

MASTERARBEIT | MASTER'S THESIS

Titel | Title

Alkalimetalle spielerisch entdecken: Entwicklung eines digitalen Chemie-Lernspiels

verfasst von | submitted by

Lukas Böhm BEd

angestrebter akademischer Grad | in partial fulfilment of the requirements for the degree of
Master of Education (MEd)

Wien | Vienna, 2025

Studienkennzahl lt. Studienblatt |
Degree programme code as it appears on the
student record sheet:

UA 199 504 520 02

Studienrichtung lt. Studienblatt | Degree
programme as it appears on the student
record sheet:

Masterstudium Lehramt Sek (AB) Unterrichtsfach
Chemie Unterrichtsfach Mathematik

Betreut von | Supervisor:

Univ.-Prof. Dr. Anja Lembens

Abstract

Heutzutage wachsen Kinder aller Altersstufen in einer digital geprägten Gesellschaft auf und haben ihre Denkweisen durch den Umgang mit digitalen Technologien verändert (Rapeepisarn et al., 2008). Computerspiele sind eine zentrale Freizeitbeschäftigung und haben zudem nachweislich positive Effekte auf das Erlernen von Wissensinhalten (Clark et al., 2016; Rapeepisarn et al., 2008; Sailer et al., 2017; Wecker & Stegmann, 2019, S. 20; Yáñez-Gómez et al., 2017). Digitale Lernspiele bieten durch ihre interaktive Natur neue Möglichkeiten zur Förderung situationalen Interesses, stellen jedoch auch Herausforderungen hinsichtlich der Wissensvermittlung bei verschiedenen Entscheidungsmöglichkeiten dar (Wouters et al., 2011).

Im Zuge dieser Masterarbeit wird untersucht, wie Lerninhalte in einer digitalen Spielumgebung gestaltet werden können, um situationales Interesse zu wecken und eine förderliche Lernumgebung zu schaffen. Dazu wird die Lesegeschichte „Der Streit der Alkalimetalle“ von Reschke et al. (2020) in ein interaktives Lernspiel transformiert. Das Lernspiel wird mit der Open-Source-Game-Engine Godot 4.3 programmiert und auf itch.io (<https://chemiespiel.itch.io/streit-der-alkalimetalle>) veröffentlicht.

Ein zentraler Aspekt der Spielentwicklung ist die Integration interaktiver Elemente, die bedeutsame Auswirkungen auf den Spielverlauf haben und den Spieler*innen ein Gefühl von Agency vermitteln. In verzweigten Handlungssträngen soll sichergestellt werden, dass alle relevanten Lerninhalte unabhängig von getroffenen Entscheidungen vermittelt werden.

Das situationale Interesse der Spieler*innen wird durch Prinzipien textbasierten Interesses sowie durch Spieldesign-Elemente wie Punkte, Teamkolleg*innen und narrative Strukturen gesteigert. Zudem werden die psychologischen Grundbedürfnisse in der Selbstbestimmungstheorie (Deci & Ryan, 2000) gezielt berücksichtigt.

Zur Evaluierung des Spiels wurde eine Usability-Studie mit Lehramtsstudierenden, Lehrkräften und Fachdidaktiker*innen durchgeführt. Die gewonnenen Erkenntnisse zur Benutzer*innenfreundlichkeit wurden zur Überarbeitung des Lernspiels verwendet,

Das überarbeitete Lernspiel bietet eine Ausgangsbasis für zukünftige Untersuchung der Lernwirksamkeit und des situationalen Interesses von Lernspielen.

Inhaltsverzeichnis

Abstract.....	3
Inhaltsverzeichnis	5
1. Einleitung.....	7
1.1. Ausgangssituation	7
2. Theoretische Grundlagen	9
2.1. Ziele der naturwissenschaftlichen Grundbildung	9
2.2. Alkalimetalle	9
2.3. Interesse.....	11
2.4. <i>Serious Games</i>	14
2.4.1. <i>Design-Elemente für Serious Games</i>	14
2.5. <i>Narrative in Serious Games</i>	18
2.5.1. Game Discourse Analysis – GDA	21
2.5.2. Narrative Centered Informant Design – NCID.....	23
2.6. <i>Interaktive Narrative</i>	23
2.6.1. Agency	24
2.7. <i>Arten von Computer Games</i>	26
2.8. Zusammenfassung der theoretischen Grundlagen	27
2.8.1. Leitfragen der Entwicklung.....	28
3. <i>Game-Engine – Godot</i>	29
4. Lernziele und Lehrplanbezug	32
5. <i>Umsetzung des Serious Games „Streit der Alkalimetalle“</i>	34
5.1. <i>Entwicklungsphasen</i>	34
5.2. <i>Ablauf der Geschichte des Serious Game</i>	34
5.3. <i>Game-Design</i>	36
5.3.1. Problemlösendes oder nicht-problemlösendes Genre	36
5.3.2. Narrative Genres	36
5.3.3. Game-Design-Elemente	37
5.4. Zusammenfassung der Umsetzung.....	41
6. <i>Usability Studie</i>	44
6.1. <i>Studiendesign</i>	45
6.1.1. Systemrelevante Ereignisse	45

6.1.2. Benutzer*innenrelevante Ereignisse	46
6.1.3. Fragebogen.....	48
6.1.4. Skript	49
6.2. <i>Ergebnisse der Usability-Studie</i>	50
6.3. <i>Folgemaßnahmen auf Basis der Erkenntnisse aus der Usability-Studie</i>	51
7. Diskussion	53
8. Fazit und Ausblick.....	55
Literaturverzeichnis	58
Abbildungsverzeichnis	66
Tabellenverzeichnis	66
Abkürzungsverzeichnis	67
Erklärung zum Einsatz von KI-Tools	68
Selbstständigkeitserklärung	69
Anhang	70
Lesegeschichte zu den Alkalimetallen	70
Sachtext zu den Alkalimetallen	73
Umsetzung des Narrativs und interaktiver Elemente	75
Skript zur Usability-Studie	82
Fragebogen zur Usability-Studie.....	83

1. Einleitung

Von der frühen Kindheit bis ins Jugendalter wachsen Kinder in einer digitalen Gesellschaft auf. Diese Kinder haben ihre Denkweise und die Art, wie sie Informationen verarbeiten, erheblich verändert, da sie sich an digitale Technologien gewöhnt haben. Computerspiele haben für die meisten Kinder eine bedeutende Rolle in ihrem Leben eingenommen und sind zu ihrer häufigsten Freizeitbeschäftigung geworden (Rapeepisarn et al., 2008). Spiele sind in der Lage, die begrenzte Aufmerksamkeit von Schüler*innen zu wecken und aufrechtzuerhalten. Lernspiele bieten sinnvolle Lernerfahrungen für Kinder und Erwachsene zugleich und stellen fesselnde Aktivitäten für vertiefte Lernerlebnisse dar (Moreno-Ger et al., 2012). Der Einsatz von Spielen als Lernmedium hat zudem einen nachweislich positiven Effekt beim Erlernen von Wissensinhalten, einschließlich chemisches Fachwissens (Clark et al., 2016; Sailer et al., 2017; Wecker & Stegmann, 2019; Xu et al., 2025; Yáñez-Gómez et al., 2017). Lernzuwachs bezüglich Fachwissens ist vor allem dann erkennbar, wenn das Spiel motivational gestaltet wird (Lepper et al., 1993). Deshalb wird im Rahmen dieser Masterarbeit ein Lernspiel entwickelt, um perspektivisch die positiven Effekte von Spielen auf die Lernmotivation und den Lernerfolg der Schüler*innen zu nutzen. Durch die Integration von spielerischen Elementen und interaktiven Aufgaben soll das Spiel die Aufmerksamkeit der Schüler*innen fesseln und ihnen gleichzeitig ermöglichen, wichtige Lerninhalte auf eine ansprechende Weise zu verinnerlichen.

1.1. Ausgangssituation

Lesegeschichten, d.h. narrative Texte, können situationales Interesse an chemiebezogenen Inhalten besser hervorrufen als Sachtexte. Zudem führt das erhöhte situationale Interesse durch Lesegeschichten gegenüber Sachtexten zu einem signifikant positiveren Lerneffekt (Reschke et al., 2020). Diese Erkenntnisse bieten eine Grundlage für die Weiterentwicklung innovativer Lehrmethoden. Mit der zunehmenden Bedeutung der Digitalisierung in Schulen (Becker & Metz, 2024) stellt sich die Frage, wie diese positiven Effekte von Lesegeschichten in moderne, digitale Lernumgebungen integriert werden können. Eine vielversprechende Möglichkeit ist die Implementierung von Lesegeschichten in digitale Lernspiele. Lernspiele kombinieren interaktive Elemente mit narrativen Strukturen und können so das Interesse der Schüler*innen weiter steigern. Für die Erstellung von Lernspielen müssen Kompetenzen in Lernpsychologie, Erziehungswissenschaft, Fachwissen und Fachdidaktik mit Disziplinen der Spieleentwicklung – darunter visuelle Darstellung, Softwareprogrammierung und Storytelling – angewendet werden (Wouters et al., 2011), um das Lernspiel in Hinsicht auf situationales Interesse und Lernwirksamkeit effektiv zu entwickeln.

Die Lesegeschichte, die im Zuge dieser Masterarbeit in ein digitales Lernspiel umgesetzt wird, ist die Lesegeschichte „Streit der Alkalimetalle“ von Reschke et al. (2020). Die Wahl begründet sich daraus, dass diese Lesegeschichte bereits nachweislich situationales Interesse bei Schüler*innen hervorrufen kann und für den naturwissenschaftlichen Unterricht konzipiert wurde. Zudem entwickelte sich aus der Publikation „Vom situationalen Interesse zum Lernerfolg: Lesegeschichten im Chemieunterricht der Sekundarstufe I“ (Reschke et al., 2020), welche dieselbe Lesegeschichte untersuchte, die Idee dieser Masterarbeit. Die Lesegeschichte (siehe Anhang) lässt sich wie folgt zusammenfassen:

Ein*e Schüler*in erzählt von einem fantastischen Erlebnis. Er*sie erzählt davon, wie er*sie den Alkalimetallen beim Streiten zugesehen hat. Eines Tages hat der*die Schüler*in seine*ihrer Federmappe im Chemieraum vergessen. Er*sie borgt sich daraufhin den Schlüssel zum Raum von der Chemielehrkraft aus. Als er*sie bei seiner*ihrer Federmappe ist, hört er*sie Stimmen aus dem Chemikalienschrank. Er*sie schleicht sich zum Schrank und schaut heimlich zu, wie die Alkalimetalle darüber streiten, wer von ihnen am reaktivsten ist. Um diesen Streit zu klären, beginnen die Alkalimetalle sich gegenseitig ins Wasser zu stoßen. Dabei kann der*die Schüler*in beobachten, wie die einzelnen Alkalimetalle mit steigender Ordnungszahl immer stärker mit Wasser reagieren. Dabei erklären sich die Alkalimetalle gegenseitig, dass sie exotherm reagieren, Wasserstoffgas entwickelt wird und das entstehende Alkalimetallhydroxid im Wasser gelöst wird. Doch noch bevor der*die Schüler*in die Reaktion von Rubidium mit Wasser beobachten kann – welche in einer Explosion enden würde –, tritt die Lehrperson in den Raum hinein und fragt, wo sein*ihr Schlüssel sei. Daraufhin verstummt alles im Chemikalienschrank und nichts im Schrank sieht außergewöhnlich aus. Die Nacherzählung endet damit, dass sich Schüler*in nicht mehr sicher ist, ob alles vielleicht nur ein Traum gewesen ist.

Damit die Lesegeschichte gezielt in ein digitales Lernspiel umgesetzt werden kann, folgt im nächsten Kapitel eine Auseinandersetzung mit den theoretischen Grundlagen zu naturwissenschaftlicher Grundbildung, Alkalimetallen, Interesse, Lernspielen (Serious Games) und interaktiven Narrativen.

2. Theoretische Grundlagen

2.1. Ziele der naturwissenschaftlichen Grundbildung

In der Allgemeinbildung und dem lebenslangen Lernen nimmt die naturwissenschaftliche Grundbildung eine essenzielle Rolle ein. Sie ermöglicht Personen eine kompetente Teilhabe an der modernen Gesellschaft, die durch Wissenschaft und Technik geprägt ist. Durch naturwissenschaftliche Grundbildung werden nicht nur naturwissenschaftliches Wissen, Konzepte und Modelle vermittelt. Es wird auch die Fähigkeit gefördert, dieses Wissen anzuwenden und kritisch zu reflektieren. Um diese Fähigkeit zu fördern, wird naturwissenschaftliches Wissen in Alltagssituationen – darunter Umwelt, Gesundheit und Technik – angewendet. Weiters soll die Fähigkeit zum Hypothesen formulieren, experimentieren, Daten erheben und interpretieren entwickelt werden. Zudem soll ein Bewusstsein über die Möglichkeiten und Grenzen von naturwissenschaftlichem Denken geschaffen werden (Fischler et al., 2018; Prenzel et al., 2001).

In Bezug auf „Scientific Literacy“ soll durch naturwissenschaftliche Grundbildung die Fähigkeit für Schüler*innen vermittelt werden, dass sie naturwissenschaftliche Fragestellungen verstehen und formulieren können. Damit wird die Fähigkeit zur Erkennung und lösungsorientierten Bearbeitung von naturwissenschaftlichen Problemen gefördert (Fischler et al., 2018; Prenzel et al., 2001).

Im Chemieunterricht werden alle Aspekte der naturwissenschaftlichen Grundbildung gefördert. In Chemie werden grundlegende Modelle und Konzepte zum Verständnis von alltäglichen Phänomenen vermittelt. Durch experimentelles Arbeiten wird eigenständiges Forschen, Beobachten und Interpretieren gefördert. Zudem bietet Chemie einen interdisziplinären Anwendungsbezug in Naturwissenschaften, Technik, Umwelt und Gesundheit. Insgesamt fördert der Chemieunterricht damit eine ganzheitliche naturwissenschaftliche Bildung. Es werden Fachwissen und Kompetenzen für eine reflektierte Teilhabe an einer modernen, wissenschaftlich geprägten Welt vermittelt (Fischler et al., 2018; Prenzel et al., 2001).

Das digitale Lernspiel wird bezüglich der naturwissenschaftlichen Grundbildung einen Fokus auf den Aspekt „Fachwissen vermitteln“ haben. Wie aus der Zusammenfassung der Lesegeschichte zu entnehmen ist, wird Fachwissen über die Alkalimetalle vermittelt. Demnach folgt nun eine fachliche Auseinandersetzung mit Alkalimetallen.

2.2. Alkalimetalle

Die Alkalimetalle umfassen geordnet mit aufsteigender Ordnungszahl die Elemente Lithium (Li), Natrium (Na), Kalium (K), Rubidium (Rb), Cäsium (Cs) und Francium (Fr). Die Alkalimetalle stehen in der ersten Hauptgruppe des Periodensystems der Elemente. Damit besitzen sie die Valenzelektronenkonfiguration s^1 . Da die Alkalimetalle in einer

Gruppe im Periodensystem stehen, besitzen sie mehrere ähnliche Eigenschaften. Die Alkalimetalle besitzen geringe Ionisierungsenergien, das s-Elektron wird leicht unter Bildung von Kationen abgegeben. Dadurch sind Alkalimetalle die reaktivsten Metalle und starke Reduktionsmittel. In Verbindungen nehmen sie fast ausschließlich die Oxidationszahl +1 an. Mit steigender Ordnungszahl sinkt die Ionisierungsenergie der Alkalimetalle, weshalb die Reaktivität und das Reduktionsvermögen mit steigender Ordnungszahl steigt. Die Flammenfärbungen der Alkalimetalle sind wie folgt: Lithium – karminrot, Natrium – gelb, Kalium – violett, Rubidium – violett, Cäsium – blau (Riedel & Janiak, 2022).

Alkalimetalle reagieren mit dem Sauerstoff in der Luft. Dabei reagiert Li zu dem Oxid Li_2O . Natrium reagiert zu dem Peroxid Na_2O_2 . Kalium, Rubidium und Cäsium zu den Hyperoxiden KO_2 , RbO_2 und CsO_2 . Alkalimetalle reagieren exotherm mit Wasser unter Wasserstoffgasentwicklung zu Hydroxiden. Kalium reagiert dabei unter spontaner Entzündung des Wasserstoffgases. Rubidium und Cäsium reagieren explosionsartig mit Wasser (Riedel & Janiak, 2022).

Alle Francium-Isotope sind radioaktiv. Das Isotop mit der längsten Halbwertszeit ist $^{223}_{87}\text{Fr}$ mit 21,8 Minuten. Da es keine langlebigen Isotope von Francium gibt, kann es nicht in messbaren Mengen gewonnen werden. Aus diesem Grund können alle chemischen Eigenschaften von Francium nur mit Hilfe von mit Tracermengen kurzlebiger Isotope untersucht werden. Dies erschwert die Untersuchungen der chemischen Eigenschaften von Francium erheblich (Lavrukhina et al., 1960; Riedel & Janiak, 2022).

Aufgrund ihrer hohen Reaktivität kommen Alkalimetalle in der Natur in gebundener Form vor. Natrium und Kalium gehören zu den 10 häufigsten Elementen der Erdkruste. Die häufigsten Lithiummineralien sind Amblygonit $(\text{Li},\text{Na})\text{AlPO}_4(\text{F},\text{OH})$, Spodumen $\text{LiAl}[\text{Si}_2\text{O}_6]$, Lepidolith $\text{KLi}_{1,5}\text{Al}_{1,5}[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}](\text{OH},\text{F})_2$ und Petalit $\text{Li}[\text{AlSi}_4\text{O}_{10}]$. Die häufigsten Natriummineralien sind Albit $\text{Na}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$, Steinsalz NaCl , Soda $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$, und Thenardit Na_2SO_4 . In Meerwasser gelöst befindet sich in etwa die zehnfache Menge NaCl als in fester Form als Steinsalz. Die häufigsten Kaliummineralien sind Sylvit KCl , Carnallit $\text{KCl} \cdot \text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, Kainit $\text{KCl} \cdot \text{MgSO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$, Kalifeldspat $\text{K}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$ und Muskovit $\text{KAl}_2[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}](\text{OH},\text{F})_2$. Rubidium und Caesium sind Begleiter der anderen Alkalimetalle. Die radioaktiven Isotope ^{40}K (Isotopenhäufigkeit 0,01 %) und ^{87}Rb (Isotopenhäufigkeit 28 %) werden zur Altersbestimmung genutzt (Riedel & Janiak, 2022).

Die Alkalimetalle sind weiche Metalle und von geringer Dichte. Lithium, Natrium und Kalium haben eine geringere Dichte als Wasser. Lithium, Natrium, Kalium und Rubidium sind silberweiß, Cäsium hat einen Goldton. Die Standardpotentiale der Alkalimetalle sind stark negativ und werden von Natrium zu Cäsium immer negativer, jedoch hat Lithium das negativste Standardpotential. Die Alkalimetalle werden überwiegend durch elektrolytische Verfahren oder chemische Reduktion dargestellt. Lithium wird durch Schmelzflusselektrolyse von LiCl gewonnen. Natrium wird elektrolytisch aus NaCl (Downs-Verfahren) oder NaOH (Castner-Verfahren) gewonnen. Kalium wird durch

Reduktion von geschmolzenem KCl mit metallischem Natrium hergestellt, die entstehende K-Na-Legierung wird destilliert, um reines Kalium zu gewinnen. Rubidium und Cäsium werden durch chemische Reduktion dargestellt, zum Beispiel durch Erhitzen der Dichromate mit Zirkonium im Hochvakuum (Riedel & Janiak, 2022).

Die detaillierte Auseinandersetzung mit den Eigenschaften der Alkalimetalle aus fachwissenschaftlicher Perspektive bildet die Grundlage für die Gestaltung von Lernsituationen zum Fachwissenserwerb von Schüler*innen im Rahmen der naturwissenschaftlichen Grundbildung. Als nächstes folgt nun eine Auseinandersetzung zu dem Einfluss von Interesse für nachhaltige Lernprozesse.

2.3. Interesse

Interesse wird nach Krapp (2002) als Person-Gegenstand-Beziehung definiert. Interesse zeigt sich demnach in einer dynamischen Beziehung zwischen einer Person und einem Erfahrungs- oder Wissensbereich (Lerngegenstand). Demnach richtet sich Interesse auf einen bestimmten Gegenstand, ein Thema, eine Idee oder eine Aktivität. Interesse beschreibt also das Gefallen an einer kognitiven Tätigkeit und deren willentliche Ausübung (Schraw & Lehman, 2001). Interesse ist damit eine positive emotionale Erfahrung (Chen et al., 2001; Eckert, 2025).

Interesse kann in individuelles und situationales Interesse unterschieden werden und kann wie folgt zusammengefasst werden.

INDIVIDUELLES INTERESSE

Individuelles Interesse bezieht sich auf themenspezifische Sachverhalte, die intern aktiviert und von dauerhaftem persönlichem Wert sind. Die Grundlagen des individuellen Interesses sind bereits vorhandenes Wissen, persönliche Erfahrungen und Emotionen. Individuelles Interesse entwickelt sich im Laufe der Zeit durch die ständige und kontinuierliche Interaktion einer Person mit dem Gegenstand (Chen et al., 2001). Beim individuellen Interesse wird zwischen latentem und aktualisiertem individuellem Interesse unterschieden. Latentes individuelles Interesse kann weiters in gefühlsbezogenes und wertbezogenes Interesse unterteilt werden (Schraw & Lehman, 2001).

Gefühlsbezogenes individuelles Interesse liegt vor, wenn eine Person positive Emotionen und Affekte bezüglich einer bestimmten Aktivität oder einem bestimmten Thema erlebt. Diese positiven Gefühle stellen einen starken Anreiz dar, sich an der Aktivität zu beteiligen (Schraw & Lehman, 2001).

Wertbezogenes individuelles Interesse bezieht sich auf die persönliche Bedeutung, die einem bestimmten Thema oder einer Aktivität beigemessen wird. Bei wertbezogenem

Interesse wird eine Aktivität oder ein Wissensgebiet als wichtig für die eigenen langfristigen Ziele erachtet (Schraw & Lehman, 2001).

Aktualisiertes individuelles Interesse ist ein motivationaler Zustand, der mit einem bestimmten Thema verknüpft ist. Aktualisiertes Interesse gibt an, mit welcher Intensität man sich bei einer Aktivität engagiert. Menschen, bei denen aktualisiertes Interesse stark ausgeprägt ist, weisen eine Meisterungsorientierung auf. Diese zeigt sich in der Suche nach Herausforderungen und darin, dass sie trotz Rückschlägen oder Misserfolge weiterhin Anstrengungen unternehmen (Schraw & Lehman, 2001).

Individuelles Interesse ist eng gefasst und schwer zu verändern. Daher ist es für Lehrer*innen eine schwierige Aufgabe, das individuelle Interesse eines jeden*jeder Schüler*in in das Lernen zu integrieren.

SITUATIONALES INTERESSE

Situationales Interesse bezieht sich auf kontextspezifische Sachverhalte, die von vorübergehendem Wert und durch die Umwelt aktiviert sind. Situationales Interesse kann spontan geweckt werden. Situationales Interesse wird nach Schraw & Lehman (2001) in drei Kategorien eingeteilt – textbasiertes, aufgabenbasiertes und wissensbasiertes situationales Interesse.

Textbasiertes Interesse bezieht sich auf Eigenschaften der zu lernenden Information, in der Regel ein Text, die das Interesse beeinflussen. Faktoren von textbasiertem Interesse sind Verlockung (seductiveness), Lebhaftigkeit (vividness) und Schlüssigkeit (coherence).

- Verlockende Elemente sind sehr interessante Passagen, die allerdings für die Hauptthemen des Textes unwichtig sind. Diese Abschnitte enthalten in der Regel Informationen, die mit den Hauptthemen einer Geschichte nur am Rande zu tun haben, die aber einprägsam sind, weil sie sich mit kontroversen oder sensationellen Themen befassen.
- Lebhaftige Elemente beziehen sich auf Textabschnitte, die herausstechen, weil sie Spannung erzeugen oder anderweitig fesselnd sind. Lebhaftigkeit kann durch die Verwendung von Bildsprache, Konkretheit und Überraschungen hervorgerufen werden.
- Schlüssigkeit bezieht sich auf Faktoren, die die Fähigkeit der Lesenden beeinflussen, die Hauptgedanken eines Textes zu ordnen. Texte sind schlüssiger, wenn sie gut gegliedert und leicht zu verstehen sind. Die Hauptgedanken sind leichter mit dem umgebenden Text zu kodieren.

Aufgabenbezogenes Interesse bezieht sich auf das Interesse, das durch Bearbeitung von Aufgaben und Anweisungen entstehen kann. Dazu sollten Aufgaben so gestaltet sein, dass darin vorkommende Informationen relevant sind, die Aufgabe auf individuelle Weise gelöst werden kann und/oder Teil einer Geschichte sind.

Wissensbasiertes Interesse bezieht sich auf Interesse, das aufgrund von relevantem Vorwissen erzeugt wird. Wissensbezogenes Interesse liegt sehr ähnlich zu individuellem Interesse. Trotzdem wirkt es sich vor allem in umgekehrter Weise auf situationales Interesse aus. Fehlendes Vorwissen bei Behandlung von Themen wirkt sich beeinträchtigend auf situationales Interesse aus.

Situationales Interesse kann nach Deci (1992) durch sieben Person-Gegenstand-Interaktion hervorgerufen werden. Diese Interaktionen lassen sich in die Kategorien Aktivität, mentale Disposition und interaktive Erfahrung gliedern. Die Aktivitätskategorie umfasst die Aspekte Neuartigkeit und Herausforderung. Neuartigkeit beschreibt die Lücke zwischen bekannten und unbekannten und regt das Erkundungsverhalten einer Person an. Herausforderung beschreibt den Schwierigkeitsgrad einer Aufgabe im Verhältnis zu den Fähigkeiten der Person und bewegt dadurch Personen dazu, mit einem Gegenstand zu interagieren. Die Kategorie der mentalen Disposition umfasst Explorationsabsicht, Wunscherregung und Zeitveränderung. Explorationsabsicht beschreibt die Absicht, neue Erfahrungen sammeln zu wollen. Wunscherregung beschreibt das Aufkommen eines starken Wunsches oder Verlangens, das durch bestimmte Reize oder Situationen ausgelöst wird. Zeitveränderung beschreibt die subjektive Wahrnehmung, dass die Zeit schneller oder langsamer vergeht. Die Kategorie der interaktiven Erfahrung umfasst die Qualität der Aufmerksamkeit und das Gefühl des Genusses. Die Qualität der Aufmerksamkeit beschreibt die Fähigkeit, sich intensiv und ohne Ablenkung auf eine Aufgabe konzentrieren zu können. Das Gefühl des Genusses beschreibt das Empfinden von Freude, Zufriedenheit und Vergnügen bei der Ausführung der Interaktion (Chen et al., 2001; Deci, 1992). Wenn mindestens einer der sieben Aspekte in einer Person-Gegenstand-Interaktion mindestens eines der psychologischen Bedürfnisse der Selbstbestimmungstheorie nach Deci & Ryan (2000) – Autonomie, Kompetenz und soziale Eingebundenheit – befriedigt ist, empfindet die Person Interesse (Chen et al., 2001; Deci, 1992). Intrinsische Motivation ist damit stark mit Interesse verbunden (Deci & Ryan, 2000).

