

Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences

Bachelorarbeit

Martin Knabbe

Evaluierung von Grundsätzen für das Lernen
in Videospiele

Martin Knabbe

Evaluierung von Grundsätzen für das Lernen
in Videospielen

Bachelorarbeit eingereicht im Rahmen der Bachelorprüfung
im Studiengang Technische Informatik
am Department Informatik
der Fakultät Technik und Informatik
der Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

Betreuender Prüfer: Prof. Dr. Olaf Zukunft
Zweitgutachter: Prof. Dr.-Ing. Franz Korf

Abgegeben am 28. Januar 2011

Martin Knabbe

Thema der Bachelorarbeit

Evaluierung von Grundsätzen für das Lernen in Videospielen

Stichworte

Serious Games, Digitales Lernspiel, Usability-Test, Videospiele, Computerspiel

Kurzzusammenfassung

Diese Arbeit beschreibt die Entwicklung eines Videospiele-Prototypen, anhand dessen die Umsetzung von Grundsätzen für das Lernen evaluiert wird. Die Grundsätze für das Lernen beschreiben, wie mit einem Videospiele gelernt werden kann. Zur Evaluierung der Grundsätze wurde ein Usability-Test mit dem Prototypen durchgeführt und anschließend dessen Ergebnisse analysiert.

Martin Knabbe

Title of the paper

Evaluation of learning principles in video games

Keywords

educational computer games, game-based learning, serious games, usability testing

Abstract

This paper describes the development of a video game prototype. The prototype implements learning principles that will be evaluated. The learning principles describe how people can learn with video games. To evaluate the learning principles a usability test was conducted with the prototype. The test results were analyzed after the test.

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung	1
2 Grundlagen	3
2.1 Videospiele.....	3
2.2 Motivation des Spielens.....	5
2.3 Grundsätze für das Lernen.....	8
2.4 Spielbasiertes Lernen.....	11
2.5 Usability-Test.....	13
3 Entwicklung des Prototypen	15
3.1 Verwendete Grundsätze für das Lernen.....	15
3.2 Spielkonzept.....	16
3.3 Anforderungen.....	17
3.3.1 Funktionale Anforderungen.....	17
3.3.2 Nicht-funktionale Anforderungen.....	18
3.4 Softwarearchitektur.....	19
3.4.1 Model-View-Controller-Entwurfsmuster.....	19
3.4.2 Fassade-Entwurfsmuster.....	20
3.4.3 Systemübersicht.....	20
3.4.4 Model-Komponente.....	21
3.4.5 View-Komponente.....	22
3.4.6 Controller-Komponente.....	23
4 Durchführung des Usability-Tests	24
4.1 Beschreibung der Testumgebung.....	24
4.2 Entwurf des Usability-Tests.....	25
4.2.1 Ziel des Usability-Tests.....	25
4.2.2 Ablauf des Usability-Tests.....	25
4.3 Testdurchführung.....	27

5 Auswertung des Usability-Tests	30
5.1 Charakteristika der Testteilnehmer.....	30
5.2 Usability des Gameplays.....	32
5.2.1 Analyse der Satisfaction-Eigenschaft.....	32
5.2.2 Analyse der Error-Eigenschaft.....	33
5.2.3 Analyse der Learnability-Eigenschaft.....	34
5.2.4 Fazit.....	35
5.3 Umsetzung der Grundsätze für das Lernen.....	35
5.3.1 Aktives und kritisches Lernen.....	36
5.3.2 Multimodale Abbildung des Wissens.....	36
5.3.3 Neue Identitäten und Rollen ausprobieren.....	37
5.3.4 Probleme geordnet präsentieren.....	37
5.3.5 Just-in-time-Feedback geben und klare Ziele benennen.....	38
5.3.6 Belohnung für korrekt ausgeführte Aktionen.....	38
5.3.7 Weitere Beobachtungen.....	38
6 Zusammenfassung und Ausblick	39
6.1 Zusammenfassung.....	39
6.2 Ausblick.....	40
A Anhang	41
A.1 Fragebögen des Usability-Tests.....	41
A.1.1 Fragebogen des Vorgesprächs.....	41
A.1.2 Fragebogen des Nachgesprächs.....	42
A.2 Inhalt der CD-ROM.....	43
Glossar	44
Literaturverzeichnis	45
Abbildungsverzeichnis	47
Tabellenverzeichnis	48

1 Einleitung

In der heutigen Zeit bestimmen Informationstechnologien und Teamwork unseren Alltag und speziell unsere Arbeitswelt. Riesige Computernetzwerke, Informationsaustausch über das Internet und mobile Geräte mit Standorterkennung ermöglichen einen rasanten Wissenszuwachs und die Möglichkeiten sehr komplexe Aufgaben und Probleme zu bewältigen. Diese Aufgaben und Probleme wären ohne Computer und Teamwork nicht lösbar. Dabei ermöglicht die Computertechnologie der heutigen Zeit das Auffinden und Ändern von Informationen in Sekundenschnelle, was zu schnell veraltetem Wissen führt und neue Wege des Lernens erfordert. Die Lehr- und Lernmethoden, die in unseren Bildungseinrichtungen angewandt werden, stammen aus einer Zeit, in der die Vernetzung des Wissens durch Computertechnologie noch nicht sehr weit vorgeschritten war. Sie benötigen daher Anpassungen, um den Menschen das optimale Lernen in der aktuellen, veränderten Lernumgebung und damit auch eine gute Vorbereitung auf die heutige Arbeitswelt zu ermöglichen.

Die Wissensvermittlung in deutschen Schulen erfolgt in den meisten Fällen durch Frontalunterricht, bei dem der Lehrende vor einer Gruppe Lernender steht und Vorträge hält. Ein großer Nachteil dieser Methode ist die nicht vorhandene Anpassung des Schwierigkeitsgrads und der Lerngeschwindigkeit an jeden einzelnen Lernenden. Dies führt zu Lustlosigkeit und Desinteresse bei den Lernenden, die über- oder unterfordert sind. Die Anpassung an den Schwierigkeitsgrad und die Geschwindigkeit des Lernenden wird durch gute Videospiele erstklassig umgesetzt und könnte zu einem besseren und motivierenden Lernerlebnis führen. Durch das Erschaffen von ganz neuen Welten oder der Simulation unserer Welt, könnten Abläufe und Aufgaben aus der realen Welt in einem Videospiel trainiert werden. Diese Eigenschaften von Videospielen sind der Grund Spiele und Bildung zu verbinden. Vor allem die Unterhaltung des Spielers und den Spieler zum Weiterspielen zu motivieren sind die wesentlichen Eigenschaften und können auch für das Vermitteln von Wissen hilfreich sein.

Im letzten Jahrzehnt, mit dem rasanten Fortschritt der Videospiele, hat sich die Forschung auf dem Gebiet der "ernsten" und bildenden Videospiele ebenfalls stark ausgedehnt. Dabei werden zum Beispiel kommerzielle Videospiele auf ihre Eignung im Schulbereich untersucht. Weiterhin gilt es aber auch herauszufinden, wie Videospiele zur Wissensvermittlung aufgebaut sein müssen, und welche Komponenten eines Spiels für das Lernen hilfreich oder hinderlich sind.

James P. Gee hat kommerzielle Videospiele auf ihre Möglichkeiten, Wissen zu vermitteln und beim Lernen zu helfen, untersucht. Dabei stellte er 36 Grundsätze für das Lernen auf, die in guten Videospiele vorhanden sind. Diese sind nicht nur für lehrreiche Videospiele wichtig, sondern können auch in anderen Lernumgebungen eingesetzt werden. James P. Gee gibt in [Gee 2007] zwar Beispiele, auf welche Weise die Grundsätze in einem Spiel vorkommen. Einen allgemeinen Weg zur Umsetzung gibt er für sie allerdings nicht an. Daher ist es Ziel dieser Arbeit, allgemein gültige Wege zu finden, wie die Grundsätze für das Lernen in Videospiele umgesetzt werden können, so dass die Entwicklung von Videospiele zur Wissensvermittlung vereinfacht wird und das erfolgreiche Vermitteln des Wissens sichergestellt ist. Dazu wird ein Prototyp eines Videospiele implementiert, welcher die zu testenden Grundsätze enthält. Zuvor wird die allgemeine Umsetzung der Grundsätze für das Lernen entworfen und in einem softwaretechnischem Entwicklungsprozess umgesetzt. Abschließend wird der Prototyp in einem Usability-Test untersucht, um die Umsetzung der Grundsätze zu analysieren und die allgemeine Gebrauchstauglichkeit des Prototypen festzustellen.

In Kapitel 2 werden die Grundlagen für das Verständnis dieser Arbeit erläutert. Dazu gehören die Themen Videospiele, Motivation des Spielens, die Beschreibung der Grundsätze für das Lernen, spielbasiertes Lernen sowie Informationen zu Usability-Tests.

Darauf folgend wird in Kapitel 3 beschrieben, wie der Prototyp des Videospiele entwickelt wurde. Dies umfasst die verwendeten Grundsätze, das daraus entwickelte Spielkonzept sowie Anforderungen an den Prototypen und die Softwarearchitektur desselbigen.

Kapitel 4 und 5 widmen sich dem Usability-Test des Prototypen und der daraus entstandenen Ergebnisse. Zuerst wird die Durchführung des Tests beschrieben. Im Anschluss wird die Umsetzung der Grundsätze für das Lernen analysiert und bewertet.

In Kapitel 6 wird die Arbeit zusammengefasst und aufbauend auf dieser Arbeit weitere Forschungsmöglichkeiten vorgestellt.

2 Grundlagen

Dieses Kapitel widmet sich den Grundlagen, die für das Verständnis dieser Arbeit nötig sind. Zunächst wird in 2.1 *Videospiele* erläutert, was ein Videospiel ist und welche Eigenschaften es besitzt. Nachfolgend wird in 2.2 *Motivation des Spielens* aufgezeigt, was den Menschen zum Spielen antreibt. In 2.3 *Grundsätze für das Lernen* wird erklärt, wie der menschliche Geist lernt und welche Grundsätze daraus folgen. Die Verbindung des Spielens und Lernens wird in 2.4 *Spielbasiertes Lernen* geknüpft und abschließend in 2.5 *Usability-Test* der Nutzen und das Vorgehen bei Usability-Tests erläutert.

2.1 Videospiele

Definitionen für „Spiel“ gibt es viele. Durch die große Anzahl an verschiedenen Spielen und deren Unterschiede gelingt es nur schwer, eine alles umfassende Definition aufzustellen. Katie Salen und Eric Zimmerman definieren Spiel wie folgt:

“A game is a system in which players engage in an artificial conflict, defined by rules, that results in a quantifiable outcome.” [Salen und Zimmerman 2003]

Die Schwäche dieser Definition liegt in der Annahme eines künstlichen Konflikts, da kreative und reine kooperative Spiele dadurch ausgeschlossen werden [Adams 2010]. Als Beispiel sei hier das Videospiel *EyePet* genannt, bei dem der Spieler ein virtuelles Haustier großziehen und pflegen muss. Hier existiert kein Konflikt, der gelöst werden muss. Im Gegensatz dazu wird beim Schach oder Dame der Konflikt durch das vollständige Entfernen der gegnerischen Spielfiguren gelöst.

Eine umfassendere Definition für „Spiel“ gibt Ernest Adams. Er schreibt, dass die meisten Definitionen die Elemente Regeln, Ziele und das "so tun, als ob" gemeinsam haben und stellt folgende Definition auf:

“A game is a type of play activity, conducted in the context of a pretended reality, in which the participant(s) try to achieve at least one arbitrary, nontrivial goal by acting in accordance with rules.” [Adams 2010]

Mit Hilfe der beiden genannten Definitionen lassen sich zwei wesentliche Arten des Spielens unterscheiden. Das Spielen mit einem Spielzeug oder mit einem

Spiel. Dieses wird von Monica Mayer mit den portugiesischen Begriffen *Brincar* und *Jogar* erklärt. *Brincar* ist das regellose Spielen, zum Beispiel mit einer Puppe, Spielzeugautos oder Verstecken. Wohingegen mit *Jogar* die Regel- und Ballspiele bezeichnet werden. *Brincar* wird von jüngeren Kindern ausgeübt und beim Erwachsenwerden weniger. Während *Jogar* erst von älteren Kindern praktiziert wird und im Erwachsenenalter erhalten bleibt [Mayer 2009]. Die oben genannten Definitionen erfassen somit *Jogar* und schließen *Brincar* aus.

Nach der allgemeinen Definition von „Spiel“, wenden wir uns jetzt dem Teilbereich Videospiele zu. Unter dem Begriff Videospiele wird in dieser Arbeit das Spielen eines Spiels mit Hilfe einer Videospielekonsole (z. B. Playstation 3, XBOX 360 oder Wii), eines Desktop-Computers oder eines mobilen Gerätes (z. B. Smartphone, Playstation Portable oder Nintendo DS) verstanden. Während das Eingabegerät einer Videospielekonsole meistens ein so genannter Controller ist, werden die Eingaben an einem Desktop-Computer beim Spielen überwiegend mit Tastatur und Maus getätigt. Die Eingabe auf mobilen Geräten geschieht sehr unterschiedlich. Smartphones bieten dem Nutzer meist ein berührungsempfindliches Display, während der Controller bei mobilen Spielkonsolen im Gerät integriert ist. Die Ausgaben ereignen sich bei allen Videospiele auf einem Monitor oder Fernseher.

Aus technischer Sicht kann ein Videospiele in Komponenten aufgeteilt werden, wie in *Abbildung 1* zu sehen. Dabei enthalten die Kernmechanismen die Regeln des Spiels und stellen dem Spieler Herausforderungen, welche er mit den zur Verfügung stehenden Aktionen bewältigen kann. Die Benutzerschnittstelle präsentiert dem Spieler die Spielwelt auf dem Monitor oder Fernseher und wandelt die Eingaben in Aktionen um.

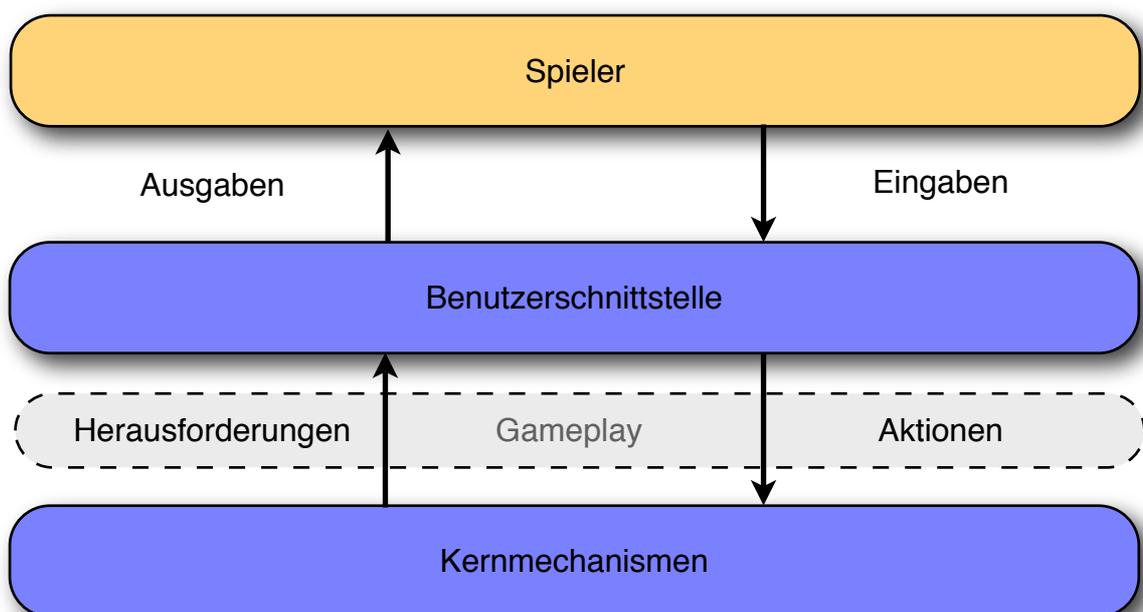


Abb. 1: Komponenten eines Videospieles [vgl. Adams 2010]

Das Gameplay besteht aus Herausforderungen, die ein Spieler meistern muss, um das Ziel des Spiels zu erreichen, und Aktionen, mit denen die Herausforderungen bewältigt werden können [Adams 2010]. Anhand der Art der Herausforderungen kann das Genre eines Spiels bestimmt werden und erleichtert so das Einordnen von verschiedenen Spielen. Als die klassischen Genres benennt Ernest Adams in [Adams 2010]:

- Action
- Strategie
- Rollenspiele
- "wirkliche Welt"-Simulationen (Sportspiele und Fahrzeugsimulationen)
- Aufbau- und Managementspiele
- Abenteuer
- Puzzle

Einige Spiele lassen sich nur schwer einem Genre zuordnen und enthalten Herausforderungen aus verschiedenen Genres.

