



UNIVERSITÄT ZU LÜBECK

**Aus dem Institut für Telematik  
der Universität zu Lübeck  
Direktor: Prof. Dr. Stefan Fischer**

# **Ambient Serious Games**

**Befähigung smarterer Umgebungen zur Ausführung von  
räumlich verteilten Lernspielen in der Hochschullehre**

Inauguraldissertation  
zur  
Erlangung der Doktorwürde  
der Universität zu Lübeck  
Aus der Sektion Informatik/Technik

vorgelegt von  
Lea Brandl  
aus Backnang

Lübeck, 2025



1. Berichtstatter: Prof. Dr.-Ing. Andreas Schrader

2. Berichtstatter: Prof. Dr. phil. André Calero Valdez

Tag der mündlichen Prüfung: 30. Oktober 2025

Zum Druck genehmigt: Lübeck, den 25. November 2025



*Für Buba*



# Danksagung

Ich möchte mich an dieser Stelle bei allen bedanken, die mich in direkter oder indirekter Weise bei der Erstellung dieser Arbeit unterstützt haben.

Mein Dank gilt zunächst meinem Doktorvater Andreas Schrader, der mich in den vergangenen fünf Jahren stets begleitet hat. Ohne deine kreativen Impulse hätte ich mich nie dem Bereich der Serious Games zugewandt, und diese Dissertation wäre nicht entstanden. Du hast mir die Möglichkeit gegeben, mich fachlich wie persönlich weiterzuentwickeln und Ambient Serious Games Wirklichkeit werden zu lassen.

Großer Dank gebührt auch Børge Kordts. Als Postdoc unserer Arbeitsgruppe und verbliebener Experte für Reflection hast du mich jederzeit in einer Weise unterstützt, die alles andere als selbstverständlich ist. Ohne deine Hilfe und die Bereitschaft, Reflection gemeinsam weiterzuentwickeln, wäre die Referenzimplementierung nicht möglich gewesen. Als mein Verlobter kann ich mich gar nicht genug für deinen Rückhalt bedanken. Du warst und bist an meiner Seite – in allen schwierigen Phasen dieser Promotion. Du hast mich bestärkt, aufgebaut und nie den Glauben an mich verloren. Ich bin dankbar, dass du Teil meines Lebens geworden bist und es bleiben möchtest.

Meiner Familie – Doris, Tille und Maiko – sowie meinen Freunden möchte ich ebenfalls von Herzen danken. Ihr seid immer für mich da gewesen, habt mich aufgefangen und ermutigt, wann immer es nötig war. Besonders danken möchte ich Birk, Frederike, Friederike, Jakob, Johanna, Moritz und Nina. Ihr habt Lübeck zu einem Zuhause gemacht und seid zu einer Familie geworden, die ich nicht missen möchte. Danke für eure Herzlichkeit und eure Unterstützung in den vergangenen Jahren.

Ich möchte die Gelegenheit nutzen, mich auch bei Monika Pobiruchin und Martin Wiesner zu bedanken, ohne die ich den Weg in die Wissenschaft vermutlich nie eingeschlagen hätte. Ihr habt mir das Rüstzeug vermittelt, eine Promotion erfolgreich zu bewältigen. Monika, du warst über meine Masterarbeit hinaus eine wichtige Mentorin und wirst mir immer ein Vorbild bleiben.

Abschließend gilt mein Dank meinen Kolleginnen und Kollegen. Besonders erwähnen möchte ich Susan, Ian und Nils für ihre Unterstützung bei der Korrektur dieser Arbeit. Außerdem danke ich allen Studierenden, die meine Forschung in den letzten Jahren auf vielfältige Weise bereichert haben. Mein besonderer Dank geht an jene, die sich bereit erklärt haben, an Evaluationen teilzunehmen.



## Zusammenfassung

Aktivierende Lehrmethoden und Lernspiele können nachweislich die Motivation und den Lernerfolg von Studierenden fördern, werden jedoch im Hochschulkontext bisher selten eingesetzt. Technologien wie das *Internet of Things* bieten dabei Möglichkeiten, Lehrmethoden digital anzureichern. Um digitale, adaptive und interaktive Lernspiele in smarten Umgebungen leichter zugänglich zu machen, zielt diese Arbeit auf die Umsetzung eines Frameworks zur Erstellung von räumlichen Lernspielen. Dazu wird nach umfassender Analyse der Begriff *Ambient Serious Games* definiert. Darunter werden Spiele verstanden, die eine Synthese zwischen smarter Umgebung und digitalisierter, lernendenorientierter Lehre bilden und dabei ein ernsthaftes Ziel verfolgen. Des Weiteren beschreibt diese Arbeit die Analyse von Spielertypen und passenden Mechaniken in einer repräsentativen Studie an der Universität zu Lübeck. Zudem wird eine systematisierte Literaturrecherche dargestellt, die sich mit der Digitalisierung von Serious Games im digitalen Wandel der Hochschullehre befasst. Die erfolgte Analyse resultiert im Konzept eines umfassenden Frameworks zur Erstellung von Ambient Serious Games für den Hochschulkontext. Das Framework ist in der Lage, anhand einer Spielbeschreibung, verfügbarer smarter Objekte sowie Übungen aus Lernmanagementsystemen Spiele zu generieren und im Raum auszuliefern. Diese passen sich während der Spieldurchführung weiter an die Nutzer\*innen an. Die Kernkomponente dieses Konzepts ist in einer Referenzimplementierung umgesetzt, wobei der Fokus auf die Generierung und Auslieferung der Spiele gelegt wird. Das Ergebnis wurde in einer mehrstufigen Evaluation untersucht. Es wurde eine technische Evaluation zur Laufzeit durchgeführt, die zeigte, dass die Generierung bei realistischen Spielumfängen in ausreichender Geschwindigkeit erfolgt. Außerdem wurde die Nutzererfahrung mit exemplarisch generierten und heuristisch evaluierten Spielen untersucht. Diese zeigte sich positiv, wobei Zufriedenheit mit den Spielen festgestellt werden konnte und die Studierenden insbesondere auch Spaß empfanden. Die generierten Spiele kommen also grundsätzlich infrage, um in der Lehre eingesetzt zu werden. Ein Nutzen bezüglich motivierender Effekte oder Lernleistung muss zukünftig noch untersucht werden.

## Abstract

Activating teaching methods and educational games have been shown to enhance student motivation and learning outcomes. However, they are still rarely used in higher education. Technologies such as the *Internet of Things* offer opportunities to enrich teaching methods digitally. To make digital, adaptive, and interactive educational games in smart environments more accessible, this work focuses on developing a framework for creating spatial learning games. Following a thorough analysis, the term *Ambient Serious Games* is defined. These games combine smart environments with digital, learner-centered teaching and pursue a serious educational purpose. This work also presents an analysis of player types and suitable game mechanics, based on a representative study conducted at the University of Lübeck. In addition, a systematic literature review explores the digital transformation of serious games in higher education. The analysis leads to the concept of a comprehensive framework for creating Ambient Serious Games in the academic context. The framework generates and deploys games based on a game description, available smart devices, and exercises from learning management systems. During gameplay, the games dynamically adapt to individual users. The core component of this concept has been implemented in a reference application, with a focus on game generation and delivery. A multi-stage evaluation assessed the system's effectiveness. A runtime performance test confirmed that the framework generates games quickly enough for realistic use cases. Additionally, user feedback on example games – generated by the system and evaluated heuristically – was positive. Students reported satisfaction and enjoyment. These results suggest that the generated games are suitable for use in teaching. However, future research must investigate their potential impact on motivation and learning outcomes.

# Inhaltsverzeichnis

<b>Publizierte Inhalte</b>	<b>xv</b>
<b>1 Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1 Motivation . . . . .	2
1.2 Struktur der Arbeit . . . . .	4
1.3 Wissenschaftlicher Beitrag . . . . .	6
<b>I Serious Games in smarten Umgebungen</b>	<b>9</b>
<b>2 Serious Games</b>	<b>11</b>
2.1 Definition . . . . .	11
2.2 Serious Games in der Education 4.0 . . . . .	14
2.3 Digitale Ethik in Spielen . . . . .	23
<b>3 Spielertypen</b>	<b>25</b>
3.1 Modelle . . . . .	25
3.2 Nutzeranalyse . . . . .	38
<b>4 Hochschullehre und Didaktik</b>	<b>45</b>
4.1 Übungen in der Hochschullehre . . . . .	45
4.2 Lernpsychologie und Didaktik . . . . .	51
4.3 Fazit . . . . .	56
<b>5 Spiele in smarter Umgebung</b>	<b>59</b>
5.1 Smarte Umgebungen . . . . .	59
5.2 Ambient Serious Games . . . . .	62
5.3 Anforderungsanalyse und Soll-Szenario . . . . .	65
<b>II Werkzeuge zur Erzeugung von     <i>Ambient Serious Games</i></b>	<b>73</b>
<b>6 Technische Analyse</b>	<b>75</b>
6.1 Herausforderungen und Potentiale . . . . .	75
6.2 Verwandte Arbeiten zu technischen Aspekten . . . . .	78

6.3	Vernetzung von ambienten Anwendungen und Geräten . . . .	89
<b>7</b>	<b>Konzept</b>	<b>97</b>
7.1	Kontext . . . . .	97
7.2	Spielablauf . . . . .	98
7.3	Ambientes Lernmanagementsystem (aLMS) . . . . .	106
7.4	Spieleditor und Generator . . . . .	108
7.5	Raum und smarte Geräte . . . . .	125
7.6	Chatbots und generative Künstliche Intelligenz (KI) . . . . .	127
7.7	Unter- und Überforderung vermeiden . . . . .	128
7.8	Spielnachbereitung und Übungsergebnisse . . . . .	129
7.9	Datenschutz . . . . .	130
 <b>III Referenzimplementierung und Evaluation</b>		<b>133</b>
<b>8</b>	<b>Referenzimplementierung</b>	<b>135</b>
8.1	Implementierung des aLMS . . . . .	136
8.2	Spielmodul . . . . .	140
8.3	Raummodul . . . . .	152
8.4	KI-Modul . . . . .	161
<b>9</b>	<b>Evaluation</b>	<b>163</b>
9.1	Technische Evaluation der Generierung . . . . .	164
9.2	Spielgestaltung . . . . .	171
9.3	Heuristische Evaluationen . . . . .	183
9.4	Heuristische Evaluation der generierten Spiele . . . . .	191
9.5	Summative Evaluation der Spiele . . . . .	197
9.5.1	Ergebnisse und Interpretation . . . . .	199
<b>10</b>	<b>Diskussion</b>	<b>213</b>
10.1	Weitere Implementierung . . . . .	217
10.2	Wissenschaftliche Grundlage . . . . .	219
10.3	Übertragbarkeit . . . . .	220
 <b>Literaturverzeichnis</b>		<b>223</b>
 <b>Abkürzungsverzeichnis</b>		<b>267</b>
 <b>Abbildungsverzeichnis</b>		<b>269</b>
 <b>Tabellenverzeichnis</b>		<b>271</b>
 <b>Quellcodeverzeichnis</b>		<b>273</b>

<b>Anhang</b>	<b>275</b>
A Ergebnisdaten der Spielertypenanalyse	277
B Interviewleitfaden und Transkripte	279
C Audio- und Videoskripte	281
D Heuristische Evaluation der Spielkonzepte	287
E Heuristische Evaluation des Prototypen	305
F Summative Evaluation des Prototypen	319
G Szenario für ein mobiles Multiuser Ambient Serious Game	329



## Publizierte Inhalte

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurden folgende Inhalte bereits publiziert.

### **Spielertypenanalyse der Studierenden der Gesundheitswissenschaften**

Teile des Kapitel 3 wurden bereits in folgendem Beitrag veröffentlicht:

Brandl LC, Schrader A. Clustering on Player Types of Students in Health Science - Trial and Data Analyses. Stud Health Technol Inform. 12. September 2023;307:89–95.

Dies betrifft Methodik und Studienanteile zu den Studierenden der Medizin und Gesundheitswissenschaften, die Erhebung der Daten und deren Verteilung in Spielerprofilcluster, welche ausschließlich unter Berücksichtigung der Daten von Studierenden der Medizin und Gesundheitswissenschaften gebildet wurden. Zudem gibt es geringe Überschneidungen zwischen der Einleitung der Veröffentlichung und der Einleitung dieser Arbeit.

### **Spielertypenanalyse und Mechaniken**

Teile des Kapitel 3 wurden bereits in folgendem Beitrag veröffentlicht:

Brandl LC, Schrader A. Student Player Types in Higher Education – Trial and Clustering Analyses. Education Sciences. April 2024;14(4):352.

Dies betrifft Methodik und Studienanteile zu den Spielertypenanalyse und Clusterbildung, nicht aber die Berechnung und Beurteilung der Mechaniken, allerdings Teile der abschließenden Diskussion des Abschnitts 3.1. Zudem gibt es geringe Überschneidungen zwischen der Einleitung der Veröffentlichung und der Einleitung dieser Arbeit.

## **Serious Game im Kontext Education 4.0**

Teile des Abschnitt 2.2 des Kapitel 2 wurden bereits in folgendem Beitrag veröffentlicht:

Brandl LC, Schrader A. Serious Games in Higher Education in the Transforming Process to Education 4.0 – Systematized Review. *Education Sciences*. März 2024;14(3):281.

Dies betrifft den vollständigen Abschnitt der systematisierten Literaturrecherche. Zudem gibt es Überschneidungen zwischen der Einleitung des Papers und der Einleitung dieser Arbeit.

## **Related Work zu Ambient Serious Games**

Das in Abschnitt 5.2 vorstellte Spiel von Stoldt et al. wurde im Rahmen einer von der Autorin wissenschaftlich begleiteten Masterarbeit entwickelt und in folgender Publikation veröffentlicht:

Stoldt F, Brandl LC, Schrader A. Pervasive Serious Game for Exam Preparation: Exploring the Motivational Effects of Game Narratives. In: Haahr M, Rojas-Salazar A, Göbel S, Herausgeber. *Serious Games*. Cham: Springer Nature Switzerland; 2023. S. 439–46.

## **Herausforderungen der Ambient Serious Games**

Ausschnitte der Arbeit hinsichtlich der Definition von Ambient Serious Games (siehe 5.2), sowie Herausforderungen bei der Implementierung von Ambient Serious Games in Kapitel 6.1 wurden bereits in folgendem Beitrag veröffentlicht:

Brandl LC, Kordts B, Schrader A. Technological Challenges of Ambient Serious Games in Higher Education. In: Kriglstein S, Wintersberger P, Herausgeber. *Proceedings of the MuM'23 Workshops on Making a Real Connection and Interruptions and Attention Management*. Vienna, Austria: CEUR; 2023. (CEUR Workshop Proceedings; Bd. 3712).

Dies betrifft die vollständige Definition von Serious Games sowie die Herausforderungen zu technischer Ausstattung, neuen Lernobjekten und Spielanleitungen. Zudem gibt es Überschneidungen zwischen der Einleitung der Veröffentlichung und der Einleitung dieser Arbeit.

## Anforderung an Ambient Serious Games

Abschnitte der Arbeit überschneiden sich mit der folgenden Veröffentlichung:

Towards Ambient Serious Games in Higher Education – Vision, Requirements and technical Solutions. Eingereicht bei Human Computer Interaction International, Conference, Göteborg, 2025.

Dies betrifft Aspekte aus Kapitel 4, insbesondere die Abschnitte Lernpsychologie und Didaktik, Lerntypen, Emotionen und Affective Computing und Flow. Außerdem die Abschnitte Smarte Umgebungen in der Hochschullehre, Szenario Ambienter Lernraum und Userstories und Anforderungen. Sowie Aspekte aus dem Abschnitt 6.1, welche mögliche Lösungen für die aufgestellten Anforderungen darstellen.

## Implementierung

Teile der Referenzimplementierung nutzen oder erweitern das **Reflection-Framework** von Kordts et al. und Burmeister et al. Die Implementierung der Feedback-Lampen, sowie Teile der smarten Hintergrundbeleuchtung entstammen der Referenzimplementierung des Framework und wurden nicht durch die Autorin der Arbeit implementiert. Das Heraufstufen von Anwendungen (App-Management) und die Orchestrierung wurden in Zusammenarbeit mit Kordts konzipiert und von diesem vollständig implementiert.

Das Konzept des App-Management, sowie die Vorstellung der umgesetzten Softwarelösung ist publiziert als:

Kordts B, Brandl LC, Schrader A. Managing self-explaining ambient applications. *Front Internet Things*. August 2025;4:1623733.

Des Weiteren ist die Orchestrierung von Ambienten Anwendungen, sowie der Ergebnisse der Evaluation zur Wahrnehmung des technischen Aufbaus veröffentlicht in:

Kordts B, Brandl LC, Schrader A. Orchestrating and Choreographing Distributed Self-Explaining Ambient Applications. *Network*. September 2025; 5(3):40.

## **Spielgestaltung und heuristische Evaluation**

Abschnitte dieser Arbeit zur Spielgestaltung und den Ergebnissen der beiden heuristischen Evaluationen wurden bereits in folgendem Beitrag veröffentlicht:

Brandl LC, Schrader A. Realizing Ambient Serious Games in Higher Education—Concept and Heuristic Evaluation. Trends in Higher Education. September 2025;4(3):52.

Dies betrifft den Abschnitt zu Frageformen in 4.1, die Spielbeschreibungen in Abschnitt 9.2 sowie die Ergebnisse beider heuristischer Evaluationen in Abschnitt 9.3

# 1 Einleitung

Der potenzielle Nutzen von Serious Games im Bildungsbereich ist bereits durch diverse Studien belegt worden [1, 2, 3, 4]. Auch im Bereich der Hochschullehre gibt es bereits Fallbeispiele, die über positive Outcomes beim Einsatz von Serious Games berichten. Doch wie in der Industrie gibt es auch im Bildungswesen Änderungen, welche die Strukturierung und Digitalisierung betreffen [5]. Unter dem Begriff Education 4.0 wird eine Transformation beschrieben, deren Ziel es ist mittels moderner Technologien an Schüler oder Studenten individuell angepasste Inhalte zu vermitteln [6]. Von der Verwendung von VR-Brillen für die Durchführung von Serious Games wird bereits berichtet [7, 8]. In Hinblick auf neue Technologien können sie als erster Schritt in Richtung Education 4.0 interpretiert werden. Doch im Hinblick auf Internet of Things (IoT) oder Natürliche Nutzerschnittstellen, beispielsweise in Form von haptischen Schnittstellen, sind noch andere Ansätze denkbar, wie beispielsweise unter dem Schlagwort *Pervasive University* beschrieben [9].

Der von Tavangarian und Lucke [9] definierte Begriff beschreibt eine universitäre Umgebung, die durch Anreicherung von Computern zu einer smarten Umgebung transformiert wird. Pervasive University bedient sich, wie der Name ausdrückt, dem Konzept des Pervasive Computings, welches ähnlich dem Ubiquitous- oder Ambient Computing vorsieht, dass Rechner in eine reale Umgebung eingebettet werden und somit den Funktionsumfang einer Umgebung im wahrnehmbaren sowie unsichtbaren Rahmen erweitern. Die Umgebung wird durch diese Erweiterung smart und kann Nutzer unterstützen [9, 10, 11]. Lucke et al. nennen bereits Beispiele für Serious Games in einer pervasiven Universität, die sich allerdings weniger auf den Einsatz moderner Technologien beziehen, sondern den ambienten Anteil in der Standorterfassung des Nutzers sehen [12]. Wie ein Serious Game in der Hochschullehre, das die Mittel des ambient Computing weiter ausschöpft, gestaltet und implementiert werden kann stellt in diesem Kontext eine offene Forschungsfrage dar.

Als Vision betrachtet sieht Education 4.0 eine individuell angepasste Lehre vor, die durch moderne Technologien bereitgestellt werden soll [6]. Diese Eigenschaften finden sich ebenfalls im von Tavangarian und Lucke skizzierten Konzept. Es erscheint also naheliegend, mit Mitteln der smarteren Umgebung angereicherter Umgebung die Vision auszugestalten. Diese zeichnen sich

durch die Beinhaltung von Smarten Objekten aus, die mittels Vernetzung, Sensorik und/oder Aktorik die Umgebung in die Lage versetzen sich den Nutzer\*innen anzupassen [13]. Im Rahmen von strukturellen Ansätzen gibt es bereits Veröffentlichungen, die eine solche Umgebung skizzieren (vgl. [14]). Die inhaltliche Ausgestaltung und die Integration didaktischer Konzepte bleibt allerdings häufig außen vor. Am Beispiel von Serious Games soll diese Arbeit eine Möglichkeit aufzeigen, smarte Umgebungen in den Lehralltag zu integrieren. Dies umfasst nicht nur eine Referenzimplementierung beispielhafter Serious Games sondern viel mehr die Bereitstellung eines Werkzeuges zu Erzeugung eigener Serious Games in smarten Umgebungen.

## 1.1 Motivation

Die Anwesenheitsquote in Hochschulkursen steht in direktem Zusammenhang mit dem Lernerfolg und den damit verbundenen Prüfungsleistungen [15]. Folglich sollten die Lehrveranstaltungen für die Studierenden attraktiv gestaltet werden. Ein möglicher Ansatz hierfür ist der Einsatz von aktivierenden Lehrmethoden [16]. Roepke et al. [17] untersuchten den Einsatz solcher Methoden in verschiedenen Fachbereichen der Lehre und stellten fest, dass aktivierende Methoden seltener eingesetzt werden als konventionelle Ansätze. Sie unterscheiden dabei den lernorientierten Ansatz vom inhaltsorientierten Ansatz. Ersterer beschreibt ein Vorgehen, bei dem die Methode der Wissensvermittlung im Vordergrund steht, hier sind Dozierende weniger aktiv als Studierende. Letzter stellt den Inhalt in den Fokus der Vorlesung, was dazu führt, dass Dozierende den aktiven Anteil der Vorlesung übernehmen. In allen Fachbereichen liegt der Anteil der inhaltsorientierten Vorlesung über dem der lernorientierten. Dennoch setzen lernorientierte Dozierende häufiger aktivierende Lehrmethoden in Vorlesungen ein. Dem Lernkegel von Dale zu Folge [18] sollten aktivierende Methoden sich förderlich auf die Wissensvermittlung auswirken. Als mögliche Maßnahmen schlagen Roepke et al. vor, Puzzles, Quizspiele oder die Spiele Taboo sowie Activity in den Unterrichtsalltag einzubauen [17].

Spiele, welche nicht nur einen Unterhaltungszweck dienen sondern einen tieferliegenden Sinn verfolgen [19], werden als Serious Games bezeichnet. Insbesondere Lernspiele sollten hierbei aufgrund der verschiedenen positiven Effekte Beachtung finden. Lernspiele wirken motivierend auf Studierende und führen dazu, dass sie sich länger mit Inhalten auseinandersetzen als bei anderen Lehrformaten [20, 21, 22]. Außerdem werden Studierende im Laufe ihres Studiums mit umfangreichem Fakten- und Handlungswissen konfrontiert, welches die Grundlage für ihre Handlungskompetenz bildet.

Die Studierenden leiden dabei unter Leistungsdruck und Stress, welcher sich negativ auf die Lebensqualität auswirkt. Stressfaktoren sind dabei unter anderem Prüfungen und schwerer bzw. umfangreicher Lernstoff [23, 24]. Bei der Gestaltung von Lernspielen muss beachtet werden, dass sich die Lehrinhalte je nach Kurs unterscheiden und auch innerhalb eines Kurses meist Übungen zu verschiedenen Inhalten angeboten werden. Die Konsequenz daraus ist, Lernspiele zu entwickeln, die sich dynamisch an den Vorlesungsinhalt anpassen. Zu beachten ist außerdem, dass ein Spiel nicht nur an Lernstile, sondern auch an Spielertypen angepasst werden sollte, um einen positiven Effekt zu erzielen [25].

Wie Eingangs bereits beschrieben beeinflusst die digitale Transformation auch den Bildungsbereich und formt die Vision der Education 4.0. In den letzten Jahren nahm der Anteil digital bereitgestellter Lehrinhalte an Universitäten und Hochschulen zu [26]. Dabei wurde sich meist darauf beschränkt, Vorlesungsinhalte aufzuzeichnen oder Übungen und Klausuren zu digitalisieren und diese über ein Lernmanagementsystem zur Verfügung zu stellen [27]. Bei diesen Systemen handelt es sich um Onlineplattformen, die in der Regel webbasiert sind [28] und über eine Graphical User Interface (GUI) bedient werden. Unter dem Hintergrund kognitiver Theorien bezüglich des Lernprozesses, insbesondere der *Cognitive Theory of Multimedia* [29] erscheint es sinnvoll, möglichst viele Wahrnehmungskanäle zu adressieren. Eine Möglichkeit auditive, visuelle als auch haptische Informationsdarstellung anzubieten, sind smarte multimedial ausgestattete Lernräume. Diese bieten passende Interaktionstechnologien für verschiedene Wahrnehmungskanäle. So könnten Übungen beispielsweise auch durch eine haptische oder rein auditive Interaktion durchgeführt werden. Des Weiteren können in ambienten Lernräumen weitere Elemente wie die Bewegung der Studierenden eingesetzt werden, welche den Lernprozess weiter unterstützen. Ansatzmöglichkeiten für ambiente Technologien im universitären Umfeld werden im bereits erwähnten Konzept der Pervasive University dargelegt.

Die skizzierten Möglichkeiten im Rahmen einer Pervasive University zeigen, dass die zugrunde liegenden ambienten Ansätze aus technologischer Sicht Potenziale bieten, die aus didaktischer Perspektive als sinnvoll angesehen werden können. Dies betrifft beispielsweise Kontextbewusstsein, welches dazu führen kann, dass Technik nur in minimalem Umfang wahrgenommen werden muss oder die Transparenz von technischen Komponenten, welche Nutzer\*innen mit geringerer Technikaffinität abschrecken könnten [9]. Doch vielen Dozierenden fehlt der Zugang dazu, smarte Umgebungen für didaktische Zwecke zu entwickeln und einzusetzen. Eine Lösung wäre die Bereitstellung vollständig fertiggestellter statischer Serious Games für die Hochschullehre.

Entscheidender Faktor ist allerdings, dass Lernspiele Anpassungen an Studierende, Fachdomäne und Lerninhalt benötigen. Aufgrund dieser notwendigen Adaptivität beschäftigt sich diese Arbeit nicht mit der Realisierung eines finalen Serious Games, sondern mit der Realisierung und Bereitstellung eines Frameworks, das es ermöglichen soll, Ambiente Serious Games niederschwellig umzusetzen. Das Framework richtet sich an Spieledesigner\*innen oder Dozierende mit Kenntnissen der Webprogrammierung, um diesen die Möglichkeit zu geben, Ambiente Serious Games umzusetzen, ohne sich weiter in die Domäne des Ambient Computing einzuarbeiten. Es werden weitere Konzepte vorgestellt, deren Ausarbeitung die Erstellung von Ambient Serious Games auch Nutzer\*innen ohne Programmierkenntnissen ermöglicht.

## 1.2 Struktur der Arbeit

Die Umsetzung eines Frameworks, das der Erzeugung eines Endprodukts dient, setzt die Auseinandersetzung mit dem Endprodukt voraus, um das Framework so zu gestalten, dass das erzeugte Produkt vorherrschenden Anforderungen standhält. Im Kontext dieser Arbeit bedeutet das, dass zunächst Anforderungen an ein Ambient Serious Game in der Hochschullehre erhoben werden müssen, um festzustellen wie das Framework gestaltet sein muss. Aus diesem Grund beschäftigt sich der erste Teil der vorliegenden Arbeit mit dem Gegenstand der Serious Games für die Hochschullehre in smarten Umgebungen.

### Erster Teil: Serious Games in smarten Umgebungen

Zunächst wird der aktuelle Stand der Forschung in den zu Grunde liegenden Konzepten beschrieben. Dies betrifft allen voran den Bereich der Serious Games, dessen Definition und Abgrenzung zur Unterhaltungsspielen, sowie den aktuellen Stand in der digitalisierten Hochschullehre, welcher mittels systematisierter Literaturrecherche erfasst wurde. Abschließend wird auf die Ethik in Spielen eingegangen, um im Verlauf der Arbeit Aspekte für die ethische Integrität der entstandenen Serious Games herauszuarbeiten.

Eng mit der Spielthematik verwandt schließt sich das Kapitel der Spielertypen an, welches zunächst verschiedene Modelle beschreibt und in einer Benutzeranalyse mündet. In einer für die Universität zu Lübeck repräsentativen Studie wird beschrieben, in welcher Verteilung Spielertypen unter den Studierenden vertreten sind. Mittels Mustererkennungsverfahren werden

Profile gebildet, deren Zweck die individuelle Anpassung eines Spiels an die Studierenden ist.

Eine Kontext- und Aufgabenanalyse umfassend schließt sich diesem Kapitel die Betrachtung von Hochschullehre und didaktischen bzw. lernpsychologischen Faktoren an. Dabei werden Lernvorgänge im Gehirn betrachtet, die sowohl Einflussfaktor auf die vom Framework generierten Spiele als auch auf deren zu Grunde liegenden Entwürfe sind.

Zum Abschluss des ersten Teils wird der bisher nicht näher betrachtete Begriff der smarten Umgebung thematisiert. Neben der Definition des Begriffs werden verwandte Arbeiten zu smarten universitären Umgebungen berücksichtigt, um bestehende Erkenntnisse aus ähnlichen Forschungsansätzen einzubeziehen. Es folgt die Definition des Begriffs Ambient Serious Game. Diese verkörpern die Synthese aus Serious Games und smarterer Umgebung und stellen im Kontext der Hochschullehre das endgültige Endprodukt des Frameworks dar. Aus der Definition und den Analyseergebnissen resultiert ein Nutzerszenario, anhand dessen Anforderungen abgeleitet werden.

## **Zweiter Teil: Werkzeuge zur Erzeugung Ambienter Serious Games**

Der Analyseergebnisse schließt sich im zweiten Teil die Betrachtung der Anforderungen und ihre Umsetzbarkeit mittels technischer Werkzeuge an. Daraus ergeben sich technische Herausforderungen. Anschließend werden die Ergebnisse von Literaturrecherchen präsentiert, welche die Herausforderungen direkt oder indirekt adressieren. Eingeschlossen werden hierbei insbesondere Systeme, die in der Lage sind, Anwendungen zu generieren oder sich dynamisch in smarten Umgebungen mit anderen zu verbinden. Die Ergebnisse der technischen Analyse münden in direkten Anforderungen an Werkzeuge.

Der technischen Analyse schließt sich die Konzeption an. Hier werden die Anforderungen aus dem ersten Teil, sofern sie technisch lösbar erscheinen, die Herausforderungen und die Anforderungen an Werkzeuge zur Erzeugung von Serious Games adressiert. Es wird das Gesamtkonzept eines Frameworks zur Generierung von Serious Games in smarten Umgebungen vorgestellt.

## Dritter Teil: Referenzimplementierung und Evaluation

Im Anschluss wird die Referenzimplementierung des Frameworks, sowie die prototypische Umsetzung verschiedener durch das Framework generierter Ambient Serious Games beschrieben. Diese wurden abschließend evaluiert, um die Güte der aus dem Framework resultierenden Spiele zu bewerten. Die Evaluation, ihr Aufbau sowie eine technische Evaluation werden in Kapitel 9 beschrieben. Die Arbeit schließt mit einer Diskussion ab, welche sich mit der vorliegenden Arbeit, aber auch mit der Übertragbarkeit einzelner Aspekte sowie der Erweiterung des Framework beschäftigt.

### 1.3 Wissenschaftlicher Beitrag

Im Rahmen der Konzeption, Referenzimplementierung und Evaluation leistet diese Arbeit die folgenden wissenschaftlichen Beiträge:

- Analyse des aktuellen Stands von Lernspielen in der Hochschullehre im Kontext des Konzepts *Education 4.0*.
- Entwicklung einer neuartigen Methode zur Zuordnung von Spielerinnen und Spielern unter Berücksichtigung sämtlicher Ausprägungen von Spielertypen zu übergeordneten Clustern. Die Methode wurde exemplarisch in einer empirischen Untersuchung an der Universität zu Lübeck angewendet und evaluiert.
- Zuordnung spielmechanischer Elemente zu den ermittelten Spielertypenclustern basierend auf deren Relevanz sowie Untersuchung des Effekts clusterangepasster Spiele auf die Wahrnehmung der Lernenden im Rahmen einer empirischen Studie.
- Schaffung und Definition des Begriffs und Konzepts *Ambient Serious Games*.
- Durchführung einer umfassenden Anforderungsanalyse für *Ambient Serious Games*, orientiert am Human-Centered-Design-Prozess.
- Identifikation vorhandener technischer Vorarbeiten und Werkzeuge, die relevante Anforderungen an Ambient Serious Games adressieren.
- Systematisierte Literaturrecherche zu verwandten Arbeiten im Bereich der automatisierten Generierung von Interaktionssoftware und Lehrinhalten.

- Synthese der identifizierten Anforderungen, Werkzeuge und verwandten Arbeiten zu einem ingenieurwissenschaftlichen Konzept zur Generierung von Ambient Serious Games in Verbindung mit Lernmanagementsystemen.
- Umsetzung des entwickelten Konzepts in Form eines verfügbaren Frameworks, das die Generierung von Spielen auf Basis von Beschreibungen und Übungsinhalten ermöglicht.
- Entwicklung einer ergänzenden Bibliothek, die die Generierung ambienter Anwendungen anhand von Zustandsbeschreibungen erlaubt, einschließlich der Selbstbeschreibung der Anwendung sowie deren Orchestrierung durch externe ambiente Anwendungen.
- Erstellung exemplarischer Spiele und Evaluation der technischen Güte der Ambient Serious Games.
- Vorstellung verschiedener Ansätze für die Erweiterung der Funktionalität der Referenzimplementierung sowie für weiterführende Studien.

Der wissenschaftliche Beitrag dieser Arbeit bildet die Grundlage für weiterführende Forschungen zur Integration ambienter Lehransätze, insbesondere Ambient Serious Games, in den Hochschulalltag. Dadurch wird ein wesentlicher Beitrag zur Transformation im Sinne von *Education 4.0* und zur Verwirklichung der Vision einer *Pervasive University* geleistet.



**Teil I**

**Serious Games in smarten  
Umgebungen**



## 2 Serious Games

Gegenstand der Arbeit ist die Konzeption und Umsetzung eines Frameworks zur Generierung von Serious Games. Als indirektes Ziel sind Serious Games daher besonders relevant. Dieses Kapitel beschäftigt sich mit der Definition von Serious Games, dem aktuellen Stand von Serious Games im derzeitigen digitalen Wandel der Hochschullehre und abschließend mit ethischen Fragestellungen im Zusammenhang mit Spielen.

### 2.1 Definition

Da Spiele die wesentliche Grundlage von Serious Games darstellen, erscheint es sinnvoll, sich zunächst mit dem Begriff des Spiels auseinanderzusetzen. Es gibt verschiedene Definitionen des Spielens, wobei sich häufig auf das Werk *Homo Ludens* von Huizinga bezogen wird. Er beschreibt das Spiel als grundlegender Bestandteil der menschlichen Kultur und dessen Präsenz in vielen kulturellen Aspekten. Spiele haben klare Regeln, die akzeptiert und respektiert werden müssen. Sie existieren nicht nur in individuellen Aktivitäten, sondern werden auch von gesellschaftlichen Strukturen geprägt. Er stellt fest, dass das Spiel außerhalb des alltäglichen Lebens steht, da es in Raum und Zeit begrenzt ist und andere Regeln gelten als in der Realität. [30] Dempsey et al. [31] betrachten (Computer-)Spiele als eine Reihe von Aktivitäten, an denen ein oder mehrere Spieler\*innen beteiligt sind. Ein Spiel hat Ziele, Einschränkungen, Auszahlungen und Konsequenzen. Ein Spiel ist in mancher Hinsicht regelgeleitet und künstlich. Schließlich beinhaltet ein Spiel einen gewissen Aspekt des Wettbewerbs, selbst wenn dieser Wettbewerb gegen sich selbst stattfindet. [31] Ausgehend von dieser Definition ergibt sich, dass ein Spiel aus mehreren Teilspielen bestehen kann, da im Spiel mehrere Ziele erreichbar sein können. Welche Eigenschaften die kleinste Einheit eines (Teil-)spiels erfüllen muss, um den Gegenstand eines Spiel zu repräsentieren, erörtert Myers in seinem Essay [32]. Er kommt zu dem Schluss, dass ein Spiel Regeln, ein Ziel, eine Gegenseite und eine Repräsentation haben muss, wobei sich letztere von der Realität unterscheiden sollte [32]. Ausgehend von dieser Definition wird im Rahmen dieser Arbeit unter dem Begriff Spiel diese kleinste Einheit verstanden, da diese einen Minimalkonsens darstellt, um ein Spiel darzustellen. Durch die Kombination

dieser kleinsten Einheiten und ihrer Beziehungen können größere Spiele entstehen, die ebenfalls als Spiel bezeichnet werden könnten.

Der Begriff *Serious Games* bezieht die Realität ins Spiel ein. Er wird von verschiedenen Autor\*innen auf unterschiedliche Art und Weise definiert. Der Begriff geht auf Abt zurück, der unter dem Begriff Serious Game (SG) die Ernsthaftigkeit des Denkens und die Ernsthaftigkeit der Probleme, welche das Denken erfordern mit der experimentellen und emotionalen Freiheit des Spielens vereint sieht. Er sieht sie als Verbindung der analytischen und hinterfragenden Konzentration des wissenschaftlichen Standpunkts mit der intuitiven Freiheit und den Belohnungen von phantasievollen, künstlerischen Handlungen [19]. Michel und Chen [33] definieren Serious Games hingegen als Spiele, die nicht Unterhaltung, Spaß oder Vergnügen als Hauptzweck verfolgen. Nach DIN SPEC 91380:2018-06 werden unter Serious Games Spiele verstanden, die neben dem Ziel der Unterhaltung noch ein charakterisierendes Ziel verfolgen [34]. So zeigt sich, dass Serious Games nicht auf den Einsatz im Bildungskontext beschränkt sind, sondern beispielsweise auch im Bereich der Gesundheitsversorgung, Politik oder Rekrutierung verwendet werden [34, 35]. Serious Games werden häufig aber nicht ausschließlich als Computerspiele definiert [36].

In der Literatur gibt es Hinweise darauf, dass Serious Games einen positiven Lerneffekt mit sich bringen. Wouters et al. [1] berichten darüber, dass SGs förderlicher für die Wissensvermittlung und das Training kognitiver Fähigkeiten sind als herkömmliche Unterrichtsmethoden. Entscheidende Faktoren sind dabei die Wiederholung des Spiels, die Kombination mit anderen Methoden und das Spielen in Gruppen. Narrative und Realismus sind hingegen von geringerer Priorität [1]. Auch in Bezug auf die Motivation ist die fließende Integration des SGs in anderen Lehreinheiten zu beachten. Jedoch berichten die Autor\*innen, dass in Anbetracht der Selbstbestimmungstheorie allerdings auch bei einer guten Integration keine gesteigerte Motivation zu erwarten ist, wenn Spieler\*innen nicht selbst kontrollieren können, ob sie am Spiel teilnehmen. Die Selbstbestimmungstheorie beschreibt dabei die Motivation und ihren Zusammenhang zu Autonomie und Kontrolle, wobei die autonome Motivation Vorteile hinsichtlich Leistung und physischer bzw. psychischer Gesundheit mit sich bringt [2]. Entscheidend ist daher eine Balance zwischen Lehrmethodik und SG [1]. Backlund und Hendrix [3] berichten in ihrem Review von überwiegend positiven Auswirkungen auf Lerneffekt, Problemlösungsfähigkeiten und Lernmotivation, wobei es einen Einfluss zu haben scheint, ob die Evaluation von Entwickler\*innen des Spiels durchgeführt wird. Es gibt jedoch noch Hindernisse für den breiten Einsatz von Spielen im Unterricht, darunter Akzeptanzprobleme und technologische Herausforderungen. Ullah et al. [4] stellen sowohl positive als auch negative Effekte von Serious Games fest, wobei dies vom Schwierigkeitsgrad des Spiels abhängt. Ein schwieriges Spiel kann die kogni-

tive Arbeitsbelastung erhöhen und somit die Lernleistung beeinträchtigen. Aus den Ergebnissen lässt sich vermuten, dass SGs positive Effekte haben können, wenn sie für Nutzer\*innen angemessen designet und gut in den Kontext integriert sind. Um ein angemessenes Design näher zu beschreiben, veröffentlichen Caserman et al. [35] in ihrer Arbeit Qualitätskriterien für Serious Games. Diese werden im folgenden Abschnitt dargelegt, um im Verlauf der Arbeit Anforderungen daraus abzuleiten.

## Qualitätskriterien

Ein erstes Qualitätskriterium liegt in der Personalisierung. Es sollen (a) verschiedenen Spielertypen ein fesselndes Erlebnis geboten werden, (b) sich an die Spieler\*innen angepasst werden, um die Effektivität zu steigern, und (c) passende Methoden für den jeweiligen Anwendungsbereich und die Zielgruppe angeboten werden [35]. Ebenso ist Feedback während des Spiels essenziell für das Bestehen des Spielfluss und die Wahrnehmung eines Spiels [35]. Auch Emotionen in Bezug auf das Spiel sollten gefördert werden, um eine emotionale Beziehung herzustellen [35].

Des Weiteren werden Interaktionsformen gefordert, die (a) intuitiv für Nutzende sind, (b) eine klare Bedienoberfläche ohne unnötige Informationen bieten, um die Spieler\*innen nicht von einer bestimmten Aufgabe abzulenken, (c) geeignete Hintergrundmusik und Soundeffekte ergänzen, (d) multimodale Sinnesreize setzen, (e) Spieler\*innen dabei unterstützen, das charakterisierende Ziel zu erreichen und (f) gleichzeitiges Feedback (zum Beispiel visuell, akustisch, haptisch oder multimodal) ermöglichen [35].

Es ergeben sich weitere Aspekte aus der Natur von Lernspielen. Zum einen muss ein Lernziel klar definiert sein, das auch im Spiel nicht zu umgehen sein darf [35]. Zu diesem Zweck müssen Lerninhalte fehlerfrei und technisch korrekt abgebildet sein und das Spiel darf den Lernprozess nicht behindern [35]. Genauso wenig sollten Lerninhalte eine Hürde darstellen. Für die Unterstützung können Bewegungselemente eingesetzt werden [35]. Serious Games können das charakterisierende Ziel in das Spielgeschehen integrieren, um sich besser in den Universitätsalltag und den Lernkontext einzufügen. Dazu sollten Lern-/Trainingsaufgaben mit dem Spiel zusammenhängen und mit den Spielelementen verbunden sein. Dennoch sollten die Spiele ein positives Lernerlebnis bieten und Spaß machen [35].

Durch die Erfüllung der Qualitätskriterien scheinen Serious Games mit einem nachgewiesenen Effekt erreichbar. Jedoch scheint es einen Bedarf an Studien zu geben, die Effekte über einen langen Zeitraum nachweisen können und dabei geeignete Messinstrumente verwenden [1, 3, 4]. Inwiefern

Serious Games in der Hochschullehre angemessen design und ausreichend untersucht werden, wird im Folgenden beschrieben.

## 2.2 Serious Games in der Education 4.0

Wie andere Bereiche unserer Gesellschaft unterliegt auch die Bildung dem gesellschaftlichen Wandel. Im 18. Jahrhundert entwickelte sich mit der ersten industriellen Revolution die Education 1.0, in welcher Dozierende im Zentrum standen und Lernende eine überwiegend passive Rolle übernahmen. Mit der zweiten industriellen Revolution folgte die Education 2.0, welche ebenfalls am Dozierenden ausgerichtet war in der Lernende aber bereits eine aktivere Rolle einnahmen. Dieser folgte die Education 3.0, welche durch die Computerisierung geprägt wurde. Lehrende standen nun nicht mehr im Zentrum, sondern kuratierten Lehrveranstaltungen, die Lernende befähigten, sich eigenständig weiterzubilden. In den letzten Jahren kommt es durch die erneute Transformation der Industrie zu einer weiteren Veränderung der Bildung, die dem Begriff *Education 4.0* zuzuordnen sind [6]. Diese Transformation ist durch den Fortschritt der Technologie geprägt, welche Digitalisierung, Virtualisierung, Datafizierung und Smartifizierung ermöglicht [37]. Durch diese Transformation entsteht ein Übergang vom lehrerzentrierten zum schülerzentrierten Unterricht und vom passiven zum aktiven Lernen [38].

Der Begriff der Education 4.0 ist, abhängig der Perspektive, unterschiedlich definiert. Ausgehend von der neuen industriellen Revolution zu Industrie 4.0, soll Education 4.0 Ressourcen bereitstellen, um Kompetenzen für diese zu entwickeln [5]. Miranda et al. [6] sehen zusätzliche Komponenten wie die Einbindung neuer Lehrmethoden sowie die Implementierung aktueller und neuer Informations- und Kommunikationstechnologien und die Nutzung neuer Infrastruktur zur Verbesserung von Lernprozessen. Sie und andere Autor\*innen sehen den Begriff in Verbindung mit neuen Lehr-Lern-Methoden des aktiven Lernens und innovativer pädagogischer Verfahren [6, 37].

Im Kontext der Hochschulbildung ergeben sich somit Herausforderungen hinsichtlich neuer Technologien, großer Mengen an Daten, Innovationen in der Lehre und deren sichere Infrastruktur [39, 40]. Des Weiteren scheinen sich Veränderungen im Aufbau des Studiums abzuzeichnen. Studierende entscheiden künftig selbst, welche Inhalte sie zu welchem Zeitpunkt und auf welche Weise erleben möchten. Dies führt zu neuen Curricula und Methoden wie *Flipped Classroom* oder Arbeiten in kollaborativen Projekten [41, 42].

In Anbracht dessen, dass der Begriff der Serious Games bereits 1971 von Abt [19] definiert wurde, ist davon auszugehen, dass der Einsatz von Serious Games in der Hochschullehre über den Zeitraum der Digitalisierung und der Education 4.0 hinausgeht. Der Begriff Education 4.0 wird seit 2015 verwendet, die wissenschaftliche Literatur greift ihn allerdings erst ab 2018 vermehrt auf [43]. Dennoch kann angenommen werden, dass die Einführung neuer Lehrmethoden einen Einfluss auf den Einsatz und die Gestaltung von Serious Games in der Hochschule hat. Ein Konzept, welches sich bereits seit längerer Zeit mit der Digitalisierung und technischen Ausstattung von Universitäten befasst, ist das der *Pervasive University*. Darunter wird die Entwicklung einer personalisierten technischen Infrastruktur verstanden, welche vom Nutzenden teilweise unbemerkt bleibt und somit technische Hürden und Ablenkungen vermeidet [9] (vgl. *Pervasive Computing* in Kapitel 5.1). Lucke et al. [12] betrachten in diesem Kontext bereits den Einsatz von Serious Games und nennen wenige Beispiele, welche allerdings nicht vollumfänglich die Möglichkeiten der Pervasive University oder Education 4.0 einbeziehen, sondern ihren Fokus auf den Standort der Nutzenden setzen.

Hinsichtlich des Einflusses von Education 4.0 auf Serious Games stellen sich daher folgende Forschungsfragen:

- F1** Inwiefern werden SGs in der Transformationsphase zu Education 4.0 eingesetzt, implementiert und evaluiert?
- F2** Stehen Methodik und Technologie der eingesetzten Serious Games im Einklang mit den Veränderungen, die aus Education 4.0 hervorgehen?

Um die Forschungsfragen F1 und F2 zu beantworten, wurden MDPI-Zeitschriften durchsucht und die ACM-Datenbank konsultiert. Erstere wurde aufgrund der breitgefächerten Forschungsfelder und letzterer aufgrund des digitalen Schwerpunkts gewählt. Darüber hinaus wurden Open-Access-Zeitschriften aus den Bereichen Bildung und Serious Gaming durchsucht. Das Journal of Medical Internet Research – Serious Games, das Journal of Computers and Education, das Journal of Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research, das International Journal of Educational Research, das International Journal of Educational Technology in Higher Education, das International Journal of STEM Education und das Journal of Smart Learning Environments wurden durchsucht. Wenn es eine Option für die erweiterte Suche gab, wurden alle Artikel einbezogen, die mit den Schlüsselwörtern *serious game* und *education* kommentiert wurden. Dabei wurde eine nicht exakte Suche durchgeführt. In Zeitschriften, deren Schwerpunkt auf Bildung lag und in denen keine erweiterte Suche möglich war, wurde nach *serious game* oder *serious games* gesucht. Aufgrund des auffälligen Anstiegs der Publikationen im Bereich Education 4.0 werden Ergebnisse berücksichtigt, die seit dem 01. Juli 2018 veröffentlicht wurden.

Wenn möglich, wurde die Suche bereits auf diesen Zeitraum begrenzt. Die Suche fand am 13. Juli 2023 statt. Arbeiten, die nicht in englischer Sprache vorlagen, wurden ausgeschlossen.

Die verbleibenden Ergebnisse wurden auf der Grundlage des Abstracts bewertet. Veröffentlichungen, die sich nur auf SGs, nicht aber auf Hochschulbildung bezogen, oder umgekehrt, wurden aus der Ergebnisliste entfernt. Darüber hinaus wurden Workshop-Berichte und die Beschreibung eines Promotionsprojekts aus der Ergebnisliste entfernt. Die Ergebnisse der Recherchen wurden in der Softwareanwendung Rayyan [44] als Bibtex-Datei integriert und mit dem Tool verwaltet. Es wurden 497 Publikationen gefunden. Davon wurden 25 aufgrund des Datums ausgeschlossen. 364 befassen sich entweder nicht explizit mit SGs, sondern nur mit Gaming oder Gamification, oder sind nicht im Bildungsbereich angesiedelt. 126 der verbleibenden Arbeiten befassen sich nicht mit der Hochschulbildung und wurden daher ausgeschlossen. Eine der verbleibenden Arbeiten ist nicht auf Englisch, zwei sind Berichte über den Ablauf eines Workshops und eine ist ein Bericht über ein Promotionsprojekt in dem der Aufbau der Promotion beschrieben wird. Die übrigen 28 Artikel wurden zwischen Mai 2019 und Juni 2023 veröffentlicht. In der Ergebnismenge findet sich ein Protokoll für ein Scoping Review [45] zum Thema Serious Gaming in der Hochschullehre. In ihrem Review wollen Goméz und Suárez Arbeiten einschließen, die seit 2002 im Themengebiet veröffentlicht wurden. Zum aktuellen Zeitpunkt ist kein entsprechendes Review der Autor\*innen veröffentlicht, weshalb lediglich 28 Ergebnisse eingeschlossen werden konnten. Grafik 2.1 zeigt die Übersicht der Suchstrategie und ihrer Ergebnisse.

Vier der Veröffentlichungen befassen sich nicht mit einem bestimmten SG, erforschen das Feld aber auf einer Metaebene. Eine Publikation berichtet über die Entwicklung eines Framework für die kollaborative Entwicklung von SGs. Ziel ist es, jede Art von SG gemeinschaftlich zu entwickeln. Zu diesem Zweck bietet das Tool 23 Blöcke, die zur Ausarbeitung der Designentscheidungen von *Assessment*, *Spieldesign*, *Kontext und Ziele*, *Mechanik* und *Lerndesign* verwendet werden können. [47] Eine andere Veröffentlichung berichtet über Untersuchungen zu Lehrmethoden und Spielpräferenzen. Die Autor\*innen berichten, dass Studierende am meisten von praktischen Lektionen im Rahmen des Unterrichts profitieren. Dozent\*innen sollten Videospiele einführen und den Studierenden die Möglichkeit geben, sie selbst zu erlernen. Es ist wichtig, dass die Lernenden in der Lage sind, Aufgaben mit Logik und Analyse zu lösen. Wettbewerb oder Rivalität werden negativ gesehen. [48] Baalsrud Hauge et al. haben die Moderationsfähigkeiten von Lehrkräften bei der Durchführung von SGs genauer untersucht. Sie analysierten Literatur, Erfahrungsberichte und Umfrageergebnisse. Sie kommen zu dem Schluss, dass es kein vollständiges Kompetenzmodell für Spielleiter\*innen gibt, und dass es keine formale Ausbildung zur Spielleitung gibt.

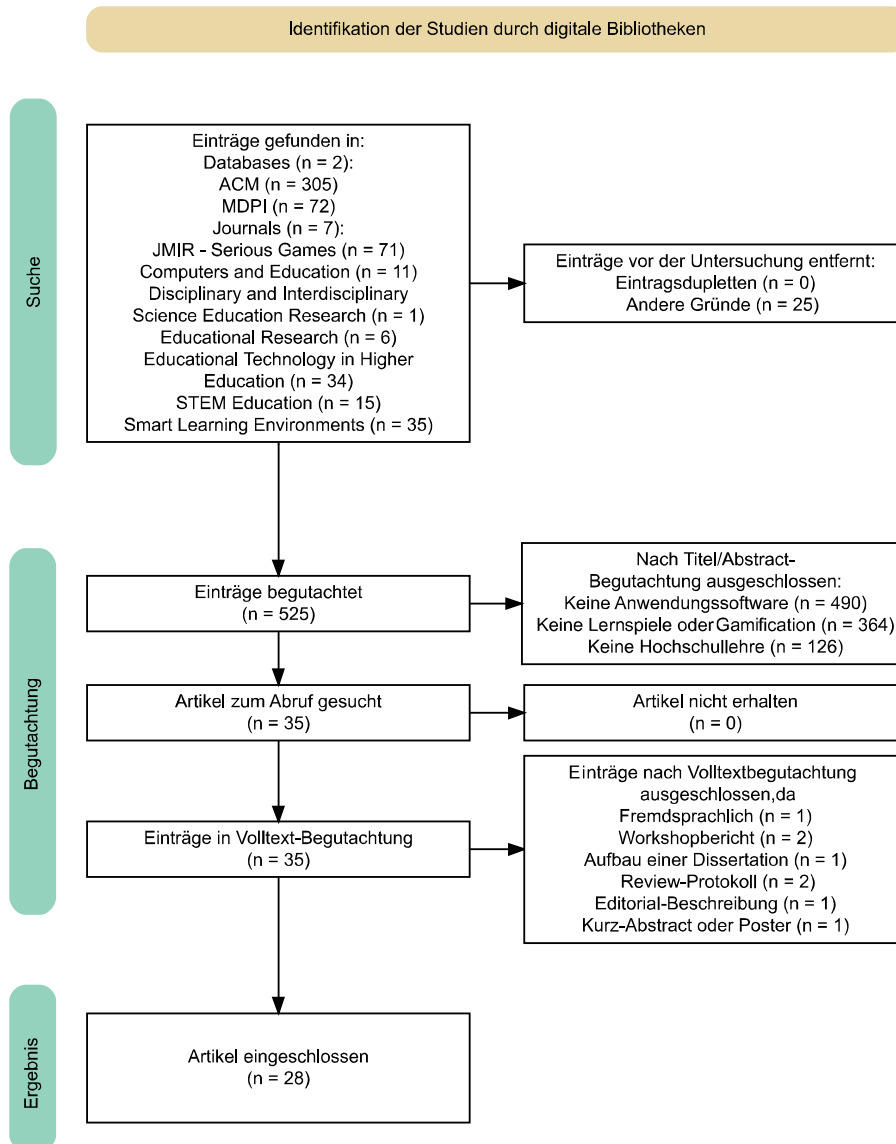


Abbildung 2.1: PRISMA Diagramm der eingeschlossenen und ausgeschlossenen Artikel. Erstellt mit PRISMA Flow Diagram [46]

Es ist wichtig, dass Spielvermittler\*innen sich sowohl mit dem Bereich als auch mit dem Spiel und den verwendeten Technologien auskennen. Digitale Werkzeuge oder künstlich intelligente Agenten können Dozent\*innen in der Rolle des Moderators unterstützen. [49] Die Interaktion zwischen zwei Spieler\*innen ist das, was Gorsic et al. erforschen wollen. In ihrem Beitrag berichten sie über die Validierung eines Fragebogens, der die verbale Interaktion zwischen Spieler\*innen eines SGs misst. Der entwickelte Fragebogen könnte in Zukunft verwendet werden, um die Benutzererfahrung in kooperativen oder kompetitiven Spielen zu messen.[50]

Tabelle 2.1: Übersicht über die in den Ergebnissen vertretenen Spiele Publikationen. Die Begriffe Einzel- und Mehrspieler\*innen wurde aus Gründen der Übersichtlichkeit in der Tabelle abgekürzt.

Autor	Domäne	Technologie	Spielziel	Einzel-/ Mehrspieler*
Deniozou et al. [51]	Diverses	Desktop-Spiel	Fähigkeiten	Einzelspieler*
McGowan et al. [52]	Diverses	Online/Web-App	Fähigkeiten	Einzelspieler*
Løvgren et al. [53]	Informatik	Online/Web-App	Wissen	Einzelspieler*
Ünlü et al. [54]	Informatik	Online/Web-App	Wissen	Einzelspieler*
Miljanovic und Bradbury [55]	Informatik	Desktop-Spiel	Wissen	Einzelspieler*
Lampropoulos et al. [8]	Informatik	Erweiterte Realität	Wissen	Einzelspieler*
Malaise und Signer [56]	Informatik	Online/Web-App	Wissen	Einzelspieler*
Steghöfer und Burden [57]	Informatik	Online/Web-App	Fähigkeiten	Mehrspieler*
Espinha Gasiba et al. [58]	Informatik	Online/Web-App	Wissen	Mehrspieler*
Zhao et al. [59]	Ingenieurwesen	Virtuelle Realität	Fähigkeiten	Einzelspieler*
Cook-Chennault et al. [60]	Ingenieurwesen	Online/Web-App	Wissen	Einzelspieler*
Ammouriova et al. [61]	Logistik	Gemischt (auch nicht-digital)	Wissen, Teamarbeit	Mehrspieler*
González-Campos et al. [62]	Mathematik	Desktop-Spiel	Wissen	Einzelspieler*
Perrin et al. [63]	Medizin	Desktop-Spiel	Wissen	Einzelspieler*
Tan et al. [64]	Medizin	Desktop-Spiel	Wissen	Mehrspieler*
Antoniou et al. [7]	Medizin	Virtuelle Realität/- Gemischte Realität	Wissen	Einzelspieler*
Buijs-Spanjers et al. [65]	Medizin	Desktop-Spiel	Wissen	Einzelspieler*
Wong et al. [66]	Medizin	Online/Web-App	Teamarbeit	Mehrspieler*
Fens et al. [67], Fens et al. [68]	Pharmazie	Gemischt (auch nicht-digital)	Wissen, Teamarbeit	Mehrspieler*
Peña Miguel et al. [69], Saitua-Iribar et al. [70]	Umweltbewusstsein	Desktop-Spiel	Wissen	Mehrspieler*
Buzady und Almeida [71]	Unternehmertum	Online/Web-App	Fähigkeiten	Einzelspieler*
Gordillo et al. [72]	Informatik	Virtuelle Realität und nicht-digital	Fähigkeiten	Einzelspieler*

Die verbleibenden 24 Beiträge berichten über SGs, wovon 20 eine Bewertung oder Studie im Zusammenhang mit dem vorgestellten Spiel beschreiben. Die vorgestellten Spiele unterscheiden sich in Bezug auf das Spielziel, die verwendeten Spielelemente und -technologien sowie die Bewertung. Eine Übersicht ist Tabelle 2.1 zu entnehmen. Bei 15 dieser Spiele liegt der Schwerpunkt auf der Vermittlung von Wissen. Dieses Wissen findet sich in den Bereichen Informatik (n=6), Medizin (n=4), Pharmazie (n=1), Umwelt (n=1), Technik (n=1), Logistik (n=1) und Mathematik (n=1).

Bemerkenswert ist, dass in den Bereichen Umwelt und Pharmazie das gleiche Spiel in jeweils zwei Artikeln vorgestellt wird.

Das Spiel aus dem Bereich der Pharmazie und das aus dem Bereich der Logistik verfolgen neben dem Ziel der Wissensvermittlung auch das Ziel, die Teamarbeit zu fördern. Das von Ammouriova et. al. vorgestellte Spiel erfordert das Lösen von Aufgaben in Teams und verlangt daher Führungs- und Aufgabenmanagementfähigkeiten [61]. Im Fall des Spiels für Pharmaziestudierende wird eine echte Apotheke simuliert. Unterstützt durch Teambildungsaktivitäten und Coaching sollen die Studierenden lernen, interdisziplinär zusammenzuarbeiten und zu kommunizieren [67, 68]. Ein Spiel, das sich auf Teamarbeit konzentriert, wird von Wong et al. vorgestellt. Auch hier soll die interprofessionelle Zusammenarbeit mithilfe einer Simulation gefördert werden [66]. Die übrigen vier Spiele, deren Ziel nicht die Vermittlung von Wissen ist, zielen auf die Vermittlung anderer Soft Skills ab. In einem Spiel lernen Ingenieurstudierende, wie man Konstruktions- und Fertigungsprobleme löst [59]. Das Spiel *FLIGBY* hingegen soll Unternehmer\*innen einen Führungsstil beibringen, der es den Mitarbeiter\*innen ermöglicht, in einem optimalen Geisteszustand zu arbeiten [71]. Die Vermittlung nicht-technischer Fähigkeiten steht im Mittelpunkt der übrigen Spiele. Deniozou et al. [51] zielen darauf ab, Studenten beizubringen, bessere Notizen zu erstellen. Bei dem Spiel *Compete!* geht es darum Entscheidungen zu treffen, welche die eigenen Soft Skills verbessern [52].

Die Mehrheit der Spiele (n=8) verwendet Simulationen, um das Spielziel zu erreichen. Zwei dieser Spiele verwenden zusätzlich Punkte [67, 68, 66]. In sechs weiteren Spielen werden Punkte vergeben, aber nie ohne ein zusätzliches anderes Spielelement [60, 51, 58, 62, 8, 64]. Ebenso wird das Element der Herausforderung meist in Kombination mit anderen Elementen verwendet [61, 71, 60, 51, 58, 62, 52, 55, 63]. Nur in einem der 9 Spiele, dem aus dem Bereich der Logistik, werden ausschließlich Herausforderungen als Element verwendet [61]. Fünf der Spiele verwenden Rätsel [51, 8, 52, 55, 54], drei verwenden überraschende oder zufällige Elemente [62, 53, 64], zwei verwenden Ränge [8, 52] und zwei Charakterfortschritte [52, 64]. Ein Spiel verwendet Belohnungen und versteckte Inhalte [63]. Ein anderes verwendet Abzeichen [8]. In einem der Spiele werden die Spieler\*innen manuell von Dozierenden bewertet [52]. Das Spiel *GidgetML* zeichnet sich durch den Einsatz von KI zur Anpassung des Spielinhalts an die Spieler\*innen aus [55]. Minispiele innerhalb des Spiels werden in zwei Spielen verwendet [52, 63]. Ein Spiel ist als Quiz [56], ein anderes als storygetriebenes Abenteuer [63], eines als strategisches Brettspiel [64] und eines im Bereich der IT-Sicherheit als Tower Defense Game [53] konzipiert.

Die Umsetzung der Spiele wird unterschiedlich realisiert. Die Mehrheit der Spiele wird als Desktop-Computerspiel (n=7) oder als online Anwendung

bzw. Web-App (n=9) realisiert. Zwei Spiele beschreiben einen Aufbau, bei dem Teams mit Computern arbeiten, während das Spiel in Präsenz stattfindet [49, 67, 68]. Besonders das Spiel im Bereich Pharmazie zeichnet sich dadurch aus, dass Schauspieler\*innen für die Simulation eingesetzt werden und der Computer nur für die Aktivitäten in der Apotheke verwendet wird [67, 68]. Augmented Reality (AR), Mixed Reality oder Virtual Reality (VR) wird von drei Spielen verwendet. Mehr als die Hälfte der Spiele (n=14) sind für Einzelspieler\*innen konzipiert, acht für mehrere Spieler\*innen.

In den Veröffentlichungen wird über unterschiedliche Evaluierungsmethoden und unterschiedliche Studienziele berichtet. Sowohl Peña Miguel et al. als auch Saitua-Iribar et al. befassen sich mit der Frage, ob der Einsatz des SGs zum Umweltbewusstsein Auswirkungen auf verschiedene Kompetenzen der Spieler\*innen hat [69, 70]. Peña Miguel et al. kommen zu dem Schluss, dass die Verwendung des Spiels die Kompetenzen Antizipation, systematisches Denken, Problemlösung und kritisches Denken fördern kann [69]. Saitua-Iribar et al. stellen fest, dass das Spiel den Wissensstand, nicht aber die wahrgenommene Sinnhaftigkeit beeinflusst [70]. Auch Perin et al. berichten, dass die Schüler\*innen das Spiel *SUPER HEMO* als hilfreich für den Wissenserwerb empfinden. Darüber hinaus berichten sie, dass der Einsatz von Multimedia und Minispielen einen positiven Einfluss auf den Spielspaß hat [63]. In ähnlicher Weise berichteten Studierende, die ein datengesteuertes IT-Spiel ausprobierten, über einen Wissenszuwachs in verschiedenen Bereichen der IT-Sicherheit [53]. Im gleichen Themenbereich wurde ein Spiel mit Herausforderungen als geeignetes Mittel zur Wissensvermittlung angegeben [58]. Es ist jedoch zu erwähnen, dass alle Studien ohne Kontrollgruppe durchgeführt wurden und teilweise auf der Selbsteinschätzung der Studierenden basierten. Eine Studie mit einer Kontrollgruppe unter Studierenden eines Programmierkurses zeigt, dass ein adaptives Spiel positive Auswirkungen auf Motivation und kontinuierliche Leistung haben kann [55]. Die Art und Weise, wie ein nicht digital gestaltetes SG in den Lehrplan integriert werden kann, wird von Fens et al. am Beispiel eines Pharmaziekurses untersucht. Die Autor\*innen stellen fest, dass das Spiel von der Mehrheit der Universitäten als eigenständiger Pflichtkurs angeboten wurde. Studierende werden in der Regel sowohl in Teams als auch als Einzelpersonen bewertet. Je nach den genauen Lernzielen der Universitäten wurden unterschiedlich viele Kapazitäten für die Durchführung des Spiels eingesetzt [68]. Die Autor\*innen untersuchten, wie Studierende Kurse bewerten, in denen SGs eingesetzt werden. Dabei wurde eine positive Bewertung festgestellt [67, 68]. Unabhängig von der Lehrveranstaltung fanden auch andere Studien positive Bewertungen zum Einsatz von SGs. In diesem Zusammenhang sehen die Studierenden den Lerneffekt durch das Spiel als gegeben an und nehmen eine Motivationssteigerung wahr [8]. Allerdings scheinen die Erwartungen an SGs von der Spielerfahrung der

Studierenden abzuhängen, wie die Ergebnisse von Cook-Chennault et al. zeigen [60]. In Bezug auf die Motivation untersuchten Buijs-Spanjers et al., ob und warum sich die Studierenden dazu entschließen, innerhalb des Spiels absichtlich eine Entscheidung zu treffen, die negative Folgen für die Simulation hat. Gründe für die Entscheidung waren neben einer anderen Spielerfahrung auch das Interesse an den Simulationsergebnissen, die auf ihrer Entscheidung basieren. [65] Spiele, deren ernsthaftes Ziel es ist, Fähigkeiten zu vermitteln, werden von den Autor\*innen als hilfreich im Sinne des Spielziels angesehen. Zwei Spiele vermitteln Wissen über SCRUM, ein Verfahren zur Strukturierung der Softwareentwicklung in Teams. Steghöfer und Burden [57] konzentrieren sich auf die Vermittlung des notwendigen Wissens und der erforderlichen Fähigkeiten, während Gordillo et al. [72] verschiedene Methoden für den Unterricht nutzen und vergleichen. Ebenso als hilfreich gilt das Spiel zur Verbesserung der Fähigkeit, gute Notizen zu machen [51]. FLIGBY ermöglichte die Selbsteinschätzung und das Training der Managementfähigkeiten von Studierenden [71]. Der Einsatz von VR und AR im Bereich der SGs wird als positiv für das Lernziel beschrieben. Es werden Vorteile in Bezug auf verschiedene Lernprozesse im Bereich der Medizin und der Informatik beschrieben. In beiden Studien wird jedoch auf den Zusammenhang zwischen Lernerfahrung und den Emotionen der Studierenden hingewiesen [7, 8].

Hinsichtlich der ersten Forschungsfrage (F1) ergibt sich aus den Ergebnissen folgendes Bild: Die Mehrzahl der Publikationen beschäftigt sich direkt mit spezifischen SGs. Der Schwerpunkt der Spiele liegt oft auf der Vermittlung von Wissen oder Fähigkeiten. Die Auswertung der Spiele ist unterschiedlich. Oft werden Fragebögen verwendet, die von den Schüler\*innen ausgefüllt werden. Die Spiele werden oft für einen bestimmten Kontext entwickelt und sind genau auf diesen Kontext zugeschnitten. Die Spielelemente und Mechaniken werden so eingesetzt, dass sie die Spieler\*innen dabei unterstützen, das Ziel des SGs zu erreichen. Durch die Bindung an eine Domäne ist eine Anpassung der Spielinhalte an unterschiedliche Themen nicht vorgesehen. Technologisch sind die Spiele in der Regel so umgesetzt, dass sie auf einem Standardcomputer genutzt werden können. Mechaniken und Spielgestaltung sind divers und scheinen eher am Spiel- bzw. Lehrinhalt als an den Vorlieben der Studierenden bzw. den Spielertypen unter ihnen ausgerichtet zu sein.

Dies lässt die folgenden Schlussfolgerungen hinsichtlich der zweiten Forschungsfrage (F2) zu: SGs stellen eine flexibel einsetzbare Methode dar, die dem Grundgedanken von Education 4.0 nicht widerspricht. Zunächst lassen die Ergebnisse der vorgestellten Arbeiten auf der Metaebene den Schluss zu, dass zukünftige Arbeiten weiter im Einklang stehen, da sie nahe legen, Spiele interdisziplinär und mit digitaler Unterstützung zu planen und durchzuführen. Vorgestellte Spiele mit dem Ziel der Vermittlung von

Softskills, wie Teamfähigkeit oder der Fähigkeit bessere Notizen zu erstellen, vermitteln Werte, die durchaus dem Gedanken von Education 4.0 entsprechen. Der Einsatz von webbasierten oder Desktop-Spielen, welche nicht in Präsenzveranstaltungen eingesetzt werden, entspricht der Flexibilität, dass Studierende frei über die Gestaltung ihres Curriculums entscheiden können. Jedoch lassen Spiele, die in Präsenz stattfinden und gegebenenfalls weitere Ressourcen wie Schauspielkräfte bündeln, die flexible Gestaltung nur bedingt zu, da diese Ressourcen nicht unbegrenzt zur Verfügung stehen. Gleiches gilt für Spiele mit mehreren Spieler\*innen, da diese die Beteiligung von Kommiliton\*innen erfordert. Bezüglich des Einsatzes neuer digitaler Technologien stechen drei Spiele hervor, die AR, VR oder Mixed Reality verwenden. Die Verwendung dieser Technologien statt dem Einsatz smarterer Umgebungen könnte darauf zurückzuführen sein, dass sie besser skalierbar sind als beispielsweise smarte Lernräume, die von Studierenden genutzt werden könnten. Der Einsatz von Konzepten aus dem Bereich der Pervasive University wird in keinem der Paper berichtet. Es bleibt abzuwarten, inwieweit sich der Einsatz neuer Technologien im universitären und privaten Umfeld der Studierenden durchsetzen wird. Bei einer hohen Verfügbarkeit entsprechender Geräte könnte eine hohe Skalierbarkeit auch für VR-Anwendungen o. Ä. realisiert werden. Im Kontext von Education 4.0 ist besonders das Konzept von adaptiven Spielen, wie GidgetML interessant. Die an Anwendende adaptierte Gestaltung des Spiels spiegelt den Gedanken wider, dass Lerninhalte auf Studierende zugeschnitten sind und diese in der Wahlfreiheit der Gestaltung des Curriculums unterstützt werden. In Zukunft können Ergebnisse der vorgestellten Studien, die sich nicht mit einem spezifischen SG befassen, sowie Elemente aus den vorgestellten SGs genutzt werden, um SGs zu gestalten, die flexibel für unterschiedliche Lerninhalte geeignet sind und sich individuell an Studierende anpassen.

Abschließend lässt sich anmerken, dass die Ziele der vorgestellten Studien meist die Bewertung des Spielerlebnisses, den Lerneffekt oder Untersuchungen zur Motivation der Schüler\*innen betreffen. Nur eine Studie beschäftigt sich mit der Wirkung eines adaptiven Spiels im Rahmen einer Studie mit einer Kontrollgruppe. Um die bereits gesammelten Ergebnisse weiter zu untersuchen, erscheint es sinnvoll, in zukünftigen Arbeiten Untersuchungen mithilfe von Random Controlled Trials durchzuführen und dabei die gleichen Ergebnisvariablen zu betrachten.

Die Ergebnisse zeigen die Innovation und Notwendigkeit dieser Arbeit, um personalisierte, auf Studierende zugeschnittene Spiele zu ermöglichen, die dem aktuellen Stand der Technik entsprechen, der mit der Transformation zu Education 4.0 in die Bildung Einzug erhält. Ansätze aus dem Bereich der Pervasive University können genutzt werden, um neue Technologien in die Umgebung der Studierenden zu integrieren, sodass Vorteile nutzbar sind, der Einsatz aber nicht von alltäglichen Lernprozessen ablenkt.

Ein dabei nicht zu vernachlässigender Aspekt ist die ethische Integrität der entstehenden Spiele. Dies betrifft zum einen die Erhebung von Daten um Studierende zu identifizieren und den Kontext der aktuellen Situation zu erfassen und den Schutz dieser Daten. Zum anderen betrifft es Entscheidungen hinsichtlich der Gestaltung. Während der erste Teilaspekt Anwendung im Konzept und der Umsetzung findet und deshalb erst im Verlauf der Arbeit erneut aufgegriffen wird, befasst sich der nächste Abschnitt mit dem zweiten Teilaspekt der ethischen Fragestellung.

## 2.3 Digitale Ethik in Spielen

Computerspiele repräsentieren nicht nur Kultur und Gesellschaft, sondern beeinflussen diese insbesondere durch ihren partizipativen Charakter [73, 74]. Designentscheidungen hinsichtlich Narrativen und Mechaniken zeigen ein scheinbares Abbild unserer Kultur. Doch der Großteil der verbreiteten Spiele stellen weiße männliche Charaktere in positiven und einflussreichen Rollen dar, während Frauen und Minderheiten in belanglosen, stereotypischen oder, im Fall von Frauen, sexualisierten Rollen überrepräsentiert werden [75, 76, 74, 77]. Dabei scheint es sich nicht direkt um rassistische Inhalte zu handeln, doch Heldencharaktere sind zumeist weiß dargestellt. Weibliche Charaktere traten in einer Hauptrolle ebenso häufig auf wie männliche. Allerdings wurden diese weiblichen Charaktere auf stereotype Weise dargestellt: weibliche Gesichtszüge wurden durch sexualisierte Kleidung und dünne Körper betont [76]. Schwarze Männer treten häufig als Sportler auf [76] während schwarze Frauen weitgehend ignoriert werden [75]. Zwar wandelt sich das Rollenbild von Minderheiten und Frauen über die Jahre, doch dabei handelt es sich vornehmlich um Änderungen hinsichtlich der Art und Weise in der Darstellung und nicht die Position dieser in den Spielen [75]. Zwar wurde bereits Kritik an dieser Darstellung geäußert, doch dies scheint nur wenig Einfluss auf die Designentscheidung großer Spielefirmen zu haben [78]. Unter Betrachtung dieser Entscheidungen und in Bezug auf ethische Gesichtspunkte ist ein Widerspruch zu ethischen Richtlinien der Softwareentwicklung zu erkennen. Der *IEEE Code of Ethics* beispielsweise beschreibt im zweiten Absatz die faire und respektvolle Behandlung von Menschen und die Vermeidung von Diskriminierung [79].

Im Kontext von Hochschulbildung ist die Vermeidung diskriminierender Inhalte und Darstellungen besonders zu beachten, da Hochschulen sich in der Verantwortung sehen vor Diskriminierung zu schützen [80]. Deshalb sollte insbesondere in Spielen, die im Rahmen der Hochschullehre Verbreitung finden, von stereotypischen oder rassistischen Darstellungen abgesehen werden.



## 3 Spielertypen

Serious Games als indirektes Ziel der Arbeit bringen mit sich, dass es sich bei den Endnutzern des Framework zum einen um Studierende und zum anderen um Spieler\*Innen handelt. Aufgrund dessen werden in diesem Kapitel verschiedene Modelle von Spielertypen beschrieben, basierend auf einem der Modelle wurde eine Studie durchgeführt die in drei Benutzerklassen resultiert. Für jede Benutzerklasse werden passende Spielmechaniken analysiert, um eine für jede Benutzerklasse passende Spielgestaltung zu ermöglichen. Anschließend wird für jede Benutzerklasse eine stellvertretende Persona eingeführt, welche auf zunächst berichteten Daten über die Gruppe der Studierenden basieren und im späteren Verlauf der Konzeption des Framework und dem Entwurf der in der Evaluation verwendeten Spiele dienen.

### 3.1 Modelle

Welche Spielgenres und Mechaniken, in der Literatur häufig auch Mechanik genannt, bevorzugt werden, hängt nicht nur bei Serious Game von den Charaktereigenschaften der Spieler\*innen, den sogenannten Spielertypen, ab. Im Kontext der Spielentwicklung definiert Bartle [81] vier verschiedene Spielertypen anhand zwei Dimensionen. Die erste Dimension erstreckt sich von der Relevanz der Umwelt zur Relevanz von Mitspieler\*innen. Die zweite Dimension erstreckt sich von der Vorliebe zum Agieren zum Reagieren. Anhand der Einordnung der Spieler\*innen auf diesen Achsen ergeben sich vier Spielertypen. Kämpfer\*innen streben nach dem Spielsieg. Für diese Gruppe ist es von Bedeutung gegen andere Spieler\*innen zu spielen und diese gegebenenfalls zu behindern, um den Sieg zu erlangen. Deshalb ist es für ihre Motivation unerlässlich, auf andere Spieler\*innen zu treffen. Socializer spielen Spiele aufgrund der Gesellschaft. Sie unterstützen andere Spieler\*innen, ohne einen Nutzen davon zu erwarten. Für Entdecker ist es von Bedeutung in Spielen Neues zu Entdecken und an ihre Grenzen zu gehen. Der Sieg oder das Verlieren des Spiels sind für diesen Typ zweitrangig. Achiever wollen in erster Linie etwas im Spiel erreichen. Genau wie Entdecker sind sie durch die Umwelt des Spiels motiviert. Der Unterschied

zwischen diesen beiden Typen liegt darin, dass für Achiever das Gewinnen von Punkten eine Bedeutung hat [81].

Das von Bartle vorgestellte Modell ist einfach und schnell anwendbar, allerdings ist kritisch zu betrachten, dass Spieler\*innen in Spielen mehrere Eigenschaften verschiedener Typen erfüllen müssen. Spieler\*innen können also nicht genau einem Typen zugeordnet werden. Des Weiteren beruht das Modell nicht auf sozialwissenschaftlich erhobenen Daten, sondern lediglich auf Erfahrungen und Berichten von Spieler\*innen des Genres *Multi User Dungeon* [82].

Um ein Modell zu schaffen, das sich nicht auf bestimmte Spielgenres beschränkt, sondern die Analyse der Spielertypen auf eine breitere Anwendungsgruppe zu ermöglichen, schuf Marczewski das Gamification User Types Hexad Framework [83]. Das Framework beschreibt sechs verschiedene Typen, wovon vier intrinsisch, einer extrinsisch und einer weder intrinsisch noch extrinsisch motiviert ist. Die Hälfte der Typen lässt sich in weitere Subtypen aufteilen. Personen entsprechen dabei nie einem Spielertypen, sondern haben verschiedene Ausprägungen der einzelnen Typen. Zur Einschätzung einzelner Personen existiert ein validierter Fragebogen mit dem festgestellt werden kann, wie stark welcher Typ ausgeprägt ist. Des Weiteren werden verschiedene Designelemente für die jeweiligen Spielertypen vorgeschlagen.

Das Framework umfasst folgende Typen [83]:

**Socializer:** Dieser Spielertyp möchte mit anderen Spieler\*innen interagieren. Sie interessieren sich für Teile des Systems, die ihnen ermöglichen, sich mit anderen Teilnehmer\*innen zu verbinden.

**Free Spirit:** Bei diesem Typ gibt es zwei Subtypen *Schöpfer* und *Entdecker*. Entdecker wollen bei der Erkundung des Systems nicht eingeschränkt werden. Schöpfer wollen neue Dinge innerhalb des Systems schaffen und streben nach Autonomie und Selbstdarstellung. Für beide Subtypen ist Entscheidungsfreiheit von großer Bedeutung.

**Achiever:** Achiever wollen das System zu 100% nutzen und meistern. Dabei geht es darum, sich selbst zu verbessern. Ihr Verhalten kann auch durch Status als Repräsentation der eigenen Leistung motiviert sein.

**Philanthropist:** Dieser Typ motiviert sich durch das Gefühl, Teil von etwas Größerem zu sein. Ohne eine Gegenleistung zu erwarten, möchten sie anderen Spieler\*innen etwas geben. Für diesen Spielertyp muss ein System die Möglichkeit bieten, andere zu bereichern und ein Gefühl von Altruismus und Sinnhaftigkeit zu vermitteln.

**Player:** Hierbei handelt es sich um den einzigen extrinsischen Spielertypen. Er unterteilt sich in vier Subtypen. Der erste Subtyp, *Self-Seeker*,

beschreibt Spieler\*innen, die dem Philanthropist gleichen, doch eine Gegenleistung für ihren Einsatz erwarten. Der zweite Typ ist der *Verbraucher*. Sie werden alles für eine Belohnung tun was notwendig ist, doch nichts darüber hinaus. *Networker*, stellen den dritten Subtyp dar. Wie Socializer suchen sie nach Verbindungen zu anderen Nutzern, allerdings um sich durch diese Verbindung einen Vorteil oder Einfluss zu verschaffen. Der letzte Typ ähnelt dem Free Spirit. Sogenannte *Exploiter* suchen nach den Grenzen des Systems. Ihr Motivation dahinter ist es, Schlupflöcher oder Wege zu finden, um leichter an Belohnungen zu gelangen.

**Disruptor:** Dieser Typ ist weder extrinsisch noch intrinsisch für das System zu motivieren. Wie der Name bereits sagt, ist er dadurch motiviert, das System zu stören. Auch dieser Typ unterteilt sich auf vier Subtypen. Der erste Subtyp ist der *Griefer*. Griefer versuchen andere Nutzer negativ zu beeinflussen. Sie tun dies entweder, weil sie das System nicht mögen oder einfach weil es möglich ist. Ein weiterer Subtyp ist der *Destroyer*, der versucht das System durch Hacken oder das Finden von Schlupflöchern zu beschädigen. Sogenannte *Influencer* versuchen das System zu verändern, in dem sie andere Nutzer beeinflussen. Dies kann nicht nur in negativer Weise erfolgen. Der letzte Subtyp ist der *Innovator*. Dieser Subtyp versucht das System zu Hacken oder Schlupflöcher zu finden, um diese zu verbessern bzw. Probleme zu beheben.

Basierend auf dem Modell von Bartle führten Gaalen et al. [25] eine Studie unter Medizin- und Zahnmedizin studierenden anhand der Q-Methode durch. Die Teilnehmenden wurden aufgefordert, 49 Aussagen zu Spielpräferenzen anhand der eigenen Zustimmung zu sortieren. Von den 109 Teilnehmenden konnten 30 den Typen Social Achiever (n=12), Explorer (n=7), Competitors (n=4), Socializer (n=5) und Troll (n=2) zugeordnet werden. Social Achiever sind durch das gemeinsame Erreichen von Zielen und Erfolgen motiviert. Explorer begeistern sich für das Entdecken und Verändern des Spiels. Competitors suchen den Wettkampf mit anderen oder Spielgegnern. Hier steht das Gewinnen im Fokus. Socializer nutzen das Spiel als Plattform um sich mit anderen Spieler\*innen zu vernetzen. Trolle versuchen Spielregeln oder Mechaniken durch Tricks oder Fehler im Spiel zu brechen, um einen Vorteil zu erlangen. Sie verärgern oder belästigen andere Spieler\*innen, um das Desinteresse am Spiel zu kompensieren [25].

Barata et al. [84] untersuchten die Studierenden eines gamifizierten Engineering-Kurses auf Masterniveau hinsichtlich gemeinsamer Gruppen. Dazu analysierten sie das Verhalten anhand des Ranges in einer Bestenliste und der Anzahl der gesammelten Erfahrungspunkte (XPs) des Spiels über die Zeit. Mit Hilfe des Clustering-Verfahrens der Expectation Maximization

konnten vier Cluster gefunden werden. (1) Achiever, die im Spiel alle Erfolge sammeln, (2) Regular Students, die anspruchsvolle Spielinhalte mieden, aber insgesamt gute Leistungen erzielten, (3) Halfhearted Students mit wenig Interesse am Kurs und meist unterdurchschnittlichen Leistungen und (4) Underachievers, die nur so viel leisteten, dass sie den Kurs knapp bestanden. Die jeweiligen Cluster wurden auf das BrainHex-Modell gemappt, welches in der Forschungsrichtung der Neurobiologie entstanden ist und sieben Spielertypen definiert. Regular Students entsprechen dabei den Spielertypen, die sich durch das Erreichen von Zielen oder das strategische Lösen von Aufgaben motivieren. Letzteres motiviert neben dem Spielen mit anderen auch die Gruppe der Achiever. Halfhearted Students und Underachiever entsprechen der BrainHex-Klasse, die als herausforderungsorientiert gilt [84].

Trojanek et. al. [85] hingegen nutzen das *User Types Hexad Framework* mitsamt des validierten Fragebogens, um Spielertypen unter den Studierenden der TU Dresden zu identifizieren. Die Teilnehmer\*innen wurden jeweils dem Spielertyp zugeordnet, der die höchste Punktzahl aufwies. Gegebenenfalls wurde bei gleicher Punktzahl ein weiterer Typ betrachtet. Unter den Nutzern ist am häufigsten der Typ des Philanthropen gefolgt von Free Spirits und Socializing vertreten. Wie bei Analysen von Marczewski et al. ist die häufigste Mischform die aus Philanthrop und Socializer. Unter den verschiedenen Fachdisziplinen konnten Unterschiede festgestellt werden. Beispielweise finden sich unter den Ingenieur\*innen mehr Player als in anderen Fachdisziplinen, während in den Geisteswissenschaften und Wirtschaftswissenschaften gehäuft Free Spirits auftreten. Bezüglich der Geschlechter lassen sich Unterschiede bei den Socializern feststellen, die eher unter weiblichen Teilnehmerinnen auftreten [85].

Das Modell von Marczewski erlaubt es, die Merkmale der einzelnen Spielertypen eines Nutzenden unabhängig vom Genre zu bestimmen [83]. Mit dem validierten Fragebogen können die Merkmale schnell ermittelt werden, weshalb für diese Arbeit der deutsche validierte Fragebogen von Krath und von Korflesch [86] verwendet wurde. Im Gegensatz zur Studie von Marczewski et al. und Trojanek et al. [83, 85] werden die Ausprägungen aller Spielertypen analysiert. Um die Gesamtheit der Studierenden unter Berücksichtigung aller Ausprägungen der Spielertypen zu analysieren, wird ein Clustering-Verfahren zur Identifizierung von Gruppen eingesetzt, wie es bereits von Barata [84] durchgeführt wurde. Da die identifizierten Gruppen durch Ausprägungen einzelner Spielertypen definiert sind, werden sie im Folgenden als *Spielerprofile* bezeichnet.

Da Studierende im Rahmen dieser Arbeit die Rolle der Spieler\*innen einnehmen, ist aufgrund der Vorlieben unterschiedlicher Spiele, für die Analyse der Nutzergruppe die Verteilung von Spielertypen in dieser Gruppe interessant. Hinsichtlich der Ausprägung einzelner Spielertypen wurde eine Umfrage unter den Studierenden der Universität zu Lübeck durchgeführt. Zwischen dem 25.01.23 und 08.02.23 wurden Studierende der Universität Lübeck [87] eingeladen, den validierten Fragebogen von Krath und von Korfelsch [86] in einer online Form auszufüllen. Die Akquisition erfolgte durch den Versand einer E-Mail an die Studierenden. Es wurde kein Anreiz zur Teilnahme geboten, außer am Ende der Befragung den eigenen Spielertypen zu erfahren. Neben den validierten Fragen enthielt dieser auch Fragen zum Geschlecht und zum Studiengebiet. Die Teilnehmer\*innen wurden außerdem gebeten, zu bestätigen, dass sie die Umfrage zum ersten Mal ausfüllten, andernfalls wurde der Rücklauf aus der Ergebnismenge entfernt. Die folgenden Studienrichtungen wurden befragt:

**Medizin und Gesundheit:** Ergotherapie / Logopädie, Gesundheits- und Versorgungswissenschaften, Hebammenwissenschaft, Humanmedizin, Pflege, Physiotherapie. Im Folgenden verkürzt als Gesundheitswissenschaften bezeichnet.

**Informatik und Mathematik:** Entrepreneurship in digitalen Technologien, Informatik, IT-Sicherheit, Mathematik in Medizin und Lebenswissenschaften, Medieninformatik, Medizinische Informatik. Im Folgenden verkürzt als Informatik bezeichnet.

**Naturwissenschaften und Psychologie:** Biophysik, Infection Biology, Medizinische Ernährungswissenschaft, Molecular Life Science, Psychologie. Im Folgenden verkürzt als Naturwissenschaften bezeichnet.

**Technik:** Biomedical Engineering, Hörakustik und Audiologische Technik, Medical Microtechnology, Medizinische Ingenieurwissenschaft, Robotik und Autonome Systeme. Im Folgenden weiterhin als Technik bezeichnet.

Ausgehend von der Anzahl der Studierenden in den einzelnen Fächern wurde die Cochran-Formel für populationsangepasste Stichproben (siehe Formel 3.1 und 3.2) [88] verwendet, um die erforderliche Anzahl von Regressionen bei einem Signifikanzniveau von 95% und einem Fehler von 10% zu berechnen (vgl. Tabelle 1).  $N$  ist die Populationsgröße und  $n$  die Stichprobengröße,  $z^2$  ist die Abszisse der Normalkurve, die dem Konfidenzniveau entspricht,  $e$  ist das Präzisionsniveau,  $p$  ist der geschätzte Anteil eines Attributs in der Population.

Die Berechnung basiert auf der Bevölkerungsstatistik der Universität Lübeck für das Jahr 2021 [87].

$$n = \frac{n_0}{1 + \left(\frac{n_0-1}{N}\right)} \quad (3.1)$$

mit

$$n_0 = \frac{z^2 p (1-p)}{e^2} \quad (3.2)$$

Für die Analyse wurden die unüberwachten Clustering-Algorithmen K-Means, Meanshift und agglomeratives hierarchisches Clustering (euklidischer Abstand, Stationsverknüpfung) anhand der Calinski-Harabasz- und Davies-Bouldin-Scores verglichen. Darüber hinaus wurde im Falle von K-Means die Vorverarbeitung durch Principal Component Analysis (PCA) untersucht. Für das Clustering wurden standardisierte Werte verwendet, um die Ausprägung der Spielertypen unter den Befragten vergleichbar zu machen. Die Anzahl der Cluster wurde mithilfe des Silhouette-Scores und des Elbow-Plots oder eines Histogramms ausgewertet. Im Falle des Meanshift erfolgt die Bestimmung der Anzahl der Cluster durch den Algorithmus selbst. Die Durchführung des Clustering sowie die Standardisierung und die Berechnung von Mittelwert, Varianz und Standardabweichung erfolgte mit Python 3.10 [89]

Insgesamt haben 531 Studierende an der Umfrage teilgenommen und wurden in die Ergebnisliste aufgenommen. Für jede Disziplin wurden genügend Studierende befragt, um das angestrebte Signifikanzniveau zu erreichen. Die Anzahl der Teilnehmer\*innen sowie die Geschlechterverteilung sind in Tabelle 3.1 zu finden.

Tabelle 3.1: Beschreibung der Studienrichtungs- und der Geschlechterverteilung der Stichprobe

Studienrichtung	Gesundheitswissenschaften	Informatik	Naturwissenschaften	Technik	Summe	
Summe	190	121		111	109	531
männlich	56	79		32	53	220
weiblich	132	36		74	52	294
non-binär	1	5		3	4	13
ohne Angabe	1	1		2	0	4

Die Standardisierung ergab Werte zwischen -2,236 und 2,122 für die Ausprägung der einzelnen Spielertypen. Was die Anzahl der Cluster betrifft, so wurde der beste Silhouette-Score (niedrigster Wert) für drei Cluster für das K-Means-Verfahren mit vorheriger PCA erzielt; außerdem zeigte diese Kombination den besten Calinski-Harabasz-Score und Davies-Bouldin-Score (siehe Tabelle 3.2). Diese dienen dem Vergleich der Cluster-Güte, wobei bei Ersterem ein hoher Wert und bei Letzterem ein niedriger Wert eine höhere Güte zeigt. Die folgenden Aussagen beziehen sich daher auf die Ergebnisse der K-Means-Verfahren mit vorheriger PCA.

Tabelle 3.2: Vergleich der Algorithmen anhand der Anzahl der Cluster mit dem besten Silhouette-Score

Algorithmus	Clustermenge	Silhouette-Score	Calinski-Harabasz-Score	Davies-Bouldin-Score
K-Means	2	0,272	173,697	1,633
K-Means + PCA	3	0,422	448,633	0,829
Hierarchisches Clustering	3	0,209	128,135	1,617
Meanshift	4	0,266	24,638	1,165

Jedes Cluster entspricht einem Spielerprofil, das durch die Ausprägungen der Spielertypen im Cluster definiert ist.

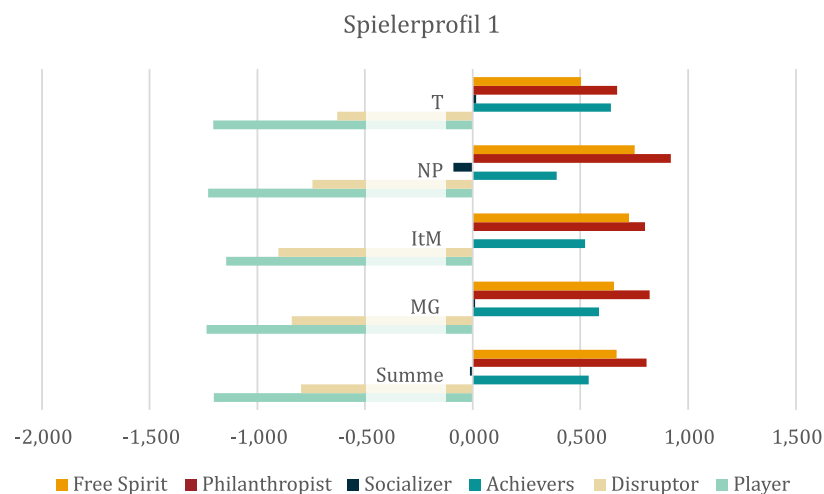


Abbildung 3.1: Ergebnisse des Clusteringprozesses. Erstes Spielerprofil in den verschiedenen Disziplinen; T repräsentiert dabei technik, NP, Naturwissenschaften, ItM Informatik und MG Medizin.

Das erste Cluster umfasst insgesamt 137 Teilnehmer\*innen. