mit SC, ST und PA bezeichnet und die Häufigkeit, wie oft Schere, Stein und Papier verwendet werden mit sc, st und pa, dann ergeben sich folgende Formeln:

$SC = 3 \cdot pa - 1 \cdot st$ $ST = 1 \cdot sc - 1 \cdot pa$ $PA = 1 \cdot st - 3 \cdot sc$
--

Wenn beide Spielerinnen die gleiche, optimale Strategie verfolgen, so muss die Summe der gewonnenen Punkte Null sein, also $SC + ST + PA = 0$. Daraus folgt aber auch, dass jeder einzelne Summand Null sein muss, denn wenn der Nettoertrag bei einer der Optionen positiv wäre, dann würden beide Spielerinnen - da beide mit einer optimalen Strategie spielen - einen Punktegewinn machen. Da aber immer, wenn eine Spielerin Punkte gewinnt, die andere Spielerin gleich viele Punkte verliert, kann es keine Option geben, bei der auf lange Sicht Punkte gewonnen werden. Also sind die Nettoerträge SC, ST und PA gleich Null. Durch lösen der Gleichungen wird ersichtlich, dass sich $p_a:sc:st$ wie 1:1:3 verhalten. Das bedeutet, dass bei einer optimalen Spielweise beider Spielerinnen in 20 % der Fälle Papier gewählt wird, in 20 % der Fälle Schere und in 60 % der Fälle Stein (gemäß [ROLL 2003]). Es ist verblüffend, dass trotz dieser Asymmetrie keine dominante Strategie vorhanden ist. Selbst die auf den ersten Blick dominante Schere ist eigentlich nicht die meistbenutzte Option.

Allgemein führt ein Spielgleichgewicht, das auf einer Schere-Stein-Papier Basis fußt, immer zu einer ausgeglichenen Spiellogik. Dieses Prinzip kann noch erweitert werden, indem etwa vier, fünf oder mehr Optionen verwendet werden. Außerdem kann das Prinzip auch in sich eingebettet werden - so könnte es drei große Gruppen von Spielbestandteilen geben, die sich nach den Schere-Stein-Papier Regeln verhalten. Innerhalb der Gruppen gibt es wieder jeweils drei Objekte, die in sich das Schere-Stein-Papier Prinzip umsetzen. Ein weiterer Faktor ist, dass die einzelnen Artefakte nicht wie bei Schere-Stein-Papier jedes Mal neu sind, sondern mit der Zeit verbraucht werden. So kann ein Objekt zum Beispiel zweimal gegen ein anderes bestehen, beim dritten Mal allerdings nicht mehr. Dies führt automatisch zum Attribut-Gleichgewicht. Wenn die einzelnen Spielbestandteile im Gleichgewicht sind, es keine dominanten Bestandteile gibt und die Möglichkeit für verschiedene Strategien gegeben ist, müssen auch noch die einzelnen Attribute der Bestandteile ins Gleichgewicht gebracht werden. Außerdem können Attribute benutzt werden, um ein mögliches Ungleichgewicht wieder auszugleichen. Die Attribute der einzelnen Spielbestandteile reichen dabei von den Kosten - wobei hier auch die Schattenkosten berücksichtigt

werden müssen - über die Möglichkeiten des Einsatzes bis hin zu speziellen Fähigkeiten, die einen Einfluss auf das Spiel haben, die sonst kein anderer Spielbestandteil mit sich bringt. Um die Ausgewogenheit der Komponenten des Spiels bezüglich gewisser Attribute festzustellen, empfiehlt sich eine ähnliche Tabelle und Berechnung wie oben aufzustellen. Allerdings müssen jetzt in diese Tabelle die Attributwerde in den Nettoertrag eingerechnet werden (siehe [ROLL 2003]).

Abschließend seien an dieser Stelle die drei goldenen Regeln der Ausgewogenheit erwähnt (gemäß [ROLL 2003]):

Bei der Ausgewogenheit zwischen Spielerinnen ist darauf zu achten, dass eine Spielerin niemals in eine ungewinnbare Situation gebracht wird, die sie nicht selber verschuldet hat.

Bei der Ausgewogenheit der Spielanforderungen an die Spielerinnen sollte darauf geachtet werden, dass es Spaß macht das Spiel als Neuling zu erlernen, aber es sollte noch mehr Spaß machen das Spiel als Profi zu spielen.

Das Spielgleichgewicht sollte keine Optionen zur Verfügung stellen, die es nicht Wert sind in Erwägung gezogen zu werden. Auf der anderen Seite müssen sich die Nettokosten einer Option mit deren spielerischem Nutzen decken.

Bei allem Spielspaß und aller Ausgewogenheit sollte jedoch das didaktische Ziel auch nicht aus den Augen verloren werden. So macht es keinen Sinn ein Programm im Game-Based-Learning zu entwickeln, das den Schülerinnen die historischen Details des amerikanischen Unabhängigkeitskrieges näher bringen soll, wenn dann aufgrund des Spielspaßes und der Ausgewogenheit zwischen den Kräften plötzlich die Engländer gewinnen.

7.6. Das Flair

Nachdem die technischen Details eines Computerspiels erarbeitet wurden steht im letzten Schritt wieder eine kreative Aufgabe vor einer Spieleentwicklerin. Computerspiele sind ein interaktives Medium, das dem Bereich der Unterhaltungsindustrie zuzuschreiben ist (nach [DANN 2009]). Dementsprechend suchen Menschen, die Computerspiele spielen auch Unterhaltung - und diese Anforderung darf man auch bei Lernspielen aus dem Bereich des Game-Based-Learning nicht aus den Augen verlieren.

Eine wichtige Anforderung der Unterhaltungsindustrie ist das Flair eines Produkts. Das lustigste Spiel oder der beste Film sind langweilig, wenn es das Spiel oder der Film nicht schafft, die Konsumentinnen in seinen Bann zu ziehen. Dementsprechend viel Gewicht sollte am Ende des Designprozesses eines Spieles darauf gelegt werden das Spiel stimmig zu gestalten [siehe [SPEC 2006]]. Das beginnt beim Ambiente, in dem das Computerspiel angesiedelt ist. Gerade bei der Berücksichtigung der Didaktik spielt das Ambiente eine noch größere Rolle, da das Ambiente den Schülerinnen erst hilft, das im Spiel dargebotene Wissen korrekt in die reale Welt einzuordnen. So wäre ein Kriminalspiel, das in der Zeit der Renaissance spielt, wohl denkbar ungeeignet, um den Schülerinnen das Wissen über moderne Forensik näherzubringen.

Durch ein gut gelungenes Ambiente wird es den Spielerinnen auch einfacher gemacht, sich in das Spiel hineinzusetzen und sich mit den Charakteren zu identifizieren. Dieses Phänomen ist gerade aus lerntheoretischer Sicht besonders interessant, denn es steigert nicht nur die Spannung, mit der das Spiel gespielt wird, sondern ermöglicht auch eine bessere Aufnahme von neuem Wissen - denn je eher man sich mit einer Sache identifizieren kann, desto eher ist man bereit sein bereits angehäuften Wissen anhand dieses Umstands in die Krise zu führen und somit zum aktiven Erwerb neuen Wissens beizutragen. Gerade Computerspielen, die ja auf einem Bildschirm beziehungsweise in einem Computer stattfinden, fehlt ja von Grund auf der Bezug zur Realität. Es ist somit

nicht von vornherein klar, dass die Dinge, die im Computer passieren auch einen Bezug zur Realität haben. Verschlimmert wird dieser Umstand dadurch, dass ein Spiel in einem unpassenden Ambiente spielt, in das sich die Spielerinnen nicht hineinversetzen können. Je eher das Ambiente und das Flair des gesamten Spiels in sich stimmig sind, desto eher sind Spielerinnen auch bereit, darin erfahrenes Lernen auch auf die reale Welt zu übertragen. Deswegen sollten gerade Spiele des Game-Based-Learning auf ein stimmungsvolles Ambiente achten.

Zum Ambiente gehören dabei vielerlei Dinge. Zwei dieser Dinge sind die Vertonung und die Verbildlichung des Spiels. Wie bei den meisten Kinofilmen zählt auch bei Computerspielen, dass der Ton genau dann am besten eingesetzt wurde, wenn er von den Spielerinnen eigentlich gar nicht bemerkt wird. Sollten Töne und Geräusche einmal in das aktive Bewusstsein der Spielerinnen gelangen, dann liegt dies meist daran, dass diese zu anderen - meist visuellen - Reizen im Widerspruch stehen. Auditive Informationen sind aus modernen Spielen kaum wegzudenken. Der Mensch lebt in einer Welt, in der er andauernd von Tönen und Geräuschen umgeben ist. Die absolute Stille findet eine Person eigentlich nirgends vor - und sollte sie doch einmal auftreten, so wirkt sie auf den Menschen eher bedrückend und unrealistisch (nach [ROLL 2003]). Eine gute Vertonung des Computerspiels hilft den Schülerinnen dabei, mit mehr als nur einem Sinn in eine virtuelle Welt einzutauchen. Gute Toneffekte verleihen einer virtuellen Welt auch mehr Realität und erlauben so der Lernenden einen besseren und umfassenderen Lernerfolg.

Der zweite Sinn, der bei Computerspielen umfassend angesprochen wird, ist der Sehsinn. Über ihn erhält das Gehirn die Informationen über das Spiel und die aktuelle Situation. Der Sehsinn ist das Hauptmedium, über das das Gehirn aktive Rückmeldung über die Auswirkungen von Handlungen innerhalb des Spiels bekommt (nach [ROLL 2003]). Dementsprechend ist der Sehsinn im Bezug auf das Lernen von Computerspielen der wichtigste Sinn. Wie beim Gehör sollte auch hier ein möglichst stimmiges Bild erzeugt werden. Denn wenn das am Bildschirm gezeigte nicht an die vorhergehenden Erfahrungen einer Schülerin

anknüpft, so wird sich das Gehirn sträuben, die aus dem Gesehenen gewonnenen Erfahrungen als reales Wissen zu bewerten.