2.2 Motivation des Spielens

Monica Mayer begründet die Motivation des Spielens mit dem Stillen eines Bedürfnisses, dies ist das Bedürfnis nach Kompetenz. Den Vorgang der Kompetenzregelung erklärt sie anhand eines Tanks. Der Tank besitzt einen Ist- und einen Sollwert. Die Abweichung beider Werte ist die Bedürfnisstärke. Durch einen Abfluss leert sich der Tank ständig. Meistert der Spieler eine Herausforderung im Spiel, so füllt sich der Tank und das Bedürfnis nach Kompetenz wird befriedigt. Schon allein durch das Selbstwirksamkeitserleben, das Gefühl etwas zu bewirken, steigt der Pegel des Kompetenztanks.

Spielen ist immer freiwillig und enthält keine materielle (extrinsische) Belohnung, daher muss Spielen immer durch die innere Lust, als interne (intrinsische) Motivation, hervorgerufen werden [Mayer 2009]. Der Spaß am Spielen ist also zu erklären mit den Worten:

"Spaß ist gleichzusetzen mit Lust, und Lust ist per Definition die Befriedigung von Bedürfnissen. Oder anders formuliert: Lust ist das Signal unseres Körpers, dass etwas richtig gemacht, also ein Bedürfnis befriedigt wurde." [Mayer 2009]

Die Aussicht, ein Erfolgserlebnis zu erlangen, hält den Spieler am Spielen und motiviert ihn. Dabei fällt das Erfolgserlebnis von Spieler zu Spieler unterschied-

lich aus, denn der Spieler schätzt für die Herausforderung seine Erfolgswahrscheinlichkeit ein. Ist die Erfolgswahrscheinlichkeit hoch, so wird die Herausforderung nach kurzer Zeit nicht mehr als solche angesehen und die Motivation schwindet [Mayer 2009]. Bei einer Herausforderung, die genau den Spielerfähigkeiten angepasst ist, also der Spieler nicht unter- oder überfordert ist, erhält der Spieler das größte Erfolgserlebnis. In Anlehnung an die Flow-Theorie von Mihaly Csikszentmihalyi ergibt sich das in *Abbildung 2* dargestellte ideale Erfolgserlebnis für einen Spieler.

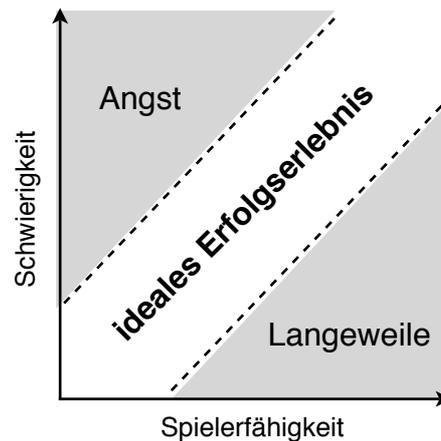


Abb. 2: Balance zwischen Schwierigkeit und Spielerfähigkeit [vgl. Csikszentmihalyi 2009]

Neben dem Befriedigen von Bedürfnissen kann man die Motivation des Spielens auch aus Sicht der Evolution betrachten. So diene Spielen schon immer als Selbsterhaltungstrieb, um überlebenswichtige Denk- und Verhaltensmuster zu erlernen und zu üben [Klimmt 2004] [Mayer 2009]. Dieses spielerische Verhalten kann man heute immer noch sehr gut bei Kindern beobachten. So wird zum Beispiel beim Spielen mit Puppen das soziale Verhalten in der Gesellschaft erlernt.

Die Handlung des Videospiegels hat Christoph Klimmt in [Klimmt 2004] mit einem 3 Stufen-Modell untersucht. Die drei Bestandteile des Unterhaltungserlebens bei Videospiegeln sind:

- *I/O-Loops* bestehen aus Eingaben des Spielers und den daraus folgenden Zustandsänderungen im Spiel. Die Eingaben und Zustandsänderungen laufen in einer Schleife ab und bilden die unterste Ebene im Modell von Christoph Klimmt. Dabei wird "... das günstige Verhältnis zwischen Aufwand und Ergebnis als Ursachen für positiv empfundenes Selbstwirksamkeitserleben (SWE) identifiziert" [Klimmt 2004].
- Eine *Episode* besteht aus mehreren I/O-Loops, sie bildet die mittlere Ebene im Modell. Vergleichend mit den Komponenten des Gameplay treten in einer Episode Herausforderungen auf, die beim Spieler eine Spannung oder Unsi-

cherheit hervorrufen. Auf diese Spannung wird mit den Aktionen, die das Spiel zur Verfügung stellt, reagiert und bei erfolgreicher Bewältigung der Herausforderung können zusätzliche Erlebenskomponenten (Lösung, Erfolgserleben, Selbstwertsteigerung/Stolz) aktiviert werden. "Erfolgslose Bewältigungsversuche führen allerdings zu stark aversiv-emotionalen Erlebensweisen, die noch ärgerlicher sind als Langeweile" [Klimmt 2004].

- Die oberste Ebene ist die *Spielsitzung*, die die erlebten Episoden enthält. Auf dieser Ebene stehen die narrative Komponente eines Videospieles sowie die Handlungsrolle, die der Spieler übernimmt, im Vordergrund. "Das Einfühlen in eine interessante, fremd- und neuartige (sowie oftmals sozial prestigeträchtige, >wichtige<) Handlungsrolle gelingt aufgrund der Interaktivität, der Realitätsnähe und anderer Eigenschaften von Computerspielen besonders umfassend, vollständig und >überzeugend<, sodass die unterhaltsame >Flucht< aus den alltäglichen Rollenkontexten in andere Handlungsfelder unterstützt und begünstigt wird" [Klimmt 2004].

ALLGEMEINE TÄTIGKEIT														
EPISODE: Handlungsmöglichkeiten Handlungsnotwendigkeit Handlungsausführung Ergebnis					EPISODE: Handlungsmöglichkeiten Handlungsnotwendigkeit Handlungsausführung Ergebnis					EPISODE: Handlungsmöglichkeiten Handlungsnotwendigkeit Handlungsausführung Ergebnis				
Input/ Output- Loop	Input/ Output- Loop	Input/ Output- Loop	Input/ Output- Loop	Input/ Output- Loop	Input/ Output- Loop	Input/ Output- Loop	Input/ Output- Loop	Input/ Output- Loop	Input/ Output- Loop	Input/ Output- Loop	Input/ Output- Loop	Input/ Output- Loop	Input/ Output- Loop	Input/ Output- Loop

Abb. 3: Modellebenen der Handlung des Videospieles [Klimmt 2004]

Die unterste Ebene ist dem Spieler dabei nicht bewusst und kann nicht in die Planung und Überlegung, wie die Herausforderung gemeistert werden kann mit einbezogen werden [Klimmt 2004]. In *Abbildung 3* ist das beschriebene Modell grafisch dargestellt. Das 3-Stufen-Modell zeigt, dass die Handlungsnotwendigkeit einer Episode, erzeugt durch die Spannung oder Unsicherheit, den Spieler zum Handeln „zwingt“. Handelt der Spieler nicht, oder scheitert er an der Herausforderung, drohen ihm negative Gefühle und der Kompetenztank wird nicht gefüllt, sondern er leert sich noch weiter. Das Bedürfnis nach Kompetenz wächst daher weiter. Die Motivation des Spielers hängt entscheidend von den in Stufe 2 absolvierten Episoden ab. Die Einschätzung der Schwierigkeit und der Ausgang der Episode beeinflussen maßgebend den Pegel des Kompetenztanks und somit die Motivation des Spielers.

2.3 Grundsätze für das Lernen

In der Kognitionswissenschaft wird der menschliche Geist als mächtiger Mustererkenner beschrieben. Menschen denken und urteilen aufgrund von Mustern, die sie durch ihre Erfahrung erzeugt haben [Gee 2007]. James P. Gee nennt als Beispiel das Erkennen eines Schlafzimmers. Wenn wir an ein Schlafzimmer denken, kommen uns sofort typische Dinge eines Schlafzimmers in den Sinn. Ein Bett, eine Lampe, ein Wecker und alles andere, das wir mit einem typischem Schlafzimmer assoziieren. Diese Dinge sind Knoten in einem Netz, welche starke oder schwache Verbindungen untereinander besitzen. Dieses Netz können wir auch als das Schlafzimmermuster bezeichnen. Mit Mustern können wir zwei wichtige Dinge tun. Zum Ersten können wir über Dinge nachdenken und sie beurteilen und zum Zweiten können wir Vermutungen anstellen, die auf unseren Erfahrungen basieren. Dabei erzeugt und erneuert das Gehirn die Muster in einem zyklischem Prozess bestehend aus, dem Untersuchen, eine Hypothese aufstellen, erneutem Untersuchen und dem Überdenken [Gee 2007]. Dieser Prozess des Lernens wird in *Abbildung 4* grafisch dargestellt.

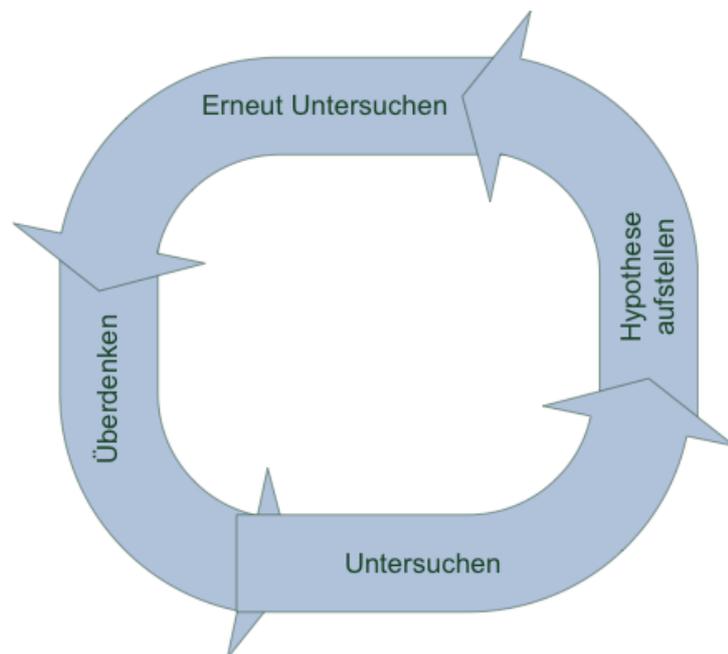


Abb. 4: Der Prozess der reflektierenden Tätigkeit

Nachdem nun beschrieben wurde, wie das menschliche Gehirn lernt, werden die für diese Arbeit wichtigsten Grundsätze für das Lernen, die James P. Gee in [Gee 2007] entwickelt hat, vorgestellt. James P. Gee hat die Lerntheorien der Kognitionswissenschaften mit den Mechanismen zum Erlernen eines Videospieles verglichen und Grundsätze für das Lernen, die in Videospiele vorkommen, erarbeitet. Er zeigt, dass beim Spielen von gut entworfenen Videospiele

tiefgreifendes und freudebringendes Lernen ohne Bezug zur Schule oder Schul-ausbildung möglich ist. Dabei weist er darauf hin, dass die Grundsätze für das Lernen auch außerhalb von Videospiele funktionieren und eingesetzt werden können.

Der Grundsatz des *aktiven und kritischen Lernens* bedeutet nicht nur passiv zu lernen, zum Beispiel durch das Lesen, sondern etwas ausprobieren und durch Erfahrung zu lernen. Kritisches Lernen heißt, das semiotische Gebiet des Lehrstoffs zu hinterfragen und die Erfahrung des aktiven Lernens zu reflektieren.

Die Lernumgebung sollte es dem Lernenden ermöglichen, *neue Identitäten und Rollen auszuprobieren* und Verbindungen zu schon bekannten Identitäten herzustellen. Als Beispiel führt James P. Gee Kinder im Naturwissenschaftsunterricht an. Wenn die Kinder aktiv wissenschaftliche Experimente durchführen, müssen sie eine Identität als wissenschaftlicher Denker und Problemlöser annehmen. Dabei enthält dieser Prozess drei Identitäten:

- Die reale Identität des Kindes ist "*der Lernende als Wissenschaftler*"
- Die virtuelle Identität ist "*der Lernende als Wissenschaftler*"
- Die projizierende Identität ist "*der Lernende als Wissenschaftler*".

Die projizierende Identität besteht aus den Werten und Wünschen, die von der realen Identität auf die virtuelle übertragen werden. Wenn die Kinder keine Verbindung von ihrer realen Identität zu der virtuellen Identität als Wissenschaftler aufbauen können oder wollen, ist das Lernen gefährdet. Diese Brücke zwischen den Identitäten kann durch das Ermutigen zum Ausprobieren, zum Bemühen sowie das Erreichen eines bedeutsamen Erfolgs für die Bemühungen repariert werden.

Ein weiterer Grundsatz besagt, Wörter und andere Zeichen sollten immer in einem spezifischem Kontext genannt werden, damit der Lernende in den Wörtern und anderen Zeichenarten den Sinn entdecken kann. Das vermittelte Wissen sollte immer durch verschiedene Modalitäten abgebildet werden, diese können Bilder, Worte, Symbole und Geräusche sein. Als Beispiel nennt James P. Gee das Erlernen der Bewegungsgesetze von Galileo. In eine Software kann die Geschwindigkeit eines Objekts eingegeben werden und die Auswirkung auf das Objekt am Bildschirm betrachtet werden. Durch verschiedene Eingaben können die verschiedenen Auswirkungen beobachtet werden. Mit dieser Erfahrung kann man die Bedeutung der algebraischen Gleichung ($d = rt$) verstehen, die die Bewegungsprinzipien auf einer abstrakten Ebene beschreibt.

Durch intelligentes Werkzeug, Technologien und verteiltes Wissen wird der Lernende ermuntert, das Wissen der Werkzeuge und anderer Personen zu nut-

zen, und in Kombination mit den Ergebnissen der eigenen Gedanken weitreichendere Lernerfolge zu erzielen.

Das Erlernen eines neuen semiotischen Gebiets sollte in einem Teilbereich angefangen werden. Dabei sind die zu bewältigenden Probleme gut geordnet, so dass aufgestellte Hypothesen auf spätere Probleme angewandt werden können. Die benötigten Informationen zum Lösen des Problems werden dem Lernenden auf Anfrage und Just-in-time oder zu einem Zeitpunkt, an dem die Information am besten verstanden und in der Praxis angewendet werden kann, präsentiert.

James P. Gee hat noch weitere Grundsätze aufgestellt, diese würden den Rahmen dieser Arbeit aber sprengen. Deshalb sei hier nochmals auf das Buch [Gee 2007] verwiesen.

Neben der Arbeit von James P. Gee gibt es noch weitere Ansätze für freudebringendes und motivierendes Lernen. Das ARCS-Modell, entwickelt von John M. Keller, identifiziert vier weitere wesentliche Komponenten für motiviertes Lernen und Lehren [Keller 1983 zit. nach Paras und Bizzocchi 2005]:

- Aufmerksamkeit (engl. *attention*) wecken. Lernende haben eine größere Motivation, wenn die Aufbereitung des Lehrinhalts neugierig macht und das Interesse weckt.
- Bedeutung (engl. *relevance*) erzeugen. Eine Verbindung vom Lehrinhalt zu den Interessen und Bedürfnissen des Lernenden schaffen. Weiterhin steigt die Motivation auch durch klar festgelegte Ziele.
- Vertrauen (engl. *confidence*) wecken. Der Schwierigkeitsgrad sollte den Fähigkeiten angepasst sein, so dass eine Aussicht auf Erfolg gegeben ist und das größtmögliche Erfolgserlebnis erreicht werden kann (siehe Abb. 2).
- Wohlbefinden (engl. *satisfaction*) steigern. Die Motivation beim Lernenden steigt durch Belohnungen für korrekt ausgeführte Aktionen.

Viele gute und erfolgreiche Videospiele setzen diese Eigenschaften und Grundsätze im Spiel um, auch wenn die Spiele nicht speziell zur Bildung und zum Lernen entwickelt wurden. Die Modelle und Grundsätze im Bereich motiviertes Lernen besitzen viele Gemeinsamkeiten. Trotzdem gibt es verschiedene Forschungsschwerpunkte. Ein Schwerpunkt ist die soziale Interaktion zwischen den Spielern, diese kann beim Spielen und auch außerhalb des Spielens stattfinden und das Lernen vertiefen. Weitere Schwerpunkte sind die Motivation des Lernenden und das Erreichen eines optimalen Lernergebnisses.

2.4 Spielbasiertes Lernen

Die Grundsätze für das Lernen in Videospiele, die nicht für den Einsatz in einer Lernumgebung entwickelt wurden, werden zum Beispiel durch automatische Anpassung des Schwierigkeitsgrads an den Spieler umgesetzt. Insbesondere viele Videospiele für Spielkonsolen besitzen eine starke narrative Komponente, die es dem Spieler leicht ermöglicht, eine emotionale Verbindung zum Hauptcharakter im Spiel aufzubauen. Auch wenn diese Spiele zur Unterhaltung des Spielers und nicht zur Verbesserung der kognitiven Fähigkeiten entwickelt wurden, verbessert der Spieler seine Fähigkeiten und erweitert sein Wissen während des Spielens.

Mittlerweile werden auch einige kommerzielle Videospiele in Lernumgebungen benutzt [Squire 2004]. Als Beispiel wird häufig das Spiel *Civilization* genannt. Der Spieler kann hier das Verhalten eines sozialen Systems (eine Zivilisation) über Jahre oder Jahrzehnte beobachten und steuern [Squire 2004].

Mit der Frage "Wie mit Hilfe von Videospiele gelernt werden kann?" beschäftigen sich Wissenschaftler aus verschiedenen Fachbereichen, zum Beispiel Psychologie, Spielentwicklung und Pädagogik. Simon Egenfeldt-Nielsen teilt das Forschungsgebiet des spielbasierten Lernens in folgende drei Gebiete auf, die bei der Forschung berücksichtigt werden müssen [Egenfeldt-Nielsen 2007]:

- *Learning environment: What properties of a learning environment have a bearing on the learning outcome and what variables are important?*
- *Personal learning factors: What personal factors can play a role for the learning outcome of a specific game experience and how significant is the impact?*
- *Learning outcome: What are the effects of using games for learning within different areas and in relation to different domains of learning?*

Diese drei Gebiete werden benötigt um die Verbindung von Spielen und Lernen ganzheitlich zu untersuchen. Die Lernumgebung hat auf das Spielerlebnis einen großen Einfluss. In der Schule könnte die Motivation des Spielers durch erzwungenes Spielen niedriger sein, als ein freiwilliges Spielen in der Freizeit. Da jeder Mensch unterschiedlich schnell lernt, sind auch die Eigenschaften des Spielers für das Lernergebnis von Bedeutung. Weiterhin ist das Lernergebnis ebenfalls von der Art des Spiels und den Lehrinhalten abhängig. Dieser Leitfaden kann helfen die Forschung auf dem Gebiet des spielbasierten Lernens zu vereinheitlichen. Denn in der jetzigen Forschungssituation gibt es für viele Begriffe keine einheitlichen Standards und Definitionen. So werden die Begriffe *Edutainment* und *Serious Games* auf unterschiedliche Weise und in verschiedenen Kontexten verwendet. Der Begriff *Serious Games* wird häufig im Zusammenhang mit spielbasiertem Lernen benutzt. Er beschreibt aber mehr als nur

das Lernen mit Spielen. Als Oberbegriff für Spiele, die nicht nur der Unterhaltung dienen, umfasst er auch politische Spiele und Werbespiele. Beispiele für *Serious Games* sind „Food Force“, „Global Conflicts: Palestine“ oder „Americas Army“.

Der Begriff Edutainment wird von Simon Egenfeldt-Nielsen negativ benutzt und folgendermaßen definiert: Edutainment ist ein Teilbereich der *Educational Computer Games* und orientiert sich an konventionellen Lehrmethoden. Dabei ist das Gameplay recht simpel gehalten. Der Lehrstoff richtet sich meist an Lehrplänen oder an allgemeinen Fähigkeiten aus. Edutainment wird häufig wegen des schlechten Gameplay und dem fehlenden inneren motivierenden Antrieb zum Spielen kritisiert [Egenfeldt-Nielsen 2007]. Damit grenzt Egenfeldt-Nielsen Edutainment zu dem Ansatz ab, das Videospiel in den Vordergrund zu stellen und die Lehrinhalte so in das Spiel zu integrieren, dass sie nebenbei als Bestandteil des Spiels gelernt werden. Edutainment wird aber auch von Spielherstellern als allgemeiner Oberbegriff für Spiele mit Bildungspotential verwendet [Squire 2004].

Der große Vorteil von guten Spielen ist die nötige innere Motivation, die den Spielenden antreibt. Diesen Vorteil versucht man zu nutzen und während des Spielens Lehrinhalte zu vermitteln. Als Kritiker der Verwendung von Videospielen im Lehrkontext wird häufig Provenzo zitiert. Provenzo wirft vier wesentliche Bedenken auf. Videospiele:

1. können zu gewalttätigem und aggressivem Verhalten führen,
2. erzeugen destruktive Geschlechterklischees,
3. fördern ungesunde egozentrische Eigenschaften und
4. hindern kreatives Spiel [Provenzo 1991 zit. nach Squire 2004].

Die Kritik, dass viele Videospiele gewalttätigen und brutalen Inhalt haben, ist sicherlich gerechtfertigt. Allerdings konnte die Forschung über Gewalt in Videospielen nicht nachweisen, dass Videospiele gewalttätiges oder antisoziales Verhalten verursachen [Squire 2004].

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Frage, ob man mit Hilfe von Videospielen lernen kann, geklärt ist. Ein großer Teil der aktuellen Forschung konzentriert sich jetzt auf die Fragen "Wie muss ein Spiel beschaffen sein, dass der Spieler motiviert lernt?" und "Welche Rahmenbedingungen müssen gegeben sein, dass der Spieler motiviert lernen kann?".

2.5 Usability-Test

Usability-Tests werden angewandt, um die Gebrauchstauglichkeit (engl. usability) einer Soft- oder Hardware zu untersuchen. Die Gebrauchstauglichkeit besteht aus mehreren Komponenten und wird traditionellerweise mit folgenden fünf Eigenschaften verbunden [Nielsen 1993].

- *Learnability: The system should be easy to learn so that the user can rapidly start getting some work done with the system.*
- *Efficiency: The system should be efficient to use, so that once the user has learned the system, a high level of productivity is possible.*
- *Memorability: The system should be easy to remember, so that the casual user is able to return to the system after some period of not having used it, without having to learn everything all over again.*
- *Errors: The system should have a low error rate, so that users make few errors during the use of the system, and so that if they do make errors they can easily recover from them. Further, catastrophic errors must not occur.*
- *Satisfaction: The system should be pleasant to use, so that users are subjectively satisfied when using it; they like it.” [Nielsen 1993]*

Durch einen Usability-Test sollen diese Eigenschaft messbar gemacht werden und können dadurch mit früheren Tests und Erfahrungen verglichen werden. Wie diese Eigenschaften erfasst werden, wird nun im Folgenden erläutert.

Eine Testmöglichkeit ohne Benutzer bietet die Evaluation mit Heuristiken. Dabei wird die Benutzerschnittstelle anhand von Richtlinien (den Heuristiken) untersucht. So können bei Verletzung einer Richtlinie Probleme der Gebrauchstauglichkeit entdeckt werden. Diese Art der Untersuchung sollte von mindestens drei, am besten sechs, Usability-Experten durchgeführt werden. Bei einer Untersuchung von weniger Usability-Experten werden nicht ausreichend viele Probleme entdeckt. Anhand eines Papierprototypen der Benutzerschnittstelle wird die Benutzerschnittstelle von Usability-Experten untersucht. Diese protokollieren die Verstöße gegen die Heuristiken. Der Nachteil dieser Methode ist die nicht vorhandene Verwendung durch einen Benutzer. Daher können keine tatsächlich auftretenden Probleme entdeckt werden. Die Vorteile dieser Methode sind der geringe Kostenaufwand und die Möglichkeit den Test schon in einer frühen Entwicklungsphase des Produkts durchzuführen [Nielsen 1993].

Ein weiterer Test ist die Untersuchung der Gebrauchstauglichkeit mit Benutzern. James Dumas und Janice Redish fassen die Charakteristika eines Usabili-

ty-Tests mit Benutzern mit folgenden fünf Punkten zusammen [Dumas und Redish 1999]:

1. Das oberste Ziel ist die Verbesserung der Gebrauchstauglichkeit eines Produkts. Für jeden Test gibt es allerdings mehrere spezifische Testziele, die während der Testplanung festgelegt werden.
2. Die Teilnehmer des Tests repräsentieren echte Nutzer des Produkts.
3. Die Teilnehmer absolvieren während des Tests echte Aufgaben mit dem System.
4. Das Vorgehen und die Äußerungen der Teilnehmer werden überwacht und aufgezeichnet.
5. Die Daten werden analysiert und Probleme der Gebrauchstauglichkeit diagnostiziert. Anschließend werden Verbesserungsvorschläge, basierend auf den Testergebnissen, verfasst.

Bei dieser Testart werden die Benutzer bei der Verwendung des Produkts beobachtet und können anschließend mit einem Fragebogen oder durch ein Interview ihre Erfahrung mit dem Produkt wiedergeben. Ein Testleiter beobachtet die Verwendung des Produkts und kann so ebenfalls Probleme der Gebrauchstauglichkeit entdecken. Durch lautes Denken des Testteilnehmers während des Tests (nebenläufig) oder zusammenfassend nach dem Test (retrospektiv) können weitere Probleme offenbart werden. Da das laute Denken eine unnatürliche Situation für den Testteilnehmer darstellt, kann das Testergebnis verfälscht werden [Nielsen 1993]. Zum einen durch zu wenige Äußerungen des Testteilnehmers oder zum anderen durch fehlende Konzentration bei der Benutzung des Produkts durch das laute Denken. Eine natürlichere Situation stellt das Testen mit zwei Testteilnehmern dar [Nielsen 1993][Dumas und Redish 1999]. Diese Testmethode wird als *codiscovery learning* oder *constructive interaction* bezeichnet. Die beiden Testteilnehmer benutzen das Produkt gemeinsam und unterhalten sich während der Testdurchführung. Als weitere Testmethode sei noch die *coaching method* (oder auch *active intervention* genannt) erwähnt. Diese Methode wird für die vorliegende Arbeit nicht benötigt. Sie wird in [Nielsen 1993] und [Dumas und Redish 1999] neben den oben genannten Verfahren ebenfalls beschrieben.

Durch die unterschiedlichen Stärken und Schwächen der Untersuchungsmethoden ist es sinnvoll, eine Kombination der Testmethoden zu wählen.

Das Ziel für Softwareanwendungen ist die effiziente Aufgabenlösung durch den Benutzer. Im Gegensatz dazu steht bei Videospielen die Unterhaltung des Spielers im Vordergrund und nicht die Effizienz [Nielsen 1993]. Da die Unterhaltung des Spielers hauptsächlich durch das Gameplay entsteht, sollte bei Usability-Tests von Videospielen speziell die Umsetzung des Gameplay untersucht werden, welches unter den Punkt *Satisfaction* fällt.

3 Entwicklung des Prototypen

In diesem Kapitel wird die Entwicklung des Prototypen beschrieben, anhand dessen die Umsetzung der Grundsätze für das Lernen überprüft werden. In *3.1 Verwendete Grundsätze für das Lernen* wird die Umsetzung der Grundsätze für das Lernen erläutert. Das daraus entwickelte Spielkonzept wird in *3.2 Spielkonzept* beschrieben. Aus dem Spielkonzept wurden die Anforderungen an den Prototypen entwickelt und in *3.3 Anforderungen* aufgelistet. Abschließend wird die Softwarearchitektur des Prototypen in *3.4 Softwarearchitektur* dargestellt und beschrieben.

3.1 Verwendete Grundsätze für das Lernen

Die Grundsätze für das Lernen von James P. Gee können aufgrund der Vielzahl nicht alle in dieser Arbeit untersucht werden. Daher wurden sechs Grundsätze von mir ausgewählt, die meiner Meinung nach in keinem Videospiel fehlen dürfen, das in irgendeiner Weise Wissen vermittelt. Ziel der ausgewählten Grundsätze ist es, das Lernergebnis des Spielers zu erhöhen und die Motivation zum Lernen zu steigern.

Im Prototypen werden folgende Grundsätze für das Lernen umgesetzt:

- Aktives und kritisches Lernen ermöglichen
- Neue Identitäten und Rollen ausprobieren
- Probleme aus dem semiotischen Gebiet geordnet präsentieren und in einer Unterkategorie des semiotischen Gebiets beginnen
- Wissen multimodal (Bilder, Worte, Symbole, Geräusche) abbilden
- Just-in-time-Feedback über Benutzeraktionen geben und klare Ziele benennen
- Belohnung für korrekt ausgeführte Aktionen geben

Das aktive und kritische Lernen soll durch das Gameplay des Spiels erreicht werden. Dabei wird das Gameplay so gestaltet, dass die Herausforderungen aus dem semiotischen Gebiet stammen. In späteren Spiellevels soll der Spieler die Erkenntnisse aus den vorherigen Spiellevels nutzen und so zum Reflektie-

ren des Lehrinhalts gebracht werden. Die Lernerfahrung durch Ausprobieren und Entdecken ist dem passiven Lernen vorzuziehen. Durch Reflexion der vorangegangenen Spiellevels wird der Lernerfolg gegenüber dem passiven Lernen vergrößert.

Im Spiel soll durch Bilder und Texte mit der Sprache aus dem semiotischen Gebiet die Verbindung der drei Identitäten hergestellt werden. Hierdurch soll das Verständnis für andere Rollen und Personengruppen erzeugt werden. Die narrative Komponente funktioniert in kommerziellen Videospielen sehr gut und soll das Lernergebnis weiter vertiefen.

Die Probleme aus dem semiotischen Gebiet werden durch Level nach Schwierigkeitsgrad linear geordnet. Das Gameplay enthält nur einen Teil des semiotischen Gebiets und kann komplexe Sachverhalte außen vor lassen, um das Spielerlebnis und den Lernerfolg nicht zu beeinträchtigen.

Das zu vermittelnde Wissen wird multimodal abgebildet. Bilder, Worte, Symbole vermitteln dieselbe Information auf verschiedene Weise.

Über Änderungen und Animationen auf der grafischen Benutzeroberfläche des Spiels sowie akustische Ereignisse wird dem Spieler sofort Feedback über seine Aktion gegeben. Das aktuelle Level und die Gesamtlevelanzahl sowie der Fortschritt des aktuellen Levels werden dem Benutzer während des Spielens präsentiert. Informationen über den Arbeitsfortschritt und sofortige Ergebnisse der ausgeführten Tätigkeiten sind in der Arbeitswelt sehr selten vorhanden und können die Motivation vermindern. Aus diesem Grund ist Just-in-time-Feedback wichtig, das dem Spieler hilft, die Herausforderungen leichter zu meistern. Für erfolgreich abgeschlossene Level bekommt er Belohnungen, zum Beispiel in Form von Trophäen und akustischen Ereignissen. Dies soll ebenfalls dessen Motivation steigern.

3.2 Spielkonzept

Aus den ausgewählten Grundsätzen für das Lernen wird ein klassisches Puzzlespiel mit Chemieinhalten entwickelt. Der Spieler schlüpft in die Rolle eines Wissenschaftlers der Chemie. Dabei steht er noch am Anfang seiner Ausbildung und erklimmt die Karriereleiter. Angeleitet von einer Professorin versucht er, den Nobelpreis zu gewinnen.

Jede Molekülstruktur stellt ein Puzzle dar. Dabei muss der Spieler Elemente einer Molekülstruktur durch Verschieben und Drehen in die richtige Position bringen. Für jedes gelöste Puzzle steigt der Spieler auf der Karriereleiter eine Stufe höher. Der Berufsstand des Spielers ist dabei zum Beispiel Lehrling, Laborant, Doktor, Professor, Genie. Ziel des Spiels ist es, eine Molekülstruktur zusammenzusetzen, die zum Gewinn des Nobelpreises führt, und den höchsten Berufsstand zu erreichen.

Das Spiel bietet nur einen Einzelspielermodus ohne Konkurrenzkampf. Es rich-

tet sich an Casual-Spieler, sowohl männlich als auch weiblich, ab 13 Jahren mit Spaß am Puzzeln und ist für Mac OS X 10.5 und neuer konzipiert.

Der Lernnutzen des Spielers ist das Kennenlernen der Elemente aus dem Periodensystem der Elemente (PSE), mit den zugehörigen Abkürzungen und Bindungsmöglichkeiten nach der Oktettregel. Dem Spieler soll dabei die Arbeit eines Wissenschaftlers der Chemie näher gebracht werden. Die Molekülstrukturen stammen aus dem täglichen Leben und sollen so den Nutzen der Chemie verdeutlichen.

3.3 Anforderungen

Die folgenden Anforderungen wurden aus den ausgewählten Grundsätzen für das Lernen und dem Spielkonzept entwickelt. Sie wurden in funktionale und nicht-funktionale Anforderungen unterteilt, wie es bei einer Anforderungsanalyse üblich ist.

3.3.1 Funktionale Anforderungen

Die Anforderungen 1 bis 5 sowie 20 und 21 legen die Kernmechanismen des Spiels fest. Dabei wurde die Puzzlegröße begrenzt, um die Schwierigkeit des Spiels nicht zu groß werden zu lassen. Da eine möglichst steile Lernkurve der Spielsteuerung erreicht werden soll, sind die Puzzleteile quadratisch. So entsteht ein Spielfeld, das aus vielen klassischen Brettspielen schon bekannt ist (zum Beispiel Schach und Dame). Damit der Umriss eines Moleküls nicht verändert werden kann, ist nur ein Vertauschen der Puzzleteile zugelassen. Da das aktive und kritische Lernen durch das Gameplay umgesetzt werden soll, ist es mit den Anforderungen der Kernmechanismen identisch.

Nr.	Beschreibung
1	Ein Puzzle besteht aus mindesten 3 und höchstens 64 Puzzleteilen.
2	Ein Puzzleteil ist quadratisch.
3	Ein Puzzleteil passt an 1 bis 4 andere Puzzleteile.
4	Ein Puzzleteil lässt sich mit Drag-N-Drop mit einem benachbarten Puzzleteil vertauschen
5	Ein Puzzleteil kann in 90°-Schritten im Uhrzeigersinn gedreht werden.
6	Der Nutzer gewinnt mit jedem erfolgreich abgeschlossenem Puzzle neuartige Puzzleteile (neue Elemente) oder Trophäen.
7	Alle gewonnenen Elemente werden im Trophäenraum angezeigt.
8	Die Software enthält ein Bild eines Avatars, auf dem eine Professorin abgebildet ist.
9	Die Software nutzt den kompletten Bildschirm (ist eine Full-Screen Anwendung)
10	Nach dem ersten gelösten Puzzle erhält der Spieler den Berufstitel „Laborassistent“
11	Nach dem zweiten gelösten Puzzle erhält der Spieler den Berufstitel „Laborleiter“
12	Nach dem dritten gelösten Puzzle erhält der Spieler den Berufstitel „Doktor“

Nr.	Beschreibung
13	Nach dem vierten gelösten Puzzle erhält der Spieler den Berufstitel „Professor“
14	Nach dem fünften gelösten Puzzle erhält der Spieler den Berufstitel „Genie“
15	Der Lösungsfortschritt wird mit einem Erlenmeyerkolben prozentual angezeigt.
16	Der Lösungsfortschritt wird in Textform in Prozent angezeigt.
17	Der ausgeschriebene Name des selektierten Elements wird in Textform angezeigt.
18	Die Farbe des selektierten Elements wird in Textform angezeigt.
19	Der Aggregatzustand bei Raumtemperatur des selektierten Elements wird in Textform angezeigt.
20	Das Puzzle ist gelöst, wenn alle Schnittstellen der Puzzleteile mit denen der direkten Nachbarn übereinstimmen.
21	Nach jedem Tauschen oder Drehen eines Puzzleteils wird der Lösungsfortschritt des Puzzles neu berechnet.
22	Nach jeder Neuberechnung des Lösungsfortschritts wird dieser in Textform und grafisch dargestellt.
23	Vor jedem Puzzle wird in Textform die Aufgabe und Informationen zum Puzzle dargestellt.
24	Nach jedem Puzzle wird der aktuelle Berufstitel angezeigt
25	Nach jedem Puzzle werden die neu gewonnenen Elemente angezeigt
26	Das Spiel besteht aus 5 Levels, die nach aufsteigendem Schwierigkeitsgrad geordnet sind.

Tabelle 1: Funktionale Anforderungen

Die Verbindung zur neuen Identität als Wissenschaftler in der Chemie soll durch die Anforderungen 8, 23 und 24 erreicht werden.

Das Spiel ist in mehrere Levels aufgeteilt, welche nach aufsteigendem Schwierigkeitsgrad geordnet sind, dadurch ist der Grundsatz der geordneten Probleme mit der Anforderung 26 umgesetzt. Der Grundsatz, dass das zu vermittelnde Wissen multimodal dargestellt werden soll, ist mit den Anforderungen 17 bis 19 sowie 22 und 23 erfasst. Just-in-time-Feedback und die Ziele des Spielers sollen durch die Anforderungen 15 und 16 sowie 21 bis 24 realisiert werden. Die Belohnungen für korrekt ausgeführte Aktionen wird mit den Anforderungen 6, 7 und 10 bis 14 sowie 24 und 25 festgehalten.

3.3.2 Nicht-funktionale Anforderungen

Für das schnelle Erlernen des Softwaresystems und die Minimierung von Anwenderfehlern wird für das Softwaresystem eine einheitliche Optik festgelegt. Das heißt, Schaltflächen und Farben sind in allen Game-Modi identisch. Dabei wurde auf gute Lesbarkeit der UI-Elemente geachtet. Diese soll mit hohem Kontrast zwischen Text und Hintergrundfarbe gewährleistet werden. Insbesondere bei der Farbauswahl der Puzzleteile wurde auf Rot-Grün-Kombinationen verzichtet. Hierdurch ist das Spiel auch für Personen mit Rot-Grün-Farbschwäche spielbar.

Nr.	Beschreibung
1	In allen Game-Modi wird ein schwarzer (R: 0%, G: 0%, B: 0%) Hintergrund verwendet.
2	Alle Selektionen von UI-Elementen werden mit Blau (R: 0%, G: 0%, B: 100%) umrandet
3	Die Zeit zwischen Wechsel vom Spielmodus zur Levelabschlussanzeige beträgt 5 Sek.
4	Beim Wechsel zwischen Game-Modi wird das komplette UI in das neue UI übergeblendet.
5	Die Schriftfarbe für Nicht-Fließtexte ist Weiß (R: 100%, G: 100%, B: 100%).
6	Die Schriftfarbe für Fließtexte ist Schwarz (R: 0%, G: 0%, B: 0%).
7	Die Hintergrundfarbe für Fließtext ist Hellgrau (R: 90%, G: 90%, B: 90%).
8	Die Farbe der Fortschrittsanzeige ist Gelb (R: 70%, G: 70%, B: 0%).
9	Die Hintergrundfarbe des Spielfelds ist Grau (R: 25%, G: 25%, B: 25%).
10	Rot-Grün-Kombination auf Puzzleteilen ist nicht erlaubt.

Tabelle 2: Nicht-funktionale Anforderungen

Ist ein Puzzle vollständig gelöst, wird nach 5 Sekunden ein automatischer Wechsel des Game-Modus zur Levelabschlussanzeige ausgeführt. Diese Verzögerung passiert aufgrund von Toneffekten im Spiel. Würde dieser Wechsel nicht angezeigt werden, würde es den Spieler wahrscheinlich verwirren.

3.4 Softwarearchitektur

Zunächst wird auf die verwendeten Entwurfsmuster im Allgemeinen eingegangen. Danach werden deren konkrete Umsetzung sowie die aus den Anforderungen entwickelte Softwarearchitektur erläutert.

3.4.1 Model-View-Controller-Entwurfsmuster

Das Model-View-Controller-Muster (MVC) ist ein Software-Entwurfsmuster, welches die Wartbarkeit der Software erhöhen soll und es ermöglicht, einzelne Komponenten leichter auszutauschen. Dies wird realisiert, indem die Präsentation, die Programmsteuerung und das Datenmodell voneinander getrennt werden [Microsoft 2010].

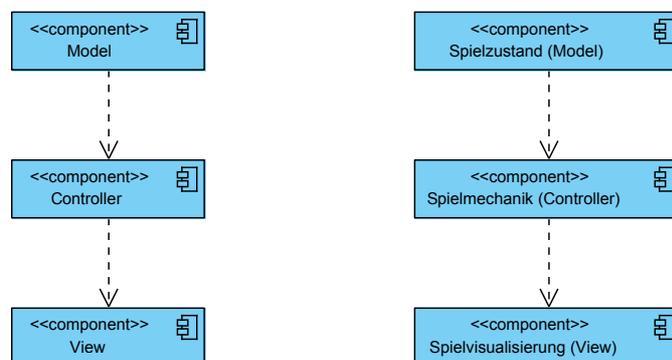


Abb. 5: MVC-Pattern in der Spielentwicklung [vgl. Napitupulu 2008]

Die drei Komponenten des MVC haben folgende Aufgaben (siehe Abb. 5, links) [Apple 2010]:

- Die Model-Komponente enthält die Daten der Anwendung und stellt die Logik zum Ändern der Daten bereit. Idealerweise hat ein Model-Objekt keine Verbindung zur View-Komponente.
- Die View-Komponente kann die Daten der Anwendung visualisieren und ermöglicht, es dem Benutzer, eventuell die Daten zu ändern.
- Die Controller-Komponente arbeitet als Vermittler zwischen der View- und der Model-Komponente. Sie informiert beide Komponenten über Änderungen der Daten.

Jan Napitupulu überträgt die drei Komponenten Spielzustand, Spielvisualisierung und Spielmechanik eines Videospiele auf das MVC-Entwurfsmuster (Abb. 5, rechts). Dabei enthält die Spielmechanik die Regeln des Spiels, wie in Kapitel 2.1 *Videospiele* beschrieben. Der Spielzustand enthält alle Daten des Spiels wie zum Beispiel Punktestände und Objekte der Spielwelt.

3.4.2 Fassade-Entwurfsmuster

Das Fassade-Entwurfsmuster stellt eine einheitliche Schnittstelle zu einem Subsystem bereit. Dies vereinfacht die Benutzung eines Subsystems und verringert die Abhängigkeiten und Komplexität zwischen den Subsystemen [Apple 2010]. Die Schnittstelle der Fassade stellt häufig benutzte Methoden zur Verfügung und delegiert die Funktionalität an die Klassen des Subsystems. Durch das Fassade-Entwurfsmuster können Subsysteme einfacher ausgetauscht und erweitert werden.

3.4.3 Systemübersicht

Das System setzt das MVC-Entwurfsmuster um und teilt die Klassen in Model, View und Controller ein. Jede Komponente besitzt eine Fassaden-Klasse, wie in *Abbildung 6* dargestellt. Die Fassade wird jeweils durch ein Interface beschrieben. Zusätzlich kann zwischen den Komponenten nur in eine Richtung navigiert werden. Durch diese Maßnahmen wird eine lose Kopplung zwischen den Komponenten hergestellt und das System lässt sich leichter erweitern und warten.

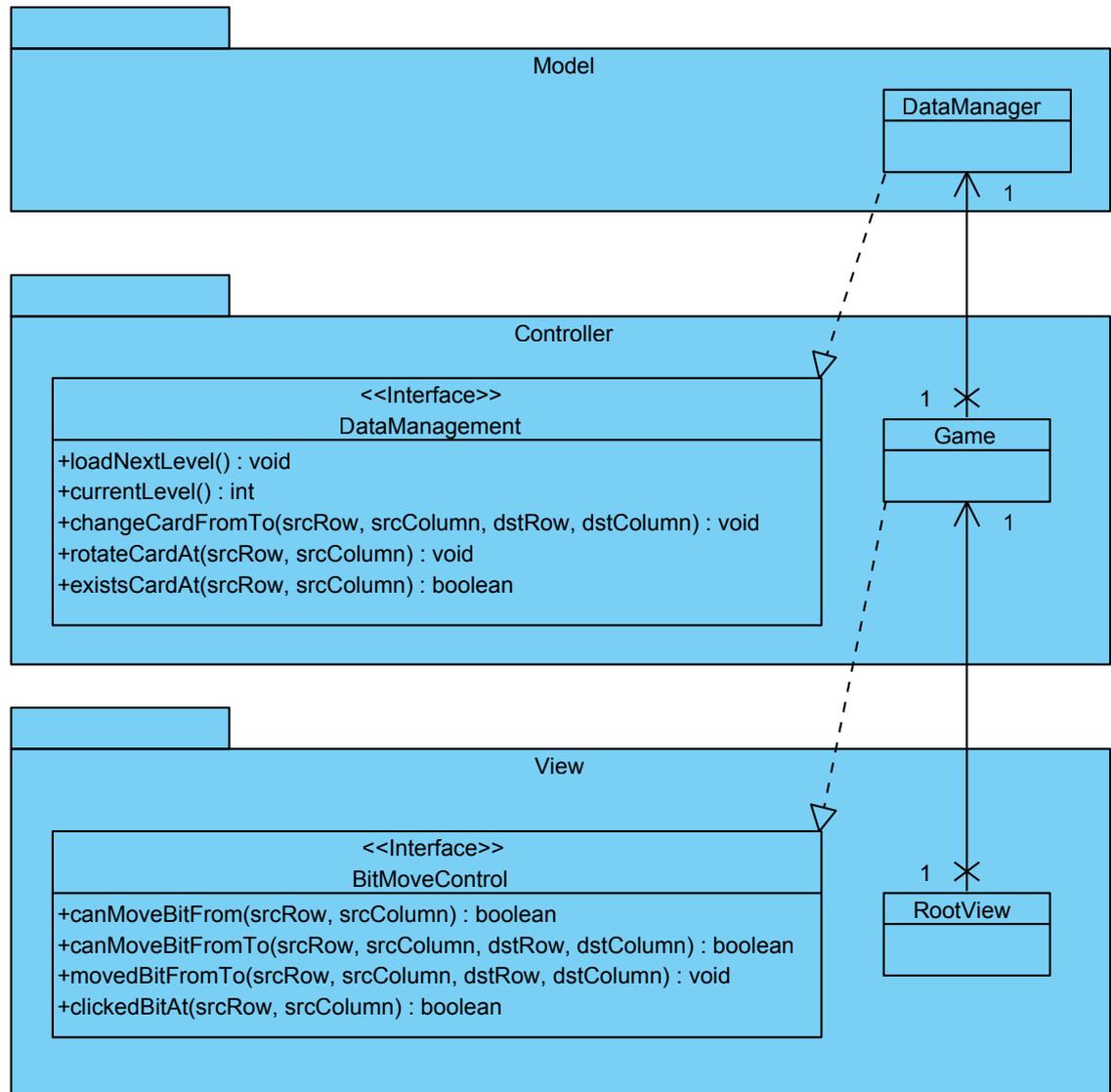


Abb. 6: Klassendiagramm mit Fassade-Klassen

Wird eine Aktion in der View-Komponente ausgeführt, zum Beispiel das Vertauschen von zwei Puzzleteilen, benachrichtigt die View-Komponente die Controller-Komponente. In der Controller-Komponente werden dann die Spielregeln angewandt und gegebenenfalls das Model aktualisiert.

3.4.4 Model-Komponente

Die Model-Komponente verwaltet die Spieldaten. Es wird gespeichert, wo auf dem Spielfeld sich ein Puzzleteil befindet und welche Ausrichtung es besitzt. Die Schnittstelle zur Controller-Komponente bietet Methoden an, mit denen die Spieldaten verändert oder abgerufen werden können. Neben den Informationen zu den Puzzleteilen werden auch die Information über Berufsstand des Spielers, aktuelles Level und Fortschritt des aktuellen Levels verwaltet. Zusätzlich

können die Informationen der chemischen Elemente für ein Puzzleteil abgerufen werden.

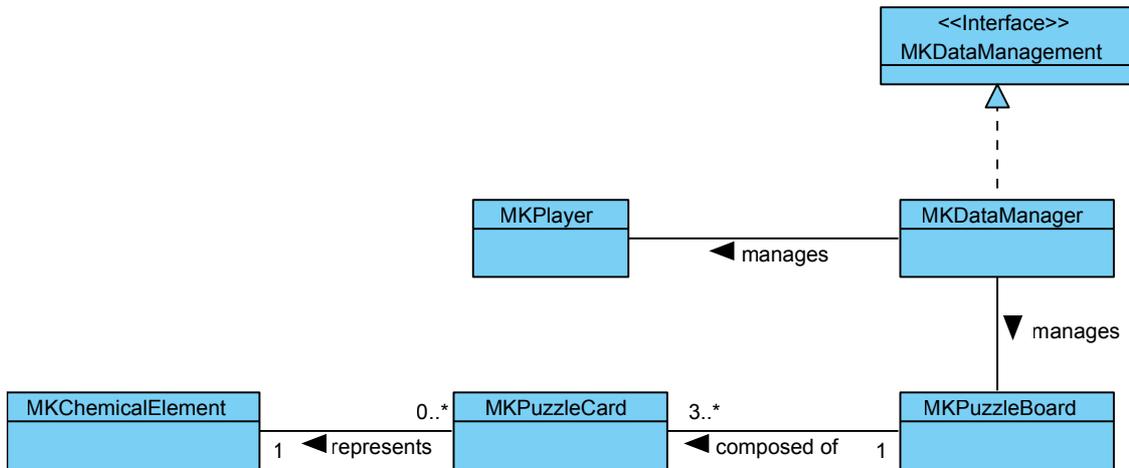


Abb. 7: Fachliche Sicht der Model-Komponenten

Die Leveldaten und Informationen der chemischen Elemente sind in XML-Dateien gespeichert. Die XML-Parser erzeugen aus den Dateien die dazugehörigen Objekte. Der Elemente-Parser wird beim Start des Systems ausgeführt und erzeugt MKChemicalElement-Objekte. Der Puzzle-Parser wird beim Levelübergang ausgeführt und erzeugt MKPuzzleCard-Objekte für das nächste Level.

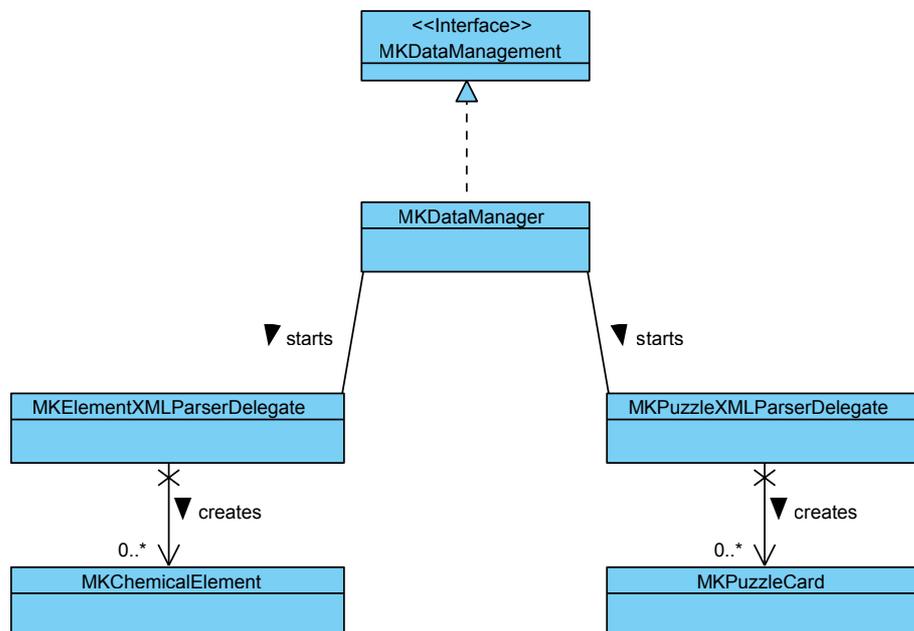


Abb. 8: Technische Sicht der Model-Komponente

3.4.5 View-Komponente

Die View-Komponente erzeugt die grafische Benutzerschnittstelle. Die Klasse MKRootView erzeugt ein MKGameMode-Objekt. Dieses Objekt erzeugt dann

4 Durchführung des Usability-Tests

In diesem Kapitel wird beschrieben, wie der Usability-Test entwickelt und durchgeführt wurde. Die Testumgebung wird in 4.1 *Beschreibung der Testumgebung* vorgestellt. Anschließend werden in 4.2 *Entwurf des Usability-Tests* die Ziele und der geplante Ablauf des Tests beschrieben. In 4.3 *Testdurchführung* wird abschließend die tatsächliche Durchführung des Tests erläutert.

4.1 Beschreibung der Testumgebung

Alle Usability-Tests wurden im Usability-Labor der Hochschule für angewandte Wissenschaften Hamburg durchgeführt. Es besteht aus einem Beobachtungsraum, in dem der Testleiter die Testpersonen auf Bildschirmen beobachten kann, und einem Testraum, in dem die Testpersonen die Software testen können. Der Testraum ist mit Kameras und Mikrofonen ausgestattet, welche das Aufzeichnen der Tests ermöglichen. Das aufgezeichnete Material wird von einem Rechner im Regieraum gespeichert.

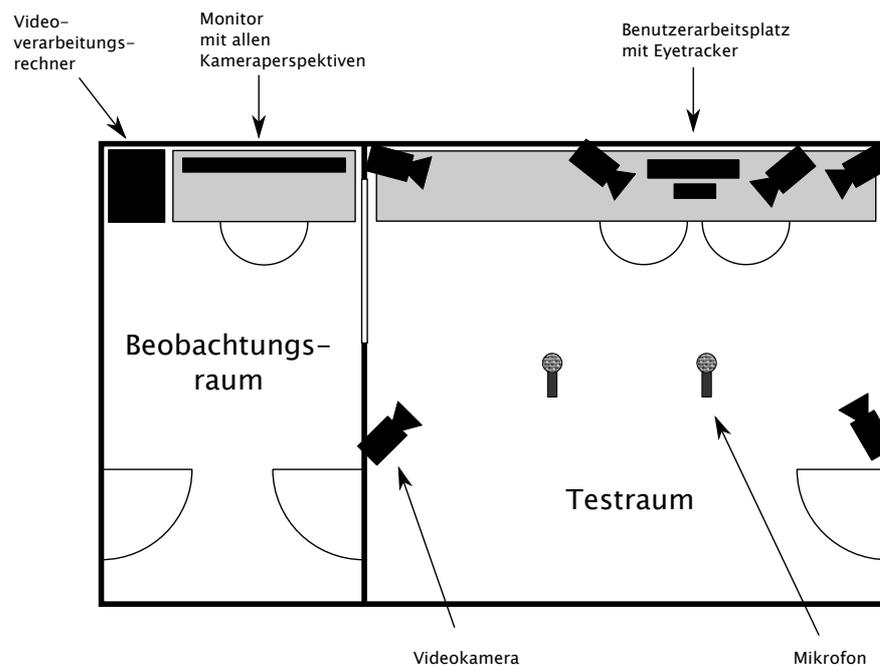


Abb. 10: Übersicht des Usability-Labors der HAW Hamburg

Anstatt des Testrechners im Testraum wurde ein MacBook verwendet. Dadurch konnte der zur Verfügung stehende Eyetracker bei diesem Testaufbau nicht verwendet werden. Hierzu fehlten die nötigen Adapter, um das MacBook mit der vorhandenen Hardware zu verbinden.

4.2 Entwurf des Usability-Tests

4.2.1 Ziel des Usability-Tests

Das allgemeine Ziel von Usability-Tests ist das Auffinden der Schwachstellen der Benutzerschnittstelle. Da so ein allgemeines Ziel nur schwer mit einem einzigen Test zu untersuchen ist, definiert man spezifischere Ziele und untersucht nur einen Teilaspekt der Benutzerschnittstelle. Die in Kapitel 2.5 *Usability-Test* vorgestellten Eigenschaften der Gebrauchstauglichkeit sollen mit folgenden Gewichtungen untersucht werden:

Die Eigenschaften *Efficiency* und *Memorability* werden nicht als Ziele definiert, da es bei Videospiele nicht auf die Effizienz des Spielens ankommt und kein Vorgängermodell des Spiels existiert, an das sich die Teilnehmer des Tests erinnern könnten. Für die Eigenschaften *Learnability* und *Errors* wurden die folgenden Testziele definiert:

- Können neue Nutzer schnell und einfach das Spielmenü bedienen?
- Können neue Nutzer schnell die Spielsteuerung verstehen?

Die Messung geschieht durch die Anzahl der falschen Menüentscheidungen und die Anzahl der Fehler bei dem Benutzen der Spielsteuerung. Durch das laute Denken der Testteilnehmer sollen weitere Schwächen der Benutzerschnittstelle in den Eigenschaften der Gebrauchstauglichkeit gefunden werden.

Das Hauptziel des Usability-Tests ist es jedoch, die Umsetzung der in Kapitel 3.1 vorgestellten Grundsätze für das Lernen und somit auch das Lernergebnis und die Motivation des Spielers zu überprüfen. Hierzu wird besonderes Augenmerk auf die Eigenschaft *Satisfaction* gelegt. Gemessen wird diese Eigenschaft durch ein Interview der Testteilnehmer nach dem Test. Auf das laute Denken der Testteilnehmer wird auch hier geachtet, da sie sich während des Tests über die Zufriedenheit des Testgegenstands äußern können. Die Umsetzung der Grundsätze für das Lernen soll ebenfalls mit dem Interview nach dem Test erfasst werden.

4.2.2 Ablauf des Usability-Tests

Um den Arbeitsaufwand dieser Arbeit nicht zu sprengen, wurden alle Grundsätze des Lernens in eine Software integriert, anstatt für jeden Grundsatz eine

eigene Software zu implementieren und die Umsetzung der Grundsätze einzeln zu untersuchen. Dies bietet den Vorteil, dass das Zusammenspiel der Grundsätze auf den Spieler als Ganzes leichter untersucht werden kann. Die Untersuchung der Auswirkung eines einzelnen Grundsatzes wird durch diese Methode allerdings erschwert.

Das Benutzen der Software soll für die Testpersonen so natürlich wie möglich gestaltet werden. Deshalb wird auf eine sequentielle Aufgabenliste, wie sie bei Usability-Tests von Produktivitätssoftware verwendet wird, verzichtet und den Testpersonen lediglich das Spielen des Spiels und das Betrachten der gewonnenen Preise im Trophäenraum als Aufgabe gegeben.

Der Ablaufplan und Testleitfaden orientiert sich an [Nölken 2009], [Nielsen 1993] und [Dumas und Redish 1999] und wurde für diese Usability-Tests angepasst. Die Usability-Tests werden nach folgendem Ablaufplan durchgeführt:

1. **Vorbesprechung:** In dieser Phase werden den Testpersonen Fragen zur bisherigen Erfahrung mit Videospiele und allgemeine Fragen zur Person und zum Chemiewissen gestellt. Des Weiteren wird den Testpersonen der Testablauf erklärt.
2. **Freies Spiel:** Diese Phase nimmt zirka 15 Minuten ein. Die Testpersonen spielen in Zweier-Teams das Spiel. Auffälligkeiten in der Benutzung werden vom Testleiter beobachtet und notiert.
3. **Nachbesprechung:** Auffälligkeiten und Probleme, die während der zweiten Phase aufgetreten sind, werden mit den Testpersonen besprochen. Die Meinung der Testpersonen über das Spiel wird erfragt. Damit der Lernfortschritt ermittelt werden kann, werden, wie in der ersten Phase Fragen, zum Chemiewissen gestellt.

Im Anschluss an alle gemachten Tests wird das aufgezeichnete Material gesichtet und ausgewertet.

Aus dem Ablaufplan wird der Testleitfaden erarbeitet. Dieser dient dem Testleiter als Hilfe zur Durchführung der Usability-Tests und enthält auch die Frage-themen der Vor- und Nachbesprechung. Der Aufbau des Testleitfadens sieht wie folgt aus:

1. Allgemeines
 - 1.1. Testdaten: Zeitpunkt und Nummer des Tests
 - 1.2. Testteilnehmer: Alter, Geschlecht
2. Vorgespräch
 - 2.1. Erfahrung mit Videospiele

- 2.2. Erfahrung mit Puzzles
- 2.3. Chemiewissen
- 3. Beobachtung
 - 3.1. Menü/Spieleinstieg: Auffälligkeiten vor dem Einstieg ins Spiel
 - 3.2. Freies Spiel: Auffälligkeiten während des Spiels
- 4. Nachgespräch
 - 4.1. Allgemeines: Gesamteindruck des Spiels
 - 4.2. Benutzerschnittstelle, Spielablauf und Steuerung
 - 4.3. Grundsätze für das Lernen
 - 4.3.1. Wurde die Identität als Wissenschaftler angenommen?
 - 4.3.2. Kann das vermittelte Chemiewissen wiedergegeben werden?
 - 4.4. Sonstiges: Auffälligkeiten und Probleme, die nicht in die anderen Kategorien passen

Mit der Erfassung der allgemeinen Daten der Testpersonen und des Testzeitpunkts soll die Nachvollziehbarkeit für den Testleiter sichergestellt werden. Das Alter und Geschlecht der Testteilnehmer dient ebenfalls zur Unterscheidung verschiedener Nutzergruppen. Da verschiedene Nutzergruppen unterschiedliche Herangehensweisen an ein Spiel haben können, ist es wichtig, Hintergrundinformationen der Testteilnehmer zu erfassen. Im Vorgespräch des Tests werden daher auch Daten zur bisherigen Spielerfahrung und die Erfahrungen mit Puzzles erfasst. Insbesondere die Fragen zum Chemiewissen vor und nach dem Test helfen, den Lernerfolg der Testteilnehmer zu analysieren und die Umsetzung der Grundsätze für das Lernen zu bewerten. Die Frage, ob die Identität als Wissenschaftler während des Spielens angenommen wurde, hilft, die Umsetzung des Grundsatzes der neuen Identitäten und Rollen zu analysieren und zu bewerten.

Die Beobachtungen beim Test und bei der Auswertung des aufgezeichneten Materials dienen zur Analyse der vorher festgelegten Testziele zur allgemeinen Gebrauchstauglichkeit. Die Häufigkeit und der Einfluss auf die Gebrauchstauglichkeit der aufgetretenen Fehler und Probleme wird dabei erfasst und ausgewertet.

4.3 Testdurchführung

Die zu testende Software lief auf einem MacBook mit Mac OS X 10.6.5. Die Testteilnehmer konnten die Software über einen externen Monitor, Maus und Tastatur bedienen. Diese wurden an das MacBook angeschlossen. Des Weiteren

wurde das Bildsignal des Monitors in den Beobachtungsraum geleitet und zusätzlich zu den Kamerabildern aufgezeichnet.

Vor den eigentlichen Usability-Tests wurde ein Pilottest durchgeführt. Mit diesem Pilottest wurden der Testablauf und die Interviewfragen überprüft. Dabei traten keine Verständnisprobleme bei den Interviewfragen und der Aufgabenstellung auf. Vor dem Test wurde erwartet, dass ein Testteilnehmer in 15 Minuten Level 3 des Spiels erreicht. Dies hat sich während des Pilottests bestätigt. Da keine Probleme im Testablauf und den Interviewfragen entdeckt wurden, musste die Testdurchführung für die eigentlichen Usability-Tests nicht verändert werden.

Insgesamt wurden vier Tests mit sieben Personen durchgeführt. Die drei Zweier-Teams wurden, im Gegensatz zu dem Test mit nur einer Person, nicht speziell zum lauten Denken aufgefordert. In allen Tests haben die Teilnehmer ihre Gedanken ausreichend geäußert, so dass die Teilnehmer während des Tests nicht zum lauten Denken motiviert werden mussten.

Aufgrund der Anzahl der geringen Testteilnehmer können sicherlich nicht alle Probleme der Gebrauchstauglichkeit entdeckt werden. Es ist aber davon auszugehen, dass der Großteil der Probleme auch bei dieser geringen Anzahl an Testteilnehmern ersichtlich wird.

Im Vorgespräch wurde das Alter und das Geschlecht der Teilnehmer erfasst. Außerdem wurden ihnen folgende drei Fragen gestellt:

- Wie schätzt Du Deine Videospieelerfahrung ein?
- Wie gerne puzzelst Du?
- Wie viel Chemiewissen besitzt Du?

Die Teilnehmer konnten die Antworten „sehr viel“, „viel“, „durchschnittlich“, „wenig“ und „sehr wenig“ geben. Weiterhin wurde die Frage gestellt, ob die Oktettregel bekannt ist. Hierauf konnten die Teilnehmer mit „ja“ oder „nein“ antworten. Vor dem Spielen wurde den Teilnehmern nicht bekannt gegeben, welche Themengebiete und Inhalte vermittelt werden sollen. Im Anschluss an das Vorgespräch begannen die Teilnehmer mit dem Test.

Im Nachgespräch beantworteten die Teilnehmer die Fragen:

- Wie viel Spaß hat Dir das Spielen gemacht?
- Was war besonders gelungen am Spiel?
- Was würdest Du gern am Spiel ändern?

- Konntest Du Dich mit der Rolle als Wissenschaftler identifizieren?
- Wie viel Verbindungen kann ein Kohlenstoffatom eingehen?
- Kann ein Wasserstoffatom sich mit einem Sauerstoffatom verbinden?

Neben diesen wurden ebenfalls Fragen zu den Auffälligkeiten, die während des Tests auftraten, gestellt, insbesondere zur Spielsteuerung und allgemein zum Spielablauf. Zur Ermittlung des Spielspaß konnten die Teilnehmer mit den fünf Antwortmöglichkeiten aus dem Vorgespräch antworten. Alle anderen Daten wurden mit freien Antworten oder mit „ja“ oder „nein“ erfasst. Die durchgeführten Usability-Tests liefen wie geplant ab. Die Fragebögen zum Test sind dieser Arbeit im *Anhang A.1* beigefügt.

5 Auswertung des Usability-Tests

In diesem Kapitel werden die Testdaten ausgewertet und die daraus abgeleiteten Ergebnisse vorgestellt. Die allgemeinen Daten über die Testteilnehmer werden in 5.1 *Charakteristika der Testteilnehmer* beschrieben. Anschließend erfolgt in 5.2 *Usability des Gameplay* die Analyse der allgemeinen Gebrauchstauglichkeit des entwickelten Prototypen. In 5.3 *Umsetzung der Grundsätze für das Lernen* werden die Testdaten für die verwendeten Grundsätze dargestellt und ausgewertet.

5.1 Charakteristika der Testteilnehmer

Alle Testteilnehmer waren männlich und stammten aus meinem studentischen Umfeld mit dem Schwerpunkt Informatik. Daher wurde im Vorfeld schon eine große Erfahrung mit Videospiele und wenig Chemiewissen erwartet. Das in *Abbildung 11* dargestellte Diagramm zeigt die Altersverteilung der Testteilnehmer. Hieraus lässt sich schließen, dass der Chemieunterricht aus der Schule bei allen Teilnehmer schon einige Jahre zurückliegt. Dies verstärkt die Annahme des geringen Chemiewissens der Teilnehmer, so dass angenommen wird, dass die in der Testsoftware zu vermittelnden Chemieinhalte nicht mehr so präsent sind wie zu Schulzeiten.

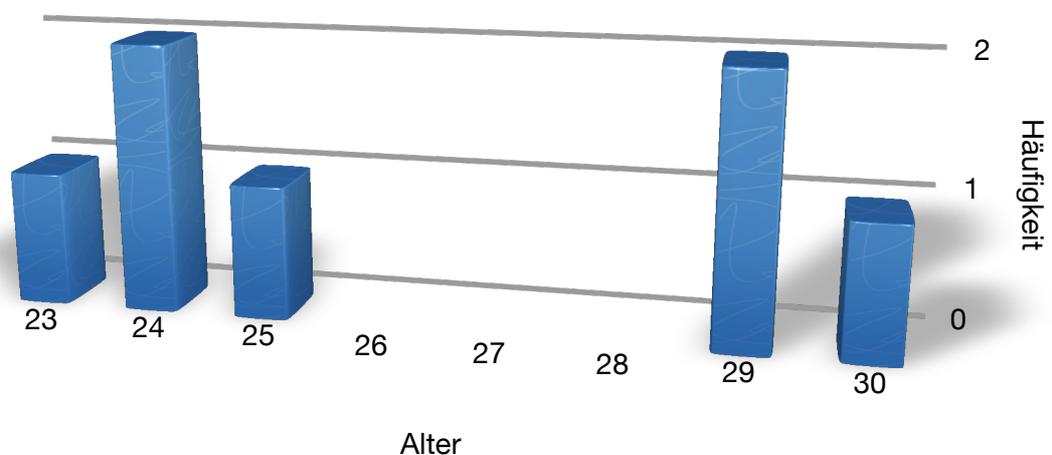


Abb. 11: Altersverteilung der Testteilnehmer

Wie erwartet, ist die bisherige Erfahrung mit Videospiele bei den Testteilnehmern groß (Abb. 12 links). Durch die Erfahrung mit anderen Videospiele wird von einer steilen Lernkurve der Spielsteuerung ausgegangen, da Videospiele aus dem gleichen Genre ähnliche Spielsteuerungen besitzen. Spielern mit wenig Videospieleerfahrung wird es schwerer fallen, die Spielsteuerung zu erlernen, da sie nicht auf die Erfahrung aus anderen Spielen zurückgreifen können.



Abb. 12: Videospieleerfahrung (links) und Spaß am Puzzeln (rechts) der Testteilnehmer

Die Puzzleneigung der Testteilnehmer ist sehr unterschiedlich (Abb. 12 rechts). Ein großer Teil der Testteilnehmer puzzelt nicht gerne und ein weiterer großer Teil steht dem Puzzeln weder positiv noch negativ gegenüber. Dementsprechend wird auch eine ähnliche Verteilung bei der Befragung zum Spielspaß erwartet.

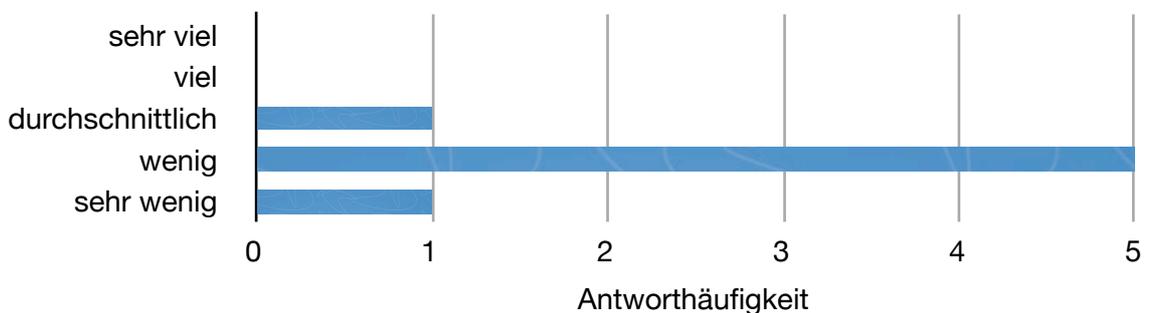


Abb. 13: Einschätzung des Chemiewissens der Testteilnehmer

Wie vermutet, schätzen die Testteilnehmer ihr Chemiewissen als gering ein (Abb. 13). Diese Antworten und der Bekanntheitsgrad der Oktettregel unter den Teilnehmern dienen als Ausgangspunkt, um den Lernerfolg der Testteilnehmer zu beurteilen.

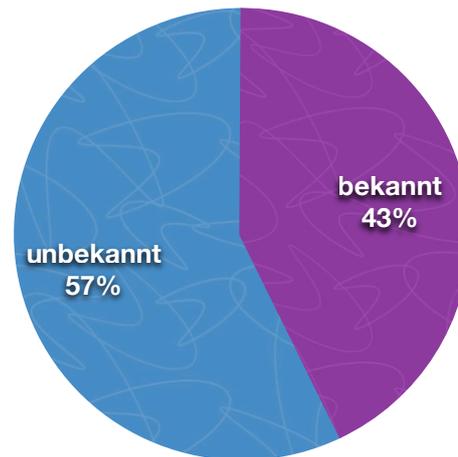


Abb. 14: Bekanntheitsgrad der Oktettregel

Die Oktettregel ist für das entwickelte Spiel von besonderer Bedeutung, da die Puzzles nach der Oktettregel aufgebaut sind. Für Spieler, die die Oktettregel kennen, sollte es daher einfacher sein, das Puzzle wieder zusammen zusetzen.

5.2 Usability des Gameplays

Die allgemeine Gebrauchstauglichkeit wurde, wie in Abschnitt 4.2.1 *Ziel des Usability-Tests* beschrieben, nur mit den Eigenschaften Satisfaction, Error und Learnability untersucht. Jede dieser Eigenschaften wird im Folgenden gesondert analysiert und mit den erstellten Anforderungen verglichen.

5.2.1 Analyse der Satisfaction-Eigenschaft

Die Nachgespräche der Tests ergaben ein gelungenes Gameplay des entwickelten Spiels. Die Testteilnehmer äußerten im Gespräch überwiegend, dass ihnen das Spielen Spaß bereitet hat (Abb. 15). Das erwartete Ergebnis aufgrund der Befragung zur Puzzleneigung der Teilnehmer ist nicht eingetreten (Abb. 12 rechts). Auch die Teilnehmer, die vor dem Spielen antworteten, dass sie nicht gerne puzzeln, hatten Spaß am Spiel. Die für das Gameplay relevanten funktionalen Anforderungen 1 bis 5, 20 und 21 wurden erfolgreich umgesetzt. Als einzige Ausnahme ist Anforderung 4 zu nennen, die das Vertauschen benachbarter Puzzleteile festlegt. Diese Anforderung führte bei den Testteilnehmern zu Verwirrungen und Fehlern in der Spielsteuerung. Die aufgetretenen Fehler werden im folgendem Abschnitt genauer erläutert und bewertet.

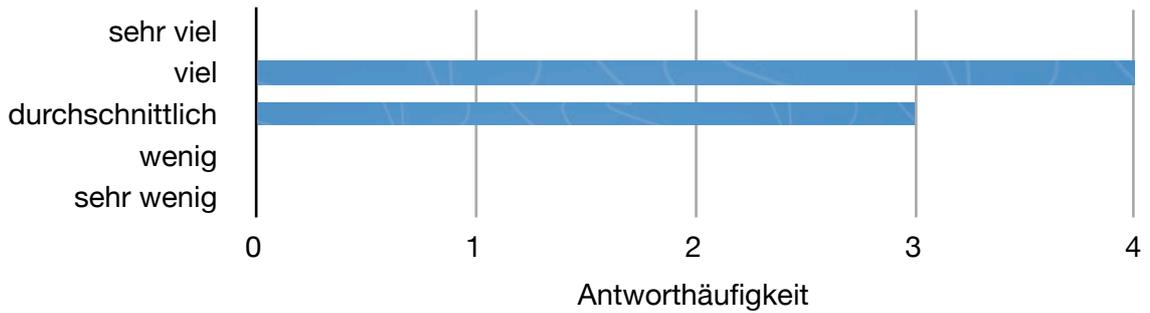


Abb. 15: Spieldauer der Testteilnehmer

Die nicht funktionalen Anforderungen wurden alle zu 100 % erfolgreich umgesetzt. Die Spieler erkannten Schaltflächen und andere UI-Elemente als solche und äußerten sich im Nachgespräch positiv über das Erscheinungsbild des Spiels. Des Weiteren empfanden die Testteilnehmer den Anstieg des Schwierigkeitsgrads zwischen Level 2 und 3 als zu groß. Zur Verbesserung des Schwierigkeitsanstiegs sind weitere Tests nötig, bei denen der optimale Anstieg des Schwierigkeitsgrads ermittelt wird und so das Gesamtspielerlebnis verbessert werden kann. Die Eigenschaft *Satisfaction* der Gebrauchstauglichkeit ist insgesamt zufriedenstellend umgesetzt, kann aber durch eine verbesserte Spielsteuerung und einen veränderten Schwierigkeitsgrad, der einzelnen Spiellevels, sicherlich noch gesteigert werden. Videospiele werden in der Entwicklung üblicherweise in mehreren iterativen Schritten getestet und verbessert. Für die erste Iterationsphase, des entwickelten Prototyps, ist eine gute, aber noch ausbaufähige *Satisfaction*-Eigenschaft erreicht worden.

5.2.2 Analyse der Error-Eigenschaft

Die Untersuchung der *Error*-Eigenschaft der Gebrauchstauglichkeit ergab Fehler in der Spielsteuerung. In der Bedienung des Spielmenüs traten dagegen keine Fehler auf. Dies ist auf die geringe Anzahl an Menüeinträgen und die Erfahrung der Testteilnehmer mit anderer Software zurückzuführen.

Die Probleme bei der Spielsteuerung traten vorwiegend beim Vertauschen der Puzzleteile auf. Während das Drehen der Puzzleteile nur in der Lernphase der Spielsteuerung im ersten Spiellevel zu Problemen führte, traten die Probleme beim Vertauschen der Puzzleteile auch nach dem ersten Spiellevel auf (Abb. 17). Hierfür konnten mehrere Ursachen entdeckt werden: Die textuelle Beschreibung der Spielsteuerung vor dem ersten Spiellevel wurde von einigen Spielern überlesen. Andere Testteilnehmer fanden die Beschreibung nicht eindeutig. Des Weiteren suggerierte das Spielfeld (Abb. 16) den Spielern, dass leere Spielfelder mitbenutzt werden können. Deshalb probierten die Spieler immer wieder, Puzzleteile auf leere Spielfelder zu bewegen. Damit diese Probleme der Gebrauchstauglichkeit nicht mehr auftreten, kann man ein Tutoriallevel einführen, wie es aus kommerziellen Videospiele bekannt ist. Dabei werden dem Spieler in einer Schritt-für-Schritt-Anleitung die Spielsteuerung und andere Elemente der Be-

nutzerschnittstelle erklärt. Eine weitere Möglichkeit ist, wie von vielen Testteilnehmern gefordert, das Benutzen der freien Spielfelder zu ermöglichen. Ob dies zu einer Verbesserung führt, müsste in einem weiteren Usability-Test untersucht werden.

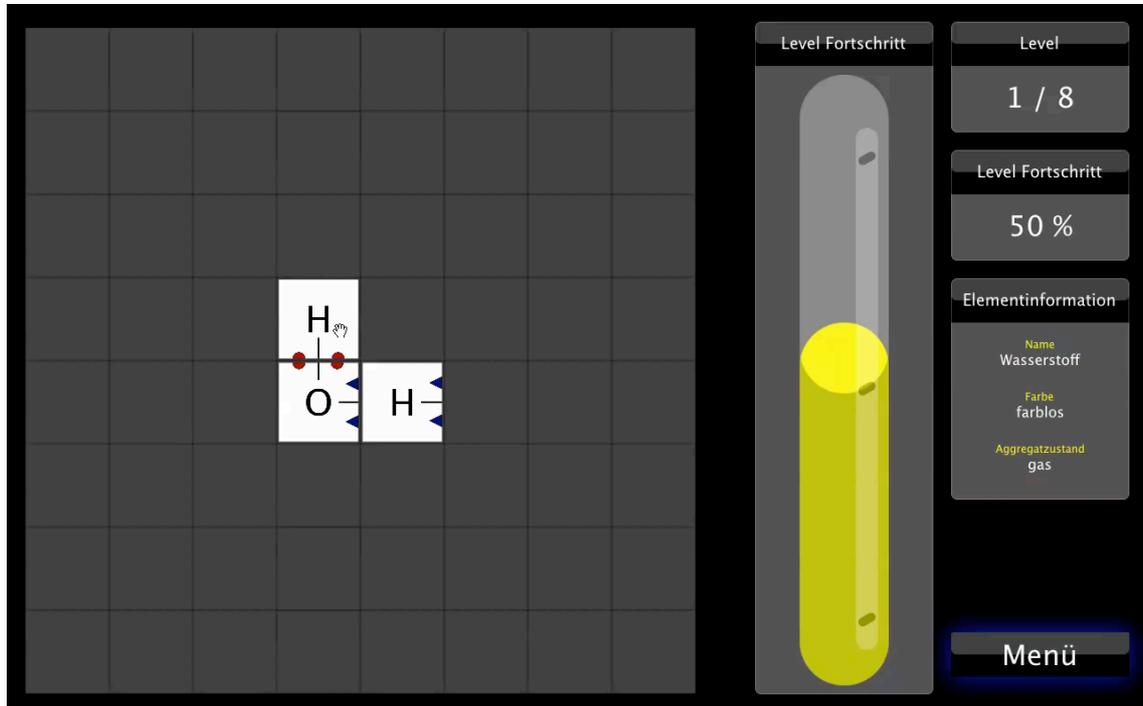


Abb. 16: Bildschirmfoto des Spiels

Ein weiteres Problem trat beim Verständnis, wie die richtige Lösung des Puzzles aussieht, auf. Einige Testteilnehmer stellten die Frage, ob die Buchstaben auf den Puzzleteilen immer richtig herum sein müssen, oder ob sie auch auf der Seite oder auf dem Kopf stehen können. Damit die Buchstaben immer in der richtigen Position sind, könnte man nur die Verbinder und Muster auf den Puzzleteilen drehen. Es ist allerdings fraglich, ob dies den Spieler nicht noch mehr irritiert.

Wie im vorigen Abschnitt erwähnt ist die funktionale Anforderung 4 für die Probleme der Spielsteuerung verantwortlich und so konnte das Ziel einer schnellen und einfachen Menüführung zwar realisiert werden. Dagegen wurde das Ziel einer einfachen und schnell zu erlernenden Spielsteuerung nur teilweise erfüllt. Verbesserungsbedarf der Error-Eigenschaft besteht vor allem bei dem Verschieben von Puzzleteilen.

5.2.3 Analyse der Learnability-Eigenschaft

Die erwartete steile Lernkurve bei der Spielsteuerung ist eingetreten. Die Testteilnehmer hatten nach dem Ausprobieren der Spielsteuerung im ersten Level die Spielsteuerung verstanden (Abb. 17). Da einige Testteilnehmer mit zunehmender Schwierigkeit der Puzzles sich sehr auf das Puzzeln konzentriert ha-

ben, sind weitere Fehler beim Vertauschen der Puzzleteile aufgetreten. Die Teilnehmer versuchten dabei wieder, die freien Felder des Spielfelds zu benutzen.

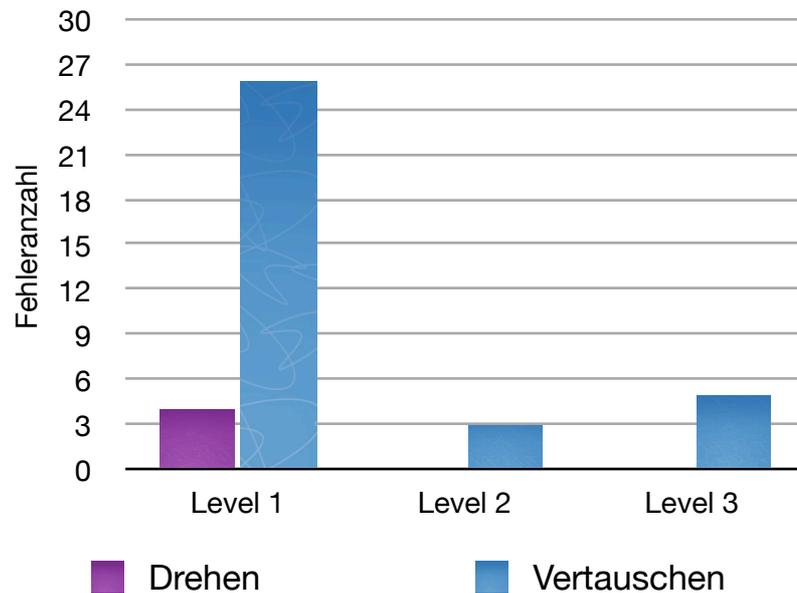


Abb. 17: Fehleranzahl pro Level

Durch ein Tutoriallevel kann das Lernen der Spielsteuerung noch beschleunigt werden und die Fehlerrate in Level 1 verringert werden. Es ist ebenso davon auszugehen, dass eine Verbesserung des Vertauschens von Puzzleteilen zu einem verbesserten Lernverhalten der Spielsteuerung führt. Die Learnability-Eigenschaft hat die erwarteten Ergebnisse gezeigt, besitzt aber noch Steigerungspotenzial.

5.2.4 Fazit

Insgesamt wurden nur wenig Fehler der allgemeinen Gebrauchstauglichkeit in den drei untersuchten Eigenschaften entdeckt. Die entdeckten Fehler traten wie beschrieben vor allem in der Spielsteuerung auf. Diese Fehler können durch eine Anpassung des Schwierigkeitsgrads der einzelnen Level und ein verbessertes Verschieben von Puzzleteilen behoben werden.

5.3 Umsetzung der Grundsätze für das Lernen

Neben der allgemeinen Gebrauchstauglichkeit soll vor allem die Umsetzung der Grundsätze für das Lernen untersucht werden. Hierbei wird wie bei den allgemeinen Gebrauchstauglichkeits-Eigenschaften zuvor auch jeder Grundsatz des Lernens separat analysiert und mit den erstellten Anforderungen verglichen.

5.3.1 Aktives und kritisches Lernen

Die Umsetzung des Grundsatzes für aktives und kritisches Lernen hat wie geplant funktioniert. Die Frage, ob sich Wasserstoffatome mit Sauerstoffatome verbinden können, wurde von allen Testteilnehmern richtig beantwortet. Die Spieler haben diese Antwort mit dem ersten Level des Spiels begründet, da sie die Verbindung der Atome beim Puzzeln hergestellt und anschließend die Hypothese aufgestellt haben, dass diese Atome sich auch in anderen Fällen verbinden können. Auch die Anzahl der Verbindungen, die ein Kohlenstoffatom eingehen kann, wurde nach kurzem Überlegen von einem Großteil der Testteilnehmer richtig beantwortet (Abb. 18). Das vermittelte Wissen wurde zudem von einem Testteilnehmer kritisch hinterfragt. Da die Informationen (Name, Farbe und Aggregatzustand) zu dem Element angezeigt wurden, über dem der Mauszeiger gerade steht, wurde die Frage gestellt, ob einzelne Atome wirklich eine Farbe haben. Das zu vermittelnde Wissen kann also gelernt werden, wenn es mit dem Gameplay in Verbindung steht.

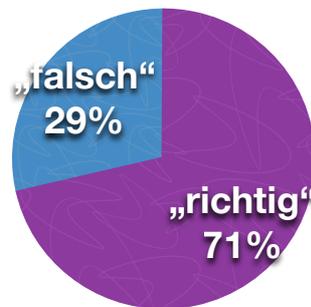


Abb. 18: Wie viele Verbindungen kann ein Kohlenstoffatom eingehen?

Die Anforderungen zu diesem Grundsatz sind identisch zu den Anforderungen der Kernmechanismen, da das Wissen durch das Gameplay vermittelt werden soll und die zu lernenden Informationen im Puzzle stecken. Die Anforderung die Puzzleteile nur vertauschen zu können (funktionale Anforderung 4) hat das Lernergebnis anscheinend nicht negativ beeinflusst. Die sehr geringe Fehlerquote bei den Antworten der Interviewfragen zeigt, dass der Grundsatz des aktiven und kritischen Lernens in Verbindung mit dem Gameplay, auf die beschriebene Weise in der Entwicklung von Videospiele eingesetzt werden kann.

5.3.2 Multimodale Abbildung des Wissens

Der Grundsatz, Wissen multimodal abzubilden, hat nicht wie erwartet funktioniert. Die angezeigten Elementinformationen wurden von den meisten Spielern nicht beachtet und auch nicht gelernt. Im Nachgespräch der Tests erzählten die Testteilnehmer, dass die angezeigten Informationen nicht zum Lösen des Puzzles benötigt und deshalb nicht beachtet wurden. Die Information, welcher Elementname zu welchem Symbol gehört, konnte auf diese Weise nicht vermittelt werden. Aus den Antworten des Nachgesprächs lässt sich schließen, dass die

vermittelten Informationen für das Gameplay relevant sein müssen. Wie oben beschrieben, gab es eine Ausnahme. Ein Testteam hat die Elementinformationen wahrgenommen und hinterfragt. Die Anforderungen zu diesem Grundsatz (funktionale Anforderungen 17-19, 22-23) müssen demnach überarbeitet werden, so dass das Wissen für das Lösen der Herausforderung benötigt wird. Das alleinige Anzeigen der Information reicht nicht aus um Wissen zu vermitteln.

5.3.3 Neue Identitäten und Rollen ausprobieren

Der Grundsatz, neue Identitäten und Rollen auszuprobieren, konnte mit den Texten vor und nach dem Puzzle nicht erfolgreich umgesetzt werden. Auch der Avatar der Professorin und die Trophäen mit Bezug zur Chemie konnten die Identität als Wissenschaftler nicht erzeugen. Die Testteilnehmer äußerten, dass die Zeit des Spielens zu kurz sei, um sich mit der Rolle als Wissenschaftler zu identifizieren. Eine genaue Erklärung, warum die Identität als Wissenschaftler nicht erzeugt werden konnte, wurde nicht gefunden. Hierfür sind weitere Tests nötig. Es wird allerdings vermutet, dass das gewählte Genre und der Umfang des Spiels für eine narrative Komponente nicht geeignet sind, da kommerzielle Videospiele mit längerer Spieldauer in den Genres Action oder Rollenspiel in der Lage, sind neue Identitäten zu erzeugen. Die Darstellung der Spielwelt ist für die narrative Komponente eines Videospieles sicherlich auch von Bedeutung. Action und Rollenspiele werden meistens aus einer Egoperspektive oder Dritte-Person-Perspektive gespielt.

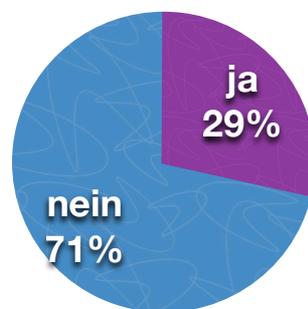


Abb. 19: Identifikation mit der Rolle als Wissenschaftler?

Da die Umsetzung dieses Grundsatzes gescheitert ist, muss ein neuer Weg dafür gefunden werden und somit auch die Anforderungen für diesen Grundsatz (funktionale Anforderung 8, 23, 24) überarbeitet werden.

5.3.4 Probleme geordnet präsentieren

Die Probleme aus dem semiotischen Gebiet wurden geordnet präsentiert und das Spiel behandelte nur einen kleinen Aspekt der Chemie. Der Umfang des Wissens und die Schwierigkeit wurden mit jedem Level angehoben. Bei den Usability-Tests konnten zu diesem Grundsatz keine negativen Auffälligkeiten

entdeckt werden. Durch die lineare Anordnung der Levels sind die Probleme geordnet und die funktionale Anforderung 26 wurde vollständig erfüllt.

5.3.5 Just-in-time-Feedback geben und klare Ziele benennen

Der Grundsatz, Just-in-time-Feedback über Benutzeraktionen zu geben und klare Ziele zu benennen, konnte erfolgreich umgesetzt werden. Auch der Grundsatz, Belohnungen für korrekt ausgeführte Aktionen zu geben, führte ebenfalls dazu, die Motivation der Spieler zu steigern. Wie in *Abbildung 15* zu sehen, hat das Spiel den Testteilnehmern Spaß bereitet. Einige Teilnehmer hätten nach dem Test gerne noch weitergespielt oder wollten das Spiel sogar mit nach Hause nehmen. Die Anforderungen zur Anzeige des Spielfortschrittes, sowie die Informationen vor und nach jedem Level wurde erfüllt. Allerdings gibt es hier noch Raum für Verbesserung. Da nicht alle Spieler sofort erkannten, ob der ausgeführte Spielschritt positive oder negative Auswirkungen auf den Levelfortschritt brachte.

5.3.6 Belohnung für korrekt ausgeführte Aktionen

Die funktionalen Anforderungen für die Belohnung für korrekt ausgeführte Aktionen (6, 7, 10-14, 24, 25) wurde von den Testteilnehmern unterschiedlich aufgenommen. Die meisten Teilnehmer waren überrascht, wie schnell man die Karriereleiter in dem Spiel erklimmt. Die gewonnen Trophäen wurden von vielen Spielern zwar beachtet, aber der Sinn vom Trophäenraum und den Trophäen nicht immer verstanden. Deshalb wird auch hier vorgeschlagen die Belohnungen so zu gestalten, dass sie für das Gameplay relevant sind. So könnte ein höherer Stellenwert der Belohnungen für den Spieler erreicht werden.

5.3.7 Weitere Beobachtungen

Vor dem Usability-Test wurde vermutet, dass der Testteilnehmer, der nicht die Maus und Tastatur bedient, sich mehr auf die Inhalte des Spiels konzentrieren kann und nach dem Test mehr gelernt hat als sein Testpartner. Diese Vermutung konnte nicht bestätigt werden. Die Spielsteuerung schränkt den Spieler, der die Maus und Tastatur bedient, nicht bei der Aufnahme der Chemieinhalte ein.

Erst beim Test ist aufgefallen, dass neben den Chemieinhalten auch das strukturierte Denken und Problemlösen trainiert wird. Die Testteilnehmer zeigten sehr unterschiedliche Herangehensweisen, die Puzzles zu lösen. Dabei zeigte sich, dass die Teilnehmer, die zuerst einfache Verbindungen der Puzzleteile lösten, oder erkannten, dass Wasserstoffatome meistens an den Rand des Puzzles gehören, schneller zur Lösung des Puzzles kamen. Mit zunehmender Schwierigkeit der Puzzles zeigten fast alle Teilnehmer dieses strukturierte Vorgehen.

6 Zusammenfassung und Ausblick

In diesem Kapitel erfolgt die Zusammenfassung dieser Arbeit in *6.1 Zusammenfassung*. Anschließend werden in *6.2 Ausblick* weitere Forschungsmöglichkeiten auf dem bearbeiteten Gebiet vorgestellt.

6.1 Zusammenfassung

Im Rahmen dieser Arbeit wurden für die von James P. Gee aufgestellten Grundsätze für das Lernen in Videospielen allgemeine Umsetzungen entwickelt. Für die Überprüfung dieser Grundsätze wurde ein Videospiele entwickelt, welches die zu testenden Grundsätze enthielt. Die im Videospiele enthaltenen Grundsätze wurden mit Usability-Tests überprüft und anschließend auf ihre Tauglichkeit ausgewertet.

Bei der Durchführung der Tests und den ausgewerteten Daten zeigte sich, dass einige Grundsätze mit der vorgeschlagenen Umsetzung funktionierten, andere hingegen nicht. Insbesondere die gewünschte narrative Komponente des Spiels und damit die Erzeugung der Identität als Wissenschaftler konnte nicht erreicht werden. Ebenfalls konnte der Grundsatz, dass Wissen multimodal abgebildet werden soll, nicht erfolgreich umgesetzt werden. Alle anderen Grundsätze wurden erfolgreich umgesetzt und können auf diese Weise in Spielen, die lehrreich sein sollen, eingesetzt werden. Mit dem entwickelten Spiel konnte erfolgreich Wissen vermittelt werden. Die Spieler konnten dieses Wissen durch das Spiel auf motivierende Weise lernen.

Neben der Überprüfung der Umsetzung der Grundsätze für das Lernen wurde auch die allgemeine Gebrauchstauglichkeit des entwickelten Spiels untersucht. Dabei wurden einige Fehler in der Spielsteuerung entdeckt und Vorschläge gemacht, wie diese verbessert werden können.

6.2 Ausblick

Die Untersuchung der Grundsätze für das Lernen bietet weitere Forschungsmöglichkeiten. So wäre es interessant zu wissen, wie die Usability-Test-Ergebnisse für andere Altersgruppen ausfallen, da jüngere Personen noch viel Chemiewissen aus der Schule besitzen und ältere Personen nur noch sehr wenig. Weiterhin sollten die Grundsätze, die nicht erfolgreich umgesetzt werden konnten, genauer analysiert und neue Umsetzungen entwickelt werden. Da nur ein Teil der von James P. Gee beschriebenen Grundsätze für das Lernen geprüft wurden, kann für die nicht untersuchten Grundsätze ebenfalls eine allgemein gültige Umsetzung entwickelt werden. Insbesondere Grundsätze, die im Zusammenhang mit Teamwork oder sozialer Interaktion mit anderen Spielern stehen, bieten Lernmöglichkeiten außerhalb des Spielens. So wird zum Beispiel in [Gee 2007] beschrieben, wie Spieler Lösungsstrategien für Videospiele erarbeiten und ins Internet stellen. Der Spieler ist damit nicht nur Konsument, sondern auch Produzent.

In dieser Arbeit wurden die untersuchten Grundsätze gemeinsam in einem Prototypen implementiert. Hierbei konnte aufgrund der Testart nicht die Auswirkung jedes einzelnen Grundsatzes herausgefunden werden. Deswegen wird eine neue Testmethode vorgeschlagen, mit der jeder Grundsatz einzeln überprüft werden kann. Es ist dabei erforderlich, mehrere Prototypen zu entwickeln, die jeweils nur einen Grundsatz implementiert haben. So kann die Auswirkung auf das Lernverhalten und die Art der Umsetzung jedes einzelnen Grundsatzes untersucht werden.

Auf dieser Testmethode und den daraus hervorgegangenen Ergebnissen basierend, kann das Zusammenspiel mehrerer Grundsätze für das Lernen genauer untersucht werden. Dazu wird ein iteratives Testmodell vorgeschlagen. Beginnend bei einem Prototypen mit der Implementierung von zwei Grundsätzen für das Lernen und den daraus folgenden Testergebnissen, wird der Prototyp um einen Grundsatz erweitert oder bei erfolgloser Umsetzung eine veränderte Kombination von Grundsätzen verwendet. Dieses Testmodell kann angewandt werden, bis alle Grundsätze erfolgreich umgesetzt sind.

Einige Testteilnehmer regten eine Erweiterung der Spielsteuerung an. So wurde gewünscht, dass eine Gruppe von Puzzleteilen bewegt und gedreht werden kann. Weiterhin kann in das Spiel ein Highscore zum Vergleich mit anderen Spielern integriert werden und die Zeit während des Puzzelns angezeigt werden ("... um den Nervenkitzel zu erhöhen").

A Anhang

A.1 Fragebögen des Usability-Tests

A.1.1 Fragebogen des Vorgesprächs

Datum: _____ Uhrzeit: _____ Testnummer: _____

Teilnehmer 1

Alter: _____

Geschlecht: m w

Wie schätzt Du Deine Videospieleerfahrung ein?

+viel viel o wenig -wenig

Wie schätzt Du Deine Puzzleerfahrung ein?

+viel viel o wenig -wenig

Wie viel Chemiewissen besitzt Du?

+viel viel o wenig -wenig

Kennst Du die Oktettregel?

ja nein

Teilnehmer 2

Alter: _____

Geschlecht: m w

Wie schätzt Du Deine Videospieleerfahrung ein?

+viel viel o wenig -wenig

Wie schätzt Du Deine Puzzleerfahrung ein?

+viel viel o wenig -wenig

Wie viel Chemiewissen besitzt Du?

+viel viel o wenig -wenig

Kennst Du die Oktettregel?

ja nein

A.1.2 Fragebogen des Nachgesprächs

Datum: _____ Uhrzeit: _____ Testnummer: _____

Teilnehmer 1

Wie viel Spaß hat Dir das Spielen gemacht?

+viel viel o wenig -wenig

Was war besonders gelungen am Spiel?

Was würdest Du gern am Spiel ändern?

Auffälligkeiten bei der Steuerung?

Auffälligkeiten im Spielablauf?

Konntest Du Dich mit der Rolle als Wissenschaftler identifizieren?

ja nein

Wie viel Verbindungen kann ein Kohlenstoffatom eingehen? (4)

richtig falsch

Kann sich ein Wasserstoffatom mit einem Sauerstoffatom verbinden?

ja nein

Teilnehmer 2

Wie viel Spaß hat Dir das Spielen gemacht?

+viel viel o wenig -wenig

Was war besonders gelungen am Spiel?

Was würdest Du gern am Spiel ändern?

Auffälligkeiten bei der Steuerung?

Auffälligkeiten im Spielablauf?

Konntest Du Dich mit der Rolle als Wissenschaftler identifizieren?

ja nein

Wie viel Verbindungen kann ein Kohlenstoffatom eingehen? (4)

richtig falsch

Kann sich ein Wasserstoffatom mit einem Sauerstoffatom verbinden?

ja nein

A.2 Inhalt der CD-ROM

Dieser Arbeit ist eine CD-ROM beigelegt. Unter dem Wurzelverzeichnis der CD-ROM befinden sich **Ordner** und *Dateien* mit folgendem Inhalt:

Bachelorarbeit enthält dieses Dokument als PDF-Datei *Bachelorarbeit.pdf*.

Software enthält den Prototypen, der für diese Arbeit entwickelt und getestet wurde. Die Installation erfolgt, wie für Mac-Anwendungen üblich, per Drag-N-Drop in den Ordner Programme von Mac OS X. Das Application-Bundle trägt den Namen *Alchemist.app*.

Glossar

Educational Computer Games: ist der Oberbegriff für Videospiele, die zum Lernen entwickelt wurden, oder Spiele, die in einer Lernumgebung eingesetzt werden.

Kognitionswissenschaft: ist die interdisziplinäre Erforschung des Geists, welche untersucht, wie Wahrnehmung, Sprache, Urteilsbildung und Emotion im Gehirn dargestellt und verarbeitet werden. Es umfasst mehrere Forschungsgebiete wie Psychologie, Künstliche Intelligenz, Philosophie, Neurowissenschaften, Linguistik, Anthropologie, Soziologie und Pädagogik.

Kompetenz: ist die Qualifikation, bestehend aus Wissen, Fähigkeiten und Verhalten, eine Aufgabe korrekt auszuführen.

Motivation, extrinsische: bezieht sich auf die Motivation, die von außen durch Belohnung oder Vermeidung einer Strafe erzeugt wird. Typische extrinsische Belohnungen sind Geld, Schulnoten, Nötigung und Androhung von Strafe.

Motivation, intrinsische: bezieht sich auf die Motivation, die von einem Interesse oder Freude an der Aufgabe angetrieben wird, und bezieht sich nicht auf externen Druck oder Belohnung.

Oktettregel: ist eine Regel aus der Chemie. Sie besagt, dass die Elektronenkonfiguration von Atomen in Molekülen in der ersten Reihe des Periodensystems maximal acht (vier Paare) äußere Elektronen (Valenzelektronen) beträgt.¹ Die Atome sind also bestrebt, ihre äußere Elektronenschale voll zu besetzen.

Semiotik: ist die Wissenschaft, die sich mit Zeichensystemen befasst. Sie umfasst drei Bereiche:

- Semantik, die Beziehung zwischen Zeichen und ihrer Bedeutung.
- Syntax, die Beziehung zwischen Zeichen in einer formalen Struktur.
- Pragmatik, die Beziehung zwischen Zeichen und der Effekt auf Menschen, die sie benutzen.

Smartphone: ist ein Mobiltelefon, welches über erweiterte Funktionen und Verbindungsmöglichkeiten gegenüber eines klassischen Mobiltelefons verfügt. Es verfügt über ein vollständiges Betriebssystem und erlaubt es dem Nutzer, zusätzliche Software zu installieren. Daher kann ein Smartphone eher als "Taschencomputer" mit Telefonfunktion gesehen werden.

¹ aus der deutschen Wikipedia

Literaturverzeichnis

[Adams 2010] ADAMS, Ernest: *Fundamentals of Game Design*. 2. Auflage. Berkeley : New Riders, 2010. - ISBN 0-321-64337-2

[Apple 2010] APPLE INC. (Hrsg.): *Cocoa Fundamentals Guide*. URL https://developer.apple.com/library/ios/#documentation/Cocoa/Conceptual/CocoaFundamentals/CocoaDesignPatterns/CocoaDesignPatterns.html%23//apple_ref/doc/uid/TP40002974-CH6-SW1 - Oktober 2010

[Csikszentmihalyi 2009] CSIKSZENTMIHALYI, Mihalyi: *Flow : The Psychology of Optimal Experience*. New York : Harper Perennial, 2009 (Nachdr.). - ISBN 978-0-06-133920-2

[Dumas und Redish 1999] DUMAS, Joseph S.; REDISH, Janice C.: *A Practical Guide to Usability Testing*. Revised Edition. Exeter : Intellect Books, 1999. - ISBN 1-84150-020-8

[Egenfeldt-Nielsen 2007] EGENFELDT-NIELSEN, Simon: *Educational Potential of Computer Games*. New York : Continuum, 2007. - ISBN 978-0-8264-9747-5

[Gee 2007] GEE, James P.: *What video games have to teach us about learning and literacy*. 2. Auflage. New York : Palgrave Macmillan, 2007. - ISBN 1-4039-8453-0

[Keller 1983] KELLER, John M.: Motivational design of instruction. In: Reigeluth, C. M. (Ed.): *Instructional design theories and models : An overview of their current status*. Hillsdale, NJ: Erlbaum, 1983.

[Klimmt 2004] KLIMMT, Christoph: *Computerspielen als Handlung : Dimensionen und Determinanten des Erlebens interaktiver Unterhaltungsangebote*. Hannover, Hochschule für Musik und Theater, Dissertation, 2004 - ISBN 3-931606-91-0

[Koster 2005] KOSTER, Raph: *A theory of fun for game design*. Scottsdale : Paraglyph Press, 2005. - ISBN 1-932111-97-2

[Mayer 2009] MAYER, Monica A.: *Warum leben, wenn man stattdessen spielen kann? : Kognition, Motivation und Emotion am Beispiel digitaler Spiele*. Bamberg, Otto-Friedrich-Universität Bamberg, Fakultät Humanwissenschaften, Institut für Theoretische Psychologie, Dissertation, 2009 - ISBN 978-3-940317-54-4 - URL <http://www.monicamayer.de/eigenebeitraege.html> - Dateigröße: 5,5 MB

[Microsoft 2010] MICROSOFT CORPORATION (Hrsg.): *Model-View-Controller*. URL <http://msdn.microsoft.com/en-us/library/ff649643.aspx> - November 2010 - Version 1.0.1

[**Napitupulu 2008**] NAPITUPULU, Jan: *Ein System mit skalierbarer Visualisierung zur Entwicklung kollaborativer Serious Games*. Hamburg, Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg, Fakultät Technik und Informatik, Masterarbeit, 2008

[**Nielsen 1993**] NIELSEN, Jakob: *Usability Engineering*. San Francisco : Morgan Kaufmann, 1993. - ISBN 0-12-518406-9

[**Nölken 2009**] NÖLKEN, Renko: *Evaluierung von Usability-Testmethoden und Heuristiken für Computerspiele*. Hamburg, Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg, Fakultät Technik und Informatik, Bachelorarbeit, 2009

[**Paras und Bizzocchi 2005**] PARAS, Brad; BIZZOCCHI, Jim: *Game, Motivation, and Effective Learning: An Integrated Model for Educational Game Design*. URL <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.104.2702&rep=rep1&type=pdf> - 2005 - Dateigröße: 238 KB - Simon Fraser University Surrey

[**Provenzo 1991**] PROVENZO, E. F.: *Video kids : Making sense of Nintendo*. Cambridge, MA: Harvard.

[**Salen und Zimmerman 2003**] SALEN, Katie; ZIMMERMAN, Eric: *Rules of Play : Game Design Fundamentals*. Cambridge, Mass. : MIT Press, 2003. - ISBN 0-262-24045-9

[**Squire 2004**] SQUIRE, Kurt R.: *Video Games in Education*. URL <http://www.educause.edu/Resources/VideoGamesinEducation/153649> - 2004 - Dateigröße: 111 KB - Massachusetts Institute of Technology, Comparative Media Studies Department

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1:	Komponenten eines Videospiele [vgl. Adams 2010]	4
Abb. 2:	Balance zwischen Schwierigkeit und Spielerfähigkeit [vgl. Csikszentmihalyi 2009]	6
Abb. 3:	Modellebenen der Handlung des Videospiele [Klimmt 2004]	7
Abb. 4:	Der Prozess der reflektierenden Tätigkeit	8
Abb. 5:	MVC-Pattern in der Spielentwicklung [vgl. Napitupulu 2008]	19
Abb. 6:	Klassendiagramm mit Fassade-Klassen	21
Abb. 7:	Fachliche Sicht der Model-Komponenten	22
Abb. 8:	Technische Sicht der Model-Komponente	22
Abb. 9:	Klassendiagramm der View-Komponente	23
Abb. 10:	Übersicht des Usability-Labors der HAW Hamburg	24
Abb. 11:	Altersverteilung der Testteilnehmer	30
Abb. 12:	Videospielerfahrung (links) und Spaß am Puzzeln (rechts) der Testteilnehmer	31
Abb. 13:	Einschätzung des Chemiewissens der Testteilnehmer	31
Abb. 14:	Bekanntheitsgrad der Oktettregel	32
Abb. 15:	Spielspaß der Testteilnehmer	33
Abb. 16:	Bildschirmfoto des Spiels	34
Abb. 17:	Fehleranzahl pro Level	35
Abb. 18:	Wie viele Verbindungen kann ein Kohlenstoffatom eingehen?	36
Abb. 19:	Identifikation mit der Rolle als Wissenschaftler?	37

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Funktionale Anforderungen	18
Tabelle 2: Nicht-funktionale Anforderungen	19

Versicherung über die Selbstständigkeit

Hiermit versichere ich, dass ich die vorliegende Arbeit im Sinne der Prüfungsordnung nach §22(4) ohne fremde Hilfe selbstständig verfasst und nur die angegebenen Hilfsmittel benutzt habe.

Hamburg, 28. Januar 2011

Ort, Datum

Unterschrift