Wenn der Zustand von situationalem Interesse wiederholt aktiviert wird, kann dies dazu führen, dass ein individuelles Interesse entsteht (Blankenburg & Scheersoi, 2018). Dies verläuft über vier Phasen. Ausgelöstes situationales Interesse erregt die Aufmerksamkeit einer Person zu einem Sachverhalt. Durch bedeutungsvolle Aufgaben und das Gefühl des Einbezogen-Seins bleibt die Aufmerksamkeit erhalten und es entwickelt sich ein aufrechterhaltenes situationales Interesse. Wird die Aufmerksamkeit wiederholt aufrechterhalten, werden positive Gefühle, Kenntnisse und Wertvorstellungen des Sachverhalts abgespeichert. Es entsteht ein aufkommendes individuelles Interesse, welches allerdings immer wieder externen Input braucht, um sich mit dem Sachverhalt auseinandersetzen zu wollen. Sobald die Auseinandersetzung mit dem Sachverhalt selbstreguliert ist und Frustrationen bewältigt werden können, entsteht entwickeltes individuelles Interesse (Benesch, 2018; Ochsen et al., 2021). Dieser Prozess wird auch als Internalisation bezeichnet (Krapp, 2002).

2.4. *Serious Games*

Spiele haben einen positiven Einfluss auf das Erlernen von Wissensinhalten (Clark et al., 2016; Sailer et al., 2017; Wecker & Stegmann, 2019; Yáñez-Gómez et al., 2017). Auch explizit in Chemie konnte der Einsatz von Spielen das Lernen positiv beeinflussen (Xu et al., 2025). Daher bietet dieses Feld zahlreiche Potentiale zur chemiespezifischen Ausgestaltung und Beforschung.

Bei Spielen handelt es sich allgemein um ein System, in dem Spieler*innen einen künstlichen, durch Regeln definierten Konflikt austragen, der zu einem quantifizierbaren Ergebnis führt (Salen & Zimmerman, 2003). Demnach sind die wesentlichen Merkmale „regelbasiert“ und „zielorientiert“, diese grenzen sie von anderen Medien ab (Sailer et al., 2017). Serious Games ist ein Sammelbegriff für alle Spiele, deren Verwendungszweck mehr als nur reine Unterhaltung ist (Susi et al., 2015). Serious Games finden demnach Anwendung in den Bereichen Ausbildung, Erforschung von Politiken, Analytik, Visualisierung, Simulation, Bildung sowie Gesundheit und Therapie (Yáñez-Gómez et al., 2017). Beim Lernen durch Spiele können Wissen und Fähigkeiten sowohl erlernt als auch gefestigt werden. Um die im Spiel gestellten Aufgaben zu bewältigen, ist es wichtig, die zu erlernenden Aspekte in der simulierten Realität anzuwenden. Außerdem sollen die Lernenden in der spielerischen Umgebung Selbstbestimmung und Kompetenz erfahren (Wecker & Stegmann, 2019).

Die Umsetzung von Lerninhalten in Form von Serious Games stellt eine Methode dar, die positive Effekte auf das Erlernen von Wissensinhalten hat, einschließlich chemischen Fachwissens. Da die Entwicklung von Serious Games Kompetenzen in eine Vielzahl von Disziplinen erfordert – visuelle Darstellung, Storytelling Lernpsychologie, Softwareentwicklung, Fachwissen und Erziehungswissenschaft – stellt die Entwicklung ein komplexes Projekt dar (Wouters et al., 2011). Zudem müssen auch existierende Schlüsselspannungen, wie Lernen vs. Spielen, Freiheit vs. Kontrolle und Vermittlung vs. Konstruktion, bei der Entwicklung effektiver und ansprechender Serious Games berücksichtigt werden (Wouters et al., 2011).

Im Weiteren folgt deshalb eine Auseinandersetzung für die Entwicklung von Serious Games. Dabei werden die Aspekte hervorgehoben, die situationales Interesse fördern, aber auch allgemein lernförderliche Elemente.

2.4.1. *Design-Elemente für Serious Games*

Serious Games sind, wie bereits angeführt, „regelbasierte“ und „zielorientierte“ Anwendungen, die nicht nur zur reinen Unterhaltung dienen (Sailer et al., 2017; Susi et al., 2015). Um nun relevante Design-Elemente zu identifizieren, braucht es zunächst einer Klärung des Begriffes im Kontext Games. Gamedesign-Elemente sind solche Bausteine und Merkmale, die für Spiele charakteristisch sind. Es sind also Bausteine und Merkmale,

die von vielen Spielen genutzt werden, sind aber keine notwendigen Bedingungen für ein Spiel sind (Deterding et al., 2011). Im Folgenden werden Spieldesign-Elemente angeführt, die Einfluss auf das Interesse und bzw. oder den Lerneffekt der Spielenden haben.

In Bezug auf Sprache in multimedialen Präsentationen – wie Serious Games – lernen Personen besser, wenn die verwendete Sprache Gesprächs-Charakter hat (Mayer, 2020). Spielumgebungen, die Spaß machen, eine Herausforderung darstellen und Computer nutzen, erhöhen das situationale Interesse (Plass et al., 2015).

In einer Studie von Sailer et al. (2017) wurden die Gamedesign-Elemente „Punkte“, „Abzeichen“, „Rangliste“, „Leistungsdiagramme“, „bedeutsame Geschichte“, „Avatare“ und „Teamkolleg*innen“ (Sailer et al., 2017) auf die Selbstbestimmungstheorie (Deci & Ryan, 2000) angewendet und überprüft. Das Erfüllen der Bedürfnisse ist, wie im Kapitel Interesse angeführt, eine wesentliche Voraussetzung, um Interesse bei Lernenden auszulösen (Chen et al., 2001; Deci, 1992).

Sailer et al. (2017) definieren diese Elemente für ihre Studie wie folgt:

- Punkte werden nach erfolgreich abgeschlossenen Aktivitäten im Spiel verliehen und sind somit numerische Indikatoren für den Spielfortschritt. Sie sind eine Form von Feedback, die das Spielverhalten der Spielenden unmittelbar bemessen.
- Abzeichen repräsentieren Erfolge und zeigen die Erfüllen bestimmter Aufgaben und stellen damit eine Form von Feedback dar. Sie haben zudem die Wirkung von virtuellen Statussymbolen und können damit für Spieler*innen als weitere Ziele abseits des Narrativs dienen.
- Ranglisten zeigen den Spielerfolg und die Spielleistung relativ zu Kriterien oder anderen Spieler*innen. Ein Aufstieg in der Rangliste wirkt als zusätzliche Herausforderung und erhöht das Engagement der Spieler*innen, wenn nur wenig Unterschied zu den voran Platzierten liegt. Diese Herausforderung kann aber auch genau das Gegenteil bewirken, wenn man sich weit unten in der Rangliste befindet und für einen Aufstieg in der Rangliste ein großer Unterschied in der Spielleistung überwunden werden muss.
- Leistungsdiagramme sind das Gegenstück zu Ranglisten, indem sie die aktuelle Spielleistung mit den bisherigen Spielleistungen vergleichen und somit Verbesserungen aufweisen. Sie gehen also auf eine individuelle Bezugsnorm ein und sind eine Form von Feedback. Dies legt den Fokus auf die Meisterung.
Leistungsdiagramme können durch Meisterung, ähnlich wie Ranglisten, motivierend oder demotivierend wirken. Schüler*innen mit adaptivem motivationalem Verhalten werden durch Meisterung motiviert, Schüler*innen mit maladaptivem motivationalem Verhalten werden demotiviert (Dweck, 1986).
- Avatare sind die visuelle Darstellung der Spielenden in der Spielumgebung und sind frei wählbar oder kreierbar. Sie dienen dazu, den Spieler*innen eine eindeutige Identität zu verleihen.

- Teamkolleg*innen bezeichnet alle echten Mitspieler*innen und virtuellen computer-gesteuerten Charaktere, welche mit dem*der Spieler*in Kooperationen eingehen, aber auch Wettbewerbe und Konflikte hervorrufen können.
- Bedeutsame Geschichten betten die Spielmechaniken in einen Kontext ein. Dieser narrative Kontext existiert unabhängig von der Spielleistung und gibt dem Spiel damit eine Bedeutung auch abseits der Spielleistung. Diese Geschichten reichen von einfachen Einleitungen bis hin zu komplexen Handlungssträngen. Geschichten in nicht-realen Situationen können ansonsten langweilige Kontexte bereichern und so inspirierend und motivierend wirken.

Dabei sollen Punkte, Leistungsdiagramme, Abzeichen und Ranglisten das Bedürfnis nach Kompetenzerleben ansprechen, da sie auf verschiedene Arten Feedback geben. Teamkolleg*innen erfüllen das Bedürfnis nach sozialer Verbundenheit, da die Bedeutung der Handlungen der Spielenden für die Leistung einer Gruppe relevant wird. Avatare geben dem*der Spieler*in Auswahlmöglichkeiten und sprechen damit das Bedürfnis nach Autonomie an (Rigby & Ryan, 2011; Sailer et al., 2017). Bedeutsame Geschichten erfüllen sowohl das Bedürfnis nach Autonomie, indem sie eigene Handlungen sinnvoll und freiwillig erscheinen lassen, als auch das Bedürfnis nach sozialer Verbundenheit, wenn in Kombination mit Teamkolleg*innen ein gemeinsames Ziel verfolgt wird (Rigby & Ryan, 2011; Sailer et al., 2017).

Die Ergebnisse der Studie zeigten, dass Serious Games die Erfüllung des Kompetenzerlebens und der Autonomie signifikant besser hervorrufen, wenn die Design-Elemente Punkte, Abzeichen, Ranglisten und Leistungsdiagramme implementiert werden. Serious Games können das Bedürfnisses nach sozialer Verbundenheit signifikant stärker erfüllen, wenn die Design-Elemente bedeutsame Geschichte, auswählbare Avatare und Teamkolleg*innen implementiert werden (Sailer et al., 2017).

Eine Metaanalyse von Clark, Tanner-Smith und Killingsworth (2016) über die Auswirkung von Spieldesign-Optionen in digitalen Spielen auf die Lerneffektstärke in Bezug auf konzeptionelles Verständnis (Clark et al., 2016) bietet eine weitere Grundlage für die Umsetzung der Lesegeschichte in eine digitale, spielbasierte Umgebung. Untersuchte Spieldesign-Elemente waren in dieser Analyse unter anderem Visueller Realismus (Visual Realism), Anthropomorphismus (Anthropomorphism), Kameraperspektive (Camera Perspective), Relevanz der Geschichte (Story Relevance) und Tiefe der Geschichte (Story Depth).

VISUELLER REALISMUS

Der grafische Realismus der Spielumgebung wurde in drei Kategorien eingeteilt – schematisch, Cartoon und realistisch. Die schematische Kategorie umfasst schematische, symbolische und textbasierte Spiele, demnach Spiele mit allgemein vereinfachten grafischen Elementen. Die Kategorie Cartoon umfasst Spiele in einem oft zweidimensionalen Format mit nicht realistischen Formen (z. B. nicht maßstabsgetreue

Objekte und Figuren zur echten Welt), oft in einem zweidimensionalen Format. Die Kategorie Realistisch umfasst Spiele mit echten Bildern oder realistische Schattierungen in oft dreidimensionalen Formaten. Hierbei wiesen die größten positiven Effektstärken schematisch und Cartoon auf. Auch nach Berücksichtigung der anderen Design-Elemente, war der isolierte Lerneffekt in Bezug auf konzeptionelles Verständnis immer noch signifikant (Clark et al., 2016).

ANTHROPOMORPHISMUS

Anthropomorphismus beschreibt das Ausmaß, inwiefern Spiel- und Nicht-Spiel-Charaktere menschliche Eigenschaften und menschliches Verhalten aufweisen. Dabei wurde in der Metastudie zwischen gar nicht/niedrig, mittel und hoch unterschieden. Hier wies „hoch“ zwar die größte positive Effektstärke auf, jedoch trat hoher Anthropomorphismus als Effekt in 179 Fällen nur 6-mal vor. „gar nicht/niedrig“ weist die nächsthöchste positive Effektstärke auf. Nach Berücksichtigung der anderen Design-Elemente, war der isolierte Lerneffekt in Bezug auf konzeptionelles Verständnis immer noch signifikant (Clark et al., 2016).

KAMERAPERSPEKTIVE

Der Effekt der Kameraperspektive wurde auch in drei Kategorien eingeteilt – First Person, Over-the-shoulder und Third Person – und beschreibt den Blickwinkel, in dem der*die Spieler*in mit dem Spiel interagiert. Der Third Person Viewpoint zeigt den höchsten positiven Effekt. Er beschreibt entweder den Blickwinkel, bei dem der*die Spieler*in, die Hauptfigur in Aktion beobachtet, ohne ihm*ihr das Gefühl zu geben, dass er*sie selbst die Figur ist (Denisova & Cairns, 2015), oder einen Blickwinkel, bei dem es gar keine Kamerabewegung gibt. Nach Berücksichtigung der anderen Design-Elemente, war der isolierte Lerneffekt in Bezug auf konzeptionelles Verständnis nicht mehr signifikant (Clark et al., 2016).

RELEVANZ DER GESCHICHTE

Die Relevanz der Geschichte beschreibt, inwiefern die Handlung maßgeblich für die Lernfunktion ist. Eine Geschichte über die Darstellung von verschiedenen organischen Stoffen im Labor, die das Anwenden von Wissen über Chemische Bindungen erfordert, wäre ein Spiel mit Handlungsrelevanz. Wäre das Anwenden von Wissen über Chemische Bindungen erforderlich, um Türen in einem Labyrinth zu öffnen, zum Beispiel in einem Escape-Spiel, hätte die Geschichte keine Relevanz.

Die Relevanz der Geschichte wurde auch in drei Kategorien eingeteilt – keine Handlung, irrelevante Handlung und relevante Handlung. Irrelevante Handlungen hatten den höchsten positiven Lerneffekt. Jedoch war nach Berücksichtigung der anderen Design-Elemente der isolierte Lerneffekt in Bezug auf konzeptionelles Verständnis nicht mehr signifikant (Clark et al., 2016).

TIEFE DER GESCHICHTE

Die Tiefe der Geschichte wird in „gering“, „mittel“ und „hoch“ gegliedert. Geringe Tiefe umfasst nur das Hintergrundgerüst, die Szenerie oder den Kontext. Mittlere Tiefe beinhaltet eine sich im Laufe des Spiels entwickelnde Geschichte. Bei Spielen mit hoher Tiefe ist die sich im Laufe des Spiels entwickelnde Geschichte deutlich vielfältiger und ereignisreicher. Spiele ohne oder mit geringer Tiefe der Geschichte hatten signifikant höhere Lerneffekte in Bezug auf konzeptionelles Verständnis als Spiele mit mittlerer oder hoher Tiefe. Dieser Effekt blieb auch signifikant bei Berücksichtigung der anderen Design-Elemente (Clark et al., 2016).

KOMBINATION DER ELEMENTE

Clark et al. (2016) führten zudem die Variable „Kontextualisierung“ ein. Hohe „Kontextualisierung“ haben Spiele mit realistischer Visualisierung, hohen Anthropomorphismus, „First Person“-Perspektive, hoher Relevanz der Geschichte und komplexen Geschichten. Niedrige „Kontextualisierung“ haben dann Spiele mit Cartoon/schematischer Visualisierung, wenig Anthropomorphismus, „Third Person“-Perspektive, irrelevanten Geschichten und geringer Tiefe der Geschichte. Die Ergebnisse einer Meta-Regression zeigten einen signifikant höheren Lerneffekt in Bezug auf konzeptionelles Verständnis für Spiele mit niedriger Kontextualisierung (Clark et al., 2016).

Besonders auffällig war die Bedeutung von Geschichten und Narrativen als Spieldesign-Elemente, weshalb diese im folgenden Kapitel explizit behandelt werden.

2.5. *Narrative in Serious Games*

Geschichtenerzählen ist eine der ältesten Kunstformen und wird seit Jahrhunderten genutzt. Es dient nicht nur der Unterhaltung, sondern auch der Übermittlung von Ideen und der Entwicklung der Vorstellungskraft. Für Kinder ist es besonders wichtig, da es ihnen hilft, die Welt um sich herum zu verstehen und ihre Interessen zu erweitern. Geschichtenerzählen unterscheidet sich von der bloßen Wiedergabe von Informationen, es schafft eine direkte Verbindung zwischen Erzähler*in und Zuhörer*in (Rollins, 1957).

In einem Review über Narrative in Serious Games von Naul & Liu (2020) werden Merkmale von Geschichten zusammengefasst, die sich in Lernumgebungen als förderlich für Immersion, Engagement und Motivation erwiesen, welche wieder förderlich für einen höheren Lernzuwachs von Wissensinhalten sind (Naul & Liu, 2020). Zusätzlich wird eine narrative Designstrategie für Serious Games vorgeschlagen, die diese effektiven narrativen Merkmale zusammen mit der Game Discourse Analysis, GDA (Wouters et al., 2011), und dem Narrative Centered Informant Design, NCID (Waraich & Brna, 2008), kombiniert.

IMMERSION

Immersion in Narrativen beschreibt die Fähigkeit, den*die Spieler*in in die Spielwelt zu transportieren und die reale Umgebung und Zeit vergessen zu lassen. Diese Fähigkeit wird als „Präsenz“ (Presence) beschrieben. Daraus folgt zudem die Absorption von kognitiven, emotionalen und visuellen Erfahrungen in der Geschichte durch ihre Charaktere und das Erleben von „Flow“. Zusätzlich hat Immersion den Effekt, Vorstellungen und Einstellungen zu Themen stärker zu beeinflussen, da die Überzeugungskraft des Mediums steigt (Naul & Liu, 2020).

ENGAGEMENT

Engagement in Narrativen beschreibt die Fähigkeit, das Interesse und die Aufmerksamkeit der Spielenden in Bezug auf das Spiel zu wecken. Dieses Interesse kann Verhaltensweisen, Emotionen oder Kognitionen ansprechen und führt dabei zum Flow-Erlebnis. Dieses Erleben von Flow unterscheidet sich insofern von dem durch Immersion hervorgerufenen, da der Fokus auf Freude am Spielerlebnis liegt (Naul & Liu, 2020).

Ein gleichwertiger Begriff zu Engagement im narrativen Sinne ist Neugier. Serious Games, die vermehrt mit Neugier weckenden Techniken arbeiteten, wie der GDA, führten bei den Spieler*innen zu erhöhter Spielfreude (Naul & Liu, 2020).

MOTIVATION

Motivation ist einer der wesentlichen Fokusse im Bereich Bildung. Motivation ist auch in digitalen Lernumgebungen notwendig, da die Aufmerksamkeit von Schüler*innen vor allem von motivierenden Spielen erregt wird. Intrinsische Motivatoren in digitalen Spielen sind mitunter Neugierde, Herausforderung, Fantasie und Kontrolle. Die Effekte von Neugierde wurden in „Engagement“ beschrieben. Herausforderungen testen die Fähigkeiten der Spielenden, sie sprechen somit das Kompetenzerleben an. Fantasie beschreibt dabei die Verwendung einer Umgebung, die mentale Bilder von physischen oder sozialen Situationen hervorruft, die nicht tatsächlich vorhanden sind (Malone & Lepper, 1987). In digitalen Umgebungen können diese mentalen Bilder auch real dargestellt werden. In Spielen ermöglicht Fantasie Spieler*innen eine tiefere, emotionale Beziehung zu den Charakteren im Spiel einzugehen. Dadurch wird die soziale Eingebundenheit angesprochen. Kontrolle ermöglicht es, den Spieler*innen Einfluss auf den Spielablauf zu geben und geht somit auf das Bedürfnis nach Autonomie ein (Naul & Liu, 2020).

Die Designstrategie für Serious Games von Naul & Liu (2020) sieht nun folgende Elemente vor, um Immersion, Engagement und Motivation für einen erhöhten Lernzuwachs zu implementieren.

ZERSTREUTE HANDLUNG

Zerstreute Handlung („Distributed Narrative“) beschreibt die Dezentralisierung von der Geschichte auf verschiedene Orte in der digitalen Spielumgebung. Hierbei wird nicht direkt Immersion, Engagement oder Motivation angesprochen, dennoch kann das Verteilen der Erzählung eine kognitive Belastung („cognitive load“), verursacht durch lange Leseinheiten, reduzieren (Naul & Liu, 2020). Die Reduzierung von kognitiver Belastung ist wiederum lernförderlich (Plass et al., 2010).

ENDOGENE FANTASIE UND INTRINSISCHE INTEGRATION

Fantasie kann in endogene Fantasie („Endogenous fantasy“) und exogene Fantasie unterteilt werden. Exogene Fantasie beschreibt dabei die Verkleidung in einen Kontext, der nichts mit dem zu lernenden Wissensinhalt zu tun hat. Ein Beispiel dafür wäre das Spiel Hangman, das im Weltall spielt. Die Spielmechanik von Hangman kann ganz klar vom Kontext Weltall getrennt werden. Endogene Fantasien hingegen verknüpfen Lerninhalt mit der Fantasie, sodass sie nicht getrennt existieren können. Ein Beispiel dafür wäre das Lernen über Reibung beim Schlittschuhlaufen. Wenn sich Schüler*innen für die Fantasie eines Spiels mit endogener Fantasie interessieren, dann wird zugleich das Interesse für den Lerninhalt geweckt und das fördert intrinsische Motivation (Naul & Liu, 2020; Rieber, 1996).

Diese Fantasien können dann entweder extrinsisch oder intrinsisch in das Spiel integriert werden. Spiele, bei denen der Lerninhalt immer abwechselnd zu Fantasie präsentiert wird, haben extrinsische Integration. Intrinsische Integration („Intrinsic integration“) bezeichnet die Assimilation der Spielmechanik und des Lerninhalts in die Fantasie. Die Spielmechanik und der Lehrinhalt werden dadurch anwendungsorientiert präsentiert, was wiederum Motivation fördert (Malone, 1981; Naul & Liu, 2020).

EMPATHISCHE CHARAKTERE UND VIRTUELLE AKTEURE

Charaktere, die bei Spieler*innen Sympathie hervorrufen, können zur Beeinflussung der Einstellungen und Entscheidungen der Spieler*innen genutzt werden. Daher ist es von wesentlichem Interesse, Sympathie für Charaktere zu fördern. Eine Möglichkeit, um diese Sympathie aufbauen zu können, ist die Verwendung von empathischen Charakteren („Empathetic characters“), mit denen Spieler*innen eine emotionale Verbindung aufbauen können. Empathische Charaktere treiben nicht nur die Geschichte voran, geben Aufträge oder sind Ziele von Aufgaben, sondern sie tauschen sich in Gesprächen auch über ihre Emotionen aus. Wenn Nicht-Spiel-Charaktere den*die Protagonist*in nach seinen*ihrn Gefühlen fragen und daraufhin einfühlsam reagieren, dann werden diese Charaktere als empathisch empfunden. Diese empathischen Charaktere erhöhen die Präsenz im Spiel und damit die Immersion des Spiels (Naul & Liu, 2020).

Virtuelle Akteure („Virtual agents“) unterscheiden sich kaum von Charakteren, mit der Ausnahme, dass sie auch Funktionen außerhalb von Storytelling und Empathie haben.

Akteure sind Nicht-Spieler-Charaktere, die den*die Spieler*in in verschiedensten Formen durch Scaffolding unterstützen. Dadurch wird Immersion erhöht, das Bedürfnis nach sozialer Verbundenheit angesprochen und durch die Scaffolding-Wirkung wird das Lernen von Wissensinhalten gefördert (Naul & Liu, 2020).

ADAPTIVES UND BEEINFLUSSBARE NARRATIV

In adaptiven und beeinflussbaren Narrativen („Adaptive and responsive storytelling“) wird Spieler*innen ermöglicht, dass Entscheidungen im Spiel den Ausgang der Geschichte beeinflussen. Durch diese empfundene Kontrolle fühlen sich Spieler*innen über ein Autonomieerleben motiviert. Dieses Gefühl der Selbstbestimmung, das entsteht, wenn durch Handlungen in der (digitalen) Welt die resultierenden Auswirkungen mit der Absicht der Spielenden zusammenhängen, wird als „Agency“ bezeichnet. Agency wird deshalb auch als ausschlaggebendes Merkmal interaktiver Geschichten bezeichnet und wird im Kapitel „Interaktive Narrative“ ausgiebig thematisiert (Mateas & Stern, 2007; Naul & Liu, 2020).

Im Folgenden werden nun die von Naul & Liu (2020) empfohlenen Designstrategien – Game Discourse Analysis und Narrative Centered Informant Design – dargestellt.

2.5.1. Game Discourse Analysis – GDA

Die Game Discourse Analysis ist ein Spielanalyse-Framework, dass alle Disziplinen der Entwicklung von Serious Games (Lernpsychologie, Erziehungswissenschaft, Fachwissen, visuelle Darstellung, Softwareentwicklung und Storytelling) überspannt. Sie soll Entwickler*innen dabei helfen, den Informationsressourcen (Ereignisse, Objekte, benötigtes Vorwissen, zu ziehende Schlüsse, Wahrnehmungen ...) gezielt zu manipulieren, um das Lernpotential zu erhöhen, vor allem durch Erzeugung von Neugierde. Dabei beschreiben die Begriffe Informationsfluss („information flow“), welche Informationsressourcen präsentiert werden, und Spieldiskurs („game discourse“), wie diese Informationsressourcen präsentiert werden. Die GDA setzt sich dabei aus drei Komponenten zusammen – Bausteine des Informationsflusses, standardisierte Beschreibung des Informationsflusses und Schaffung eines spezifischen Spieldiskurses (Manipulation des Informationsflusses) (Wouters et al., 2011).

BAUSTEINE DES INFORMATIONSFLUSSES

Um die Bausteine des Informationsflusses zu bestimmen, empfehlen Wouters et al. (2011) die Cognitive Task Analysis, kurz CTA. CTA ist eine Methode, um zu erfassen, was Menschen wissen und wie sie denken. Darunter zählt zusätzlich, worauf sie ihre Aufmerksamkeit richten, welche Strategien sie zum Treffen von Entscheidungen und Erkennen von Problemen anwenden, was sie zu verwirklichen beabsichtigen und was sie über die Funktionsweise eines Systems oder Prozesses wissen (Crandall & Hoffman, 2013). Im Allgemeinen ist die CTA demnach eine Technik zur Gewinnung von

Informationen über Wissen, Fähigkeiten, kognitive Prozesse und Zielstrukturen. Wouters et al. (2011) postulieren, dass die CTA dazu verwendet werden kann, um die interaktive Natur von Serious Games zu erfassen. Die CTA liefert dabei ein Verstehen über Bedingungen und Voraussetzungen, die für das Treffen von Entscheidungen von Spieler*innen erforderlich sind. Die dadurch bestimmten Informationen über Wissen, Fähigkeiten, kognitive Prozesse und Zielstrukturen sind dann die Informationsressourcen (Wouters et al., 2011).