Daraus leitet sich auch sofort der Anspruch an eine realistische Physik ab. Eines der größten Probleme der ersten Comiczeichnerinnen war es, die dargestellten Figuren in ihren Bewegungsabläufen und in ihrem Aussehen realistisch aussehen zu lassen. Wenn sich Objekte innerhalb eines Spieles also unrealistisch bewegen oder andere physikalische Details nicht zu den Erfahrungen aus der realen Welt passen, so wird den Spielerinnen das Spiel eher unecht vorkommen (siehe [ROLL 2003]). Die größte Gefahr besteht darin, etwas Falsches durch ein Medium zu lernen. Als Beispiel sei hier die Wirkung von Kampfmitteln genannt: in vielen Hollywood-Actionfilmen und auch vielen Computerspielen können die Hauptdarstellerinnen nach einer Verletzung durch ein Projektil noch normal weiteragieren. Durch die fehlenden realen Erfahrungen der Schülerinnen geht dieses Wissen in ihr aktives Wissen über, und die Schülerinnen stellen so einen falschen Bezug zur Realität her.

Neben all jenen Elementen, die ein Computerspiel realistisch machen, werden meistens auch solche Elemente benötigt, die den Realitätsgrad eher nachteilig verändern. Leider fehlen den Spielerinnen innerhalb eines Computerspiels die Möglichkeiten, Dinge durch direkte Interaktion und damit Muskelbewegungen zu verändern. Derzeit ist es nicht möglich, alle Aktionen der Heldin so zu steuern wie den eigenen Körper in der Realität. Damit daraus trotzdem keine spielerischen Einschränkungen entstehen, benötigen die Spielerinnen eine Bedienungsfläche um mit dem Spiel zu interagieren. Diese Bedienungsfläche ist in der Realität meistens nicht vorhanden und stellt somit einen Faktor dar, der die Realitätsrate des Spiels senkt. Sollte es also nicht möglich sein, diese Oberfläche stimmig in das Spiel einzubauen, so sollte dennoch darauf geachtet werden, dass diese Unstimmigkeiten möglichst getrennt vom restlichen Spiel sind (nach [ROLL 2003]). Daher ist es meist besser, diese Oberfläche in einen eigenen, abgetrennten Bereich zu verschieben, da so der Eindruck entsteht, dass die Oberfläche nicht zum eigentlichen Spielinhalt

gehört.

Neben diesen eher subversiven Elementen des Ambientes wollen Menschen, die etwas spielen, auch eine spannende Geschichte erleben - im Falle von Computerspielen eine Geschichte, die sie selber mitgestalten und verändern können. Daher sollten bei der Erstellung der Geschichte zum Computerspiel auch grundlegende erzählerische Grundsätze beachtet werden. Wenn die Geschichte der Spielenden einfach vorgetragen wird, ohne dass sie etwas dazu beiträgt, dann geht eine Erfahrung für die Spielerin verloren. Der Spielerin sollte eher der Eindruck vermittelt werden, dass sie die Geschichte erst herausfinden und dafür auch Hürden überwinden muss. Die Geschichte wird nicht vorgekaut, viel mehr muss sich die Spielerin auf die Suche nach der Geschichte begeben und aktiv teilnehmen. Eine Geschichte kann auch durch geschickt platzierte Vorahnungen auf das Kommende eine Bereicherung erfahren. Bei Computerspielen können diese speziell bei einführenden Videosequenzen benutzt werden, um die Spielerin auf das Zukünftige vorzubereiten. Wichtig ist, dass diese Vorahnungen noch genügend Fragen offen lassen, die die Spielerin im Verlauf des Spiels erst nach und nach beantworten kann und somit die Geschichte zu einem großen Ganzen wird (siehe [SPEC 2006]).

Menschen nehmen Geschichten auch besser auf, wenn es sich um einzelne, konkrete Personen handelt. Die Rettung der Welt ist zwar ein hehres Ziel, ohne konkrete daran beteiligte Personen ist es aber schwer wirklich zu verstehen. Schlussendlich wird eine Geschichte aber erst dann zu einer guten Geschichte, wenn die darin handelnden Personen in sich stimmig sind und die Geschichte nicht vorhersehbar ist. So sollte jede gute Geschichte einige Punkte enthalten, an denen sich die Handlung unerwartet verändert. Ebenso wie bei guten Geschichten trägt auch bei Computerspielen ein überraschendes Ende, das nicht bereits von Anfang an vorhergesehen werden kann, zur guten Aufnahme der Spiels bei (siehe [ROLL 2003]).

8. Entwicklung eines Prototyps

8.1. Treatment

8.1.1. Einführung

In einer fremden Welt herrscht Krieg. Doch weder diese Welt, noch der Krieg folgen uns bekannten Regeln. Die Spielerin wird in eine Welt der Logik und der Berechnung entführt. So etwas wie Kunst oder Individualismus existieren nicht - alles folgt bestimmten Regeln und Zusammenhängen. Das ist die Welt der Naturwissenschaften und insbesondere der Mathematik. Auf Geometria, einem einzelnen Planeten dieser Welt ist ein unerbitterlicher Krieg ausgebrochen. Geometria selbst wird von der Geometrie bestimmt. Jede Oberfläche, jedes Objekt und jedes Ding folgt den Regeln der Geometrie - Ordnung und Genauigkeit. In dieser Welt versuchen verschiedene Machthaber - die Spielerinnen - die Vorherrschaft zu erlangen. Dazu setzen die Spielerinnen unglaubliche Armeen geometrischer Figuren ein, die für sie in die Schlacht ziehen um ihren Beherrscherinnen Ruhm und Ehre zu erkämpfen - und vor allem Papier. Auf Geometria ist das Papier der bestimmende Faktor. Denn nur mit Papier können die Armeen gebaut und verbessert werden und nur mit Armeen können Kämpfe gewonnen und Macht erlangt werden. Das Papier ist also der Grundstein der Macht - und auf Geometria eine seltene und heiß umkämpfte Ressource. Nur wer eine Gegnerin besiegt, kann vielleicht Teile ihrer vernichteten Polyeder recyceln.

Doch Geometria hat noch eine weitere Besonderheit: der Planet ist zweidimensional - und aus Papier! Daher ist die Bewegungsfreiheit auf Geometria stark eingeschränkt, auf zwei Dimensionen. Dies hat natürlich einen erheblichen Einfluss auf taktische und strategische Entscheidungen, den Begriff „nebeneinander“ kennen die Geometrianerinnen gar nicht. Die Schlachtaufstellung spielt also eine ebenso wichtige Rolle wie der Mix der verschiedenen Einheiten - denn einmal festgelegt, lässt sich die Aufstellung

während eines Gefechts nicht mehr verändern.

Genau so schräg wie die Objekte in Geometria verhält sich auch ihre Physik. In Geometria werden Kämpfe nicht mittels Bomben und Granaten gefochten - denn diese wären in einem papierbetonten Terrain wie Geometria für die Benutzerin genau so verheerend wie für das Opfer. Ein Funke könnte den gesamten Planeten vernichten. Daher werden in Geometria die Kämpfe noch auf die altmodische Art ausgefochten - im direkten Zweikampf zweier Armeen. Diese werden aus Papier - dem einzigen Rohstoff auf Geometria - erstellt. Verrückte Polygone - ganz nach dem Geschmack der Machthaberin, in Geometria auch oft „Ruler“ genannt - treten in direkten Wettbewerb miteinander und sichern so das Überleben der Stärkeren. Dabei sind dem Erfindungsreichtum der Ruler keine Grenzen gesetzt - jedes nur erdenkliche Polygon kann in den Kampf geschickt werden, vielleicht um in der Schlacht gegen die Erzfeindin den entscheidenden Vorteil zu erlangen.

8.1.2. Gameplay

Geometria - nicht nur der Ort sondern auch der Name des Spiels - ist ein Strategiespiel, bei dem sich mehrere Spielerinnen im Internet miteinander messen. Die Ressource, aus denen Spielerinnen ihre Armeen erstellen können, stellt dabei das Papier dar. Aus dem Papiervorrat können die Spielerinnen einzelne Polygone erstellen und diese zu ihrer Armee hinzufügen. Verschiedene Eigenschaften eines Polygons bestimmen dabei seine Stärke im Kampf. Sollte die Spielerin der Meinung sein, dass ihre Armee stark genug ist, so kann sie versuchen, eine andere Spielerin anzugreifen. Dabei schickt sie ihre Armee, beziehungsweise einen Teil ihrer Armee in einer gewissen Schlachtaufstellung gegen eine andere Spielerin in den Kampf. Da Geometria ein Browser-Spiel ist, wird die Schlacht nicht in Echtzeit dargestellt sondern vom Computer berechnet. Sobald eine Spielerin ihre Armee in Bewegung gesetzt hat, hat die angegriffene Spielerin 24 Stunden Zeit, um ihre Armeen zu sammeln und zu

positionieren. Nachdem der Kampf berechnet wurde, erhält die Gewinnerin Papier, während die Verliererin entsprechend viel Papier verliert.

Aus ihrem Papiervorrat kann eine Spielerin immer neue geometrische Objekte erzeugen. Diese dürfen beliebige Polygone sein - allerdings muss die Spielerin in der Lage sein, die benötigte Papiermenge (also die Fläche) des Polygons zu bestimmen. Bereits bestehende Polygone können wiederverwertet werden - allerdings fällt beim Auflösen eines Polygons ein gewisser Verschleiß an, der vom Papiervorrat abgezogen wird.

Ziel des Spiels ist es, möglichst viel Papier anzuhäufen und so die High-Score-Liste anzuführen. Neben diesen Spielmechanismen gibt es auch noch die Möglichkeit mit den anderen Spielerinnen zu kommunizieren.

8.1.3. Genre

Geometria ist ein Browser-Strategiespiel, bei dem alle Spielerinnen gegeneinander kämpfen. Daher wird auch die Geschichte und die Spielhandlung von den Spielerinnen selber geschrieben. Durch Angriffe und Verteidigungen treten die Spielerinnen miteinander in Kontakt und Wettbewerb und entwickeln so das Spielgeschehen und die Welt Geometria kontinuierlich weiter.

Im Gegensatz zu anderen Strategiespielen besitzt Geometria keine vordefinierten Einheiten. Die Einheiten werden stattdessen von den Spielerinnen selber erschaffen, und bieten so ein größtmögliches Maß an Flexibilität.

8.1.4. Technische Anforderungen

Da das Spiel eine Lernhilfe darstellt, sind die technischen Anforderungen sehr gering gehalten. Besonders die Zielgruppe der 12 bis 13 jährigen hat normalerweise keinen Zugriff auf einen eigenen Computer und ist somit auf die Unterstützung und Erlaubnis der Eltern angewiesen, sobald etwas auf dem

Familiencomputer installiert werden soll. Andererseits verfügen sehr viele Haushalte bereits über Internet, welches sich als modernes und einfach zu bedienendes Medium für ein solches Spiel geradezu anbietet. Das Spiel erfordert somit keine Installation und außer einem internetfähigen Computer mit Browser keine weiteren Anforderungen. Somit ist das Spiel auch für den Einsatz im Klassenraum geeignet. Denn obwohl zu den Netzwerkadministratorinnen der Schule normalerweise guter Kontakt herrscht, sind diese doch eher skeptisch was die Installation neuer Software anbelangt - insbesondere da sie für die Funktionsfähigkeit einer großen Anzahl von Computern verantwortlich sind.

Mit der Umsetzung als Browserspiel lässt sich somit die bestmögliche Einsatzfähigkeit bei geringsten technischen Voraussetzungen gewährleisten.

8.1.5. Didaktische Überlegungen

Um dieses Spiel spielen zu können, sollten die Spielerinnen bereits mit dem Koordinatensystem vertraut sein und den Flächeninhalt eines Rechtecks berechnen können. In einem Tutorial werden den Spielerinnen die Berechnungen der Flächeninhalte von Parallelogrammen und Dreiecken näher erklärt sowie die Grundlagen des Kampfsystems erläutert. Sodann können die Spielerinnen durch Angabe der Eckpunkte des Polygons eigene Figuren erzeugen - sofern sie deren Flächeninhalt wissen. Die Kampfattribute werden dann automatisch berechnet. Soll das Spiel auch für fortgeschrittenere Mathematikerinnen interessant sein, so kann auch diese automatische Berechnung entfallen. Die Spielerin erhält sofortige Rückmeldung über ihre Eingaben, da im Falle der Angabe eines falschen Flächeninhalts ihre Bemühungen umsonst waren und ein Teil ihres Papiervorrats bei dem Versuch leider unbrauchbar wurde. Daher spricht das Spiel die Kreativität der Spielerinnen an, da sie eigene Objekte erzeugen können. Die Spielerinnen müssen sich auch damit auseinandersetzen, wie man das eben kreierte Objekt so in Teile zerlegen kann, dass eine Berechnung des Flächeninhalts erst möglich wird. Zusätzlich sollten die Spielerinnen eine Vorstellung davon entwickeln, welche Formen einen positiven Einfluss auf

die Kampfwerte eines Objekts haben, ohne die zur Berechnung notwendigen Formeln bereits zu kennen.

8.2. Design Document

8.2.1. Kurzbeschreibung

Auf Geometria, einem zweidimensionalen Papier-Planeten, ist Krieg ausgebrochen. Jede der Spielerinnen stellt dabei eine der Kriegsfürstinnen dar, die um die Vorherrschaft auf Geometria kämpfen. Sie führen mächtige Armeen von Polygonen in den Kampf, um ihren Widersacherinnen das bitter notwendige Papier abzunehmen oder ganz zu vernichten. Dabei ist nicht nur strategisches Geschick im Kampf gefragt, sondern auch Kreativität bei der Erstellung der Polygone, die für sie in den Kampf ziehen.

Alle Spielerinnen spielen dabei online gegeneinander, sodass alle Gegnerinnen ebenfalls Mitspielerinnen sind - eine Computergegnerin gibt es nicht. Je besser die Spielerinnen imstande sind, Polygone in bekannte Formen zu zerlegen und deren Flächeninhalt zu berechnen, desto besser werden sie in diesem Spiel abschneiden.

8.2.2. Zielgruppe

Die Zielgruppe dieses Spiels sind Unterstufenschülerinnen, die gerade die Flächeninhaltsberechnung von Vielecken lernen oder gelernt haben. Dieses Spiel dient zur Festigung der Flächeninhaltsberechnungen und soll nebenbei auch Spaß machen.

8.2.3. Plattform

Geometria wird als Browserspiel konzipiert. Daher benötigt man zum Spielen nicht mehr als einen Internetzugang und einen PC mit Webbrowser.

Die Berechnungen laufen auf dem Server mittels PHP-Scripts und belasten somit nicht den Computer der Spielerin. Dieser dient nur zur Anzeige der Daten und zur Eingabe von Befehlen - also zur Interaktion mit dem Spiel.

8.2.4. Schlüsselfähigkeiten

Geometria ist stark an bestehende Strategiespiele angelehnt. Ein wesentlicher Faktor für den Erfolg des Spiels ist die Tatsache, dass es den Spielerinnen hilft in der Schule gelernte Inhalte zu vertiefen und zu festigen. Auch für erfahrene Strategiespielerinnen bietet Geometria einzigartige Möglichkeiten: so werden in Geometria die Einheiten, die zur Verfügung stehen nicht fix vorgegeben, sondern von den Spielerinnen im Laufe des Spiels selbst generiert. Dadurch entsteht eine Vielfalt an Einheiten mit unterschiedlichen Vor- und Nachteilen.

8.2.5. Bedienelemente

Das gesamte Spiel wird mittels Maus in einem Webbrowser bedient. Die Menüführung selber wird sich an in der Webentwicklung üblichen Strukturen orientieren. So können die wichtigsten Spielelemente über eine Menüleiste am oberen Rand erreicht werden. Diese beinhalten folgende Punkte:

- Portal
Im Portal erhalten die Spielerinnen einen Überblick über bevorstehende Kämpfe und eingegangene Nachrichten. Außerdem sehen die Spielerinnen hier ihren Papiervorrat.
- Fabrik
In der Fabrik können neue Polygone aus dem Papiervorrat erstellt werden oder bestehende Polygone „verschrottet“ und wiederverwertet werden.
- Kampfeinsatz
Im Menü Kampfeinsatz können die eigenen Armeen in den Kampf mit anderen

Armeen geschickt werden. Hier sehen die Spielerinnen auch, wenn sie von einer anderen Spielerin angegriffen und wann die Kämpfe ausgetragen werden. Für bereits absolvierte Kämpfe wird im Menü Kampfeinsatz auch ein Protokoll über den Kampfverlauf angelegt.

- Nachrichten

Mit Hilfe des Nachrichtenmenüs können die Spielerinnen Nachrichten an andere Spielerinnen schreiben oder von diesen Empfangen.

- Profil

Das Profil ermöglicht den Spielerinnen ihre persönlichen Daten wie E-Mail Adresse oder ihr Passwort zu ändern.

- Highscore

Hier können sich die Spielerinnen den momentanen Highscore ansehen.

8.2.6. Portal

Sobald sich die Spielerinnen beim System angemeldet haben, sehen sie ihr Portal. Das Portal fasst alle für das Spiel wichtigen Informationen für die Spielerinnen übersichtlich zusammen. So sehen die Spielerinnen sofort wie viele ungelesene Nachrichten sich noch in ihrem Posteingang befinden und können durch einen Link auch gleich dorthin springen. Genau so erhalten die Spielerinnen einen Überblick über die bevorstehenden Kämpfe. Schlussendlich sieht die Spielerin noch, wie viel Papier sich momentan in ihrem Vorrat befindet.

8.2.7. Fabrik

In der Fabrik erhalten die Spielerinnen eine Übersicht über ihren Papiervorrat sowie ihre vorhandenen Polygone. Sie haben die Möglichkeit vorhandene Polygone aufzulösen und so einen Teil des verbrauchten Papiers wieder ihrem Papiervorrat hinzuzufügen. Außerdem haben die Spielerinnen die Möglichkeit

neue Polygone zu erschaffen. Dazu werden sie auf eine neue Seite geleitet, auf der die Spielerinnen die Eckpunkte der Polygone angeben können. Außerdem können sie während des Entwurfes an beliebigen Stellen im Polygonzug zusätzliche Eckpunkte einfügen. Die Angabe der Eckpunkte erfolgt über einen Textbereich. Wenn die Spielerinnen mit dem Polygon zufrieden sind, können sie das Polygon erstellen - vorausgesetzt, sie können den Flächeninhalt des Polygons auf eine Nachkommastelle genau (aufgerundet) in einem Textfeld angeben. Sobald das Polygon erstellt ist, wird es der Armee hinzugefügt - oder im Falle eines falsch berechneten Flächeninhalts ein bestimmter Teil des Papiers als Verschnitt vom Papiervorrat abgezogen.

In der Fabrik erhalten die Spielerinnen auch einen Überblick über ihre Armee. Alle Polygone werden mit ihren Daten angezeigt und können für einen bevorstehenden Kampfeinsatz umgeordnet werden.

8.2.8. Kampfeinsatz

Im Menü Kampfeinsatz kann die Spielerin ihre eigene Armee in den Kampf gegen eine anderen Spielerin schicken. In einem extra Menü kann gewählt werden, wer angegriffen wird. Sobald die Spielerin den Angriff bestätigt hat, sieht die angegriffene Spielerin diesen Angriff in ihrem Kampfeinsatz-Menü und kann noch entsprechende Vorkehrungen treffen. Nachdem ein Angriff geplant wurde, bleiben der Verteidigerin noch 24 Stunden bevor das Gefecht vom Computer ausgetragen wird, um sich auf ihre Gegenerin einzustellen und aus noch vorhandenem Papier Polygone zu erschaffen.

8.2.9. Nachrichten

In diesem Menü können die Spielerinnen private Nachrichten an andere Spielerinnen schreiben und Nachrichten von anderen Spielerinnen empfangen. Sie können ein- und ausgehende Nachrichten in Ordnern verwalten und löschen.

8.2.10. Highscore

In diesem Menü werden den Spielerinnen die momentanen Wertungen aller Spielerinnen gezeigt. Diese Wertung setzt sich aus dem angehäuften Papier zusammen.

8.2.11. Punkte

In Geometria gibt es auch eine Wertung. Papier ist das alles bestimmende Medium in Geometria - und daher haben auch jene Spielerinnen eine höhere Wertung, die über mehr Papier verfügen. Dabei zählt sowohl das Papier im Vorrat als auch das Papier, das für Polygone verwendet wurde.

8.2.12. Gewinnen und Verlieren

Eine Spielerin verliert das Spiel, sobald sie über kein Papier mehr verfügt. Sie kann dann von Neuem beginnen, hat aber alle ihre Baupläne verloren.

Eine Siegerin in dem Sinne gibt es nicht. Das Ziel ist es natürlich, den ersten Platz in der Wertung zu erlangen und möglichst lange zu behalten.

8.2.13. Level-Design

Geometria spielt auf dem Papier-Planeten Geometria. Dieser zweidimensionale Planet besteht nur aus Papier. Auf ihm bewegen sich Polygone in verschiedensten Formen und Größen - und kämpfen für ihre Machthaberinnen um die Vorherrschaft auf Geometria. Dabei kann jede Spielerin in einen Kampf mit einer anderen Spielerin treten - ohne auf geographische Begebenheiten Rücksicht nehmen zu müssen. Daher besteht das einzige Level in Geometria eigentlich aus der Spielwelt und den in ihr agierenden Spielerinnen.

8.2.14. Geschichte

In Geometria streiten sich verschiedenste Mächtegruppen um die Vorherrschaft auf dem Planeten. Jede dieser Mächtegruppen wird von einer Anführerin geleitet - der Spielerin. Durch direkte Auseinandersetzungen mit anderen Spielerinnen werden die Kräfteverhältnisse auf Geometria immer wieder umverteilt - und die Geschichte nimmt ihren Lauf. Durch die Interaktion der Spielerinnen untereinander wird die Geschichte von Geometria immer weiter gesponnen. Eine vorgegebene Geschichte in dem Sinn gibt es nicht, viel mehr entsteht die Geschichte durch die Partizipation und Interaktion der Spielerinnen untereinander.

8.2.15. Visuelle Gestaltung

Das Spiel selber wird an ein kariertes Blatt Papier angelehnt sein, um die geometrische Umgebung, die auf Geometria vorherrscht, herauszuheben. Da Geometria die Welt der Geometrie ist, werden die einzelnen Designelemente eher in der weißen Farbe von Papier gehalten sein - verziert durch einfache geometrische Muster wie sie beispielsweise auf Schildern zu finden sind. Unordnung gibt es auf Geometria nicht, daher sind auch alle Zeichnungen und Figuren geometrisch exakt zu halten. Freihandelemente, Kurven und Gekrizel müssen vermieden werden, um die Atmosphäre nicht zu zerstören.

8.3. Mathematische Grundlagen

In Geometria werden verschiedenste Polygone von den Spielerinnen in die Schlacht geführt. Der Ausgang der Schlacht hängt dabei sehr stark von den Eigenschaften der eingesetzten Polygone ab. Diese Eigenschaften herauszufiltern ist das Ziel dieses eher mathematisch geprägten Kapitels. Um ein ausgewogenes Spiel zu erschaffen, in dem es keine optimale Gewinnstrategie gibt, müssen diese Eigenschaften auch in einer gewissen Wechselwirkung zueinander stehen. Wenn es möglich ist ein Polygon zu konstruieren, das in jeder Eigenschaft

optimale Werte aufweist, so wird dieses Polygon das gesamte Spiel dominieren. Daher ist es wichtig, dass die Eigenschaften so miteinander in Beziehung stehen, dass es unmöglich wird, ein derartiges Polygon zu erschaffen - und somit den Weg zu einem abwechslungsreichen und spannenden Spiel mit vielen Facetten und Strategien zu ermöglichen.

8.3.1. Allgemeine Eigenschaften von Polygonen

Im mathematischen Sinn ist ein Polygon (Vieleck) eine ebene Figur, die durch mindestens drei geradlinige geschlossene Kanten begrenzt wird. Jedes Polygon besitzt also endlich viele Eckpunkte und Kanten, die diese Eckpunkte verbinden. Der Winkel, in dem zwei dieser Kanten aufeinandertreffen, wird Innenwinkel genannt, wenn der Winkel innerhalb der Figur gemessen wird, sonst Außenwinkel. Sollten alle Innenwinkel kleiner als 180° sein, so wird von einem konvexen Polygon gesprochen. Wenn sich zwei Kanten außer in den Eckpunkten noch in anderen Punkten schneiden, so wird das Polygon als überschlagen bezeichnet. Sollte neben den Eckpunkten kein Berührungspunkt zweier Kanten vorliegen, so heißt das Polygon einfach. Neben der Fläche und den Winkeln besitzt das Polygon auch Kanten, deren Länge und Lage zueinander bestimmt werden kann sowie Diagonalen, die die verschiedenen Punkte des Polygons miteinander verbinden.

8.3.2. Einfachheit des Polygons

In Geometria müssen alle Polygone einfach sein. Diese Forderung ergibt sich aus der didaktischen Seite des Spiels. Da das Lernziel, das Geometria verfolgt, die Vertiefung der Flächeninhaltsberechnungen von Polygonen aus dem Mathematikunterricht ist und im Mathematikunterricht überschlagene Polygone nicht vorkommen, ist es auch zweckmäßig in Geometria vorerst auf überschlagene Polygone zu verzichten. Außerdem lassen sich überschlagene Polygone leicht in zwei einzelne Polygone zerlegen, die einen Punkt gemeinsam haben.

Um festzustellen, ob ein Polygon einfach ist, müssen immer je zwei Kanten auf Schnittpunkte überprüft werden. Die allgemeine mathematische Vorgehensweise in diesem Fall wäre das Aufstellen der Geradengleichung für jede Kante und anschließendes Schneiden. Da zu erwarten ist, dass diese Gleitkommaoperationen sehr rechenintensiv werden, stellt sich die Frage nach einer Vereinfachung des Verfahrens. Dabei hilft die Vektorrechnung. Wenn die Kante eines Polygons durch die Eckpunkte $A=(x_a, y_a)$ und $B=(x_b, y_b)$ gegeben ist, so lassen sich die Koordinaten jedes Punktes auf der Kante leicht durch die Parametergleichung

$$X = A + \mu \cdot (B - A)$$

bestimmen. Voraussetzung dabei ist, dass μ einen Wert zwischen 0 und 1 annimmt, wobei der Wert 0 dem Punkt A entspricht und der Wert 1 dem Punkt B. Aufgegliedert in die einzelnen Koordinaten lässt sich also sagen, dass

$$x_p = x_a + \mu \cdot (x_b - x_a)$$

und

$$y_p = y_a + \mu \cdot (y_b - y_a)$$

ist. Um herauszufinden, ob sich zwei Kanten schneiden, muss diese Gleichung für beide Kanten aufgestellt werden und dann in ein Gleichungssystem transformiert werden. Sei die erste Kante nun gegeben durch die Eckpunkte $A=(x_a, y_a)$ und $B=(x_b, y_b)$ und die zweite Kante durch die Eckpunkte $C=(x_c, y_c)$ und $D=(x_d, y_d)$, dann gelten für alle Punkte auf der ersten beziehungsweise zweiten Kante

$$\begin{aligned}x_{p_1} &= x_a + \mu \cdot (x_b - x_a) \\ y_{p_1} &= y_a + \mu \cdot (y_b - y_a) \\ x_{p_2} &= x_c + \nu \cdot (x_d - x_c) \\ y_{p_2} &= y_c + \nu \cdot (y_d - y_c)\end{aligned}$$

Wenn man auf der Suche nach einem Schnittpunkt zwischen diesen beiden Kanten ist, so müssen die x und y Werte von P_1 und P_2 übereinstimmen. Diese Forderung führt nun zum Gleichungssystem

$$\begin{aligned}x_a + \mu \cdot (x_b - x_a) &= x_c + \nu \cdot (x_d - x_c) \\ y_a + \mu \cdot (y_b - y_a) &= y_c + \nu \cdot (y_d - y_c)\end{aligned}$$

Durch Umformung erhält man folgendes äquivalentes Gleichungssystem mit zwei Unbekannten (μ und ν):

$$\begin{aligned}(x_b - x_a) \cdot \mu + (x_c - x_d) \cdot \nu &= x_c - x_a \\ (y_b - y_a) \cdot \mu + (y_c - y_d) \cdot \nu &= y_c - y_a\end{aligned}$$

Durch das Bestimmen der Determinante von

$$\begin{pmatrix} x_b - x_a & x_c - x_d \\ y_b - y_a & y_c - y_d \end{pmatrix}$$

kann man bereits feststellen, ob eine lineare Abhängigkeit vorliegt. Sollte die Determinante Null ergeben, so sind die beiden Kanten entweder parallel oder deckungsgleich. Das Berechnen der Determinante besteht dabei aus ganzzahligen Subtraktionen und Multiplikationen, die sehr schnell zu berechnen sind. Die Formel für das Berechnen der Determinante lautet:

$$A = \begin{vmatrix} x_b - x_a & x_c - x_d \\ y_b - y_a & y_c - y_d \end{vmatrix} = (x_b - x_a) \cdot (y_c - y_d) - (y_b - y_a) \cdot (x_c - x_d)$$

Somit ist klar, ob zwei Kanten parallel beziehungsweise deckungsgleich sind oder nicht. Um herauszufinden, ob sich die Kanten schneiden, eignet sich die Cramer'sche Regel. Dabei wird die erste Spalte der Matrix durch den Ergebnisvektor ersetzt. Durch Berechnung dieser Determinante und Division durch die erste Determinante erhält man eine Lösung für μ . Auf gleiche Weise erhält man ein Ergebnis für v . Man muss also lediglich zwei weitere Determinanten berechnen und dividieren, um den Schnittpunkt zu kennen. Die Determinante der folgenden Matrix liefert uns also ein Zwischenergebnis zur Berechnung von μ :

$$L_1 = \begin{vmatrix} x_c - x_a & x_c - x_d \\ y_c - y_a & y_c - y_d \end{vmatrix} = (x_c - x_a) \cdot (y_c - y_d) - (y_c - y_a) \cdot (x_c - x_d)$$

Genauso liefert die Determinante dieser Matrix ein Zwischenergebnis zur Berechnung von v :

$$L_2 = \begin{vmatrix} x_b - x_a & x_c - x_a \\ y_b - y_a & y_c - y_a \end{vmatrix} = (x_b - x_a) \cdot (y_c - y_a) - (y_b - y_a) \cdot (x_c - x_a)$$

Da die genaue Position des Schnittpunktes in Geometria allerdings unerheblich ist, sondern nur die Frage, ob denn ein Schnittpunkt existiert, wichtig ist, kann man sich die Division ersparen und stattdessen folgende Abfrage durchführen.