STANDARDISIERTE BESCHREIBUNG DES INFORMATIONSFLUSSES

Die über die CTA bestimmten Informationsressourcen werden dann als Spielelemente über drei Taxonomien zur Beschreibung des Informationsflusses klassifiziert.

Die erste Taxonomie dient zur Zuordnung zu den Elementen Aufgabe („Task“), Aktion („Action“), Ereignis („Event“), Objekt („Object“), Wahrnehmung („Perception“) und interne Reaktion („Internal Response“). Aufgaben sind Richtungsweiser im Informationsfluss. Aktionen sind Handlungen der Spielenden in der Spielumgebung. Ereignisse beinhalten alles, was bei dem*der Spieler*in eine Reaktion auslöst. Objekte sind alle in der Spielumgebung gegebenen Entitäten. Wahrnehmungen sind alle von dem*der Spieler*in registrierte Spielelemente. Interne Reaktionen sind alle mentalen Vorgänge in dem*der Spieler*in (Wouters et al., 2011).

Die zweite Taxonomie ordnet den Elementen Relationstypen nach der Conceptual Dependency Theory (Schank, 1975) zu. Diese Relationstypen können Initiieren („initiate“), Motivieren („motivate“), Verursachen („cause“) und Ermöglichen („enable“) sein. Initiieren beschreibt die Anregung bestimmter Überlegungen und Gedanken in einzelnen Situationen. Wahrnehmungen initiieren interne Reaktionen. Motivieren beschreibt den Übergang von internen Reaktionen zu Handlung. Verursachen beschreibt die kausale Wirkung einer Aktion, eines Ereignisses oder eines Objekts. Ermöglichen beschreibt, dass ein Informationselement eine Voraussetzung für ein weiteres Element ist (Wouters et al., 2011).

Die dritte Taxonomie erlaubt den Zusammenschluss von Informationselementen mit Relationstypen zu Aggregaten. Ein Aggregattyp ist die Episode. Episoden sind durch Ereignisse, Wahrnehmungen und interne Reaktionen motivierte Aktionen. Aggregate bilden narrative Strukturen, die nach dem Situationsmodell als Chunks wirken können (Rodgers et al., 2013; Zwaan & Radvansky, 1998). Chunks haben die Funktion kognitiver Anker, die es den Spieler*innen erleichtern, plausible Überlegungen anzustellen oder neuen Ereignissen einen Sinn zu geben. Andere Aggregattypen sind Setting, Konflikt und Klimax (Wouters et al., 2011).

SCHAFFUNG EINES SPEZIFISCHEN SPIELDISKURSES

Die Schaffung eines spezifischen Spieldiskurses beschreibt die Manipulation des Informationsflusses, zum Beispiel durch Verschieben, Entfernen oder Hinzufügen von

Ereignissen oder Elementen. Eine Form von Spieldiskurs ist das Foreshadowing. Beim Foreshadowing werden spätere Ereignisse bereits im Vorhinein gezeigt. Sind die ausgewählten Informationselemente Ereignisse, die Vorwissen aktivieren und Emotionen wecken, kann dadurch Neugierde hervorgerufen werden (Wouters et al., 2011). Zudem können Episoden beim Foreshadowing so gewählt werden, dass sie eine Wissenslücke bei dem*der Spieler*in schaffen. Wissenslücken, die durch Erwerb neuer Informationen potenziell geschlossen werden können, rufen Neugierde hervor (Golman & Loewenstein, 2012).

2.5.2. Narrative Centered Informant Design – NCID

Wie bereits beschrieben, haben Spiele das Potenzial intrinsische Motivation, Engagement und Lerneffekte zu verbessern. Das geht vor allem auf die interaktive Natur von Spielen zurück. Narrative fördern ebenfalls diese Effekte, aber durch andere Mechanismen. Diese Interaktivität und daraus resultierende Unvorhersehbarkeit von Spielen steht damit in einem Spannungsfeld mit einer vorgegebenen Erzählstruktur von Narrativen (Waraich & Brna, 2008).

Waraich & Brna (2008) entwickelten das Narrative Centered Informant Design, um genau dieses Spannungsfeld aufzulösen. Leider wird nur beschrieben, dass interaktive, anpassungsfähige Handlungsstränge eine Lösung sind und dass man beim Erstellungsprozess die Zielgruppe des Spiels miteinbeziehen soll. Wie solche interaktive, anpassungsfähige Handlungsstränge am besten realisierbar sind, wird ausgelassen (Waraich & Brna, 2008). Eine Auseinandersetzung mit der Umsetzung von interaktiven Narrativen wird im Folgenden beschrieben.

2.6. *Interaktive Narrative*

Dieses Spannungsfeld wird von Mateas & Stern (2007) aufgegriffen und allgemein als Spannungsfeld zwischen Narrativen und Interaktivität in Computerspielen thematisiert. Demnach sei ein Medium erst dann ein Computerspiel, wenn man eine Manipulation von Elementen innerhalb einer regelgesteuerten, reaktionsfähigen Welt erfahren kann. Da es bei der Spielsteuerung um Interaktion geht, bei Narrativen aber um Vorbestimmtheit, sind diese Elemente grundlegend gegensätzlich zueinander (Mateas & Stern, 2007). Um diesem Spannungsfeld entgegenzuwirken, hilft es, emergente Narrative zu verwenden. Herkömmliche Narrative haben den Sinn, dem Publikum eine strikt strukturierte Erfahrung zu übermitteln. Emergente Narrative hingegen haben das Ziel, dem Publikum einen reichhaltigen Rahmen zu liefern, indem der*die Zuschauer*in bzw. Spieler*in eine eigene Erzählung konstruieren kann (Mateas & Stern, 2007).

Eine Form von interaktiven Narrativen ist Hypertext. Hypertext besteht aus mehreren miteinander verknüpften Textbausteinen. Ein*e Leser*in wählt seinen*ihren eigenen Weg

aus diesen Textbausteinen und erfährt somit ein personalisiertes Narrativ. Verknüpfungen können dabei entweder ein statisches Gerüst bilden oder dynamisch veränderbar sein. Solche dynamischen Veränderungen resultieren dann aus bisher ausgewählten Textbausteinen (Mateas & Stern, 2007). Diese Form von verknüpften Bausteinen kann auch in allgemeinen Narrativen als verzweigte Narrative dargestellt werden. Verzweigte Narrative sind demnach eine Möglichkeit dem Spannungsfeld zwischen Narrativ und Interaktivität entgegenzuwirken (Riedl & Young, 2006). Eine weitere Form von interaktiven Narrativen sind interaktive Dramen. In interaktiven Dramen übernimmt der*die Spieler*in die Rolle einer Ich-Figur in einer dramatischen Geschichte. Der*die Spieler*in ist dabei kein*e Beobachter*in wie in einer Simulation, sondern taucht in die Geschichte ein. Dramatische Geschichten kennzeichnen sich durch Inszenierungen statt Beschreibungen, um Emotionen zu intensivieren, Zuspitzungen statt Erweiterungen der Handlung und kausaler Anordnungen von Ereignissen (Mateas & Stern, 2007).

Interaktive Erfahrungen haben drei Bemessungsgrundlagen – Immersion, Transformation und Agency (Murray, 1997).

Immersion beschreibt nach Murray (1997) das Gefühl, an einem anderen Ort anwesend zu sein und an der Handlung darin teilzunehmen. Immersion wird dabei mit „Willentliche Aussetzung der Ungläubigkeit“ („suspension of disbelief“) verglichen. „Willentliche Aussetzung der Ungläubigkeit“ beschreibt die Bereitschaft von Teilnehmer*innen, die in eine Erfahrung eintauchen, die innere Logik der Erfahrung zu akzeptieren, selbst wenn sie der Logik der realen Welt widerspricht (Roberts, 2014).

Die Transformation kann auf drei verschiedene Arten gedeutet werden. Transformation als Maskerade erlaubt dem*der Spieler*in sich für die Dauer der Erfahrung in eine andere Person zu verwandeln. Transformation als Abwechslung beschreibt die vielfältigen Möglichkeiten der Spielenden ein Thema in der Erfahrung zu erkunden und somit ein tieferes Verständnis für die Zusammenhänge des Themas zu gewinnen. Persönliche Transformation beschreibt die Auswirkungen der Erfahrungen des Narrativs auf das persönliche Wachstum. Transformation als Maskerade und Abwechslung zielen somit persönlichen Transformation ab (Murray, 1997).

Agency ist das Gefühl der Befähigung, dass man Handlungen vornehmen kann und die Auswirkungen mit der Intention dieser Handlungen zusammenhängt. Agency wird demnach nicht erreicht, wenn Handlungen kaum bis keine Auswirkungen erzielen oder unerwartete Auswirkungen haben (Murray, 1997). Agency und die Implikationen von Agency in interaktiven Narrativen werden im folgenden Kapitel genauer beschrieben.

2.6.1. Agency

Agency ist von diesen drei Bemessungsgrundlagen interaktiver Erfahrungen die bedeutsamste Kategorie für Narrative, da sie ohne Interaktivität nicht existieren könnte. Immersion und Transformation können auch ohne Interaktivität erzielt werden (Mateas & Stern, 2007). Mateas & Stern (2007) postulieren daher eine Strategie zur Implementierung

von Agency in interaktive Dramen. Sie modifizieren dabei das Aristotelische Modell beschrieben nach Laurel (1991). Demnach hat ein Drama sechs Hierarchien – Handlung (Plot), Charakter, Gedanke, Sprache (Diktion), Schema und Inszenierung (Spektakel). Diese Hierarchien stehen über materielle und formale Ursachen in Beziehung zueinander.

Der*die Autor*in beschreibt das Drama durch formale Ursachen. Der*die Autor*in erstellt die Handlung. Charaktere werden kausal von der Handlung bestimmt. Die Art von Charakteren gibt ihre Gedanken vor. Die Denkweisen bestimmen, mit welcher Sprache sich die Charaktere ausdrücken werden. Die verwendeten Worte und Gestiken bestimmen das Sprach- und Handlungsmuster, durch welche Gefühlszustände repräsentiert werden. Das Spektakel, die sinnliche Inszenierung, die dem Publikum präsentiert wird, wird durch die von den Charakteren dargebotenen Muster bestimmt (Laurel, 1991; Mateas & Stern, 2007).

Das Publikum erfährt das Drama durch materielle Ursachen. Das Publikum nimmt das Spektakel wahr. In der Darstellung des Spektakels erkennt das Publikum Muster und daraus Handlungen und Sprache. Diese lassen auf Gedanken der Charaktere rückschließen. Diese Gedanken verraten dem Publikum, um welche Art von Charakteren es sich im Stück handelt. Basierend auf all dem erkennt das Publikum die Handlung des Dramas. Das Publikum geht die Kette der materiellen Ursachen über Interpretationsprozesse durch, um die Kette der formalen Ursachen zu verstehen (Laurel, 1991; Mateas & Stern, 2007).

Die Implementierung von Interaktion fügt dem Modell nun zwei weitere Ursachenketten hinzu. Der Charakter hat darin die Fähigkeit zu handeln. Damit gibt es eine zweite formale Ursache, die Intention der Spielenden. Diese reicht von Sprache bis hin zur Inszenierung. Zusätzlich gibt es auch eine zweite materielle Ursachenkette, die materiellen Ursachen, die den*die Spieler*in handeln lassen. Dazu muss sich das Material „verfügbar“ machen. Gedanken von anderen Charakteren sollen für den*die Spieler*in nachvollziehbar sein, Dialoge sollen dem*der Spieler*in Teilnahme ermöglichen und Objekte sollen den*die Spieler*in zu Handlungen anregen. Weiters wirken nun die formalen Ursachen ausgehend von dem*der Autor*in auf die Spieler*in. Diese Intention des Plots wirkt auch auf den*die Spieler*in ein und suggeriert ihm*ihr bevorzugte Handlungsoptionen (Mateas & Stern, 2007).

Mateas & Stern (2007) postulieren daraus nun ein Modell für optimale Agency. Demnach erfährt ein*e Spieler*in Agency, wenn die formalen und materiellen Vorgaben in Balance zueinanderstehen. In Computerspielen bedeutet das, dass alle Handlungsalternativen, die der Plot dem*der Spieler*in suggeriert, auch von dem*der Spieler*in durchführbar ist. Gleichzeitig bedeutet es auch, dass keine Handlungsmöglichkeiten verfügbar sein sollten, die nicht von den formalen Vorgaben vorgesehen sind.

Beispiele für Computerspiele außerhalb dieser Balance sind Puzzle-Adventure-Games. Puzzle-Adventure-Games geben mehr materielle Vorgaben als formale Vorgaben vor.

Dadurch kann trotz ausreichender Handlungsalternativen das Gefühl hervorgerufen werden, nicht zu wissen, inwiefern die Auswirkungen der Alternativen den Plot weitertreiben. Der*die Spieler*in kann also nicht intentional handeln. Es bräuchte demnach mehr formale Vorgaben, die mögliche Handlungsstränge suggerieren, um mit den materiellen Vorgaben in ein Gleichgewicht zu kommen (Mateas & Stern, 2007).

Nachdem eine Berücksichtigung von Agency gegen die Umsetzung als Puzzle-Adventure-Game spricht, werden im Folgenden die verschiedenen Arten von Computer Games zusammengefasst.

2.7. Arten von Computer Games

Die Klassifizierung von Computer Games in Typen oder Genres ist nicht einheitlich, da Computer Games als Medium eine Vielzahl an Zuordnungen zulässt. Genres in einer Klassifizierung sind anderswo nur Sub-Genres eines anderen Genres (Arsenault, 2009). Dennoch kristallisieren sich bei den meisten Klassifizierungen sechs grundlegende Genres heraus (Arsenault, 2009; Grace, 2005; Heintz & Law, 2015; Rapeepisarn et al., 2008). Diese sechs Genres – Action, Adventure, Puzzle, Roleplay, Simulation und Strategy – werden von Grace (2005) wie folgt beschrieben:

Action Games zeichnen sich durch bewegungsintensive Handlungen und Aktionen aus. Sie erfordern reflexartige Reaktionszeiten von Spieler*innen. Die häufigsten Games dieses Genres sind Shooter (zum Beispiel Doom), Stealth (zum Beispiel Metal Gear) und Sport (zum Beispiel FIFA).

Adventure Games zeichnen sich durch Erkunden von Welten, Lösen von Rätseln und fesselnde Geschichten aus. Sie verlangen Denkvermögen, Kreativität und Neugier von Spieler*innen. Beispiele für Adventure Games sind Myst und Syberia.

Puzzle Games bestehen primär aus Rätseln, die der*die Spieler*in lösen soll. Beispiele für Puzzle Games sind Tetris, Lemmings und Minesweeper.

Roleplay Games (RPG) ermöglichen es dem*der Spieler*in, sich in eine Spielfigur in einer Situation hineinzuversetzen. Sie sind durch langes reichhaltiges Storytelling, innovative Darstellung der Geschichte und Charakter-Management gekennzeichnet. Beispiele für RPGs sind Baldur's Gate, Fable und World of Warcraft.

Simulation Games stellen reale Situationen nach. Diese Situationen können Berufe (zum Beispiel Tycoon-Spiele), Fahrzeuge (zum Beispiel Gran Turismo) oder soziale Szenarien (zum Beispiel Sims) sein.

Strategy Games unterhalten durch logisches Denken und Problemlösen. Sie unterscheiden sich vor allem von Action Games und verlangen im Normalfall keine reflexartige Reaktionszeiten von Spieler*innen (Vargas-Iglesias, 2020). Beispiele für Strategy Games sind Civilization und Command and Conquer.

Problemlösen ist ein Aspekt in Computer Games, der in verschiedenen Game Genres verschieden stark auftritt. Das Lösen von Problemen in spielbasierten Lernumgebungen ist ein Prozess, der von den Lernenden verlangt, dass sie das verfügbare Wissen oder die verfügbaren Strategien wiederholt verstehen und anwenden, um Lösungen zu finden. Insbesondere müssen die Lernenden das Problem zerlegen, das implizite Wissen verstehen, Spielmuster erkennen, einige Strategien anwenden, um Lösungen zu entwerfen. Dadurch können die Spieler*innen die Lösungen mit kritischer Bewertung umsetzen (Liu & Israel, 2022).

Motivation für Schüler*innen bei Problemlösen in Games spiegelt sich darin wider, dass zugrundeliegende Regeln von Problemen erkannt werden, was eine Vielzahl von strategischen Kenntnissen und Problemlösefähigkeiten bei Lernspielen erfordert (Liu & Israel, 2022).

2.8. Zusammenfassung der theoretischen Grundlagen

Interesse beschreibt das Gefallen an einer Tätigkeit und deren willentliche Ausübung. Situationales Interesse beschreibt dabei kontextspezifische, vorübergehende Sachverhalte, die durch die Umwelt aktiviert werden können. Es wird in drei Kategorien unterteilt – textbasiertes Interesse, aufgabenbasiertes und wissensbasiertes Interesse (Schraw & Lehman, 2001). Situationales Interesse kann durch sieben Person-Gegenstand-Interaktionen hervorgerufen werden. Diese Interaktionen umfassen Aspekte wie Neuartigkeit, Herausforderung, Explorationsabsicht, Wunscherregung, Zeitveränderung, Qualität der Aufmerksamkeit und Gefühl des Genusses (Deci, 1992). Wenn diese Interaktionen mindestens eines der psychologischen Bedürfnisse in der Selbstbestimmungstheorie (Deci & Ryan, 2000) befriedigen, empfindet die Person Interesse (Chen et al., 2001; Deci, 1992). Wird situationales Interesse wiederholt aktiviert, kann dies zu individuellem Interesse führen, welches sich über vier Phasen entwickelt – ausgelöstes situationales Interesse, aufrechterhaltenes situationales Interesse, aufkommendes individuelles Interesse und entwickeltes individuelles Interesse (Benesch, 2018; Blankenburg & Scheersoi, 2018; Ochs et al., 2021).

Serious Games sind regelbasierte und zielorientierte Systeme, die mehr als nur Unterhaltung bieten (Sailer et al., 2017; Salen & Zimmerman, 2003; Susi et al., 2015; Yáñez-Gómez et al., 2017). Bei richtiger Umsetzung haben sie das Potential einen positiven Einfluss auf das Erlernen von Wissensinhalten, einschließlich chemischen Fachwissens, zu haben (Clark et al., 2016; Sailer et al., 2017; Wecker & Stegmann, 2019; Xu et al., 2025; Yáñez-Gómez et al., 2017). Wichtige Design-Elemente, die das Interesse und den Lerneffekt beeinflussen, sind Punkte, Abzeichen, Ranglisten, bedeutsame Geschichten, Avatare und Teamkolleg*innen. Diese Elemente erfüllen die Bedürfnisse nach Kompetenz, sozialer Verbundenheit und Autonomie (Sailer et al., 2017). Serious

Games mit schematischer oder cartoonartiger Visualisierung, einer „Third Person“-Kameraperspektive, wenig anthropomorphe Charaktere und weniger komplexen Geschichten haben oft höhere Lerneffekte, da sie weniger ablenken und die Lernenden sich besser auf die Lerninhalte konzentrieren können (Clark et al., 2016).

Interaktive Narrative thematisieren das Spannungsfeld zwischen Narrativen und Interaktivität in Computerspielen (Mateas & Stern, 2007). Ein Medium wird erst dann als Computerspiel betrachtet, wenn eine Manipulation von Elementen innerhalb einer regelgesteuerten, reaktionsfähigen Welt möglich ist. Während die Spielsteuerung Interaktion erfordert, basieren Narrative auf Vorbestimmtheit, was zu einem grundlegenden Gegensatz führt (Mateas & Stern, 2007). Um diesem Spannungsfeld entgegenzuwirken, können verzweigte Handlungsstränge verwendet werden (Riedl & Young, 2006). Interaktive Erfahrungen sind dann lernfördernd, wenn Immersion, Transformation und Agency gut umgesetzt werden (Murray, 1997). Agency wird von Spieler*innen optimal erfahren, wenn alle Handlungsalternativen, die das Narrativ dem*der Spieler*in suggeriert, auch von dem*der Spieler*in umsetzbar ist (Mateas & Stern, 2007).

2.8.1. Leitfragen der Entwicklung

Durch diese Auseinandersetzung mit der Theorie zu situationalem Interesse, Serious Games und interaktiven Narrativen konnten folgende zwei Leitfragen für die Entwicklung des Serious Games formuliert werden.

-
- (1) Wie kann eine Lesegeschichte in eine digitale Spielumgebung als interaktives Narrativ implementiert werden?
 - (2) Welche Effekte von situationalem Interesse lassen sich in digitalen Spielumgebungen mit narrativem Fokus umsetzen?
-

Im Anschluss an die Analyse von Design-Elementen in Computer Games, von interaktiven Narrativen und von Computer Game Genres folgt vor der Umsetzung der Lesegeschichte zu einem Serious Game zunächst die Auswahl einer geeigneten Programmierungsumgebung.

3. Game-Engine – Godot

Spieleentwicklung ist ein komplexes Unterfangen und erfordert ein breites Spektrum an Wissen und Fähigkeiten (Bradfield, 2018). Um ein modernes digitales Spiel zu entwickeln, braucht es eine Entwicklungsumgebung. Entwicklungsumgebungen haben zwei Hauptfunktionen. Erstens dienen Sie als Schnittstelle zum Betriebssystem. Sie übersetzt den Programmiercode in die Sprache des Betriebssystems. Der Programmiercode ist dabei darauf ausgelegt, dass Programmierer*innen in einer einfacheren Sprache ihre Intentionen, was das Programm machen soll, verfassen können. Zweitens haben viele digitale Spiele universelle Funktionen, die man in jedem Spiel braucht. Ein Beispiel für so eine Funktion ist die Darstellung von Graphiken auf dem Bildschirm. Entwicklungsumgebungen trivialisieren somit Aufgaben, die sonst jedes Mal aufs Neue entwickelt werden müssen (Bradfield, 2018).

Innerhalb von Entwicklungsumgebungen kann nochmals in „Game-Framework“ und „Game-Engine“ unterschieden werden

Ein Game-Framework ist ein Satz von Bibliotheken mit Hilfscode, der bei der Erstellung der grundlegenden Teile eines Spiels hilft. Dabei werden nicht alle Teile bereitgestellt, diese Teile müssen über Code miteinander verbunden werden (Bradfield, 2018).

Eine Game-Engine ist eine Sammlung von digitalen Werkzeugen und Technologien, die den Prozess der Spieleentwicklung vereinfachen. Sie bietet ein Gerüst allgemein benötigter Funktionen, deren Entwicklung oft eine erhebliche Zeitinvestition erfordert (Bradfield, 2018). Solche Funktionen sind unter anderem:

- **Rendering:** Beim Rendering wird das Spiel auf dem Bildschirm der Spielenden dargestellt. Dies gilt für 2D- und 3D-Spiele.
- **Physik:** Eine Physik-Engine simuliert viele physikalische Abläufe. Darunter gehören eine Art von Kollisionserkennung und Reaktionssystem, sowie Gravitation.
- **Plattformunterstützung:** Die Plattformunterstützung ermöglicht es das digitale Spiel auf mehreren Plattformen zu veröffentlichen, ohne dass der Spielcode umgeschrieben oder mehrere Versionen unterstützt werden müssen.
- **Einheitliche Entwicklungsumgebung:** Durch die Verwendung derselben Entwicklungsumgebung muss für die Entwicklung neuer Spiele nicht jedes Mal ein neuer Arbeitsablauf erlernt werden.

Eine Game-Engine erlaubt es dem*der Entwickler*in, sich auf das Entwickeln des Spiels zu konzentrieren. Für kleine Projekte ermöglicht dies eine wesentliche Zeitersparnis. Es gibt eine Vielzahl an kommerziellen Game-Engines, wie Unity, GameMaker Studio und Unreal Engine. Es gibt auch wenige nicht-kommerzielle oder open source Game-Engines, wie Godot (Bradfield, 2018).

Godot verfügt über viele Funktionen, die es zu einer sinnvollen Alternative gegenüber den lizenzpflichtigen kommerziellen Game-Engines machen. Anfänger*innen bietet es eine einfache Möglichkeit, grundlegende Techniken der Spieleentwicklung zu erlernen. Für erfahrenere Entwickler*innen ist Godot ein leistungsfähiges und anpassbares Werkzeug, mit dem Ideen effektiv umgesetzt werden können. Zudem ist Godot open source. Es gibt keine Gebühren, versteckte Kosten oder Lizenzgebühren auf die Einnahmen deines Spiels, was es zu einer geeigneten Game-Engine im Bildungsbereich macht. Wie die meisten Game-Engines hat Godot eine vereinheitlichte Entwicklungsumgebung. Das bedeutet, dass alle Aspekte des Spiels in der gleichen Benutzeroberfläche bearbeitet werden. Zu diesen Aspekten gehört der Spielcode, die Grafik, das Audio und so weiter (Bradfield, 2018).

Godot basiert auf einem System von Knoten und Szenen. Knoten sind flexibel anpassungsfähige Objekte, die eine Vielzahl von spezialisierten Spielfunktionen darstellen können und sind damit die grundlegenden Bausteine für die Erstellung von Spielen in Godot. Verschiedene Knotentypen können zum Beispiel Grafiken anzeigen, eine Animation abspielen oder ein 3D-Modell eines Objekts darstellen. Das Verhalten und die Fähigkeiten jedes Knotens sind standardmäßig statisch. Durch das Anhängen eines Skripts an den Knoten können die Funktionen erweitert werden und dynamisch gestaltet werden. Die Skripte können in den Programmiersprachen GDScript, VisualScript oder C# verfasst werden. GDScript ist die dedizierte integrierte Sprache, die die engste Integration mit der Game-Engine bietet und am einfachsten zu verwenden ist. Verschiedene Knoten werden in einer Baumstruktur organisiert. So gibt es einen Elternknoten, der ein oder mehrere Kinderknoten hat, welche wieder ein oder mehrere Kinderknoten haben kann. Solch ein Baum aus Knoten wird dann als Szene bezeichnet. Die verschiedenen Szenen werden dann im fertigen Spiel über Instanzen miteinander verknüpft (Bradfield, 2018).

Des Weiteren ermöglicht es Godot Projekte für Windows Universal, Windows Desktop, macOS, Linux, Android (mobile), iOS (mobile) und HTML5 (web) zu veröffentlichen (Bradfield, 2018). Besonders interessant ist dabei HTML5, da sie Web-basiert ist und damit vom Betriebssystem unabhängig ist. Eine praktische Methode, um HTML5-Programme zu veröffentlichen, ist die Website Itch.io. Itch.io ist eine webbasierte Veröffentlichungsplattform für Videospiele, die speziell für Indie- und Lernsoftwareentwickler*innen entwickelt wurde. Die Veröffentlichung von HTML5-Spielen ermöglicht es Benutzer*innen Spiele in ihren jeweiligen Webbrowsern zu spielen, ohne sich anmelden zu müssen. Das Veröffentlichen eines Spiels auf Itch.io ist kostenlos, ohne Einschränkungen hinsichtlich der Anzahl der Produkte, oder der Qualität der Produkte (Bates & Şengün, 2024).