- Wenn $0 \leq L_1 \leq A$ und $0 \leq L_2 \leq A$ so schneiden sich die beiden Kanten

Sollten die beiden Kanten benachbart sein (also einen gemeinsamen Eckpunkt haben), so kann man sich die Abfrage ersparen, da sich diese Kanten entweder gar nicht schneiden oder deckungsgleich sind. Auch im Fall, dass A gleich Null ist, erweist sich das Berechnen von L_1 und L_2 als vorteilhaft. Denn sollten L_1

und L2 ebenfalls beide gleich Null sein, so bedeutet das, dass die Kanten deckungsgleich sind. Wenn sie hingegen ungleich Null sind, so sind die Kanten parallel.

8.3.3. Flächeninhalt des Polygons

Da der Flächeninhalt des Polygons mit der dafür benötigten Papiermenge übereinstimmt, und Papier die Hauptressource in Geometria ist, entspricht der Flächeninhalt des Polygons seinem Leben. In einem Kampf zweier Polygone wird das Papier, das einem Polygon im Kampf als Schaden abgezogen wird, der Kontrahentin im Papiervorrat gutgeschrieben. Da jedes Polygon seinem Gegenüber während eines Kampfes zumindest minimalen Schaden zufügt, steht schlussendlich keine der Kontrahentinnen gänzlich ohne Papier da. Allerdings wird eine Konfliktpartei aus einem Kampf gestärkt und die andere geschwächt hervorgehen.

Zur Berechnung des Flächeninhalts gibt es zwei Möglichkeiten. Einerseits besagt die Formel von Pick, dass die Fläche jedes Polygon, dessen Eckpunkte auf ganzzahligen Koordinaten liegen, ganz einfach durch Abzählen der Gitterpunkte im Inneren und am Rand des Polygons erfolgen kann. Dabei gilt folgender Zusammenhang:

$$A = I + \frac{R}{2} - 1$$

A ist dabei die Fläche des Polygons, I sind die inneren Gitterpunkte des Polygons während R die Gitterpunkte am Rand des Polygons sind. Der Satz von Pick beschränkt die Koordinaten der Eckpunkte eines Polygons allerdings auf ganzzahlige Werte - was in einem Spiel wie Geometria keine wesentliche Einschränkung wäre. Allerdings bleibt bei aller Einfachheit der Formel noch die Frage zu klären, wie man feststellen kann welche Gitterpunkte denn nun innerhalb des Polygons liegen und vor allem welche Gitterpunkte am Rand des

Polygons liegen, denn diese umfassen nicht nur die Eckpunkte des Polygons sondern auch Gitterpunkte, durch die eine Seitenkante des Polygons verläuft.

Eine praktikablere Variante zur Berechnung des Flächeninhalts stellt die Gaußsche Trapezformel dar. Dabei wird die Fläche jedes Trapezes berechnet, dass durch jeweils zwei Eckpunkte des Polynoms und eine Achse gebildet wird. Die Eckpunkte eines Trapezes sind dabei beispielsweise $(x_0, 0)$, (x_0, y_0) , (x_1, y_1) , $(x_1, 0)$. Dann ergibt sich die Fläche dieses Trapezes aus der allgemeinen Formel für den Flächeninhalt des Trapezes:

$$A = \frac{a+c}{2} \cdot h$$

Die Seiten a und c verlaufen in diesem Beispiel parallel zur Y-Achse, daher entsprechen die Längen dieser Seiten den Veränderungen der Y-Koordinaten. Da die Y-Koordinaten der Startpunkte der Seiten a und c immer Null sind, ist die Länge der Seite a gleich y_0 und die Länge der Seite c gleich y_1 . Die Summe daraus ist $y_0 + y_1$. Die Höhe des Tapezes ist der Unterschied in den X-Koordinaten der beiden Fußpunkte $(x_0, 0)$ und $(x_1, 0)$ - also h ist gleich $x_1 - x_0$. Die Formel für ein Trapez ist somit

$$A = \frac{y_0 + y_1}{2} \cdot (x_1 - x_0)$$

Natürlich wird dabei auch die leere Fläche zwischen der Achse und dem Polygon mitgerechnet. Diese Fläche wird später wieder abgezogen, indem man die Trapezfläche der unteren Seite des Polygons von der zuvor berechneten Fläche abzieht. Die Gesamtfläche des Polygons ist die Summe der Trapezflächen der oberen Begrenzungslinien abzüglich der Summe der Trapezflächen der unteren Begrenzungslinien. Auf den ersten Blick hat es also den Anschein, als müsste man zuerst feststellen, welche Seite des Polynoms die Oberseite ist (also weiter weg von der Achse) und welche Seite die Unterseite ist (die man später abziehen

muss). Allerdings ist diese Unterscheidung vollkommen irrelevant. Denn sollte man irrtümlicherweise die Ober- und die Unterseite verwechseln, so erhält man schlicht und ergreifend den negativen Wert der Fläche als Ergebnis. Es ist also egal, welche Trapezflächen man addiert und welche man subtrahiert - solange man schlussendlich nicht das Ergebnis als Fläche interpretiert, sondern den Betrag des Ergebnisses. Nichts desto trotz bleibt einem nicht erspart herauszufinden, welche Trapezflächen denn nun additiv wirken und welche subtraktiv. Doch diese Unterscheidung ist sehr leicht zu fällen. Denn wenn die Eckpunkte des Polygons in der aufsteigender Reihenfolge bekannt sind, so gibt es zwei Möglichkeiten:

1. Die X-Koordinate des zweiten Eckpunkts ist größer als die X-Koordinate des ersten Eckpunkts. Dadurch ergibt sich automatisch eine positive Fläche für das zu errechnende Trapez, da in unserer Formel x_1 größer ist als x_0 .
2. Die X-Koordinate des zweiten Eckpunkts ist kleiner als die X-Koordinate des ersten Eckpunkts. Dadurch ergibt sich automatisch eine negative Fläche für das zu errechnende Trapez, da in unserer Formel x_1 kleiner ist als x_0 .

Um die Orientierung der Trapezflächen braucht man sich also gar nicht zu kümmern, denn diese erhält man automatisch durch die schrittweise Abarbeitung der einzelnen Eckpunkte des Polygons. Zu beachten ist allerdings, dass unbedingt auch die Trapezfläche zwischen dem letzten und dem ersten Eckpunkt des Trapezes zu berechnen ist, da sonst eine der Flächen fehlt. In dem Fall, dass sich die X-Koordinaten zweier aufeinanderfolgender Eckpunkte gar nicht unterscheiden, die Kante also parallel zur Y-Achse verläuft, ergibt sich auch für die Trapezfläche der Wert Null. Parallel zur Y-Achse verlaufende Kanten steuern also nichts zur Gesamtfläche des Polynoms bei.

Die Gaußsche Trapezformel setzt allerdings voraus, dass das Polynom vollständig im ersten Quadranten eines Koordinatensystems liegt. Die könnte in Geometria eigentlich ohne Einbußen des Spielspaßes vorausgesetzt werden. Sollte

man auch negative Koordinaten zulassen wollen, so müsste das Polynom vor Berechnung des Flächeninhalts durch Addition einer entsprechenden Konstante in den ersten Quadranten verschoben werden.

Die Fläche eines Polynoms lässt sich also mithilfe der Gaußschen Trapezformel einfach bestimmen und steht in Geometria somit als Eigenschaft zur Verfügung.

8.3.4. Innen- und Außenwinkel

Bei der Berechnung der Innen- und Außenwinkel kommen Verfahren aus der Vektorrechnung zum Einsatz. Da das Skalarprodukt zweier Vektoren dem Produkt aus dem Cosinus des eingeschlossenen Winkels mit den Längen der Vektoren entspricht, lässt sich der Winkel aus diesem Zusammenhang leicht berechnen. Dabei werden die Vektoren durch drei aufeinanderfolgende Punkte festgelegt.

$$V_1 = \begin{pmatrix} P_{1_x} - P_{0_x} \\ P_{1_y} - P_{0_y} \end{pmatrix}$$

$$V_2 = \begin{pmatrix} P_{2_x} - P_{1_x} \\ P_{2_y} - P_{1_y} \end{pmatrix}$$

Da bei der Winkelberechnung allerdings davon ausgegangen wird, dass die beiden Vektoren den gleichen Startpunkt haben, müssen die Vektoren noch transformiert werden, sodass aus dem zweiten Vektor folgender Vektor wird.

$$V_2 = \begin{pmatrix} P_{1_x} - P_{2_x} \\ P_{1_y} - P_{2_y} \end{pmatrix}$$

Das Skalarprodukt dieser beiden Vektoren ergibt somit

$$S = (P_{1_x} - P_{0_x}) \cdot (P_{1_x} - P_{2_x}) + (P_{1_y} - P_{0_y}) \cdot (P_{1_y} - P_{2_y})$$

Bei der Berechnung der Länge der Vektoren bleiben etwas kompliziertere und somit processorintensive Berechnungen nicht erspart.

$$L = \sqrt{\left((P_{1_x} - P_{0_x})^2 + (P_{1_y} - P_{0_y})^2 \right) \cdot \left((P_{1_x} - P_{2_x})^2 + (P_{1_y} - P_{2_y})^2 \right)}$$

Der Quotient dieser beiden Werte liefert uns nun den Cosinus des gesuchten Winkels. Der Winkel selber ergibt sich somit durch die Rechnung

$$\alpha = \arccos \frac{S}{L}$$

Nun ist aber immer noch unklar, ob es sich bei dem errechneten Winkel um einen Innen- oder Außenwinkel handelt. Zu diesem Zweck werden zwei verschiedene Summen berechnet, die entweder um den errechneten Winkel oder um 360 minus dem errechneten Winkel erhöht werden. Die Frage, welcher Winkel auf welche Summe aufgeschlagen wird, lässt sich leicht mit der Determinante beantworten. Denn je nachdem, ob die Determinante der beiden ursprünglichen Vektoren negativ oder positiv ist, muss der Winkel entweder auf die eine oder auf die andere Summe aufgeschlagen werden. Das hat den Grund, dass das Berechnungsverfahren für den Winkel ja nicht den orientierten Winkel zurückliefert, sondern den kürzesten Winkel zwischen den beiden Vektoren. Um herauszufinden, ob der Knick des Polygons nun nach links oder nach rechts geht - und der Winkel somit entweder der linksseitige oder der rechtsseitige Winkel ist - ist das Vorzeichen der Determinante ausschlaggebend. Sollte das Vorzeichen positiv sein, so wird das Berechnungsergebnis auf die erste Summe aufgeschlagen, der Komplementärwinkel auf die zweite Summe. Wenn das Vorzeichen allerdings negativ ist, so tritt der Aufschlag genau umgekehrt auf. Die Determinante der beiden Vektoren lässt sich nach folgender Formel bestimmen.

$$D = (P_{1_x} - P_{0_x}) \cdot (P_{2_y} - P_{1_y}) - (P_{2_x} - P_{1_x}) \cdot (P_{1_y} - P_{0_y})$$

Um herauszufinden, welche Winkel denn nun die inneren beziehungsweise die äußeren Winkel sind, kommt der Winkelsummensatz zum Einsatz. Gemäß dieses Satzes ist die Summe aller Winkel in einem Polygon gleich

$$(n-2) \cdot 180$$

Die Summe der Innenwinkel muss somit gleich dieser Zahl sein - die andere Summe kann getrost vergessen werden.

8.3.5. Standardabweichung der Winkel

Um den Polygonen Vergleichswerte für den Kampf zuordnen zu können, empfiehlt sich als erstes die Standardabweichung der Winkel vom Durchschnittswinkel. Dabei ist der Durchschnittswinkel gleich

$$\frac{n-2}{n} \cdot 180$$

Für steigendes n strebt der Durchschnittswinkel also gegen 180° , da

$$\frac{n-2}{n}$$

für ein steigendes n gegen eins strebt. Die Standardabweichung ergibt sich nun aus der Formel

$$\sqrt{E((X - E(X))^2)}$$

Dabei ist E der Erwartungswert der einzelnen Funktionen. Wenn man die Winkel mit α_i bezeichnet, so ergibt sich folgende Berechnung für die

Standardabweichung der Winkel.

$$\sqrt{\sum \left(\alpha_i - \frac{n-2}{n} \cdot 180 \right)^2 \cdot \frac{1}{n}}$$

Gemäß den binomischen Formeln ergibt das

$$\sqrt{\frac{1}{n} \cdot \sum \alpha_i^2 - 2 \cdot \alpha_i \cdot \frac{n-2}{n} \cdot 180 + \left(\frac{n-2}{n} \cdot 180 \right)^2}$$

Da jede Teilsumme dieser Summe für jedes beliebige n absolut konvergiert, kann die Summation mit den einzelnen Additionen beziehungsweise Subtraktionen vertauscht werden.

$$\sqrt{\frac{1}{n} \cdot \left(\sum \alpha_i^2 - \sum 2 \cdot \alpha_i \cdot \frac{n-2}{n} \cdot 180 + \sum \left(\frac{n-2}{n} \cdot 180 \right)^2 \right)}$$

Durch herausheben konstanter Faktoren ergibt sich folgende Formel.

$$\sqrt{\frac{1}{n} \cdot \left(\sum \alpha_i^2 - 2 \cdot \frac{n-2}{n} \cdot 180 \cdot \sum \alpha_i + \left(\frac{n-2}{n} \cdot 180 \right)^2 \right)}$$

Die Summe der einzelnen α_i entspricht aber genau der Gesamtsumme der Winkel im Polygon. Auch das Produkt der α_i konvergiert absolut, wodurch sich auch die Summation mit dem Produkt vertauschen lässt. Nach einem weiteren Umformungsschritt steht das Ergebnis fest.

$$\sqrt{\frac{1}{n} \cdot \left((n-2) \cdot 180 \right)^2 - \frac{2 \cdot \left((n-2) \cdot 180 \right)^2}{n} + \frac{\left((n-2) \cdot 180 \right)^2}{n^2}}$$

Insgesamt ergibt sich daraus die Formel

$$\sqrt{(n-1) \cdot \frac{((n-2) \cdot 180)^2}{n^2}}$$

Diese strebt für ein steigendes n gegen Unendlich, somit kann theoretisch die Standardabweichung der Winkel für steigendes n beliebig wachsen.

8.3.6. Kanten

Die Anzahl der Kanten in einem Polygon hängt direkt von der Anzahl der Ecken des Polygons ab. Allerdings besitzen die Kanten eine Eigenschaft, welche die Ecken nicht haben, nämlich eine Länge. Aus dieser Länge lässt sich mittels der Standardabweichung wieder eine Kennzahl für das Polygon errechnen.

Neben der Länge der Kanten wäre es auch möglich, die Parallelität der Kanten zu überprüfen. Sowohl die Länge der Kanten als auch die Parallelität der Kanten korrespondieren nicht mit der Regelmäßigkeit des Polygons - es ist also möglich, auch sehr unregelmäßige Polygone zu konstruieren, die eine feste Kantenlänge haben beziehungsweise die viele parallele Kanten aufweisen.

8.3.7. Querverbindungen

Durch die Verbindung aller Punkte eines Polygons untereinander entstehen so genannte Querverbindungen. Die Querverbindungen haben eine gewisse Länge. Wird von jedem dieser Punkte die längste und die kürzeste Querverbindung gesucht und der Quotient davon gebildet, so lässt sich von diesen Werten wieder die Standardabweichung finden. Wie sich anschaulich leicht begründen lässt, ist diese Standardabweichung umso geringer, je regelmäßiger das Polygon ist. Denn bei einem regelmäßigen Polygon ist dieser Quotient immer gleich, also konstant.

8.4. Kampfwerte

Um in Geometria Abwechslung und Strategie zu ermöglichen, ist es notwendig, dass der Kampf nicht von bestimmten Polygonklassen dominiert wird. Dabei wird auf ein „Schere-Stein-Papier“-Prinzip gesetzt. Von jedem Polygon werden drei Eigenschaften gewählt, die seine Kampfwerte darstellen. Dabei ist darauf zu achten, dass es nicht möglich ist, alle drei dieser Werte auf ein Maximum zu steigern. Die Spielerin soll sich aussuchen können, ob ihre Polygone in einem bestimmten Bereich sehr gut sind, oder ob sie in allen drei Bereichen eher durchschnittlich sind.

Im vorhergehenden Kapitel wurden die mathematischen Grundlagen und Gedanken erörtert, auf denen die Entscheidung für die gewählten Eigenschaften beruhen. Ein weiterer Faktor für die Wahl der Eigenschaften soll deren möglichst einfache Berechnung sein. Da es sich bei Geometria um ein Browserspiel handelt, müssen die Ressourcen schonend eingesetzt werden.

8.4.1. Winkel

Die erste Eigenschaft, die für die Kampfwerte herbeigezogen wird, ist der spitzeste bzw. stumpfeste Winkel. Dabei fallen zwar die Berechnungen für die einzelnen Winkel immer noch an, allerdings kann die Berechnung des Arcus Cosinus weggelassen werden. Außerdem ist es nicht interessant, welche der Winkel denn die Außen- und welche die Innenwinkel sind, es zählt schlicht das größte Verhältnis aus Skalarprodukt und Vektorlängen.

8.4.2. Querverbindungen

Die zweite Kampfeigenschaft eines Polygons ist das Verhältnis aus der kürzesten zur längsten Querverbindung. Auch hier wird die komplizierte und rechenaufwändige Berechnung einer Standardabweichung erspart.

8.4.3. Eckpunkte

Der letzte Kampfwert des Polygons errechnet sich aus der Anzahl der Eckpunkte. Damit sich sein Wert ebenso wie die beiden Vorigen Kennzahlen dem Wert eins annähert, wird dieser Wert wie folgt berechnet

$$E = 1 - \frac{1}{\sqrt{n}}$$

8.4.4. Der Kampf

Grundsätzlich hat jedes Polygon in jedem der drei Eigenschaften einen bestimmten Wert - in manchen Eigenschaften wird dieser Wert größer sein, in manchen kleiner. Bei einem Kampf werden diese Eigenschaften miteinander verglichen. Allerdings ist ein hoher Wert in einer Eigenschaft nicht immer gut. Ein hoher Wert bezeugt gute Angriffseigenschaften in der Eigenschaft, während ein kleiner Wert gute Verteidigungseigenschaften erlaubt.

In der ersten Phase wird der Winkel-Wert des einen Polygons (Angreifer A) mit dem inversen Querverbindungs-Wert des anderen Polygons (Verteidiger V) verglichen. Der inverse Wert entspricht dabei eins minus dem ursprünglichen Wert. Sollte die Differenz aus Winkel-Wert und inversem Querverbindungs-Wert positiv sein, so wird das Ergebnis mit dem Flächeninhalt des A-Polygons multipliziert. Dieser Wert entspricht dem Schaden, den das A-Polygon dem V-Polygon zugefügt hat, und so viel Papier konnte das A-Polygon für sich gewinnen. Danach werden die Rollen vertauscht und der Vergleich nochmal durchgeführt. So kann das vormalige V-Polygon seinerseits Papier vom ehemaligen A-Polygon erhaschen.

In der zweiten Phase wird der Querverbindungs-Wert des A-Polygons mit dem inversen Eckpunkte-Wert des V-Polygons verglichen. Ist die Differenz positiv, so wird das Produkt aus Differenz und Flächeninhalt des A-Polygons wieder

als Schaden gutgeschrieben. Danach folgt der gleiche Vergleich wieder mit vertauschten Rollen.

In der dritten und letzten Phase wird der Eckpunkte-Wert des A-Polygons mit dem inversen Winkel-Wert des B-Polygons verglichen. Bei einer positiven Differenz wird wieder Schaden in Proportion zum Flächeninhalt gutgeschrieben. Danach wird der Vergleich wieder umgedreht.

Bevor eine Runde des Kampfes vorbei ist, wird der aufsummierte Schaden vom Flächeninhalt der Polygone abgezogen und der Spielerin des gegnerischen Polygons als Papiervorrat gutgeschrieben. Dabei kann natürlich niemals mehr Papier gutgeschrieben werden, als der verbleibende Flächeninhalt des Polygons beträgt. Sollte der Flächeninhalt eines Polygons dabei auf Null sinken, so ist es besiegt und das nächste Polygon in der Reihe muss in den Ring. Sollten beide Polygone noch leben, so wird eine neue Kampfrunde mit den gleichen Polygonen gestartet. Dies wiederholt sich so lange, bis alle Polygone einer Spielerin aufgebraucht sind. In dem seltenen Fall, dass sich zwei Polygone keinen Schaden zufügen, werden beide aus dem Kampf ausgeschieden und die Polygone stehen den Spielerinnen weiterhin zur Verfügung.

Unabhängig davon welche Armee von welcher Spielerin vernichtet wurde - den zugefügten Schaden bekommen sowohl Verliererin als auch Gewinnerin zu ihrem Papiervorrat hinzugefügt. Dadurch kann es sogar passieren, dass die Verliererin schlussendlich mit mehr Papier weiterspielen kann, als sie vor dem Kampf hatte.

Da die Polygone einzeln in den Ring steigen, müssen die Spielerinnen vor dem Kampf eine Kampfreiherfolge festlegen. In dieser Reihenfolge treten die Polygone gegeneinander an - und diese Reihenfolge eröffnet den Spielerinnen somit auch einen gewissen strategischen Handlungsspielraum.

8.5. Ausgewogenheitsanalyse

Wie im vorigen Kapitel besprochen sind die Werte, über die sich ein Polygon definiert wie folgt:

1. Spitzester/Stumpfer Winkel
2. Querverbindungsverhältnis
3. Eckpunkte

8.5.1. Spitzester/Stumpfer Winkel

Da das Verhältnis aus Skalarprodukt und Vektorlängen dem Cosinus des eingeschlossenen Winkels entspricht, befinden sich die Extremwerte dieser Funktion bei 1 beziehungsweise -1. Diese Werte werden nur bei 0° oder 180° Winkelgröße erreicht. Diese beiden Werte treten allerdings nie auf, da solche Eckpunkte automatisch ausgeschlossen werden. Ein Winkel von 0° entspräche dabei einer Kehrtwende auf dem Fleck, einer von 180° dem geraden weiterziehen.

8.5.2. Querverbindungsverhältnis

Das beste Querverbindungsverhältnis wird erreicht, indem alle Punkte des Polygons gleich weit voneinander entfernt sind - von einem einzelnen Punkt aus gesehen, sollten alle anderen Punkte möglichst nah an einem Umkreis mit fixer Länge liegen. Für das Optimum, dass nämlich von allen Punkten aus gesehen alle anderen Punkte genau auf eben jenem Umkreis mit einem fixen Radius liegen, besteht genau eine Erzeugungsmöglichkeit - ein gleichseitiges Dreieck. Sobald mehr Eckpunkte erzeugt werden, weicht das Verhältnis von diesem Optimum ab. Allerdings lässt sich auch für beliebige n-Ecke leicht nachvollziehen, dass das Optimum dieses Verhältnisses bei steigender Eckenanzahl abnimmt. Für Polygone mit wenig Ecken entspricht das Optimum dem regelmäßigen n-Eck. Ab etwa acht Ecken lässt sich das Querverbindungsverhältnis im Vergleich zu

regelmäßigen n-Ecken durch eine Sternform etwas verbessern. Die Sternform zahlt sich natürlich nur bei Polygonen mit gerader Eckenanzahl aus, da die überbleibende Ecke wegen der Asymmetrie zu schlechteren Werten führt. Ab dem Achteck ist die für das Querverbindungsverhältnis optimale Form ein Stern mit einem Winkel in den Zacken von 60° . Bei steigender Eckenanzahl nähert sich bei diesem Optimum jedoch auch der spitzeste beziehungsweise stumpfeste Winkel der 60° Grenze, was wiederum keinen sehr guten Wert liefert. Der Trend, dass sich das Verhältnis mit steigender Eckenanzahl verschlechtert, bleibt aber bestehen.

Andererseits strebt der pitzenste beziehungsweise stumpfeste Winkel mit der steigenden Zahl der Eckpunkte gegen 180° - also verhält sich das Querverbindungsverhältnis in diesem Punkt genau invers zum spitzesten beziehungsweise stumpfsten Winkel. Es gibt allerdings noch den Fall, dass sich der spitzeste beziehungsweise stumpfeste Winkel null Grad nähert. In diesem Fall lässt sich allerdings leicht durch die den Winkel aufspannenden Punkte ein Dreieck bilden. In diesem Dreieck ist das Verhältnis kürzester zu längster Verbindung miserabel. Insgesamt lässt sich also sagen, dass unter einem besseren Querverbindungsverhältnis der Wert für den spitzesten beziehungsweise stumpfsten Winkel leidet.

8.5.3. Eckpunkte

Der letzte Wert sind die Anzahl der Eckpunkte. Wie bereits festgestellt, sinkt der Wert für das Querverbindungsverhältnis mit der steigenden Anzahl der Eckpunkte, während der Wert für den spitzesten beziehungsweise stumpfsten Winkel steigt. Natürlich ist es auch möglich, einen guten Wert für den spitzesten beziehungsweise stumpfsten Winkel bei wenig Eckpunkten zu erhalten. Dies hat den Vorteil, dass gute Werte für den spitzesten beziehungsweise stumpfsten Winkel erzielt werden, während das Querverbindungsverhältnis noch immer akzeptabel ist. Allerdings muss in einem solchen Fall ein Abschlag bei der Anzahl der Eckpunkte gemacht werden.

8.5.4. Fazit

Wenn zwei der Werte optimiert werden, so bringt dies automatisch eine Verschlechterung des letzten Wertes mit sich. Daher gibt es für den Kampf kein optimales Polygon. Die Spielerinnen müssen sich also entscheiden, in welchen Bereichen sie starke Polygone und in welchen Bereichen sie schwache Polygone haben wollen. Eine optimale Strategie in dem Sinne gibt es auch nicht, da die Werte so miteinander korrelieren, dass es nur möglich ist in zwei Bereichen extreme Werte zu bekommen, während der letzte Bereich automatisch hinterherhinkt. Daher kann jetzt eine Strategie sein, möglichst viele möglichst ausgeglichene Polygone zu haben oder Polygone zu erzeugen, die in zwei Bereichen gute Werte haben und im letzten Bereich schlechte Werte. Für eher defensivere Spielerinnen gibt es auch die Möglichkeit, in zwei Bereichen schlechte Werte zu haben und nur in einem Bereich die Angriffskraft auf Kosten der Verteidigung zu stärken. Es lassen sich also folgende Typen von Polygonen unterscheiden (dabei ist Q der Querverbindungswert, E die Eckenanzahl und W der spitzeste beziehungsweise stumpfeste Winkel, + bedeutet einen hohen Wert, ~ einen mittleren und - einen niedrigen Wert):

	1	2	3	4	5	6	7
Q	+	+	-	~	-	-	+
E	+	-	+	~	-	+	-
W	-	+	+	~	+	-	-

Dabei ist zu beachten, dass sich der Verteidigungswert genau invers zum Angriffswert verhält. Aus der untenstehenden Tabelle lässt sich das zu erwartende Resultat eines Kampfes ablesen. Dabei steht in jeder Zeile, wie die Papierbilanz eines Polygons vom entsprechenden Typ mit einem anderen Polygon aussieht.

Digital Game-Based-Learning
Die Begeisterung als Motivationsgrund beim Lernen

	1	2	3	4	5	6	7
1	~	-	+	~	~	+	-
2	+	~	-	~	-	~	+
3	-	+	~	~	+	-	~
4	~	~	~	~	~	~	~
5	~	+	-	~	~	-	+
6	-	~	+	~	+	~	-
7	+	-	~	~	-	+	~

Diese Tabelle lässt sich ganz leicht nachvollziehen, wenn in Betracht gezogen wird, dass ein Plus in einem Angriffswert gleichzeitig ein Minus in der Verteidigung nach sich zieht. Ergo müssen die einzelnen Werte über Kreuz verglichen werden und überall dort, wo zwei Plus aufeinander treffen (also der Verteidigungswert gleichzeitig schlecht ist), entsteht ein Schaden. Wenn jetzt wie bei den Typen eins und zwei der Typus zwei zweimal Schaden zufügt, während der Typus eins nur einmal Schaden anrichtet, dann wird a la long das Polygon des Typus zwei gewinnen. Natürlich hängt das genaue Kampfergebnis von den genauen Werten ab. Sollten die Polygone allerdings ähnlich „gut“ beziehungsweise ähnlich „schlecht“ sein, dann wird langfristig das Polygon vom Typ zwei mehr Schaden anrichten als das Polygon vom Typ eins. Wird diese Überlegung nun für jeden Polygontyp angestellt, so ergibt sich obige Tabelle. Aus dieser Tabelle kann sofort abgeleitet werden, dass jedes Polygon zwei bevorzugte und zwei nachteilige Gegnerpolygone hat. Die einzige Ausnahme bildet dabei das Polygon vom Typ vier, denn bei diesem lässt sich auch langfristig keine Tendenz zum Gewinnen oder Verlieren feststellen.

Die insgesamt gewonnene Papiermenge hängt davon ab, mit welchen Anteilen die verschiedenen Polygontypen auftreten. In den folgenden Gleichungen sei die mit einem Polygon von Typ x gewonnene Papiermenge gleich P_x und die Ziffern entsprechen dem prozentualen Anteil der Polygone vom entsprechenden Typ an

der Gesamtheit der Gegnerpolygone.

$$\begin{array}{l} P_1 = 3 + 6 - 2 - 7 \\ P_2 = 1 + 7 - 3 - 5 \\ P_3 = 2 + 5 - 1 - 6 \\ P_4 = 0 \\ P_5 = 2 + 7 - 3 - 6 \\ P_6 = 3 + 5 - 1 - 7 \\ P_7 = 1 + 6 - 2 - 5 \end{array}$$

Wenn beide Spielerinnen eine optimale Strategie benutzen, so werden sie sich gegenseitig kein Papier abnehmen können. Daher muss die Summe der von den einzelnen Polygontypen beschafften Papiermenge $P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5 + P_6 + P_7$ gleich Null sein. Sollte jetzt einer dieser Polygontypen Papier einbringen, während ein anderer langfristig Papier verliert, so würden die Spielerinnen mehr von den gewinnenden Polygonen machen und weniger von den verlierenden. Da aber beide Spielerinnen eine optimale Strategie verfolgen, müssen auch die einzelnen Summanden den Wert Null haben. Daher erhalten wir nun folgendes Gleichungssystem:

$$\begin{array}{l} 0 = 3 + 6 - 2 - 7 \\ 0 = 1 + 7 - 3 - 5 \\ 0 = 2 + 5 - 1 - 6 \\ 0 = 2 + 7 - 3 - 6 \\ 0 = 3 + 5 - 1 - 7 \\ 0 = 1 + 6 - 2 - 5 \end{array}$$

Durch lösen dieses Systems ergibt sich, dass die Anzahl der Polygone vom Typ drei und sechs gleich groß der Anzahl der Polygone vom Typ zwei und sieben sein muss. Außerdem müssen die Anzahl der Polygone vom Typ eins und sieben gleich der Anzahl der Polygone vom Typ drei und fünf sein. Aus diesen beiden

Anforderungen lässt sich jedoch sofort ableiten, dass die Anzahl der Polygone vom Typ eins und sechs gleich der Anzahl der Polygone vom Typ zwei und fünf sein muss. Auffallend dabei ist, dass die Polygone vom Typ vier dabei eigentlich keine Rolle spielen.

9. Zusammenfassung

Die Schwierigkeit des Digital Game-Based Learning liegt darin, Lerninhalte in Computerspiele einzubauen, ohne diese Spiele für Schülerinnen gleich unattraktiv werden zu lassen. Um das zu gewährleisten, müssen sich Spieleentwicklerinnen in diesem Bereich an kommerzieller Software orientieren, ohne den didaktischen Hintergrund aus den Augen zu verlieren.

Die Vorteile, die Spiele bieten, sind dabei folgende:

- Motivation durch Eigenaktivität und Spielziele
- Anpassung der Schwierigkeit an die Spielerinnen
- Möglichkeit zu direktem Feedback innerhalb des Spiels

Auch aus der Sicht gängiger Lerntheorien bieten Spiele ein optimales Lernumfeld. So ist ein Spiel dazu in der Lage, das aktuelle Wissen der Spielerinnen in die Krise zu führen und so das Lernen von Neuem zu ermöglichen. Außerdem können interaktive 3D-Umgebungen den Spielerinnen eine Lernumgebung mit Anreizen bieten, die sie in der realen Welt nicht zur Verfügung haben. Diese beiden Facetten bieten bei entsprechender Gestaltung ein optimales Umfeld für Lernen.

Ausgehend von den Entwicklungsstadien und -strategien kommerzieller Spiele in Verbindung mit den oben genannten lerntheoretischen Grundlagen wurde eine Designanleitung für Spiele aus dem Bereich Digital Game-Based Learning entwickelt, die die Entwicklung von Spielen ermöglichen soll, die einerseits den hohen Ansprüchen der heutigen Konsumentinnen gerecht werden soll, und andererseits die Lernkomponente nicht aus den Augen verliert.

- Treatment

Das Treatment, das üblicherweise einen ersten Überblick über das Spiel beinhaltet, das Spielprinzip und die Spielwelt darlegt, muss dabei um

eine didaktische Komponente erweitert werden. Bereits in der ersten Konzeptionsphase des Spiels muss klar sein, welche fachlichen Inhalte das Spiel zu vermitteln versucht und wie diese didaktisch in das Spiel eingebaut werden.

- Design Document

Im Design Document wird das Computerspiel bis ins kleinste Detail spezifiziert. Es enthält neben der Hintergrundgeschichte, dem Ablauf und der Steuerung des Spiels auch technische Details zur Durchführung sowie eine Ausgewogenheitsanalyse. Alle für das Spiel relevanten Funktionen sind darin beschrieben und das Design Document vermittelt bereits einen ersten Eindruck davon, wie das Spiel einmal zu spielen sein wird. In diesem Dokument muss jetzt auch Raum für didaktische Inhalte sein. So sollte im Design Document geklärt werden, wie die einzelnen Lerninhalte in das Spiel eingebaut werden, wie die Abstufung der Schwierigkeitsgrade aussieht und wodurch die Spielerinnen etwas lernen können beziehungsweise welche spieltechnischen Auswirkungen ein nicht Beherrschen des zu vermittelnden Stoffes bedeutet.

Dabei können Lerninhalte entweder als Primärinhalt oder als Sekundärinhalt in das Spiel einfließen. Ein Primärinhalt beeinflusst dabei das Spiel so stark, dass das Spiel ohne diesen Inhalt nicht funktionieren kann - wie beispielsweise beim entwickelten Prototypen. Bei einem Sekundärinhalt beeinflusst ein Lerninhalt das Spielprinzip nicht maßgeblich. Dies können beispielsweise Aufgaben sein, die zwar innerhalb des Spiels gelöst werden müssen, aber genau so gut durch andere Aufgaben ersetzt werden können.

Bei der Frage, wie das Spiel die Lerninhalte transportiert, sollten drei Ebenen des Informationsflusses bei Spielen unterschieden werden:

- In der Darstellungsebene werden Informationen über das Äußere von Objekten transportiert.

- In der Ebene der Spiellogik werden grundsätzliche Informationen über die Regeln des Spiels transportiert, also auch alle in den Spielregeln verankerten Lerninhalte.
- In der Interaktionsebene können die Spielerinnen etwas über die Handhabung und Interaktion von Objekten innerhalb des Spiels lernen.

Anhand der Ausarbeitung des Prototyps ist ersichtlich, wie diese Prinzipien der Spieleerstellung im Bereich des Digital Game-Based Learning in die Praxis umgesetzt werden können. Dabei unterstützt der Prototyp Schülerinnen der siebten Schulstufe beim Verstehen der Berechnungsverfahren für den Flächeninhalt allgemeiner Polygone. Manche der Schülerinnen haben an dem Spiel derartig gefallen gefunden, dass sie es selbst nach Abschluss des Kapitels weiter gespielt haben.

10. Literaturverzeichnis

[ARNO 2007] Rolf Arnold (2007): Ich lerne, also bin ich: eine systemisch-konstruktivistische Didaktik, Carl-Auer-Systeme Verlag, Heidelberg

[AZLI 2008] M.M. Noor Azli, M.Z. Nor Azan, C.W. Shamsul Bahri (2008): Digital Games-Based Learning for Children, International Symposium on Information Technology 2008, ITSIm 2008, S. 1-6

[BAUM 2007] Franzjörg Baumgart (2007): Entwicklungs- und Lerntheorien, Kinkhardt, Bad Heilbrunn

[BLAKE 2006] Sarah-Jayne Blakemore, Uta Frith (2006): Wie wir lernen - was die Hirnforschung darüber weiß, Deutsche Verlags-Anstalt, München

[BOFI 2001] Jürgen Bofinger (2001): Schüler - Freizeit - Medien: Eine empirische Studie zum Freizeit- und Medienverhalten 10- bis 17-jähriger Schülerinnen und Schüler, München

[CASP 2006] Ralf Caspary (2006): Lernen und Gehirn - Der Weg zu einer neuen Pädagogik, Herder Spektrum, Breisgau

[CONN 2006] Thomas M. Connolly, Mark Stansfield (2006): Enhancing eLearning: Using Computer games to Teach Requirements Collection and Analysis, in M3 - Interdisciplinary Aspects on Digital Media & Education, Second Symposium of the WG HCI&UE of the Austrian Computer Society, S 49-60

[DANN 2009] Gernot Danneder (2009): Kontinuierliche Handlung versus Interaktion in Computerspielen, TU-Wien Dipl.-Arb., Wien

[DITT 2006] Ulrich Dittler, Michael Hoyer (2006): Wirkung interaktiver, digitaler Medien auf Kinder und Jugendliche aus medienpsychologischer und

mediendidaktischer Sicht, kopaed, München

[FEIE 1997] Sabine Feierabend, Dr. Walter Klingler: Ergebnisbericht: Jugend und Multimedia, Medienpädagogischer Forschungsverband Südwest Heft 6 1997, Baden-Baden

[GABR 2009] Sonja Gabriel (2009): Kreativer Einsatz von PC-Games im Unterricht, in Kreativität und Innovationskompetenz im digitalen Netz, Tagungsband der 5. EduMedia Fachtagung 2009, Salzburger Research Forschungsgesellschaft m.b.H., Salzburg, S. 290-294

[KICK 2006] Michael D. Kickmeier-Rust, Daniel Scharz, Dietrich Albert, Dominique Verpoorten, Jean-Loup Castaigne, Matthias Bopp (2006): The Elektra Project: Towards a New Learning Experience, in M3 - Interdisciplinary Aspects on Digital Media & Education, Second Symposium of the WG HCI&UE of the Austrian Computer Society, S. 19-48

[KUTT 2009] Albrecht Kutteroff, Peter Behrens (2009): KIM-Studie 2008 - Kinder und Medien, Computer und Internet, Medienpädagogischer Forschungsverband Südwest, Stuttgart

[MISA 2009] Martina Misar (2009): Game Design, TU-Wien Dipl.-Arb., Wien

[PIVE 2004] Maja Pivec (2004): Guidelines for game-based learning, Pabst Science Publ., Wien

[PREN 2001] Marc Prensky (2001): Digital game-based learning, McGraw Hill, New York

[ROLL 2003] Andrew Rollings, David Morris (2003): Game Architecture and Design: A New Edition, New Riders Games

[SPEC 2006] Markus Specker, Jörg Niesenhaus, Jürgen Ziegler (2006): A Design Space for Interactive Digital Storytelling, in M3 - Interdisciplinary Aspects on Digital Media & Education, Second Symposium of the WG HCI&UE of the Austrian Computer Society

[WECH 2008] U. Wechselberger (2008): The Eduventure II. - An Approach to Educational Game Design, International Conference on Cyberworlds 2008, S. 397 - 404

[WIKI 1] http://de.wikipedia.org/wiki/Die_Sims, 05.05.2010

[WIKI 2] http://de.wikipedia.org/wiki/Genre_%28Computerspiel%29, 15.04.2010

[WIKI 3] <http://de.wikipedia.org/wiki/Actionspiel>, 15.04.2010

[WIKI 4] <http://de.wikipedia.org/wiki/Computer-Strategiespiel>, 15.04.2010

[WIKI 5] <http://de.wikipedia.org/wiki/Computersimulation>, 15.04.2010

[WIKI 6] <http://de.wikipedia.org/wiki/Sportsimulation>, 15.04.2010

[WIKI 7] <http://gamedesign.wikicomplete.info/game-design-document-template>, 15.04.2010

[YUHO 2007] Lin Yu-Hong (2007): Integrating Scenarios of Video Games into Classroom Instruction, First IEEE International Symposium on Information Technologies an Applications in Education, S. 593 - 596

[ZINW 2009] N.A.M Zin, Seng Yue Wong (2009): History Educational Games Design, International Conference on Electrical Engineering an Informatics 2009, ICEEI '09, S. 269 - 275