Aufgrund dieser einfachen und anwendungsfreundlichen Gestaltung von Godot, der Tatsache, dass Godot open source ist, sowie der Kompatibilität mit Itch.io, wird das Serious Game zu den Alkalimetallen in Godot programmiert. Bevor die Umsetzung des

Serious Games beschrieben wird, folgt die vorangehende Formulierung der Lernziele mit entsprechendem Lehrplanbezug, damit das Serious Game gezielt umgesetzt werden kann.

4. Lernziele und Lehrplanbezug

Das Serious Games, das vergleichbare Inhalte wie die Lesegeschichte „Streit der Alkalimetalle“ vermitteln soll, hat demnach einen Fokus auf die Vermittlung von Fachwissen zu den Alkalimetallen. Das dementsprechende Lernziel lautet wie folgt:

Nach einer Auseinandersetzung mit dem digitalen Lernspiel sollen die Schüler*innen Zusammenhänge zwischen der Ordnungszahl und der Reaktivität der Alkalimetalle erkennen und die chemischen Reaktionen mit Wasser anhand der dabei entstehenden Produkte und Phänomene erklären können.

Das Lernziel lässt sich anhand des Lehrplans für die Unterstufe (BMBWF, 2024) wie folgt begründen:

Die zentralen fachlichen Konzepte umfassen „Stoffe und ihre Teilchen“, „Struktur-Eigenschafts-Beziehungen“ und „Chemische Reaktionen“. Das Konzept „Stoffe und ihre Teilchen“ behandelt die Beschreibung von Phänomenen auf der Stoff- und der Teilchenebene. Dieses Konzept wird thematisiert, da die stofflichen Phänomene der Reaktion der Alkalimetalle mit Wasser (Wasserstoffgasentwicklung, Hydroxidbildung) anhand von Vorgängen auf der Teilchenebene erläutert werden. Das Konzept „Struktur-Eigenschaft-Beziehung“ behandelt den Zusammenhang zwischen Eigenschaften von Stoffen und ihrer Struktur. Dieses Konzept wird aufgegriffen, da der Zusammenhang zwischen Ordnungszahl und Reaktivität der Alkalimetalle thematisiert wird. Das Konzept „Chemische Reaktion“ beschreibt die Veränderungsprozesse von Stoffen unter Energiebeteiligung in neue Stoffe mit anderen Eigenschaften. Dieses Konzept wird thematisiert, da die chemische Reaktion mit Wasser als exotherme Reaktion mit von Alkalimetall mit Wasser zu Alkalimetallhydroxiden und Wasserstoffgas beschrieben wird (BMBWF, 2024).

Die Kompetenzbereiche des Lehrplans werden in drei Aspekte gegliedert – Wissen aneignen und kommunizieren (W), Erkenntnisse gewinnen und interpretieren (E) und Standpunkte begründen, Entscheidungen treffen und reflektiert handeln (S). Jeder der drei Kompetenzbereiche wird wie folgt thematisiert:

- (W) Die Schüler*innen können „Vorgänge und Phänomene in Natur, Umwelt und Technik sowie deren Auswirkungen beobachten, erfassen, beschreiben und benennen“ anhand der Reaktion von Alkalimetallen mit Wasser. Dazu werden diese Vorgänge und Phänomene im digitalen Lernspiel dargestellt.
- (E) Die Schüler*innen können „Beobachtungen, Daten und Ergebnisse von Untersuchungen analysieren (ordnen, vergleichen, Abhängigkeiten feststellen) und interpretieren“, da der Zusammenhang zwischen Ordnungszahl und

Reaktivität der Alkalimetalle erschlossen wird. Die „Untersuchung“ bildet hierbei die Auseinandersetzung mit dem digitalen Lernspiel.

- (S) Die Schüler*innen können „Bedeutung, Chancen und Risiken der Anwendungen von naturwissenschaftlichen Erkenntnissen für sich persönlich und für die Gesellschaft erkennen, um verantwortungsbewusst zu handeln“, da exothermen Reaktionen bis hin zur Entzündung und Explosion beschrieben werden, was die Notwendigkeit eines sicheren Umgangs mit solchen Stoffen verdeutlicht.

Die Kompetenzen der Kompetenzbereiche sind mit jeweils geeigneten Anwendungsbereichen des Lehrplans zu verknüpfen. Die Reaktivität der Alkalimetalle lässt sich mit den Anwendungsbereichen „Aufbau von Atomen und Periodensystem“ und „Kennzeichen chemischer Reaktionen: stoffliche und energetische Veränderungen“ verknüpfen. „Aufbau von Atomen und Periodensystem“ wird thematisiert, da die Ähnlichkeit der Eigenschaften von Elementen in einer Gruppe beschrieben wird. „Kennzeichen chemischer Reaktionen: stoffliche und energetische Veränderungen“ wird thematisiert, da die Produkte der exothermen Reaktion von Alkalimetallen mit Wasser behandelt wird (BMBWF, 2024).

Die didaktischen Grundsätze des Lehrplans für das Unterrichtsfach Chemie befürworten den Einsatz von digitalen Medien, um Schüler*innen fachspezifische Informationen zu vermitteln. Ein digitales Lernspiel ermöglicht es Schüler*innen eigenständig die Reaktionen der Alkalimetalle mit Wasser zu untersuchen, ohne den Gefahren der stark exothermen Reaktionen ausgesetzt zu sein (BMBWF, 2024).

Durch die Darlegung des Lernziels und des Lehrplanbezugs folgt im nächsten Kapitel die Beschreibung der Umsetzung des Serious Games.

5. Umsetzung des Serious Games „Streit der Alkalimetalle“

5.1. Entwicklungsphasen

Die Entwicklung des Lernspiels wird in mehrere Phasen eingeteilt:

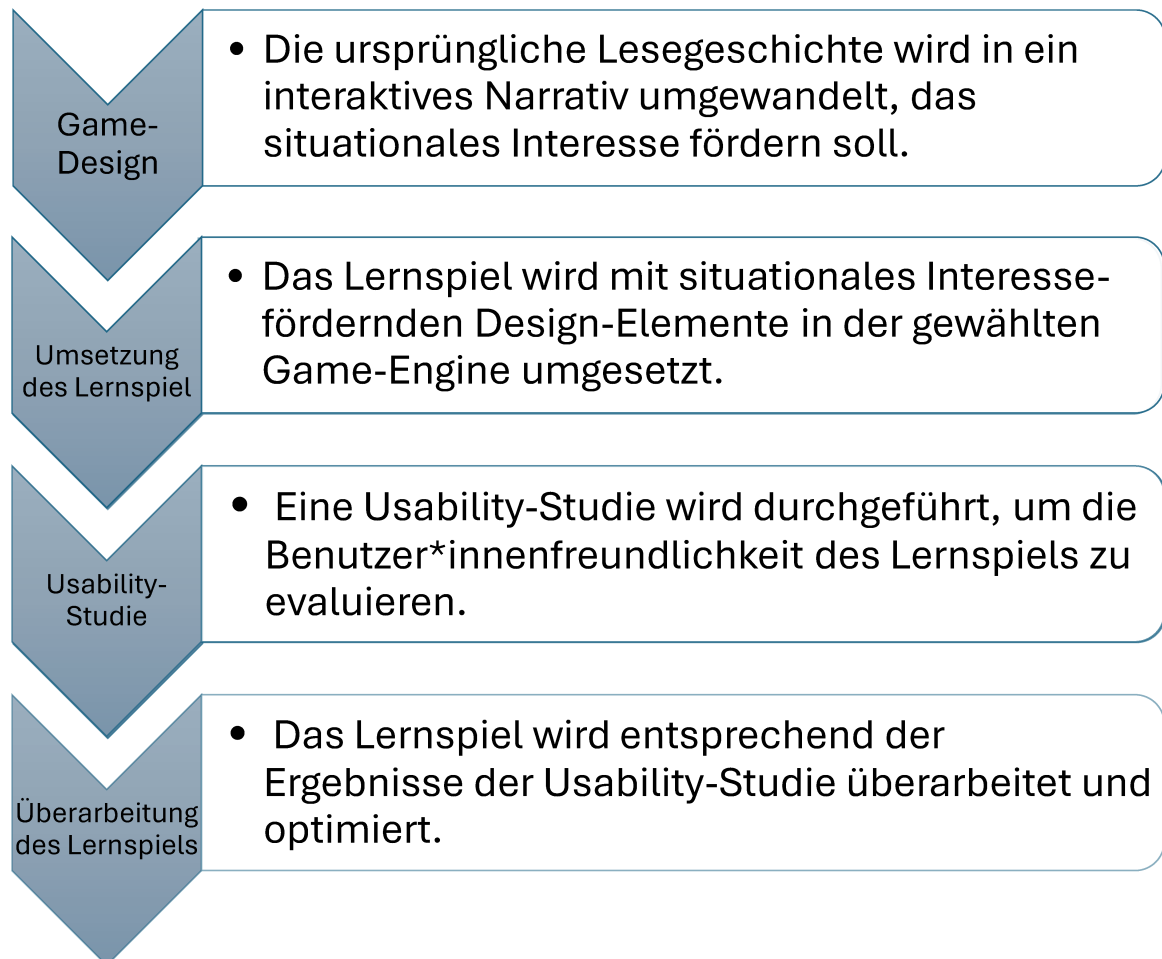


Abbildung 1: Ablaufplan der Entwicklungsphasen des Lernspiels

Vor der theoriegestützten Umsetzung des Serious Games auf Basis der Lesegeschichte „Streit der Alkalimetalle“ wird der modifizierte Ablauf der Geschichte für das Serious Game dargestellt. Dadurch werden die Begründungen der Anpassungen nachvollziehbarer.

5.2. Ablauf der Geschichte des Serious Game

Die Geschichte des Serious Games startet damit, dass sich die Hauptfigur in einem Gang in der Schule befindet. Die Hauptfigur erläutert, dass sie ihren Rucksack im Chemiesaal vergessen hat. Wenn sie die Chemielehrperson nach dem Schlüssel zum Saal fragt, gibt die Lehrperson der Hauptfigur erst den Schlüssel, nachdem die Hauptfigur korrekt alle Alkalimetalle nennt. Als dann die Hauptfigur den Chemiesaal betretet und zu ihrem

Rucksack geht, erscheint beim Rucksack eine unkenntliche Gestalt. Diese Gestalt stiehlt den Rucksack und flüchtet damit in den Chemikalienschrank. Als die Hauptfigur dann zum Chemikalienschrank geht, hört sie zunächst Stimmen aus dem Schrank, wird dann aber gleichzeitig geschrumpft und in den Chemikalienschrank teleportiert.

Die Hauptfigur erkundet den Innenraum des Chemikalienschanks und bemerkt, dass die Aufbewahrungsbehälter für die Alkalimetalle leer sind. Dabei erklärt die Hauptfigur die ordnungsgemäße Aufbewahrung der Alkalimetalle. Die Hauptfigur entdeckt zudem einen versteckten Raum im Chemikalienschrank. Die Hauptfigur erkundet auch den versteckten Raum, wo zentral ein Schwimmbecken mit Wasser verortet ist und daneben eine Gestalt am Boden liegt. Zudem hat der versteckte Raum vier weitere Türen, die allerdings verschlossen sind. Als die Hauptfigur die Gestalt am Boden anspricht, stellt diese sich mit Lithi vor und erklärt, dass sie all ihre Besitztümer verloren hätte, wenn sie ins Wasser gefallen wäre.

Ab diesem Punkt verzweigt sich die Handlung der Geschichte, da die Hauptfigur entweder Lithi des Diebstahls beschuldigt oder um Hilfe bezüglich des gestohlenen Rucksacks bittet. Wird Lithi des Diebstahls beschuldigt, stößt die Hauptfigur Lithi ins Wasser, findet allerdings nur den Schlüssel für die verschlossenen Türen statt dem gestohlenen Rucksack. Wenn die Hauptfigur Lithi um Hilfe bittet, erstellt Lithi eine Kopie von sich, an der die Hauptfigur übt, wie man Alkalimetalle in Wasser stößt, da auch das diebische Alkalimetall ins Wasser gestoßen werden muss, um den Rucksack zurückzuerlangen. Unabhängig der gewählten Handlung, trifft die Hauptfigur anschließend in beliebiger Reihenfolge Natrium, Kalium und Rubidium. All diese Alkalimetalle kann die Hauptfigur entweder um Hilfe bitten oder des Diebstahls beschuldigen. Auch hierbei wird entweder eine Kopie des Alkalimetalls oder das echte Alkalimetall ins Wasser gestoßen. Dabei beobachtet die Hauptfigur, wie die Reaktion der Alkalimetalle mit Wasser abläuft. Wenn die Hauptfigur ein Alkalimetall um Hilfe bittet, verleiht das jeweilige Alkalimetall der Hauptfigur eine Fähigkeit, damit sie leichter andere Alkalimetalle ins Wasser stoßen kann.

Zum Schluss trifft die Hauptfigur auf Cäsium. Cäsium bekennt sich des Diebstahls des Rucksacks. Nachdem Cäsium von der Hauptfigur ins Wasser gestoßen wird, kommt es durch die Reaktion mit Wasser zu einer heftigen Explosion. Nach der Explosion findet sich die Hauptfigur im Chemiesaal mit ihrem Rucksack wieder.

Das Serious Game kann unter folgendem Link online im Browser gespielt werden:
<https://chemiespiel.itch.io/streit-der-alkalimetalle>

Im Folgenden folgt nun die theoriegestützte Umsetzung der Lesegeschichte in ein Serious Game sowie die Begründungen für die Abänderungen der ursprünglichen Lesegeschichte.

5.3. Game-Design

Nach der Auseinandersetzung mit den theoretischen Grundlagen zu (Serious) Games lässt sich schließen, dass die verschiedenen Arten von situationalem Interesse – textbasiert, anwendungsbasiert und wissensbasiert – gezielt in der Entwicklung von Serious Games integriert werden können. Verlockung, Lebhaftigkeit und Schlüssigkeit sind Eigenschaften, die problemlos in die Geschichte des narrativen Computer Games integriert werden können und als multimediale Darstellung auf mehrfache Weise umgesetzt werden können. Intrinsische Integrationen von Spielmechaniken und Agency stellen kontextrelevante Aufgaben mit individuellen Lösungswegen dar. Vorwissen kann im Medium der Computer Games gezielt umgesetzt werden, da es keine Einschränkung zur Anwendung von Vorwissen gibt.

5.3.1. Problemlösendes oder nicht-problemlösendes Genre

Problemlösen kommt in vielen Game Genres vor. Probleme in Serious Games sollen zugrundeliegende Regeln besitzen, da das Erkennen dieser Regeln die Motivation fördert (Liu & Israel, 2022). Folgende Problemstellungen können aus der Lesegeschichte „Streit der Alkalimetalle“ von Reschke et al. (2020) (siehe Anhang) extrahiert werden: „Wohin sind die Alkalielemente nach der Reaktion mit Wasser verschwunden? Woran erkennt und bestimmt man Reaktivität? Welches Alkalimetall ist am reaktivsten?“ Im Laufe der Lesegeschichte werden keine Regeln etabliert, die diese Problemstellungen beantworten. Die „Regeln“ (chemische Eigenschaften) der Alkalielemente lassen sich erst durch die Geschehnisse in der Geschichte ableiten und als Spielmuster erkennen (Hydroxidbildung; Löslichkeit; Wasserstoffgasentwicklung; innerhalb der Gruppe nimmt die Reaktivität mit steigender Ordnungszahl zu; exotherme Reaktion mit Entzündung und Explosion). Die Geschichte allein bietet demnach keine Probleme im Sinne von Problemlösen in Games, sondern stellt nur Fragen, die durch Geschehnisse in der Geschichte erklärt werden. Es wird bis dahin kein Anwenden von Regeln benötigt.

Gegen eine Umsetzung des Serious Games in einem Problemlösen-orientiertem Genre spricht zudem Agency (Mateas & Stern, 2007). Da Problemlösen-orientierte Genres demnach nicht für die Umsetzung der Lesegeschichte in ein Serious Game in Frage kommen, fallen die Genres „Puzzle“ und „Strategy“ weg.

Eine mögliche Umsetzung der Lesegeschichte in ein Serious Game mit Fokus auf Problemlösen wird im Abschnitt „Diskussion“ genauer behandelt.

5.3.2. Narrative Genres

Die Tatsache, dass eine Lesegeschichte in eine digitale Spielumgebung umgesetzt werden soll, führt zu der Folgerung, dass ein Genre mit Fokus auf Storytelling gewählt werden muss. Demnach fallen Genres ohne Fokus auf Storytelling weg. In der übrigen Auswahl bleiben dadurch noch „Adventure“ und „Roleplay“ Games.

Das in Roleplay Games typische Charaktermanagement sowie der Fokus auf den*die Protagonist*in ist in der Lesegeschichte nicht gegeben. Diese Faktoren kommen zudem nur in langen Geschichten vor, wie es für Roleplay Games typisch ist. Da die Lesegeschichte vergleichsweise kurz ausfällt und das Charakterprofil der Hauptfigur keine Relevanz hat, wird das Serious Game nicht als Roleplay Game umgesetzt. Damit wird das Serious Game im Genre „Adventure“ umgesetzt, jedoch ohne die Implementierung von Rätseln. Die Umsetzung von Narrativen in Serious Games im Adventure Genre wird auch von Waraich & Brna (2008) vorgeschlagen.

In der Zusammenfassung der Umsetzung werden in Abbildung 7 die Auswahlkriterien für das passende Game-Genre für die Umsetzung einer Lesegeschichte als Serious Game visualisiert.

5.3.3. Game-Design-Elemente

Die Design-Elemente nach Clark, Tanner-Smith und Killingsworth (2016) sind visueller Realismus, Anthropomorphismus, Kameraperspektive, Relevanz der Geschichte und Tiefe der Geschichte. Diese Elemente sind bei niedriger Kontextualisierung am lernwirksamsten. Die Design-Elemente werden für das Serious Game wie folgt umgesetzt.

Der visuelle Realismus wird nicht schematisch erfolgen, da die Lesegeschichte viele Lerninhalte visuell beschreibt („Lithi zischt hin und her und ist dann nicht mehr sichtbar“, „Kali entzündet sich“ ...). Zudem fördert die Verwendung von Bildern die Lebhaftigkeit und damit situationales Interesse. Die Umsetzung der Lesegeschichte in die digitale Spielumgebung wird daher im Stil „Cartoon“ durchgeführt. In Abbildung 2 ist der*die Protagonist*in im Chemiesaal im Cartoon-Stil dargestellt.



Abbildung 2: Darstellung des Cartoon-Stils des Serious Games

Anthropomorphismen werden auf ein Minimum reduziert. Sie werden nur umgesetzt, wenn sie auch von der Lesegeschichte impliziert werden. So sind Protagonist*in und Lehrperson weiterhin Menschen. Die Alkalimetalle können sprechen, sich bewegen und

einander packen und werfen. Diese Attribute werden ins Design miteinfließen und sind in Abbildung 3 zu sehen.

Die verwendete Perspektive folgt aus der Wahl der visuellen Realisierung. Over-the-Shoulder und First Person werden vorrangig im 3D-Stil angewendet. Im Cartoon-Stil ist Third Person die gängige Kameraperspektive. Daher folgt die Umsetzung in einer Third Person Perspektive.

Die Design-Elemente nach Clark, Tanner-Smith und Killingsworth (2016) und weitere Elemente zur Förderung von situationalem Interesse und Lernwirksamkeit werden in der Zusammenfassung der Umsetzung in Abbildung 9 visualisiert.

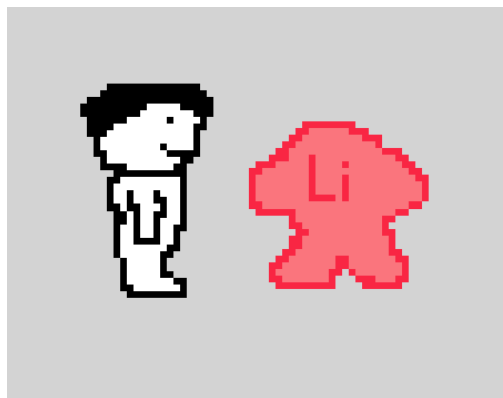


Abbildung 3: Darstellung des Anthropomorphismus der Charaktere

Da weniger Relevanz und Tiefe der Geschichte lernwirksam sind, kann die Geschichte ungehindert an interaktive Elemente angepasst werden. Die Lerninhalte müssen demnach nur weiterhin vorkommen, geben aber nicht den Ton für Narrativ und Interaktivität an. Da endogene Fantasien und intrinsische Integration das situationale Interesse fördern (Naul & Liu, 2020; Rieber, 1996), können die Spielmechanik und die Geschichte an den Lerninhalt angepasst werden. Die Umsetzung der voneinander abhängigen Aspekte Lerninhalt, Spielmechanik und Geschichte werden in der Zusammenfassung der Umsetzung in Abbildung 8 visualisiert.

Wesentlich bei der Umsetzung des Narrativs und interaktiver Elemente ist, dass der Ablauf der Lesegeschichte für die Umsetzung als Serious Game abgeändert werden muss. Diese Änderung folgt daraus, dass die Lesegeschichte selbst nur wenige Interaktionen der Hauptfigur mit den Geschehnissen in der Geschichte aufweist, um eine Implementierung von interaktiven Elementen zu ermöglichen. Andernfalls handelt es sich lediglich um eine Animation der Lesegeschichte. Bei all den Veränderungen ist das Wichtigste, dass die gleichen Lerninhalte vermittelt werden wie in der Lesegeschichte. Dazu wird der Sachtext zu den Alkalimetallen (Reschke et al., 2020), siehe Anhang, herangezogen. Dieser Sachtext beinhaltet alle wesentlichen Lerninhalte der Lesegeschichte, da dieser Text in der Untersuchung zur Lernwirksamkeit der Lesegeschichte für die Kontrollgruppe verwendet wurde.

Bei der Anpassung der Geschichte muss zudem die Auswirkungen von interaktiven Elementen berücksichtigt werden. Interaktionen, also Entscheidungsmöglichkeiten, sollen Auswirkungen auf den Ablauf der Geschichte haben, damit die Spieler*innen Agency erfahren (Mateas & Stern, 2007). Um solche Entscheidungsmöglichkeiten zu verwirklichen, werden verzweigte Handlungsstränge implementiert (Riedl & Young, 2006).

Die Vermittlung aller Lerninhalte bei gleichzeitiger Ermöglichung von bedeutsamen interaktiven Entscheidungen kann demnach erreicht werden, indem in jedem Handlungsstrang jeder zu vermittelnde Lerninhalt vorkommt. Diese Umsetzung von Agency bei zu vermittelnden Lerninhalten wird in Abbildung 6 in der Zusammenfassung der Umsetzung visualisiert. Die ausführliche Umsetzung des Narrativs und interaktiver Elemente wird im Anhang beschrieben.

Die wirksamen Design-Elemente nach Sailer et al. (2017) sind Punkte, Abzeichen und Ranglisten. Diese Elemente geben Feedback und signalisieren Fortschritt. Durch die Darlegung des Narrativs im Anhang können diese Feedback-Designelemente durch Festlegung von Errungenschaften und Meilensteinen integriert werden.

Als Abzeichen wurden folgende Spieloptionen gewählt:

- Der*die Spieler*in kann dem Professor alle Alkalimetalle nennen, ohne im Buch nachlesen zu müssen.
- Der*die Spieler*in entscheidet sich, keinem Alkalimetall zu trauen und stößt somit alle ins Wasser.
- Der*die Spieler*in holt sich die Hilfe aller Alkalimetalle und erhält somit alle Fähigkeiten.
- Der*die Spieler*in hat seinen*ihren gestohlenen Rucksack wiedererlangt.

Ausschlaggebend an diesen Abzeichen ist, dass keines dieser Ziele erreicht werden muss, um das Spiel abzuschließen. Daher liefern diese Abzeichen Anreize, das Spiel erneut zu spielen. Die Abzeichen werden am Endbildschirm und während des Spiels angezeigt (siehe Abbildung 4), wenn die entsprechenden Ziele erreicht wurden (siehe Abbildung 5).

Es wird eine indirekte Punktevergabe geben. Die entsprechende Entscheidungsfindung wird im Abschnitt Diskussion genauer erläutert. Der*die Spieler*in startet mit einem Punktestand und bekommt durch schlechte Leistungen Punkte abgezogen. Jedes Mal, wenn der*die Spieler*in ein Alkalimetall beim Quiz falsch benennt, verliert der*die Spieler*in Punkte. Jedes Mal, wenn der*die Spieler*in gerade versucht, ein Alkalimetall ins Wasser zu stoßen, verliert der*die Spieler*in einen Punkt pro Sekunde. Entscheidet sich der*die Spieler*in zum Schluss den Rucksack bei Cäsi zu lassen, verliert der*die Spieler*in ebenfalls Punkte. Jedes Mal, wenn sich der aktuelle Punktestand ändert, wird dieser kurz rot eingefärbt. Das Einfärben dient dazu, dass dem*der Benutzer*in signalisiert wird, dass es zu einer Änderung des Punktestands kommt. Der rot eingefärbte Punktestand ist in Abbildung 4 dargestellt.

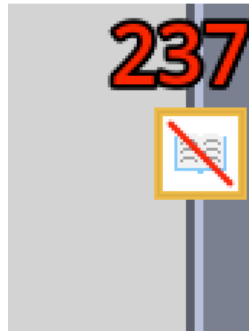


Abbildung 4: Darstellung des signalisierenden Punktestands mit Abzeichen darunter im Serious Game

Der daraus resultierende Endpunktestand dient dann zur Einordnung in die Rangliste. Dazu wurde eine Rangliste mit diversen Punkteständen erstellt. Diese diversen Punktestände, die zum Vergleich für den*die Spieler*in dienen, sind nach den Alkalimetallen benannt. In dieser Rangliste kann sich dann jede*r Spieler*in in die Rangliste einordnen und hat damit ein Feedback zur eigenen Leistung im Spiel. Der Endbildschirm mit Endpunktestand, Rangliste und Abzeichen ist in Abbildung 5 dargestellt.

Nachdem das Alkalimetall Cäsium deinen Rucksack gestohlen hatte, machtest du dich auf den Weg, um ihn zurückzuholen. Nach einigen Mühen gelang es dir, das Cäsium zu besiegen und den Rucksack wiederzubekommen.

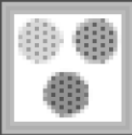
		Endpunktzahl: 165
Verlasse den Chemikalienschrank mit deinem Rucksack	Vertraue keinem Alkalimetall und stoße sie alle ins Wasser	Rangliste:
		Cäsium 270
Hole dir die Hilfe von allen Alkalimetallen	Kenne die Alkalimetalle ohne im Buch nachzulesen	Rubidium 240
		Kalium 210
		Natrium 180
		Lithium 150

Abbildung 5: Darstellung des Endbildschirms des Serious Games mit Abschlusstext, erreichten Abzeichen und Endpunktzahl mit Rangliste

Die Design-Elemente nach Sailer et al. (2017) und weitere Elemente zur Förderung von situationalem Interesse und Lernwirksamkeit werden in der Zusammenfassung der Umsetzung in Abbildung 9 visualisiert.

Entsprechend der Game Discourse Analysis (Wouters et al., 2011) wird dem Serious Game beim Start des Spiels eine Foreshadowing-Sequenz hinzugefügt. Dazu sollen Episoden gewählt werden, die Wissenslücken hervorrufen und dadurch Neugier wecken. Hierfür wird die Episode der zentralen Spielmechanik ausgewählt – das Stoßen der Alkalimetalle ins Wasser. Nach der Conceptual Dependency Theory (Schank, 1975) wird der Episode folgender Ablauf zugeschrieben:

- Aktion verursacht Ereignis – Der*die Protagonist*in stößt ein Alkalimetall ins Wasser.
- Ereignis verursacht weiteres Ereignis – Das Alkalimetall wird ins Wasser gestoßen, wodurch die Reaktion mit Wasser dargestellt wird.
- Ereignis wird wahrgenommen – Der*die Spieler*in sieht den Reaktion von Alkalimetallen mit Wasser.
- Wahrnehmung initiieren eine interne Reaktion – Der*Die Spieler*in schreibt der Reaktion bestimmte Eigenschaften (Gasentwicklung, Entzündung, Explosion) zu.

Wird nun der Vorgang des Stoßens nicht gezeigt, so entsteht eine Wissenslücke. Der*die Spieler*in wird neugierig, was zu diesem Ereignis geführt hat. Werden zudem noch Reaktionsabläufe mehrerer verschiedener Alkalimetalle gezeigt, so entsteht erneut eine Wissenslücke bezüglich der Ursache der verschiedenen Reaktionen.

5.4. Zusammenfassung der Umsetzung

Das Serious Game kann online im Browser unter folgendem Link gespielt werden: <https://chemiespiel.itch.io/streit-der-alkalimetalle>

In den folgenden Abbildungen werden zusammenfassend die die auf Basis der Theoriegrundlage getroffenen Entscheidungen und die Konsequenzen für das Gamedesign dargestellt.

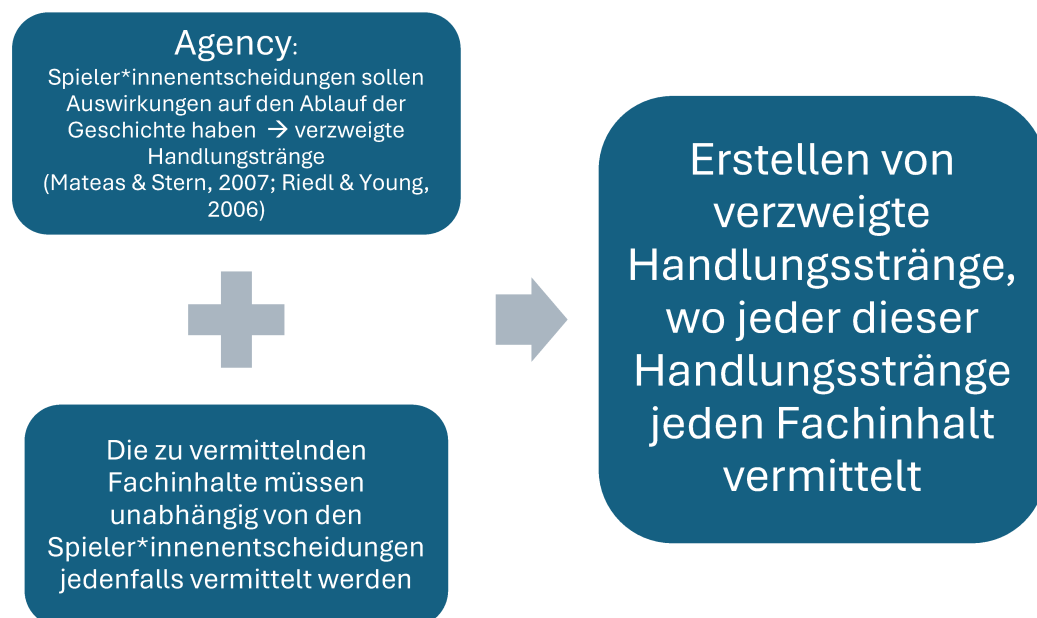


Abbildung 6: Visualisierung der Umsetzung von Agency in einem Serious Game mit zu vermittelnden Lerninhalten – Das Spannungsfeld zwischen Kontrolle und Freiheit in Lernspielen in Bezug auf zu vermittelnde Lerninhalte und Entscheidungsmöglichkeiten der Spieler*innen kann dadurch entspannt werden, indem mit verzweigten Handlungssträngen bedeutsame Entscheidungen ermöglicht werden und in jedem dieser Handlungsstränge alle Lerninhalte implementiert werden.

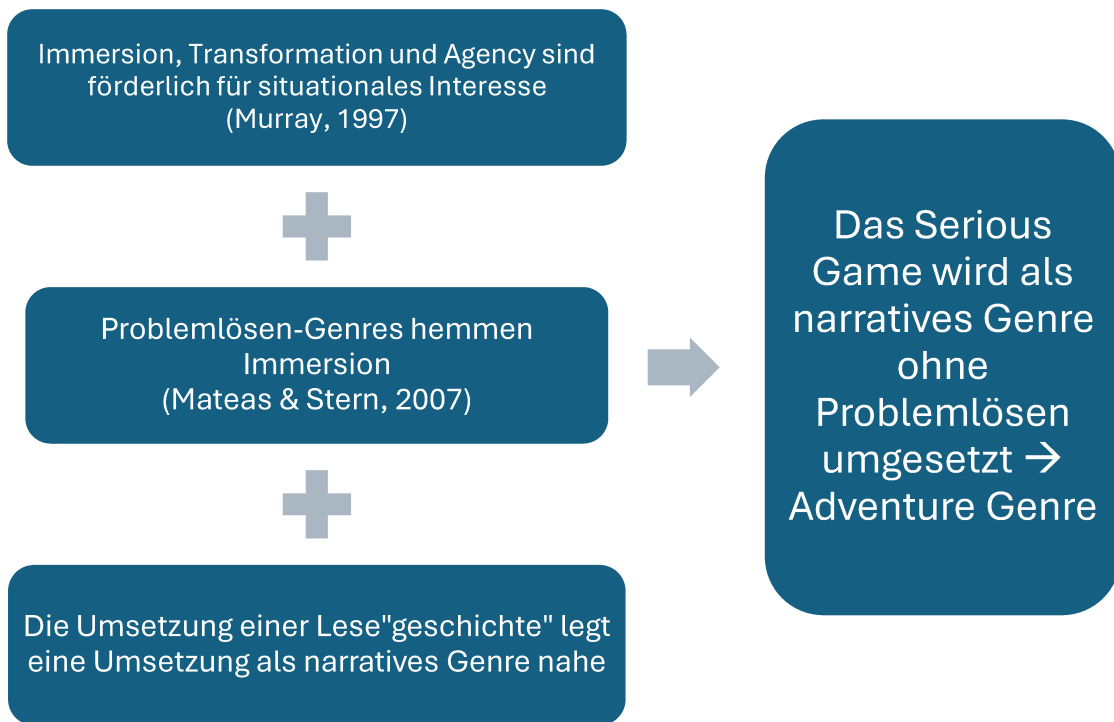


Abbildung 7: Visualisierung der Auswahl des passenden Game-Genre für die Umsetzung einer Lesegeschichte als Serious Game – Um die Effekte Immersion, Transformation und Agency sind am passendsten in ein narratives Lernspiel umzusetzen, indem als Genre das Adventure Genre gewählt wird

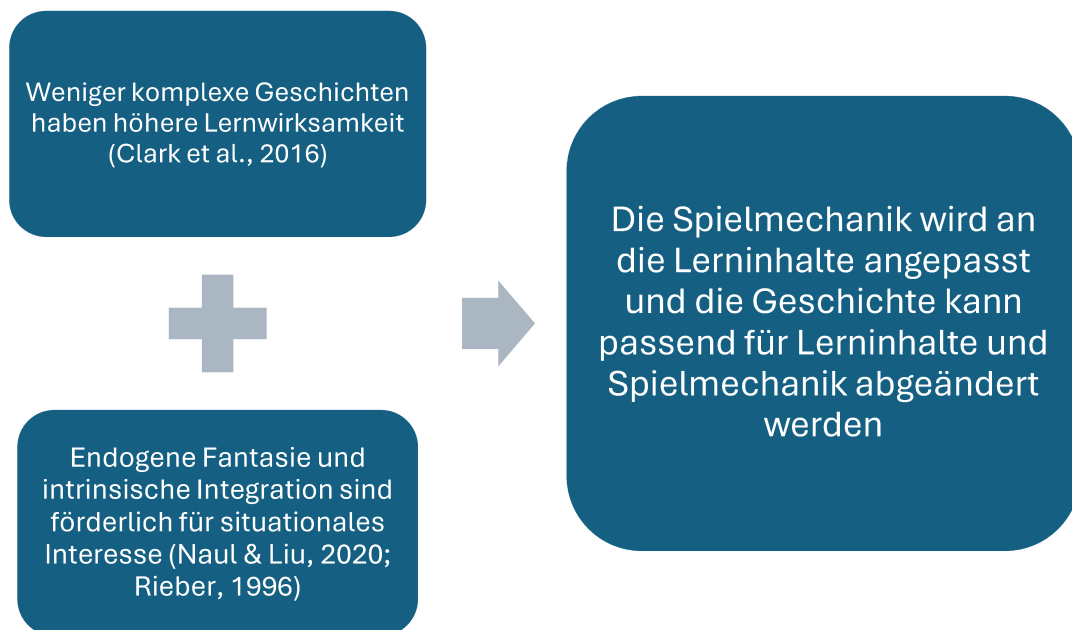


Abbildung 7: Visualisierung der Umsetzung der voneinander abhängigen Aspekte Lerninhalt, Spielmechanik und Geschichte – Lerninhalt, Spielmechanik und Geschichte in einem Lernspiel sollten als endogene Fantasien mit intrinsischer Integration der Spielmechanik für optimale Förderung von situationalem Interesse umgesetzt werden. Da die Relevanz und Tiefe der Geschichte nicht ausschlaggebend für die Lernwirksamkeit ist und der Lerninhalt durch die Lesegeschichte vorgegeben wird, werden Geschichte und Spielmechanik an die Lerninhalte angepasst.

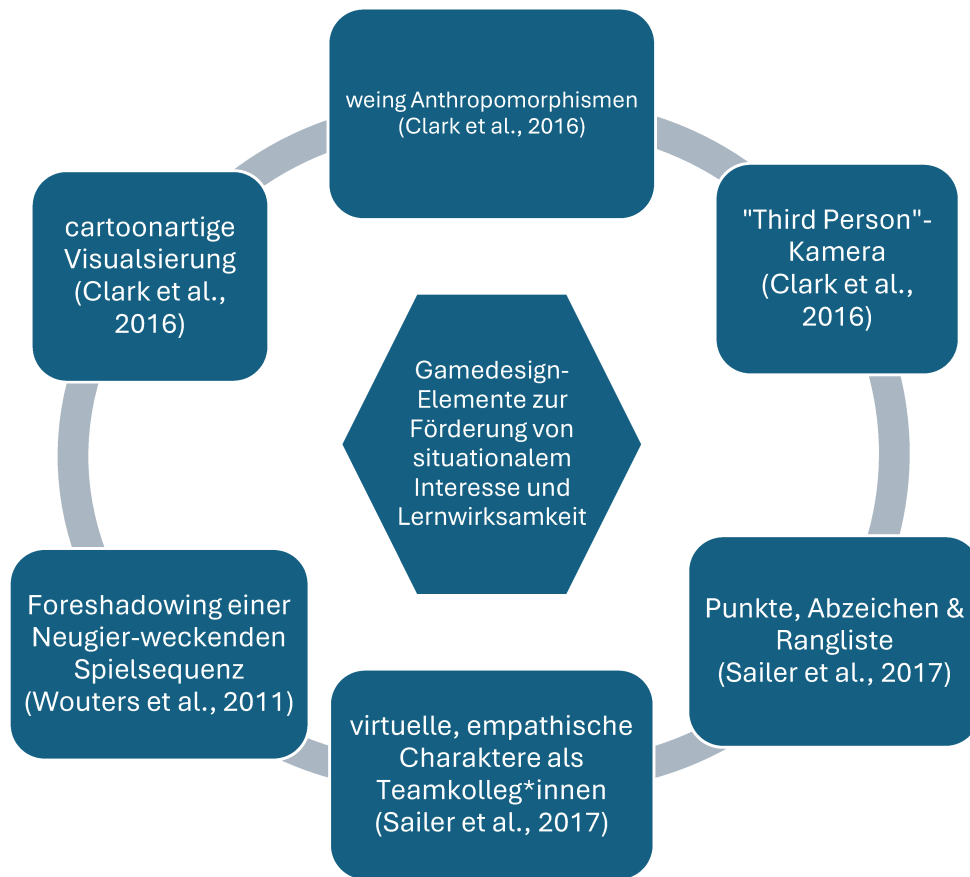


Abbildung 8: Visualisierung der wirksamen Gamedesign-Elemente zur Förderung von situationalem Interesse und Lernwirksamkeit

Nach der Veröffentlichung des Serious Games folgt eine Evaluierung der Benutzer*innenfreundlichkeit. Die Studie dazu ist im folgenden Kapitel beschrieben.

6. Usability Studie

Usability (Benutzer*innenfreundlichkeit) ist nach ISO 9241-11:1998 definiert als *„the extent to which a product can be used by specified users to achieve specified goals with effectiveness, efficiency and satisfaction in a specified context of use“* (International Organization For Standardization, 1998). Die Überprüfung der Usability ist demnach ein wichtiger Schritt bei der erfolgreichen Entwicklung neuer Technologien. Die Anwendung auf Serious Games bringt allerdings einige Herausforderungen mit sich. Erstens sind die spezifischen Benutzer*innen („specified users“) im Kontext dieses Serious Games über Alkalimetalle Schüler*innen. Schüler*innen sind unterschiedlich gut mit Computerspielen vertraut und bilden daher eine heterogene Gruppe. Daher muss sichergestellt werden, dass diese heterogene Gruppe problemlos mit den neuen Anwendungen interagieren kann (Moreno-Ger et al., 2012).

Zudem sind viele der Grundsätze, die zur Bewertung der Benutzer*innenfreundlichkeit allgemeiner Software verwendet werden, nicht unbedingt auf (Serious) Games anwendbar. In gewöhnlichen Produktivitätssoftwares ist das Zögern oder die Unsicherheit von Benutzer*innen bei der Ausführung einer Aufgabe immer als unerwünschtes Ereignis zu betrachten. Von (Serious) Games wird erwartet, dass sie die Nutzer*innen herausfordern und sie zum Ausprobieren und Scheitern anregen. (Serious) Games rufen bei den Nutzer*innen Engagement hervor, indem sie sie vor echte Herausforderungen stellen, die exploratives Denken, Experimentieren und das Beobachten der Ergebnisse erfordern. Im Idealfall zielt dieser Ablauf darauf ab, dass die Benutzer*innen nur einen Schritt über ihre Fähigkeiten hinausgehen, um ein fesselndes Game zu erhalten. Ein Game, das leicht zu meistern ist und ohne Fehler durchgespielt werden kann, führt zu einem langweiligen Game. Daher wären Usability-Kennzahlen, die eine perfekte Leistung und keine „Fehler“ widerspiegeln (angemessen für Produktivitäts-Softwares), für Games nicht geeignet. Daher muss in (Serious) Games unterschieden werden, ob Zögern und Fehler auf ein schlechtes Design der Benutzungsoberfläche zurückzuführen sind oder, ob Versuche und Fehler auf das gewollte Entdecken von Spielelementen zurückzuführen ist. Solch eine Unterscheidung ist in herkömmlichen Usability-Test selten zu finden (Moreno-Ger et al., 2012).

Aus dieser mangelnden Unterscheidung in herkömmlichen Usability-Tests entwickelten Moreno-Ger et al. (2012) eine Methode zur Testung der Usability spezifisch für Serious Games. Diese Methode wird im Folgenden präsentiert und auf das entwickelte Serious Game angewandt.

6.1. Studiendesign

Moreno-Ger et al. (2012) legt die Mindestanzahl an Teilnehmer*innen nach einer Studie von Virzi (1992) fest. Demnach reichen 5 Teilnehmer*innen, um 80% der Probleme zu identifizieren.

Das Serious Game muss noch nicht vollständig programmiert sein. Der Prototyp sollte dem Endprodukt aber so nahe wie möglich kommen, damit die Bewertung durch die Testnutzer*innen maximalen Nutzen bewirkt. Dazu muss der Prototyp den Testnutzer*innen ermöglichen, die Benutzungsoberfläche sowie alle vorgesehenen Funktionen erleben zu lassen, sodass die Interaktion eine reale Spielsitzung nachahmen kann (Moreno-Ger et al., 2012).

Zudem soll es ein zielgerichtetes Skript für die Spielsitzung geben. Das Skript für die Spielsitzung soll klare Ziele formulieren und dabei relativ kurz sein. Aus dem Skript soll hervorgehen, welche Aufgaben die Tester*innen erfüllen sollen. Im Falle eines Serious Games sollte dieses Skript alle spezifischen Lerninhalte beinhalten (Moreno-Ger et al., 2012). Die Umsetzung des Skripts folgt nach der Erstellung des Fragebogens. Da das Serious Game über die Alkalimetalle kurz ist und vollständig spielbar ist, wird das Skript das gesamte Spiel umfassen. Somit können auch keine relevanten Lerninhalte verpasst werden.

Moreno-Ger et al. (2012) identifizieren 16 verschiedene Kategorien, die für die Testung der Usability von Serious Games dienen sollen. Die Kategorien dienen zur Identifizierung von Ereignissen, zu denen der*die Nutzer*in eine negative oder positive Reaktion bezüglich des Serious Games zeigt. Diese werden in 2 Dimensionen geteilt – Systemrelevant und Benutzer*innenrelevant – und werden im Folgenden erklärt.

6.1.1. Systemrelevante Ereignisse

FUNKTIONALITÄT

Ein Ereignis bezieht sich auf die Funktionalität des Serious Games, wenn es das Ergebnis der Aktivierung eines Steuerelements durch den*die Benutzer*in ist und sich auf eine bestimmte Aktion bezieht.

BENUTZUNGSOBERFLÄCHE

Ein Ereignis bezieht sich auf die Benutzungsoberfläche, wenn der*die Benutzer*in eine falsche Annahme über die Funktion eines Steuerelements macht oder wenn der*die Benutzer*in nicht weiß, wie er*sie etwas tun soll (negative Ereignisse). Es ist ein positives Benutzungsoberflächen-Ereignis, wenn der*die Benutzer*in das Design (Figuren, Muster, Farben usw.) oder das Anzeigen bestimmter Informationen wertschätzt.

GAMEFLOW

Ein Gameflow-Ereignis wird nicht durch eine einzelne spezifische Interaktion ausgelöst, sondern einer Abfolge von Interaktionen und Spielsequenzen.

INHALT

Ein Inhaltseignis bezieht sich auf Textausschnitte und andere Formen von Textinformationen, die vom Spiel bereitgestellt werden.

TECHNISCHER FEHLER

Ein technisches Fehlerereignis bezieht sich auf eine nicht beabsichtigte Störung im System.

NICHT ZUTREFFEND

Ein Ereignis ist „nicht zutreffend“, wenn es nicht mit dem System zusammenhängt und/oder nicht durch ein Systemverhalten ausgelöst wird.

6.1.2. Benutzer*innenrelevante Ereignisse

LERNEN

Der*die Benutzer*in findet heraus, wie er*sie eine Aktion ausführen kann, die vorher unklar war (spielen lernen), oder wenn der*die Benutzer*in aktiv Inhalte konsumiert (Inhalte lernen).

VERWIRRT

Der*die Benutzer*in weiß nicht, wie er*sie eine Aktion ausführen soll, interpretiert Anweisungen falsch und/oder weiß nicht, was er*sie tun soll.

NACHDENKEN

Der*die Benutzer*in hält inne oder fragt sich, was er*sie als nächstes tun soll. Anders als wenn der*die Benutzer*in verwirrt ist und nicht weiß, was er*sie tun soll, zeigen nachdenkliche Ereignisse an, dass er*sie innehält, um Aktionspläne innerhalb des Spielraums zu erstellen.

ZUFRIEDEN/AUFGEREGT

Der*die Benutzer*in zeigt eine bemerkenswert positive Reaktion.

ANGENEHM FRUSTRIERT

Der*die Benutzer*in drückt seine Frustration auf eine positive Art und Weise aus. Dieses Gefühl entsteht, wenn sich Herausforderungen anspruchsvoll, aber machbar anfühlen.

FRUSTRIERT

Der*die Benutzer*in äußert oder zeigt negative Gefühle, weil sich eine Herausforderung anspruchsvoll und nicht machbar anfühlt. Ein frustrierendes Ereignis drängt den*die Benutzer*in dazu, das Spiel zu beenden.

IRRITIERT

Der*die Benutzer*in führt eine Aufgabe im Spiel ordnungsgemäß aus (er*sie weiß, wie man die Aktion ausführt), fühlt sich aber nicht wohl dabei, sie ausführen zu müssen.

NICHT FORTFAHREN KÖNNEN

Dies ist in der Regel die Folge eines oder mehrerer der oben genannten Ereignisse oder eines schwerwiegenden technischen Fehlers. Es handelt sich um ein Ereignis, bei dem der*die Benutzer*in definitiv feststeckt und/oder ohne die Hilfe des Forschers nicht mehr weitermachen kann.

Solche Ereignisse werden besonders hervorgehoben, weil der Ursprung dieser Ereignisse immer geklärt werden muss.

NICHT ANWENDBAR

Ein Ereignis steht in keinem Zusammenhang mit dem*der Benutzer*in (z.B. eine Bemerkung des Forschers oder eine Störung, die der*die Benutzer*in nicht bemerkt hat).

EMPFEHLUNG/KOMMENTAR

Der*die Benutzer*in äußert einen Kommentar oder eine Empfehlung, die sich nicht auf eine bestimmte Interaktion oder ein bestimmtes Ereignis bezieht.

Dabei lassen sich die benutzer*innenrelevante Ereignisse in positiv und negativ gliedern. Positiv sind die Kategorien „lernen“, „nachdenken“, „zufrieden/aufgeregt“ und „angenehm frustriert“. Negative Ereignisse gehören den Kategorien „verwirrt“, „frustriert“, „irritiert“ und „nicht fortfahren können“ an. Bei „nicht anwendbar“ und „Empfehlung/Kommentar“ sind Ereignisse individuell zu betrachten, da sie positiv oder negativ sein können.

Die Dimensionen sind dabei nicht separat zu betrachten, sondern bilden eine zweidimensionale Ebene. Diese Ebene bildet 60 verschiedene Kombinationen an Kategorien, welche als Form eines Rasters in Tabelle 1 dargestellt sind.

		Systemrelevant					
		Funktionalität	Benutzer*innen= oberfläche	Gameflow	Inhalt	Technischer Fehler	Nicht anwendbar
Benutzer*innenrelevant	Lernen						
	Verwirrt						
	Nachdenken						
	Zufrieden/aufgeregt						
	Angenehm frustriert						
	Frustriert						
	Irritiert						
	Nicht fortfahren können						
	Nicht anwendbar						

Tabelle 1: Rasterdarstellung der Kategorienkombinationen der Usability-Studie

6.1.3. Fragebogen

Auf Grundlage dieses Kategorienrasters kann nun der Fragebogen für den Usability-Test erstellt werden. Um diese qualitative Erhebung effektiv als Fragebogen zu gestalten, werden die folgenden Design-Vorschläge nach Braun et al. (2021) implementiert.

- Gute qualitative Erhebungsfragen sind in der Regel offen und so kurz und so klar und eindeutig wie möglich formuliert.
- Die Vermeidung von Annahmen ist wichtig, damit sich Teilnehmer*innen mit unterschiedlichen Erfahrungen oder Ansichten einbezogen fühlen, aber auch, um ein möglichst breites Spektrum an Antworten zu ermöglichen.
- Verwendung einer eher geschlossenen Frage, gefolgt von einer Art „Bitte erklären“-Anweisung.
- Bei längeren Erhebungen werden die Hauptfragen in zwei oder mehr zusammenhängende Abschnitte unterteilt.

Der Fragebogen wird demnach in 10 Teile gegliedert, welche die benutzer*innenrelevanten Ereignisse abfragen. Zu jedem dieser Teile werden dann konkret folgende drei Punkte abgefragt:

- ob der*die Nutzer*in das Ereignis wahrgenommen hat,
- falls ja, wie oft
- und im offenen Format diese Ereignisse beschreiben

Zudem ist die Zielgruppe der Usability-Studie relevant, um den Fragebogen und das Skript adressatengerecht zu gestalten. Als Tester*innen werden Lehramtsstudierende, Lehrkräfte und Fachdidaktiker*innen herangezogen, um die Benutzer*innenfreundlichkeit aus verschiedenen Perspektiven zu untersuchen.

Im Folgenden sind die Fragen für eine Kategorie zur Veranschaulichung dargestellt:

Haben Sie sich während des Spielens verwirrt gefühlt? *Ja* *O* *Nein* *O*

Falls ja, wie oft ist dieser Fall aufgetreten? _____

Bitte erläutern Sie diesen Fall/diese Fälle in kurzen Sätzen genauer:

Das Fragen nach den systemrelevanten Ereignissen wird bewusst ausgelassen, da für die Nutzer*innen die Einteilung in die verschiedenen Kategorien ohne Technik-Knowhow schwer ist. Aufgrund der Erläuterung der Fälle wird dann die dementsprechende systemrelevante Kategorie zugeordnet.

6.1.4. Skript

Das Skript ist darauf ausgerichtet, dass die Teilnehmer*innen gut auf den Fragebogen vorbereitet werden. Dadurch wissen die Teilnehmer*innen, worauf sie beim Spielen achten sollen. Es beinhaltet demnach alle Beschreibungen der benutzer*innenrelevanten Ereignisse. Es bittet die Teilnehmer*innen, auf diese Ereignisse während des Spielens zu achten und gibt Ihnen eine kurze Beschreibung des Serious Games. Zudem weist es die Teilnehmer*innen an, das Serious Game zwei bis drei Mal zu spielen und nach jedem Spieldurchlauf den Fragebogen zu ergänzen. Dadurch wird der kognitive Aufwand, den die Teilnehmer*innen leisten, auf einen größeren Zeitrahmen verteilt. Das Skript und der Fragebogen sind im Anhang zu finden.

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Usability-Studie und die aus den Ergebnissen resultierenden Optimierungen des Serious Games präsentiert.

6.2. Ergebnisse der Usability-Studie

Die Studie wurde am 23.01.2025 durchgeführt. Insgesamt nahmen 8 Personen teil. Die Ergebnisse des Fragebogens sind in Tabelle 2 dargestellt. Insgesamt wurden 67 Ereignisse aufgezeichnet (ohne Empfehlung/Kommentar). Insgesamt wurden 38 positive Ereignisse vermerkt und 27 negative Ereignisse.

		Systemrelevant						Gesamt
		Funktionalität	Benutzeroberfläche	Gameflow	Inhalt	Technischer Fehler	Nicht anwendbar	
Benutzer*innenrelevant	Lernen	4		2	3			9
	Verwirrt		2	2	5		2	11
	Nachdenken		2	6				8
	Zufrieden/aufgeregt	1	1	10	1			13
	Angenehm frustriert	1		6			1	8
	Frustriert		1	5		1		7
	Irritiert	2						2
	Nicht fortfahren können			1	1	4	1	7
	Nicht anwendbar	1		1				2
	Gesamt	9	6	33	10	5	4	67

Tabelle 2: Ergebnisse der Usability-Studie

Das am häufigsten auftretendes Ereignis lag im Zusammenhang mit dem Stoßen der Alkalimetalle ins Wasser. Dieses Ereignis kam 8-mal bei „zufrieden/aufgeregt“ vor, 5-mal bei „angenehm frustriert“, 4-mal bei „frustriert“ und 1-mal bei „nicht fortfahren können“. Dieses Ereignis führt dazu, dass die systemrelevante Kategorie „Gameflow“ dominiert. Die benutzer*innenrelevanten Ereignisse werden nicht von einer Kategorie dominiert.

In der Kategorie „Lernen“ waren die häufigsten Ereignisse, dass die Teilnehmer*innen gelernt haben, wie der*die Protagonist*in gesteuert werden kann („man kann diagonal gehen“) und dass das Serious Game ihnen mitteilt, was als nächstes zu tun ist („man soll zu allen Alkalimetallen gehen“).

Viele Teilnehmer*innen gaben an, dass sie „verwirrt“ waren, weil sie nicht wussten, was sie als nächstes tun sollen und standen oft planlos da. Gründe dafür waren meistens, dass ihnen konkrete Aufgabenstellungen fehlten. Weiters kam es manchmal dazu, dass der Diebstahl des Rucksackes nicht sichtbar war und die Teilnehmer*innen deshalb bezüglich der diebischen Gestalt verwirrt waren. Zudem gaben einige Teilnehmer*innen an, dass es ihnen schwer fiel zu unterscheiden, welches der Alkalimetalle spricht, wenn mehrere abwechselnd sprechen.

Die Kategorie „Nachdenken“ hatte vor allem Gameflow-Ereignisse. Diese waren am häufigsten Überlegungen, wie man am besten das Alkalimetall ins Wasser stößt und zu welchem Alkalimetall man als nächstes gehen sollte.

Die Kategorien „zufrieden/aufgeregt“ und „angenehm frustriert“ sind vor allem durch das allgemein häufigste Ereignis „ans Wasser stoßen“ bei den Teilnehmer*innen aufgetreten.

Auch die Kategorie „frustriert“ wurde von dem Ereignis „ins Wasser stoßen“ dominiert. Manche Teilnehmer*innen waren zudem frustriert, wenn ihre Punktzahlen ins Negative gingen.

Es konnte aus drei verschiedenen technischen Fehlern „nicht fortgefahren“ werden können. Erstens war es möglich eine Spielsequenz mit Cäsi auszulösen, wenn Lithi am Boden liegen gelassen wird. Zweitens führte ein Stoßen von Lithi zu einem Stillstand des Spiels, nachdem man von Natri erwischt wird. Drittens war es einer Teilnehmer*in nicht möglich, das Spiel auf ihrem MacBook zu spielen.

6.3. Folgemaßnahmen auf Basis der Erkenntnisse aus der Usability-Studie

Einige Teilnehmer*innen empfanden das „ins Wasser stoßen“ als schwierig und negativ. Gleichzeitig berichtete eine größere Anzahl von positiven Erlebnissen im gleichen Kontext. Um beiden Wahrnehmungen gerecht zu werden, wird ein adaptives System implementiert, das auf die individuellen Spielerfahrungen reagiert. Das bedeutet in diesem Fall, dass das Serious Game abhängig von der Spielleistung der Nutzer*innen das „Ins-Wasser-Stoßen“ erleichtert. Dazu werden nun die Alkalimetalle nach und nach langsamer, sodass sich für jede*n Nutzer*in der ideale Schwierigkeitsgrad von allein anpasst.

Um Verwirrung aufgrund von fehlenden Aufgabenstellungen zu vermeiden, wurde eine Quest-Zeile eingebaut. Ein kurzer Satz links oben in der Benutzungsoberfläche, die dem*der Nutzer*in mitteilt, was das nächste Ziel ist. Diese Quest-Zeile war auch in einer Empfehlung zu finden. Die neu implementierte Quest-Zeile ist in Abbildung 10 dargestellt.

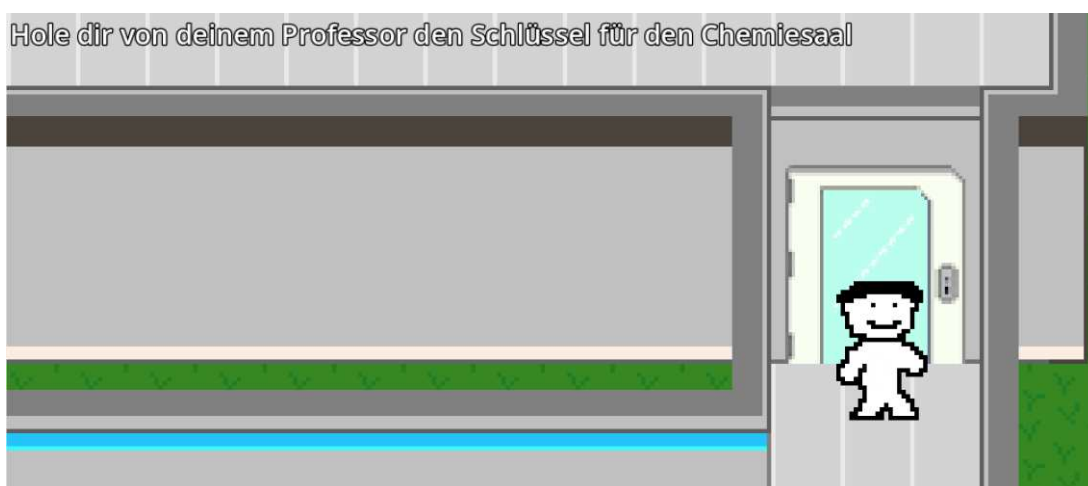


Abbildung 9: Darstellung der Quest-Zeile im Serious Game

Einige Teilnehmer*innen waren auch in Lithis Raum verwirrt, als sie weitere Räume betreten wollten, aber nichts passierte. Daher gibt es nun eine Nachricht, die die Nutzer*innen informiert, dass man ohne Schlüssel nicht weiter gehen kann.

Das Problem bezüglich der Sichtbarkeit des Diebstahls wurde behoben, indem die Diebstahlszene nun zentral im Bildschirm dargestellt wird.

Ein*e Teilnehmer*in gab an, dass es ihm*ihr schwerfiel, zu unterscheiden, welcher Charakter gerade spricht. Diese*r Teilnehmer*in empfahl auch, man könnte die Dialogfenster nach den Charakteren einfärben. Diese Empfehlung wurde umgesetzt.

Das frustrierende Ereignis, dass Punkte ins Negative fallen können, wurde dadurch behoben, dass die Punktzahl ab Null nicht mehr weiter sinkt.

Im Chemikalienschrank fanden manche Teilnehmer*innen den Ausgang nicht, weshalb dieser nun offensichtlicher dargestellt wird.

Eine Person merkte die optisch schwierige Unterscheidung der Paraffinölbehälter von den Glasampullen an, weshalb diese nun unterschiedlicher dargestellt werden.

Die drei verschiedenen technischen Fehler konnten nur teilweise ausgebessert werden. Die Möglichkeit eine Spielsequenz mit Cäsi auszulösen, wenn Lithi am Boden liegen gelassen wird, wurde behoben. Der Fehler, der zu einem Stillstand führte, wenn Lithi ins Wasser gestoßen wird, wurde auch behoben. Die Tatsache, dass das Spiel auf dem MacBook nicht spielbar war, konnte nicht bearbeitet werden. Da zur Programmierung des Serious Games kein MacBook zur Verfügung steht, kann eine Lösung des Problems nicht evaluiert werden. Grundsätzlich sind HTML5-Anwendungen auf Itch.io mit MacOS kompatibel (Garaizar et al., 2014).

7. Diskussion

In dieser Masterarbeit wurde eine chemiebezogene Lesegeschichte in ein Serious Game umgewandelt. Dieses Serious Game wurde mit Fokus auf die Verwendung interaktive Narrative und die Förderung von situationalem Interesse umgesetzt. Bei dieser Umsetzung gibt es einige getroffene Entscheidungen, die nicht eindeutig besser als ihre Alternativen sind. Im Folgenden werden diese getroffenen Entscheidungen diskutiert und begründet.

Problemlösendes oder nicht-problemlösendes Genre

Die Umsetzung der Lesegeschichte als ein problemlösen-orientiertes Serious Game ist durchaus möglich. Wie im Abschnitt „Umsetzung des Serious Games“ beschrieben, erlernt der*die Spieler*in erst mit Abschluss der Geschichte die Regeln zu den Alkalimetallen. Demnach müsste die Geschichte infolge verlängert werden, indem der*die Protagonist*in Probleme lösen muss, bei denen er*sie sich die Eigenschaften der Alkali-Elementen zunutze macht.

Die Umsetzung der Lesegeschichte wäre demnach vergleichbar mit einem Tutorial, also einer Vertraumachung der Benutzenden mit den Aufgaben und der Oberfläche des Spiels (Shannon et al., 2013). Um eine Vergleichbarkeit mit der Lesegeschichte gewährleisten zu können, wurde die extensive Verlängerung der Geschichte im Game vorerst nicht in Betracht gezogen.

Alternativ könnte man auch die Eigenschaften der Alkalimetalle zum Lösen von Problemen nutzen, ohne vorheriges Erfahrung der Eigenschaften, und durch Trial-and-Error werden die Regeln potenziell erfahren. Trial-and-Error führt aber nicht nachweislich zum Erkennen von Regeln. Da das Erkennen von Regeln direkt mit der Motivation zusammenhängt, wurde auch diese Alternative außer Betracht gelassen (Liu & Israel, 2022).

Direktes oder indirektes Punktesystem

Punkte sollen direkt nach erfolgreich abgeschlossenen Aktivitäten im Spiel verliehen werden. Dennoch wurde im Serious Game ein Punktesystem integriert, das bei schlechten Leistungen von einem Startpunktestand Punkte abzieht. Der Grund dafür ist, dass es im Serious Game zwei Arten von Aktivitäten gibt, die man erfolgreich abschließen kann – das Quiz des Professors und das Stoßen ins Wasser. Hier gibt es allerdings das Problem, dass man diese Aktivitäten nicht besser oder schlechter abschließen kann. Deshalb würden diese Aktivitäten jedem*r Spieler*in gleich viele Punkte verleihen. Daher wurde eine indirekte Punktevergabe gewählt – der*die Spieler*in startet mit einem Punktestand und bekommt durch schlechte Leistungen Punkte abgezogen.

Es gäbe die Alternative, für das Quiz und das Stoßen ins Wasser Punkte zu verleihen und je nachdem, wie viele Versuche man beim Quiz benötigt bzw. wie lange man fürs Stoßen ins Wasser benötigt, entsprechend weniger Punkten zu verleihen. Durch diese Methode

wird dem*der Spieler*in allerdings nicht mitgeteilt, warum das Abschließen der Aktion diese Punktezahl wert ist. Dadurch wäre die Feedback-Funktion von Punkten intransparent und die Spieler*innen wissen nicht, wie sie sich verbessern können. Durch die indirekte Methode sieht man durch den roten Countdown beim Stoßen ins Wasser zeitgleich, wie gut die eigene Leistung im Moment ist.

Diese Entscheidung für das indirekte Punktesystem war zurecht kontrovers, da in der Usability-Studie vereinzelt angegeben wurde, dass ein sehr niedriger bzw. negativer Punktestand frustrierend war.

Anzahl an Handlungsstränge

Bei der Umsetzung der Lesegeschichte in eine interaktive Geschichte mit verzweigten Handlungssträngen gab es Überlegungen, die Wahl der Reihenfolge der Alkalimetalle beliebig aus allen fünf Alkalimetallen zu wählen. Verzweigte Handlungswege sind aus Sicht der Agency vorteilhaft, denn je mehr bedeutsame Entscheidungen der*die Spieler*in treffen kann, desto stärker wird Agency empfunden. Dennoch wurde umgesetzt, dass der*die Spieler*in nur die Reihenfolge von Natri, Kali und Rubi entscheiden kann (siehe Anhang „Umsetzung des Narrativs und interaktiver Elemente“). Damit gibt es nur sechs mögliche Reihenfolgen. Zusätzlich war aus der Usability-Studie zu entnehmen, dass mehrere Teilnehmer*innen versuchten Lithis Raum zu verlassen, ohne davor mit Lithi zu reden. Ihnen wurde somit bewusst Agency genommen.

Die Anzahl der wählbaren Alkalimetalle und somit die Anzahl der Verzweigungen wurde bewusst minimiert. Würde man nämlich die Wahl der Reihenfolge um Lithi erweitern, gäbe es 24 mögliche Reihenfolgen. Das würde auch den Programmieraufwand stark vergrößern. Würde man auch noch Cäsi in die Auswahl hinzufügen, gäbe es 120 mögliche Reihenfolgen und einen massiv größeren Programmieraufwand. Da bei der Entwicklung des Serious Games der größte Zeitaufwand beim Programmieren liegt, wurde deshalb bewusst die Anzahl der Verzweigungen minimiert und ein Verlust an Agency in Kauf genommen.

8. Fazit und Ausblick

Die Implementierung einer Lesegeschichte in eine digitale Spielumgebung erfordert eine strukturierte Integration des Narrativs in das Spieldesign. Wesentlich dabei ist, dass die Lesegeschichte durch interaktive Elemente bereichert wird, die es den Spieler*innen ermöglichen, aktiv mit den Inhalten zu interagieren, anstatt sie passiv zu konsumieren. Diese Interaktion soll bedeutsame Auswirkungen auf das Narrativ haben (Wouters et al., 2011). Wenn Entscheidungen den Verlauf der Geschichte nicht abändern, so wird den Spieler*innen Agency genommen. Ohne Agency sind Spieler*innen nicht engagiert, was den Lerneffekt des Serious Games mindert (Murray, 1997). Die Implementierung von verzweigten Handlungssträngen ermöglicht es, Agency in das interaktive Narrativ zu integrieren, jedoch müssen verzweigte Handlungsstränge sorgfältig entwickelt werden (Mateas & Stern, 2007; Riedl & Young, 2006). Wenn Spieler*innen Entscheidungen treffen können, die den Verlauf der Geschichte beeinflussen können, so müssen trotzdem in jedem möglichen Handlungsstrang die zu vermittelnden fachlichen Inhalte eingebaut werden. Dies ist ein komplexes Unterfangen, da man den Lernenden im Serious Game vermitteln will, dass sie selbst die Handlung steuern, zugleich aber den Lernenden zwingend gewisse Inhalte präsentieren muss, da sonst einzelne Lerninhalte den Lernenden nie vermittelt werden. Damit ist das Spannungsverhältnis von Freiheit Kontrolle (Wouters et al., 2011) beim Entwickeln von Serious Games in Bezug auf narrative Lernspiele besonders herausfordernd. Zusätzlich wird beim Erstellen von mehreren Handlungssträngen die ursprüngliche Lesegeschichte stark erweitert. Diese Vielzahl von Handlungssträngen multipliziert die zu entwickelnde Geschichte auf ein Vielfaches, da man nun mehrere Narrative zugleich braucht. Das bringt einen wesentlich höheren Workload als das Erstellen einer Lesegeschichte mit sich.

In digitalen Spielumgebungen kann situationales Interesse durch verschiedene Methoden gefördert werden. Durch Aspekte von textbasiertem Interesse – Lebhaftigkeit, Verlockung und Schlüssigkeit – werden Inhalte ansprechend und dynamisch gestaltet, Anreize geboten, sodass sich Spieler*innen aktiv beteiligen wollen und die Erzählung verstehen und verfolgen können (Schraw & Lehman, 2001). Des Weiteren können Spieldesign-Elemente gezielt zur Förderung von Kompetenzerleben, Autonomieerleben und Erleben sozialer Eingebundenheit implementiert werden, welche das situationale Interesse der Spieler*innen positiv beeinflussen können (Chen et al., 2001; Deci, 1992). Punkte und Abzeichen fördern das Kompetenzerleben, da sie den Lernenden direkt Rückmeldungen geben, dass Aufgaben richtig umgesetzt wurden (Sailer et al., 2017).

Bedeutsame Geschichten erfüllen das Bedürfnis nach Autonomie, indem sie eigene Handlungen sinnvoll und freiwillig erscheinen lassen. Die Implementierung von Teamkolleg*innen, mit denen ein gemeinsames Ziel verfolgt wird, erfüllt das Bedürfnis nach sozialer Verbundenheit (Sailer et al., 2017). Diese Elemente sind vor allem durch die interaktive Natur von Computerspielen implementierbar, weshalb Computerspiele

einzigartige Vorteile in der Erzeugung von situationalem Interesse gegenüber anderen Medien mit sich bringen.

Der Vorteil von Serious Games liegt in ihrer Fähigkeit, situationales Interesse auf vielfältige Weise zu fördern – im Gegensatz zu traditionelleren Lernformen, die oft weniger interaktiv sind. Interaktive Elemente und bedeutsame Geschichten bieten immersive Lernumgebungen, die das Interesse der Spieler*innen fördern können. Diese Vorteile bringen jedoch zugleich Herausforderungen. Die Entwicklung eines Serious Games ist mit einem hohen Zeitaufwand verbunden, da Lerninhalte und Spielmechaniken in Abhängigkeit voneinander implementiert werden müssen. Die Umsetzung eines Serious Games erfordert ein Zusammenspiel von Kompetenzen in den Disziplinen Fachwissen, Lernpsychologie, Erziehungswissenschaft, visuelle Darstellung, Softwareentwicklung und Storytelling (Wouters et al., 2011). Zusätzlich gibt es hohe Eintrittsbarrieren, da das Erlernen einer Programmiersprache zeitaufwendig ist (Bradfield, 2018). Trotz dieser Herausforderungen bieten Serious Games große Potenziale, Schüler*innen auf innovative Weise für neue Lerninhalte zu interessieren.

Zukünftige Forschungsarbeiten werden sich mit der Lernwirksamkeit des Serious Games und dessen Einfluss auf das situationale Interesse der Nutzerinnen befassen, wobei das bereits entwickelte Produkt als Grundlage dient. Diese Effekte müssen getestet und evaluiert werden. Mithilfe der Tests lassen sich dann fundierte Aussagen über die tatsächliche Verbesserung des Lernerfolgs bei Schüler*innen treffen und ob das Serious Game bei Schüler*innen situationales Interesse geweckt hat. Durch diese Evaluierung lässt sich die Effektivität des Serious Games als Lernmethode gegebenenfalls bestätigen.

Dazu sollte das Serious Game in einem kontrollierten Umfeld getestet werden. Durch die Aufzeichnung der Lernfortschritte mit Pre- und Post-Tests wird eine systematische Datenerhebung gewährleistet. Diese Aufzeichnungen ermöglichen den direkten Einfluss des Serious Games auf das Erlernen von chemischen Fachinhalten zu bewerten, da die Kenntnisse zu Alkalimetallen vor und nach dem Spielen erhoben werden. Hierbei bietet der Fragenbogen zu Alkalimetallen und situationalem Interesse von Reschke et al. (2020) eine hilfreiche Grundlage, da dort bereits die gleichen Inhalte überprüft wurden. Da das Spielen des Serious Games voraussichtlich mehr Zeit in Anspruch nimmt als das Lesen der Lesegeschichte, kann der Umfang des Fragebogens reduziert werden, um den Aufwand für die Schüler*innen zu reduzieren.

Der nächste wichtige Schritt in der Forschung zur Lernwirksamkeit des Serious Games ist der Vergleich des Serious Games mit der ursprünglichen Lesegeschichte von Reschke et al. (2020) im Hinblick auf die Lernwirksamkeit und das situationale Interesse der Nutzer*innen. Die Analyse des Vergleichs kann dann zeigen, ob das Serious Game effektivere Lernergebnisse sowie ein höheres situationales Interesse erzielen kann als die ursprüngliche Lesegeschichte. Sollte das Serious Game im Vergleich zur Lesegeschichte bessere Lerneffekte erzielen, könnte dies die Verwendung von Serious Games im Unterricht deutlich steigern und deren Einsatz als innovative Lernmethoden fördern.

Abschließend lässt sich sagen, dass die nächsten Schritte der Forschung entscheidende Aussagen über Wirksamkeit und das Potenzial des entwickelten Serious Games treffen würden. Durch gründliche Tests und Evaluationen wird überprüft, ob das Serious Game nicht nur den Lernerfolg der Schüler*innen verbessert, sondern auch ihr situationales Interesse fördert. Das Serious Game über Alkalimetalle könnte somit eine innovative und effektive Methode sein, um Schüler*innen für den Chemieunterricht zu begeistern und ihnen komplexe Inhalte auf spielerische Weise näherzubringen.

Literaturverzeichnis

- Arsenault, D. (2009). Video Game Genre, Evolution and Innovation. *Eludamos: Journal for Computer Game Culture*, 3(2), Article 2. <https://doi.org/10.7557/23.6003>
- Bates, M., & Şengün, S. (2024). Itch.io, History of. In N. Lee (Hrsg.), *Encyclopedia of Computer Graphics and Games* (S. 1020–1022). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-031-23161-2_430
- Becker, W., & Metz, M. (2024). Zukunftsperspektiven des Einsatzes von Serious Games und Gamification in der schulischen Bildung. In W. Becker & M. Metz (Hrsg.), *Serious Games und Gamification in der schulischen Bildung* (S. 257–262). Springer Fachmedien. https://doi.org/10.1007/978-3-658-44317-7_14
- Benesch, T. (2018). *Die vier Phasen der Interessensentwicklung dargestellt am Thema Brüche im Fach Mathematik in der Sekundarstufe 1.*
- Blankenburg, J., & Scheersoi, A. (2018). Interesse und Interessenentwicklung. In D. Krüger, I. Parchmann, & H. Schecker (Hrsg.), *Theorien in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (S. 245–259). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-662-56320-5_15
- BMBWF. (2024). *RIS - Lehrpläne – allgemeinbildende höhere Schulen Anl. 1— Bundesrecht konsolidiert, tagesaktuelle Fassung.* <https://www.ris.bka.gv.at/NormDokument.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=10008568&Artikel=&Paragraf=&Anlage=1&Uebergangsrecht=>
- Bradfield, C. (2018). *Godot Engine Game Development Projects: Build five cross-platform 2D and 3D games with Godot 3.0.* Packt Publishing Ltd.

- Braun, V., Clarke, V., Boulton, E., Davey, L., & McEvoy, C. (2021). The online survey as a qualitative research tool. *International Journal of Social Research Methodology*, 24(6), 641–654. <https://doi.org/10.1080/13645579.2020.1805550>
- Chen, A., Darst, P. W., & Pangrazi, R. P. (2001). An examination of situational interest and its sources. *British Journal of Educational Psychology*, 71(3), 383–400. <https://doi.org/10.1348/000709901158578>
- Clark, D. B., Tanner-Smith, E. E., & Killingsworth, S. S. (2016). Digital Games, Design, and Learning: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Review of Educational Research*, 86(1), 79–122. <https://doi.org/10.3102/0034654315582065>
- Crandall, B. W., & Hoffman, R. R. (2013). Cognitive Task Analysis. In J. D. Lee & A. Kirlik (Hrsg.), *The Oxford Handbook of Cognitive Engineering* (S. 0). Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780199757183.013.0014>
- Deci, E. (1992). The relation of interest to the motivation of behavior: A self-determination theory perspective. *The Role of Interest in Learning and Development*.
- Deci, E. L., & Ryan, R. M. (2000). The „What“ and „Why“ of Goal Pursuits: Human Needs and the Self-Determination of Behavior. *Psychological Inquiry*, 11(4), 227–268. https://doi.org/10.1207/S15327965PLI1104_01
- Denisova, A., & Cairns, P. (2015). First Person vs. Third Person Perspective in Digital Games: Do Player Preferences Affect Immersion? *Proceedings of the 33rd Annual ACM Conference on Human Factors in Computing Systems*, 145–148. <https://doi.org/10.1145/2702123.2702256>

- Deterding, S., Dixon, D., Khaled, R., & Nacke, L. (2011). *From Game Design Elements to Gamefulness: Defining Gamification*. 11, 9–15.
<https://doi.org/10.1145/2181037.2181040>
- Dweck, C. S. (1986). Motivational processes affecting learning. *American Psychologist*, 41(10), 1040–1048. <https://doi.org/10.1037/0003-066X.41.10.1040>
- Eckert, M. (2025). Motivation: Warum Motivation mehr ist als Interesse. In M. Eckert (Hrsg.), *Psychologisches Knowhow für Polizei, Feuerwehr und Rettungsdienste: Verhalten verstehen, Einsätze optimieren* (S. 243–336). Springer Fachmedien.
https://doi.org/10.1007/978-3-658-45954-3_8
- Fischler, H., Gebhard, U., & Rehm, M. (2018). Naturwissenschaftliche Bildung und Scientific Literacy. In D. Krüger, I. Parchmann, & H. Schecker (Hrsg.), *Theorien in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (S. 11–29). Springer.
https://doi.org/10.1007/978-3-662-56320-5_2
- Garaizar, P., Vadillo, M. A., & López-de-Ipiña, D. (2014). Presentation Accuracy of the Web Revisited: Animation Methods in the HTML5 Era. *PLOS ONE*, 9(10), e109812.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0109812>
- Golman, R., & Loewenstein, G. F. (2012). Curiosity, Information Gaps, and the Utility of Knowledge. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.2149362>
- Grace, L. (2005). Game Type and Game Genre. *Retrieved February*.
https://www.academia.edu/69010784/Game_Type_and_Game_Genre
- Heintz, S., & Law, E. L.-C. (2015). The Game Genre Map: A Revised Game Classification. *Proceedings of the 2015 Annual Symposium on Computer-Human Interaction in Play*, 175–184. <https://doi.org/10.1145/2793107.2793123>

- International Organization For Standardization. (1998). *Guidance on usability: Ergonomic requirements for office work with visual display terminals* (ISO Standard No. 9241-11:1998). <http://www.iso.org/iso/catalogue/catalogue/tc/catalogue/detail.htm?>
- Krapp, A. (2002). Structural and dynamic aspects of interest development: Theoretical considerations from an ontogenetic perspective. *Learning and Instruction*, 12, 383–409. [https://doi.org/10.1016/S0959-4752\(01\)00011-1](https://doi.org/10.1016/S0959-4752(01)00011-1)
- Laurel, B. (1991). *Computers as theatre*. Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc.
- Lavrukhina, A. K., Posdnyakov, A. A., & Rodin, S. S. (1960). Investigations on chemical properties of francium by means of Fr212. *The International Journal of Applied Radiation and Isotopes*, 9(1), 34–48. [https://doi.org/10.1016/0020-708X\(60\)90005-3](https://doi.org/10.1016/0020-708X(60)90005-3)
- Liu, T., & Israel, M. (2022). Uncovering students' problem-solving processes in game-based learning environments. *Computers & Education*, 182, 104462. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2022.104462>
- Malone, T. W. (1981). Toward a Theory of Intrinsically Motivating Instruction*. *Cognitive Science*, 5(4), 333–369. https://doi.org/10.1207/s15516709cog0504_2
- Malone, T. W., & Lepper, M. R. (1987). Making Learning Fun: A Taxonomy of Intrinsic Motivations for Learning. In *Aptitude, Learning, and Instruction*. Routledge.
- Mateas, M., & Stern, A. (2007). *Interaction and Narrative—Mateas and Stern*. <https://www.semanticscholar.org/paper/Interaction-and-Narrative-Mateas-and-Stern-Mateas-Stern/8c90548baf2cdd2ce50bc1f7c70562c5fe14b514>
- Mayer, R. (2020). *Multimedia Learning* (3. Aufl.). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781316941355>

- Moreno-Ger, P., Torrente, J., Hsieh, Y. G., & Lester, W. T. (2012). Usability Testing for Serious Games: Making Informed Design Decisions with User Data. *Advances in Human-Computer Interaction*, 2012(1), 369637.
<https://doi.org/10.1155/2012/369637>
- Murray, J. H. (1997). *Hamlet on the Holodeck: The Future of Narrative in Cyberspace*. Simon and Schuster.
- Naul, E., & Liu, M. (2020). Why Story Matters: A Review of Narrative in Serious Games. *Journal of Educational Computing Research*, 58(3), 687–707.
<https://doi.org/10.1177/0735633119859904>
- Ochsen, S., Bernholt, S., Bernholt, A., & Parchmann, I. (2021). Eine Mikroanalyse von Chemieunterricht – Einsatz und Perzeption von Triggern für situationales Interesse. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 27(1), 1–15.
<https://doi.org/10.1007/s40573-020-00122-x>
- Plass, J. L., Homer, B. D., & Kinzer, C. K. (2015). Foundations of Game-Based Learning. *Educational Psychologist*, 50(4), 258–283.
<https://doi.org/10.1080/00461520.2015.1122533>
- Plass, J. L., Moreno, R., & Brünken, R. (2010). *Cognitive Load Theory*. Cambridge University Press.
- Prenzel, M., Rost, J., Senkbeil, M., Häußler, P., & Klopp, A. (2001).
Naturwissenschaftliche Grundbildung: Testkonzeption und Ergebnisse. In J. Baumert, E. Klieme, M. Neubrand, M. Prenzel, U. Schiefele, W. Schneider, P. Stanat, K.-J. Tillmann, & M. Weiß (Hrsg.), *PISA 2000: Basiskompetenzen von Schülerinnen und Schülern im internationalen Vergleich* (S. 191–248). VS Verlag für Sozialwissenschaften. https://doi.org/10.1007/978-3-322-83412-6_6

- Rapeepisarn, K., Wong, K. W., Fung, C. C., & Khine, M. S. (2008). The Relationship between Game Genres, Learning Techniques and Learning Styles in Educational Computer Games. In Z. Pan, X. Zhang, A. El Rhalibi, W. Woo, & Y. Li (Hrsg.), *Technologies for E-Learning and Digital Entertainment* (S. 497–508). Springer.
https://doi.org/10.1007/978-3-540-69736-7_53
- Reschke, T., Koenen, J., & Sumfleth, E. (2020). Vom situationalen Interesse zum Lernerfolg: Lesegeschichten im Chemieunterricht der Sekundarstufe I. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 26(1), 191–206.
<https://doi.org/10.1007/s40573-020-00120-z>
- Rieber, L. P. (1996). Seriously considering play: Designing interactive learning environments based on the blending of microworlds, simulations, and games. *Educational Technology Research and Development*, 44(2), 43–58.
<https://doi.org/10.1007/BF02300540>
- Riedel, E., & Janiak, C. (2022). *Anorganische Chemie* (10. Auflage). De Gruyter.
<https://doi.org/10.1515/9783110694444>
- Riedl, M. O., & Young, R. M. (2006). From linear story generation to branching story graphs. *IEEE Computer Graphics and Applications*, 26(3), 23–31. IEEE Computer Graphics and Applications. <https://doi.org/10.1109/MCG.2006.56>
- Rigby, S., & Ryan, R. M. (2011). *Glued to games: How video games draw us in and hold us spellbound* (S. xiii, 186). Praeger/ABC-CLIO.
- Roberts, A. (2014). *Biographia Literaria by Samuel Taylor Coleridge*. Edinburgh University Press. <https://doi.org/10.1515/9780748692095>

- Rodgers, S., Myers, C., Ball, J., & Freiman, M. (2013). Toward a situation model in a cognitive architecture. *Computational and Mathematical Organization Theory*, 19. <https://doi.org/10.1007/s10588-012-9134-x>
- Rollins, C. (1957). StoryTelling—Its Value and Importance. *Elementary English*, 34(3), 164–166.
- Sailer, M., Hense, J. U., Mayr, S. K., & Mandl, H. (2017). How gamification motivates: An experimental study of the effects of specific game design elements on psychological need satisfaction. *Computers in Human Behavior*, 69, 371–380. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2016.12.033>
- Salen, K., & Zimmerman, E. (2003, Oktober 1). *Rules of play: Game design fundamentals*. <https://www.semanticscholar.org/paper/Rules-of-play%3A-game-design-fundamentals-Salen-Zimmerman/ed09074b546ea3e827683415f54a1353ecf901a7>
- Schank, R. C. (1975). *Conceptual information processing*. North-Holland.
- Schraw, G., & Lehman, S. (2001). Situational Interest: A Review of the Literature and Directions for Future Research. *Educational Psychology Review*, 13(1), 23–52. <https://doi.org/10.1023/A:1009004801455>
- Shannon, A., Box, P. O., Boyce, A., Gadwal, C., & Barnes, D. T. (2013). Effective Practices in Game Tutorial Systems. *Foundations of Digital Games*.
- Susi, T., Johannesson, M., & Backlund, P. (2015). *Serious Games—An Overview*.
- Vargas-Iglesias, J. J. (2020). Making Sense of Genre: The Logic of Video Game Genre Organization. *Games and Culture*, 15(2), 158–178. <https://doi.org/10.1177/1555412017751803>

- Virzi, R. A. (1992). Refining the Test Phase of Usability Evaluation: How Many Subjects Is Enough? *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 34(4), 457–468. <https://doi.org/10.1177/001872089203400407>
- Waraich, A., & Brna, P. (2008). A narrative centred Informant Design approach for interactive learning environments. *International Journal of Continuing Engineering Education and Life-Long Learning*, 18(2), 181. <https://doi.org/10.1504/IJCEELL.2008.017375>
- Wecker, C., & Stegmann, K. (2019). Medien im Unterricht. In D. Urhahne, M. Dresel, & F. Fischer (Hrsg.), *Psychologie für den Lehrberuf* (S. 373–393). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-55754-9_19
- Wouters, P., Oostendorp, H. V., Boonekamp, R., & Spek, E. V. D. (2011). The role of Game Discourse Analysis and curiosity in creating engaging and effective serious games by implementing a back story and foreshadowing. *Interacting with Computers*, 23(4), 329–336. <https://doi.org/10.1016/j.intcom.2011.05.001>
- Xu, J. J., Sun, X. F., Liu, Y. N., Zhang, S. Y., & Zhou, Q. (2025). Effects of Game-Based Learning on Students' Motivation in Chemistry: A Meta-analysis. *Journal of Chemical Education*. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.4c01304>
- Yáñez-Gómez, R., Cascado-Caballero, D., & Sevillano, J.-L. (2017). Academic methods for usability evaluation of serious games: A systematic review. *Multimedia Tools and Applications*, 76(4), 5755–5784. <https://doi.org/10.1007/s11042-016-3845-9>
- Zwaan, R. A., & Radvansky, G. A. (1998). Situation models in language comprehension and memory. *Psychological Bulletin*, 123(2), 162–185. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.123.2.162>

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Ablaufplan der Entwicklungsphasen des Lernspiels	34
Abbildung 7: Visualisierung der Auswahl des passenden Game-Genre für die Umsetzung einer Lesegeschichte als Serious Game	42
Abbildung 2: Darstellung des Cartoon-Stils des Serious Games.....	37
Abbildung 3: Darstellung des Anthropomorphismus der Charaktere	38
Abbildung 4: Darstellung des signalisierenden Punktestands mit Abzeichen darunter im Serious Game	40
Abbildung 5: Darstellung des Endbildschirms des Serious Games mit Abschlusstext, erreichten Abzeichen und Endpunktzahl mit Rangliste	40
Abbildung 6: Visualisierung der Umsetzung von Agency in einem Serious Game mit zu vermittelnden Lerninhalten	41
Abbildung 8: Visualisierung der Umsetzung der voneinander abhängigen Aspekte Lerninhalt, Spielmechanik und Geschichte	42
Abbildung 9: Visualisierung der Gamedesign-Elemente zur Förderung von situationalem Interesse und Lernwirksamkeit.....	43
Abbildung 10: Darstellung der Quest-Zeile im Serious Game	51
Abbildung 11: Startbildschirm mit Erklärung der Steuerung	75
Abbildung 12: Darstellung des Abprüfens der Alkalimetalle im Serious Game	76
Abbildung 13: Darstellung des Diebstahls von einem ungekannten Alkalimetall im Serious Game	76
Abbildung 14: Darstellung der Vermittlung über Lagerung der Alkalimetalle im Serious Game	78
Abbildung 15: Schematische Darstellung von verzweigten Handlungssträngen im Serious Game am Beispiel der Konversationsmöglichkeiten mit Lithi	79

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Rasterdarstellung der Kategorienkombinationen der Usability-Studie	48
Tabelle 2: Ergebnisse der Usability-Studie	50

Abkürzungsverzeichnis

CTA	Cognitive Task Analysis
GDA	Game Discourse Analysis
HTML.....	Hypertext Markup Language
ISO.....	International Organization for Standardization
NCID	Narrative Centered Informant Design
OS.....	Operating System
RPG.....	Roleplay Game

Erklärung zum Einsatz von KI-Tools

KI-Tools wurden ausschließlich zur stilistischen Überarbeitung einzelner Textpassagen verwendet.

Die inhaltliche Ausarbeitung, Argumentation und Struktur der Arbeit stammen vollständig von mir.

Es wurden keine KI-generierten Bilder oder vollständig automatisiert erstellten Inhalte verwendet.

Selbstständigkeitserklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Masterarbeit selbstständig und ohne unerlaubte Hilfe verfasst habe.

Ich habe keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel verwendet und alle wörtlichen sowie sinngemäßen Übernahmen aus anderen Werken als solche kenntlich gemacht.

Mir sind die Konsequenzen eines wissenschaftlichen Fehlverhaltens bekannt.

Wien, am 07.09.2025

Unterschrift:

X *Lukas Böhm*

Lukas Böhm

Anhang

Lesegeschichte zu den Alkalimetallen

Der Streit der Alkalimetalle (Reschke et al., 2020)

Autor: Dr. Tim Reschke (Didaktik der Chemie, Universität Duisburg-Essen)

Ich muss dir wirklich etwas Unglaubliches erzählen. So etwas Seltsames ist mir wirklich noch nie passiert. Du weißt doch, dass wir momentan die ganzen Inhalte für die Abiturprüfung in Chemie wiederholen und heute Morgen haben wir unter anderem die Eigenschaften der Metalle, am Beispiel der Alkalimetalle, kurz wiederholt. Die kennst du noch nicht, oder? Die Alkalimetalle bilden eine Elementfamilie, da sie Elemente mit ähnlichen Eigenschaften sind und daher zu einer Familie zusammengefasst werden. Dazu gehören die Elemente Lithium, Natrium, Kalium, Rubidium und Cäsium.

Nun ja, ich habe in der Pause gemerkt, dass ich meine Federmappe im Chemieraum vergessen hatte. Ich bin daraufhin kurz zu meinem Lehrer gegangen, um ihn zu fragen, ob ich seinen Schlüssel zum Aufschließen haben könne, um mir meine Federtasche rauszuholen. Netterweise gab er mir diesen. Er hat mich aber gebeten, mich zu beeilen und den Schlüssel sofort zurückzubringen. Nachdem ich alles gefunden hatte und schon fast aus dem Raum war, hörte ich, obwohl niemand sonst da war, plötzlich eine Stimme: „Ach Natri, hör auf hier so herumzuprahlen und lass Lithi in Ruhe!“

Ich schreckte hoch. Ich dachte, es sei keiner außer mir da gewesen. Du denkst jetzt, dass ich mir das alles nur ausdenke. Das habe ich auch gedacht, aber plötzlich hörte ich wieder: „Misch dich da nicht ein, Kali, das ist eine Sache zwischen Lithi und mir!“

Die Stimmen kamen aus dem verglasten Chemikalienschrank, in dem sich die Alkalimetalle in kleinen Behältern mit Paraffinöl oder in luftdichten Glasampullen befanden. Du fragst dich, warum sie so aufbewahrt werden. Sie werden so aufbewahrt, um eine Reaktion mit dem Sauerstoff aus der Luft zu vermeiden, da sie sehr leicht mit diesem reagieren. Sie sind nämlich sehr reaktiv. Die Alkalimetalle reagieren mit Sauerstoff zu Alkalimetalloxiden. Daher müssen sie unter Ausschluss von Luft aufbewahrt werden. Lithium, Natrium und Kalium werden in kleinen Behältern mit Paraffinöl aufbewahrt. Rubidium und Cäsium müssen sogar in Glasampullen aufbewahrt werden, da sie am reaktivsten sind und von allen Alkalimetallen am heftigsten mit dem Sauerstoff reagieren.

Aber lass mich nur weitererzählen – es ging ja noch weiter. Ich versteckte mich im Türeingang mit Blick auf den Schrank und lauschte, ob ich noch was hörte. Und in der Tat sprach wieder das Kalium: „Natri, was willst du Lithi denn beweisen?“ „Naja, ich will ihm beweisen, dass ich viel reaktiver bin als er, aber er glaubt es mir ja nicht!“, hörte ich das Natrium antworten. „Das tue ich auch nicht...ich bin nämlich viel reaktiver!“, erwiderte das Lithium lautstark. „Ach ja, das meinst auch nur du, Lithi,“ konterte das Natrium.

„Natri, ich weiß gar nicht, was du dir einbildest, so etwas zu behaupten! Du spinnst herum!“, konterte das Lithium. „Ich bilde mir gar nichts ein. Und spinnen tue ich schon gar nicht! Ich erzähle lediglich die Wahrheit, von der du keine Ahnung hast. Sonst würdest du nicht so ein wirres Zeug reden!“, verteidigte sich das Natrium.

Ich konnte es nicht fassen, die Alkalimetalle stritten darüber, wer von ihnen reaktiver ist. Pass auf, es ging ja noch weiter! Ich hörte dann das Kalium laut überlegen, wie es den beiden Streithähnen helfen konnte.

„Schluss jetzt ihr beiden! Wie wär es denn, Lithi und Natri, wenn ich euch helfe, wirklich die Wahrheit herauszufinden. Wir Alkalis reagieren auch alle mit Wasser und nicht nur mit Sauerstoff. Ich kann euch beide doch ins Wasser werfen und dann schauen, wer tatsächlich reaktiver von euch beiden ist?!“ „Das ist doch eine gute Idee, dann bist du endlich ruhig, Lithi!“, bejahte das Natrium beeindruckt den Vorschlag des Kaliums und packte das Lithium. Das Lithium versuchte jedoch, sich zu wehren und rief dabei: „Natri, lass mich los, ich will nicht ins Wasser.“

„Nun stell dich nicht so an, rein mit dir ins Wasser!“, sagte das Natrium und packte das Lithium wieder mit voller Kraft. „Nun reicht es mir aber!“, schrie das Kalium und packte mit an, um dem Natrium zu helfen.

Ehe sich das Lithium losreißen konnte, war es schon im Wasser: Es zischte und das Lithium bewegte sich auf der Wasseroberfläche schnell hin und her.

„Boah, Lithi, du gehst ja ab! Bewegst dich aber ganz schön flott hin und her! Und es zischt bei dir sogar!“, jubelte das Natrium, ergänzte jedoch: „...aber wo bist du denn jetzt bloß geblieben? Ich sehe nichts mehr von dir!“

Daraufhin sprach das Kalium: „Bei dir geht’s bestimmt noch mehr ab! Du bist dran, rein mit dir ins Wasser!“, sagte das Kalium voller Vorfreude und packte das Natrium.

Doch das Natrium wollte sich nicht an den Deal halten: „Nee, ich weiß ja, dass ich reaktiver bin...“, sagte es und versuchte sich von Kalium loszureißen. „Natri, so läuft das aber nicht, du hattest das mit Lithi abgemacht...Deal ist Deal! Los rein mit dir!“, erwiderte das Kalium.

Wie gesagt, so getan. Das Kalium schnappte sich das Natrium und warf es ins Wasser. Es reagierte noch heftiger als das Lithium mit Wasser, sodass das Kalium voller Begeisterung sagte: „Oh cool, Natri, bei dir zischt es ja noch mehr und du bewegst dich noch schneller hin und her! Du gehst eindeutig mehr ab als Lithi! Du bist eindeutig reaktiver!“, jubelte das Kalium und sprach weiter: „Aber von dir ist auch nichts mehr zu sehen, wo seid ihr alle denn bloß geblieben? Was ist denn mit euch passiert?“, fragte sich das Kalium.

Aber ehe das Kalium richtig suchen konnte, sprach jemand zu ihm: „Kali, warum du die beiden nicht mehr sehen kannst, liegt daran, dass sie nun in Wasser gelöst sind. Du kannst sie nun mit dem bloßen Auge nicht mehr sehen. Wir Alkalis reagieren nämlich alle

mit Wasser zu Alkalimetallhydroxiden. Wie du selber schon richtig gesagt hast, sind wir sehr reaktiv. Lithi ist jetzt nicht mehr Lithi, sondern hat mit Wasser zu Lithiumhydroxid reagiert, und Natri mit Wasser zu Natriumhydroxid. Diese liegen nun in Wasser gelöst vor.“

Es war das Cäsium, das sprach und von Rubidium begleitet wurde. Die beiden haben das ganze Geschehen wohl mitbeobachtet, aber sich anscheinend gut versteckt. Das Cäsium sprach weiter: „Na Kali, wenn du schon so viel Spaß hattest, die beiden ins Wasser zu werfen, willst du nicht auch hinterher? Wir können ja mal schauen, ob du auch so heftig mit Wasser reagierst, ja vielleicht sogar noch heftiger? Es könnte ja sein, dass du noch reaktiver bist als Lithi und Natri.“

Das Kalium erwiderte daraufhin ein wenig verängstigt: „Was wollt ihr jetzt, haut ab, Rubi und Cäsi!“ „Vor uns solltest du dich lieber in Acht nehmen! Mit uns ist nicht zu spaßen.“ „Ja, dann lasst mich doch in Ruhe!“, sagte das Kalium in der Befürchtung, dass gleich etwas passieren würde. „Was meinst du, Rubi, sollen wir Kali ins Wasser werfen? Da geht’s bestimmt noch viel mehr ab!“, sagte das Cäsium voller Erwartung.

Beide packten voller Vorfreude das Kalium und grölten laut: „Eins, zwei...!“ „Halt stopp, sofort aufhören, lasst mich los, Rubi und Cäsi! Sofort!“, schrie das Kalium. „...drei!“, vollendeten die beiden.

Das Kalium konnte sich nicht mehr losreißen und war im Wasser. Es reagierte noch viel heftiger mit Wasser als das Natrium. Das Rubidium und das Cäsium feierten: „Wow, wie geil ist das denn, das geht bei dir ja ab wie im Action-Film! Bei dir findet sogar eine Entzündung statt! Das ist ja der Hammer!“

Doch nachdem sie das beobachtet hatten, fragte das Rubidium daraufhin das Cäsium: „Aber Cäsi, weißt du, warum bei Kali denn auch noch eine Entzündung stattgefunden hat?“ „Naja, Rubi, das liegt doch auf der Hand: Wir konnten doch an der Reaktion mit Wasser beobachten, dass die Reaktivität von Lithi bis hin zu Kali eindeutig zugenommen hat. Natri bewegte sich im Vergleich zu Lithi doch viel schneller auf der Wasseroberfläche hin und her und Kali noch schneller als Natri. Fällt dir denn noch was auf? Fühl doch mal das Wasser?“

„Nee, Cäsi, lass mal lieber, sonst reagiere ich auch noch und bin wie die anderen nicht mehr zu sehen“, weigerte sich das Rubidium, das Wasser zu fühlen. „Rubi, dann schau halt nur“, sprach das Cäsi, „kannst du den Dampf sehen und die Wärme spüren?“ „Ja, und warum sind der Dampf und die Wärme da“, fragte das Rubidium. „Bei der Reaktion mit Wasser entsteht Wärme. Es wird Wärme freigesetzt, sobald wir in Kontakt damit kommen. Wir reagieren nämlich exotherm. Exotherm bezeichnet eine Reaktion, bei der Wärme freigesetzt wird. Da jedoch die Reaktivität von Lithi bis Kali ansteigt, hat das zur Folge, dass auch immer mehr Wärme freigesetzt wird. Wie wir eben sehen konnten, verläuft die Reaktion von Kali ja noch heftiger als die Reaktionen von Lithi und Natri mit Wasser“, antwortete das Cäsium.

„Ah, okay, das verstehe ich, Cäsi, aber warum findet denn nur eine Entzündung bei Kali statt und nicht bei den anderen beiden?“, fragte das Rubidium. „Du hast doch das Zischen gehört, oder? Das Zischen deutet auf was Bestimmtes hin. Hast du eine Idee?“, fragte das Cäsium das Rubidium.

Das Rubidium überlegte einen Moment und äußerte dann: „Hmm, ein Zischen könnte auf ein Gas hindeuten. Das ist doch genau wie beim Öffnen einer Wasserflasche, die mit Gas befüllt ist. Beim Öffnen zischt es doch, oder?“ „Das hast du richtig erkannt. Das Zischen deutet auf ein Gas hin. Wir reagieren nicht nur zu einem Alkalimetallhydroxid, sondern es entsteht dabei auch das Gas Wasserstoff. Und genau dieses Gas entzündet sich bei der Reaktion von Kali mit Wasser, da durch die hohe Reaktivität von Kali so viel Wärme freigesetzt wird. Bei Lithi und Natri reicht die freiwerdende Wärme hingegen nicht aus, um das Gas zu entzünden“, erklärte das Cäsium.

Das Rubidium denkt weiter: „Das heißt dann doch, dass bei uns Alkalien die Reaktion mit zunehmender Reaktivität immer heftiger wird und immer mehr Wärme frei wird. Das ist dann bei uns beiden bestimmt alles noch viel extremer.“

Das Rubidium hatte seinen letzten Satz gerade beendet, da packte das Cäsium es schon mit voller Erwartung: „Genau Rubi, wenn du ins Wasser kommst, dann haben wir...nein, dann habe ich noch viel mehr „Action“! Du bist nämlich noch reaktiver als die anderen, das weiß ich. Und ich, Cäsi, bin der reaktivste von allen“, freute sich das Cäsium.

In diesem Moment dachte ich nur, dass ich jetzt einschreiten und das Cäsium aufhalten müsste, da sonst in der Tat so richtig Action hier wäre und hier nicht mehr wirklich viel stünde. Es ist nämlich durchaus so, dass die Reaktivität deutlich zunimmt. Diese steigt von Lithium zu Cäsium hin an. Eine kleine Menge von Rubidium in Wasser würde schon zu einer Explosion führen.

Doch ehe ich es verhindern konnte, kam mein Lehrer rein und fragte, wo ich denn mit dem Schlüssel bliebe und warum ich so verwirrt guckte. Ich erwiderte, dass ich nur in Gedanken gewesen sei und ein bisschen vor mich hinträumte. Als wir dabei waren, aus dem Raum zu gehen, guckte ich nochmal zum Chemikalienschrank. Es war nichts mehr zu hören und zu sehen. Alles stand so, wie es immer gestanden hatte. Ich schüttelte verwirrt den Kopf und mir wurde klar, dass ich das alles wohl doch nur geträumt hatte...

Sachtext zu den Alkalimetallen

Die Alkalimetalle (Reschke et al., 2020)

Autor: Dr. Tim Reschke (Didaktik der Chemie, Universität Duisburg-Essen)

Die Alkalimetalle bilden eine Elementfamilie. Eine Elementfamilie umfasst Elemente mit sehr ähnlichen Eigenschaften. Zu dieser gehören die Elemente Lithium, Natrium, Kalium, Rubidium und Cäsium.

Alle Alkalimetalle sind sehr reaktiv. Sie reagieren sehr leicht mit dem Sauerstoff aus der Luft. Sie reagieren mit dem Sauerstoff zu Alkalimetalloxiden. Aus diesem Grund müssen sie unter Ausschluss der Luft aufbewahrt werden. So kann eine Reaktion mit dem Sauerstoff vermieden werden.

Daher werden Lithium, Natrium und Kalium in Behältern unter Paraffinöl aufbewahrt. Rubidium und Cäsium müssen sogar in luftdichten Glasampullen aufbewahrt werden. Die beiden sind am reaktivsten. Sie reagieren am heftigsten mit dem Sauerstoff aus der Luft.

Die Alkalimetalle reagieren ebenfalls sehr gut mit Wasser. Die Reaktion mit Sauerstoff und die Reaktion mit Wasser verlaufen stark exotherm. Exotherm bedeutet, dass bei der Reaktion Wärme freigesetzt wird.

Allgemein entstehen bei der Reaktion mit Wasser Alkalimetallhydroxide. Diese liegen in Wasser in gelöster Form vor. Man kann sie daher nicht mit dem bloßen Auge erkennen. Bei der Reaktion mit Wasser entsteht auch das Gas Wasserstoff. Das Gas verursacht das Zischen und die heftigen Hin-und-her-Bewegungen bei der Reaktion mit Wasser.

Gibt man zum Beispiel ein kleines Stück Lithium in Wasser, so beginnt eine Reaktion. Es zischt und das Lithium bewegt sich auf der Oberfläche des Wassers hin und her. Das Lithium reagiert zu Lithiumhydroxid. Dieses liegt nach der Reaktion in Wasser gelöst vor.

Die Reaktion von Natrium mit Wasser läuft ähnlich ab. Sie ist jedoch heftiger als die Reaktion von Lithium. Es zischt deutlich mehr und das Natrium bewegt sich viel schneller auf der Wasseroberfläche hin und her. Die Reaktion von Kalium mit Wasser verläuft noch heftiger. Bei der Reaktion wird so viel Wärme freigesetzt, dass diese ausreicht, um den entstehenden Wasserstoff zu entzünden. Bei der Reaktion von Lithium und Natrium reicht die freiwerdende Wärme hingegen nicht aus, um den entstandenen Wasserstoff zu entzünden.

Rubidium und Cäsium reagieren mit Wasser noch heftiger als Kalium. Bei den Reaktionen wird so viel Wärme freigegeben, dass die Reaktionen explosiv ablaufen. Die Reaktion von Cäsium verläuft jedoch noch heftiger als die Reaktion von Rubidium.

Grund dafür liegt in der Reaktivität. Diese steigt von Lithium zu Cäsium hin an. Mit zunehmender Reaktivität innerhalb der Alkalimetalle verlaufen die Reaktionen mit Wasser und mit Sauerstoff heftiger. Es wird mit zunehmender Reaktivität also immer mehr Wärme freigesetzt.

Umsetzung des Narrativs und interaktiver Elemente

Um mit den interaktiven Elementen des Serious Games interagieren zu können, braucht es eine Steuerung. Diese Steuerung wird dem*der Spieler*in beim Starten des Serious Games erklärt und ist in Abbildung 11 dargestellt.

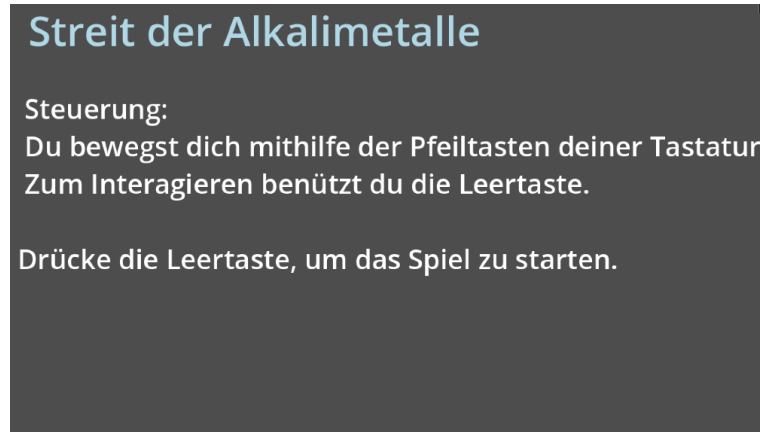


Abbildung 10: Startbildschirm mit Erklärung der Steuerung

Im Folgenden steht „Spieler*in“ für den*die Schüler*in, die das Spiel spielt und „Protagonist*in“ oder „Hauptfigur“ für den Charakter, den*die Schüler*in kontrolliert.

Der Beginn der Lesegeschichte wird nicht übernommen. Dem*der Spieler*in wird nicht vor dem Spiel erzählt, dass es sich um eine Nacherzählung einer anderen Person handelt. Im Serious Game erlebt der*die Spieler*in die danach folgenden Ereignisse selbst und wird den Ablauf steuern können. Eine Darstellung als Erzählung einer anderen Person widerspricht dem Autonomiegefühl. Zudem erlaubt eine Integration der Spielenden als Protagonist*in, dass Informationsaustausch in Gesprächen abläuft. Die Geschichte wird in medias res beginnen, indem der Hauptfigur einfällt, dass er*sie seine*ihre Sachen im Chemiesaal vergessen hat.

Die Alkalimetalle werden dem*der Spieler*in auch nicht einfach genannt. Nachdem die Alkalimetalle von der Lehrperson abgeprüft wurden, bekommt der*die Protagonistin den Schlüssel für den Chemiesaal. In Abbildung 12 wird der*die Protagonist*in während des Abprüfens dargestellt. Die Lehrperson fragt die Hauptfigur auch nach seinem*ihrer Gefühlszustand, um die Kriterien eines empathischen Charakters zu erfüllen. Der*die Spieler*in muss die Alkalimetalle dabei nicht bereits auswendig können. Wer nicht weiter weiß, kann die Alkalimetalle in einem Buch im Gang vor dem Chemiesaal nachlesen und erneut versuchen, den Schlüssel von der Lehrperson zu bekommen.

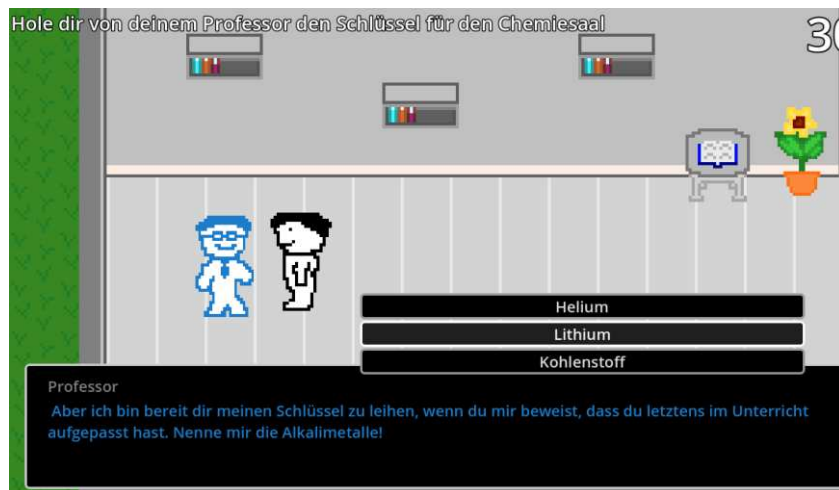


Abbildung 11: Darstellung des Abprüfens der Alkalimetalle im Serious Game

Der Hauptfigur wird die Fähigkeit gegeben, sich frei im Gang vor dem Chemiesaal und im Chemiesaal zu bewegen. Sobald er*sie zu seinen*ihrer vergessenen Sachen gelangt, kommt es zu einer weiteren Änderung der Geschichte. In der Lesegeschichte hört der*die Protagonist*in Stimmen aus dem Chemikalienschrank kommen. Die Stimmen genügen der Hauptfigur in der Lesegeschichte, um zum Schrank zu gehen. Um die Geschichte nun spielgerechter abzuwandeln, wird sie zielorientierter gestaltet. Das heißt, es soll ein klares Ziel für den*die Spieler*in geben werden. Da der*die Spieler*in bereits ein Ziel hat, die vergessenen Sachen zu holen, wird dieses Ziel als Hauptziel der Geschichte verwendet. Um das Ziel zu erreichen, werden die Sachen der Hauptfigur vor seinen*ihrer Augen von einer nicht identifizierbaren Gestalt gestohlen und die Gestalt flüchtet damit in den Chemikalienschrank. Diese diebische Gestalt ist in Abbildung 13 dargestellt.

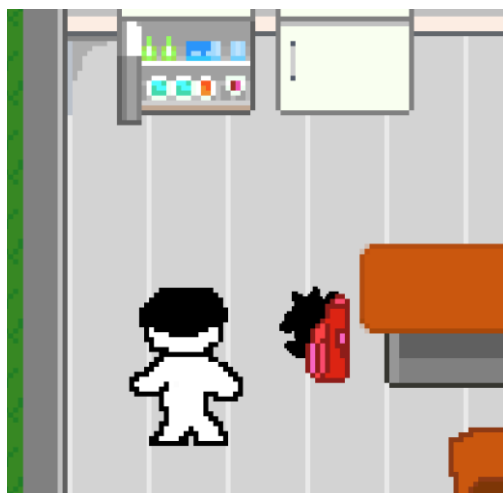


Abbildung 12: Darstellung des Diebstahls des Rucksacks von einem ungekannten Alkalimetall im Serious Game

Der Diebstahl sorgt dafür, dass der*die Spieler*in zum Chemikalienschrank gehen will. Das kann anhand der Game Discourse Analysis begründet werden. Der Diebstahl ist nach der Cognitive Task Analysis ein Ereignis, das von dem*der Spieler*in wahrgenommen wird. Diese Wahrnehmung initiiert, nach der Conceptual Dependency Theory, eine

interne Reaktion. Diese interne Reaktion auf den Diebstahl motiviert den*die Spieler*in zu der Handlung zum Chemikalienschrank zu gehen.

Entscheidet sich der*die Spieler*in dennoch nicht den Chemikalienschrank zu untersuchen und möchte den Saal verlassen, wird der*die Spieler*in darauf aus Perspektive der Hauptfigur hingewiesen, dass man die gestohlenen Sachen zurückerlangen müsse. Hier wird dem*der Spieler*in die Wahl genommen, den Saal zu verlassen. Das schränkt zwar die Entscheidungsfreiheit der Spieler*innen in Bezug auf das Spiel ein, jedoch kann die Geschichte nur weitergehen, wenn der*die Spieler*in den Chemikalienschrank weiter untersucht. Das ist eine klares Fallbeispiel des Spannungsfeldes Interaktivität gegen Erzählstruktur.

Ab dem Punkt, an dem der*die Spieler*in den Chemikalienschrank erreicht, muss eine Modifikation der Lesegeschichte vorgenommen werden, um die neuen interaktiven Elemente sinnvoll zu integrieren. In der Lesegeschichte folgt lediglich ein Zuschauen von Geschehnissen. Das widerspricht der interaktiven Natur von Spielen. Daher wird an diesem Punkt der*die Protagonist*in in den Chemikalienschrank teleportiert und geschrumpft. Damit wird auch der Fantasie-Kontext des Serious Games eingeführt – Erlebnisse in einer Miniaturwelt, dem Chemikalienschrank. Dieser Fantasie-Kontext hat mit den zu lernenden Inhalten zu tun und ist somit eine endogene Fantasie.

Der Chemikalienschrank ist nun eine neue Umgebung, in der sich der*die Protagonist*in frei bewegen kann. Der Chemikalienschrank wird in sechs Räume aufgeteilt. Der erste Raum ist der Vorraum, der Raum, der von außerhalb des Schranks zu sehen war. In diesem Raum startet der*die Protagonist*in, nachdem er*sie in den Chemikalienschrank teleportiert wurde. Dieser Raum dient vor allem der Lerninhaltsvermittlung bezüglich der Lagerung von Alkalimetallen und der Reaktivität mit Sauerstoff an der Luft.

Die Information über die Lagerung der Alkalielemente wird dabei auf verschiedene Spielsequenzen aufgeteilt. Wenn der*die Protagonist*in an leeren Behältern mit Paraffinöl vorbeigeht, erzählt der*die Protagonist*in über die Lagerung von Lithium, Natrium und Kalium. Diese Szene ist in Abbildung 14 dargestellt. Wenn der*die Protagonist*in an Glasampullen vorbeigeht, erzählt der*die Protagonist*in über die Lagerung von Rubidium und Cäsium. Durch diese Aufteilung auf verschiedene Spielsequenzen wird dieser Teil der Lesegeschichte als eine zerstreute Handlung umgesetzt. Die leeren Aufbewahrungsgefäße dienen zudem als Hinweis darauf, dass die Alkalimetalle sich an einem anderen Ort im Chemikalienschrank befinden und von dem*der Spieler*in gefunden werden müssen.



Abbildung 13: Darstellung der Vermittlung über Lagerung der Alkalimetalle im Serious Game

Der zweite Raum beinhaltet ein Wasserbecken und „Lithium“, genannt Lithi. Hier wird dem*der Spieler*in die Hauptspielmechanik vermittelt. Die Hauptspielmechanik besteht darin, Alkalimetalle in Wasserbecken zu stoßen. Diese Spielmechanik stellt eine intrinsische Integration des Lerninhalts dar, da die chemische Reaktion durch den Kontakt der Alkalimetalle mit Wasser ausgelöst wird. Wird Lithi angesprochen, erklärt Lithi kurz, dass es seinen Besitz verloren hätte, wenn es ins Wasser gestoßen worden wäre. Damit wird dem*der Spieler*in indirekt erklärt, dass er*sie durch das Stoßen von Alkalimetallen ins Wasser Dinge von ihnen erlangen kann. Damit diese Erklärung nicht aus dem Nichts kommt, wird dem*der Spieler*in noch beim Beobachten des Chemikalienschrank von außen (frühere Szene) vermittelt, wie der*die Protagonist*in aus dem Chemikalienschrank Stimmen hört. Diese Stimmen beschreiben, wie jemand gerade gestoßen wurde.

Die Konversation mit Lithi geht in einen verzweigten Handlungsstrang über. Mit dem verzweigten Handlungsstrang wird ein interaktives Narrativ erzielt, das dem*der Spieler*in Agency gibt. Der*die Spieler*in hat die Möglichkeit, zwischen drei Konversationssträngen zu wählen.

- Im ersten Konversationsstrang beschuldigt der*die Protagonist*in Lithi des Diebstahls, da Lithis Silhouette Ähnlichkeiten mit der diebischen Gestalt hat. Daraufhin flieht Lithi vor der Hauptfigur. Läuft der*die Protagonist*in gegen das Alkalimetall, wird es eine kleine Distanz gestoßen. Stößt der*die Protagonist*in Lithi ins Wasser, reagiert das Alkalimetall mit Wasser. Es bewegt sich schnell auf der Wasseroberfläche hin und her und verschwindet unter Entwicklung von Gasbläschen nach und nach im Wasser. Daraufhin kommt Natri in den Raum und erklärt der Hauptfigur den Reaktionsablauf.
- Im zweiten Konversationsstrang wird Lithi um Hilfe gebeten. Lithi vermutet aufgrund einer Beschreibung der Gestalt um welches Alkalimetall es sich bei der diebischen Gestalt handeln könnte. Unabhängig von der Antwort schlägt Lithi vor,

das Stoßen ins Wasser zu üben und erstellt dazu eine Kopie von sich. Nachdem der*die Protagonist*in die Kopie ins Wasser gestoßen hat, erklärt das originale Lithi der Hauptfigur den Reaktionsablauf. Anschließend begleitet das Alkalimetall die Hauptfigur.

- Im dritten Konversationsstrang fragt der*die Protagonist*in nur nach Lithis Gefühlszustand, um einen empathischen Charakter zu schaffen. Danach mündet der dritte Erzählstrang in einen der ersten beiden Erzählstränge.

Diese verzweigten Konversationsstränge sind in Abbildung 15 dargestellt. Wesentlich bei dieser Darstellung eines verzweigten Narratives ist, dass in jedem Handlungsstrang die fachlichen Inhalte des Sachtextes vermittelt werden. In jedem der drei Konversationsstränge erfährt der*die Spieler*in, was bei der Reaktion von Lithium mit Wasser geschieht. Im Verlauf der Geschichte wurde demnach bei Verzweigungen immer darauf geachtet, dass jedenfalls die fachlichen Inhalte des Sachtextes vermittelt werden.

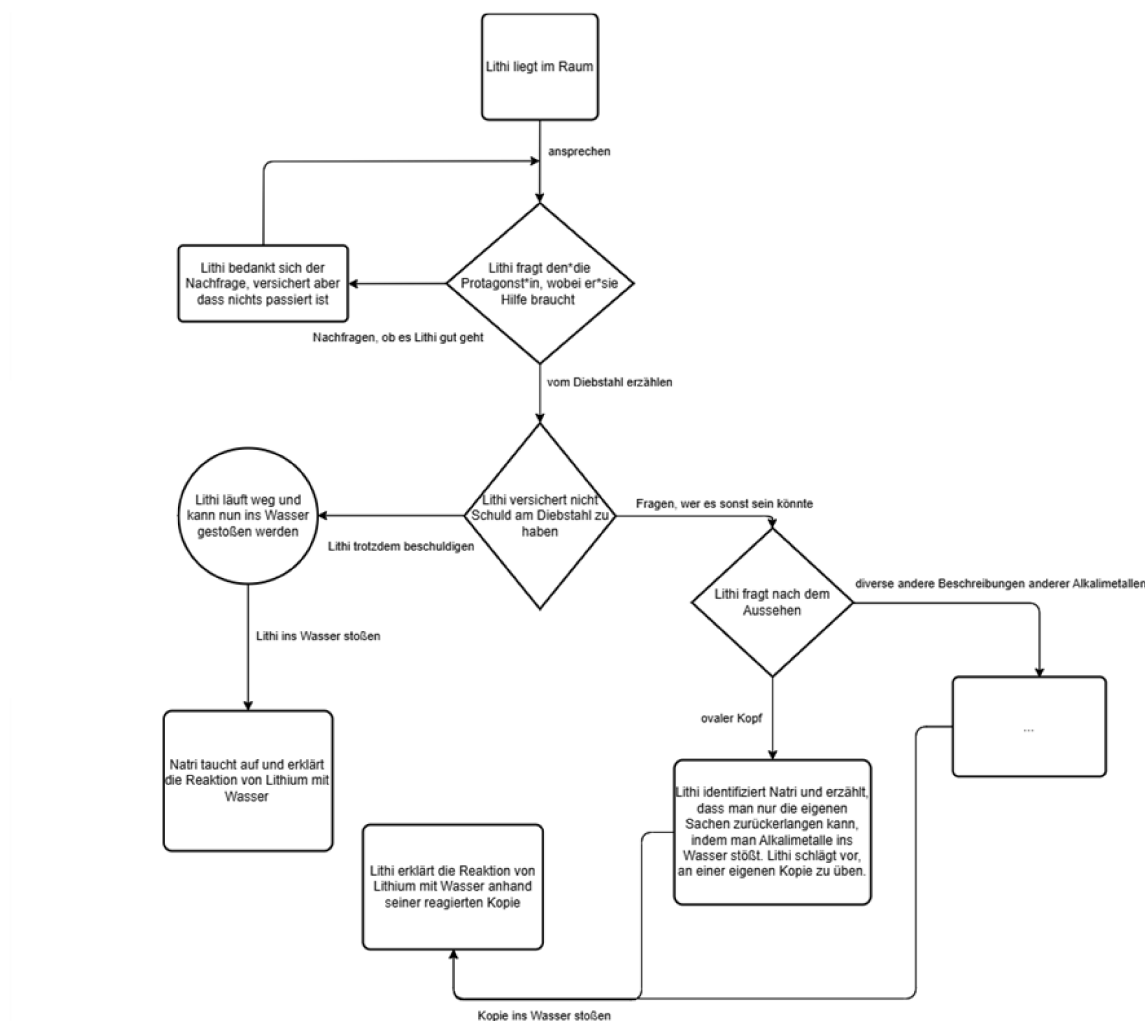


Abbildung 14: Schematische Darstellung von verzweigten Handlungssträngen im Serious Game am Beispiel der Konversationsmöglichkeiten mit Lithi

Folgende Entscheidungen wurden getroffen, sodass der*die Spieler*in bedeutsame Entscheidungen treffen kann und dennoch alle fachlichen Inhalte des Sachtextes vermittelt bekommt:

- Der*die Spieler*in hat bei jedem Alkalimetall (außer Cäsium) die Wahl sich anzufreunden und eine Kopie des Alkalimetalls ins Wasser zu stoßen oder das Alkalimetall des Diebstahls zu beschuldigen und das originale Alkalimetall ins Wasser zu stoßen.
- Wird nur die Kopie ins Wasser gestoßen und der*die Protagonist*in hat noch keine*n Begleiter*in, begleitet das nun befreundete Alkalimetall die Hauptfigur. Durch diese*n Begleiter*in wird sichergestellt, dass sich immer ein Charakter mit der Hauptfigur im Raum befindet, in dem eine chemische Reaktion stattfindet. Dieser Charakter erklärt der Hauptfigur dann den Reaktionsablauf.
- Wird die Kopie ins Wasser gestoßen und der*die Protagonist*in hat schon eine*n Begleiter*in, erhält der*die Protagonist*in eine Fähigkeit, um die anderen Alkalimetalle leichter ins Wasser stoßen zu können. Diese Fähigkeiten sind simpel gestaltet, beispielsweise verleiht Kali schnelleres Bewegungstempo für den*die Protagonist*in.
- Wird das beschuldigte, originale Alkalimetall ins Wasserbecken gestoßen, erhält der*die Protagonist*in dementsprechend keine Fähigkeit. Entweder der*die Begleiter*in erklärt den Reaktionsablauf oder, falls es noch keine*n Begleiter*in gibt, kommt ein Alkalimetall in den aktuellen Raum gelaufen und erklärt den Reaktionsablauf.
- Dem*der Spieler*in wird die Wahl gelassen, in welcher Reihenfolge Natri, Kali und Rubi ins Wasser gestoßen werden. Lithi wird als erstes gestoßen, Cäsi als letztes.
- Lithi besitzt den Schlüssel für die weiteren Räume. Dadurch wird sichergestellt, dass Lithi oder Lithis Kopie zuerst ins Wasser gestoßen wird. Damit erlernt der*die Spieler*in einerseits das Ins-Wasser-Stoßen anhand von Lithi, das im Spiel am langsamsten sein wird. Andererseits wird dadurch sichergestellt, dass der*die Spieler*in nicht direkt zu Cäsi gehen kann.
- Da Cäsi die diebische Gestalt ist, darf der*die Protagonist*in Cäsi erst zum Schluss aufsuchen. Würde der*die Protagonist*in schon frühzeitig seine*ihre gestohlenen Sachen zurück erlangen, gäbe es keinen Grund mehr die anderen Alkalimetalle aufzusuchen. In diesem Fall würde der*die Spieler*in nicht alle Reaktionsabläufe sehen und Fachinhalte verpassen. Daher wird immer, wenn der*die Protagonist*in Cäsis Raum betreten möchte, das begleitende Alkalimetall der Hauptfigur daran hindern. Auch das ist wieder ein Fallbeispiel des Spannungsfeldes Interaktivität gegen Erzählstruktur.

Die weiteren Räume sind ähnlich gestaltet. Jeder Raum besitzt ein Wasserbecken im Zentrum und ein Alkalimetall, mit dem auf ähnliche Weise interagiert werden kann.

Das Spiel endet nach der Interaktion mit Cäsi. Dabei können die gestohlenen Sachen der Hauptfigur zurückerlangt werden oder nicht. Insgesamt gibt es dadurch 60 mögliche Spielabläufe, die sich mehr oder weniger voneinander unterscheiden.

Weitere Änderungen zum Narrativ betreffen das gestohlene Gut. Der*die Protagonist*in hat im Serious Game seinen*ihrer Rucksack im Chemiesaal vergessen. Dadurch werden Deutschland- und Österreich-spezifische Begriffe wie Federtasche, Federmappe oder Federpennal umgangen.

Skript zur Usability-Studie

Willkommen zur Usability-Studie zu meinem Lernspiel über Alkalimetalle. Ziel dieser Studie ist es, die Benutzer*innenfreundlichkeit des Spiels zu evaluieren. Dabei möchten wir herausfinden, wie verschiedene benutzer*innenrelevante Ereignisse die Teilnehmer*innen beeinflussen.

Während des Spiels bitte ich Sie, auf verschiedene Ereignisse zu achten, die folgende Reaktionen bei Ihnen ausgelöst haben:

- **Spieleinlernen:** Sie finden heraus, wie Sie eine Aktion ausführen können, die vorher unklar war.
- **Verwirrt:** Sie wissen nicht, wie Sie eine Aktion ausführen sollen, interpretieren Anweisungen falsch und/oder wissen nicht, was Sie tun sollen.
- **Nachdenken:** Sie halten inne oder fragen sich, was Sie als nächstes tun sollen. Anders als wenn Sie verwirrt sind und nicht wissen, was Sie tun sollen, zeigen nachdenkliche Ereignisse an, dass Sie innehalten, um Aktionspläne innerhalb des Spielraums zu erstellen.
- **Zufrieden/aufgeregt:** Sie zeigen eine bemerkenswert positive Reaktion.
- **Angenehm frustriert:** Sie drücken Ihre Frustration auf eine positive Art und Weise aus. Dieses Gefühl entsteht, wenn sich Herausforderungen schwer, aber machbar anfühlen.
- **Frustriert:** Sie äußern oder zeigen negative Gefühle, weil sich eine Herausforderung schwer und nicht machbar anfühlt. Ein frustrierendes Ereignis drängt Sie dazu, das Spiel zu beenden.
- **Irritiert:** Sie führen eine Aufgabe im Spiel ordnungsgemäß aus (Sie wissen, wie man die Aktion ausführt), fühlen sich aber nicht wohl dabei, sie ausführen zu müssen.
- **Nicht fortfahren können:** Es handelt sich um ein Ereignis, bei dem Sie definitiv feststecken und/oder ohne die Hilfe des Forschers nicht mehr weitermachen können.

In diesem Lernspiel werden Sie in die faszinierende Welt der Alkalimetalle eintauchen. Sie werden Aufgaben meistern, die Ihnen helfen, mehr über Alkalimetalle zu erfahren.

Das Spiel wird **5-10 Minuten** in Anspruch nehmen. Bitte spielen Sie das Lernspiel **2-3-mal** und ergänzen nach jedem Spieldurchlauf wahrgenommene Emotionen und Gedanken im Fragebogen.

Ich danke Ihnen für Ihre Teilnahme und Ihre wertvollen Rückmeldungen, die mir helfen werden, das Spielerlebnis weiter zu verbessern.

Fragenbogen zur Usability-Studie

Vielen Dank, dass Sie mein Lernspiel über Alkalimetalle getestet haben! Ihre Teilnahme und Ihr Feedback sind für mich von großer Bedeutung. Ihre Antworten helfen mir, besser zu verstehen, wie Sie das Spiel erlebt haben und welche Emotionen und Gedanken während des Spielens aufgetreten sind. Bitte seien Sie ehrlich und detailliert in Ihren Antworten, da Ihre Rückmeldungen direkt in die Weiterentwicklung des Spiels einfließen werden.

Nochmals vielen Dank für Ihre Zeit und Unterstützung!

Haben Sie während des Spielens „Spielen erlernen“ gefühlt? Ja ☐ Nein ☐

Falls ja, wie oft ist dieser Fall aufgetreten? ____

Bitte erläutern Sie diesen Fall/diese Fälle in kurzen Sätzen genauer:

Haben Sie sich während des Spielens verwirrt gefühlt? Ja ☐ Nein ☐

Falls ja, wie oft ist dieser Fall aufgetreten? ____

Bitte erläutern Sie diesen Fall/diese Fälle in kurzen Sätzen genauer:

Haben Sie während des Spielens Momente des Nachdenkens gehabt?

Ja O Nein O

Falls ja, wie oft ist dieser Fall aufgetreten? ____

Bitte erläutern Sie diesen Fall/diese Fälle in kurzen Sätzen genauer:

Haben Sie sich während des Spielens zufrieden/aufgeregt gefühlt? Ja O Nein O

Falls ja, wie oft ist dieser Fall aufgetreten? ____

Bitte erläutern Sie diesen Fall/diese Fälle in kurzen Sätzen genauer:

Haben Sie sich während des Spielens angenehm frustriert gefühlt? Ja O Nein O

Falls ja, wie oft ist dieser Fall aufgetreten? ____

Bitte erläutern Sie diesen Fall/diese Fälle in kurzen Sätzen genauer:

Haben Sie sich während des Spielens frustriert gefühlt? Ja ☐ Nein ☐

Falls ja, wie oft ist dieser Fall aufgetreten? ____

Bitte erläutern Sie diesen Fall/diese Fälle in kurzen Sätzen genauer:

Haben Sie sich während des Spielens irritiert gefühlt? Ja ☐ Nein ☐

Falls ja, wie oft ist dieser Fall aufgetreten? ____

Bitte erläutern Sie diesen Fall/diese Fälle in kurzen Sätzen genauer:

Konnten Sie während des Spielens nicht mehr fortfahren? Ja ☐ Nein ☐

Falls ja, wie oft ist dieser Fall aufgetreten? ____

Bitte erläutern Sie diesen Fall/diese Fälle in kurzen Sätzen genauer:

*Haben Sie während des Spielens eine Reaktion gehabt,
die zu keinem anderen Ereignis zugeordnet werden kann?*

Ja ☐ Nein ☐

Falls ja, wie oft ist dieser Fall aufgetreten? ____

Bitte erläutern Sie diesen Fall/diese Fälle in kurzen Sätzen genauer:

*Falls Sie noch Empfehlungen oder Kommentare bezüglich des Spiels haben, bitte ich Sie,
diese hier zu erläutern:*

Vielen Dank, dass Sie sich die Zeit genommen haben, den Fragebogen auszufüllen. Ihre Rückmeldungen werden mir dabei helfen, das Lernspiel weiter zu verbessern!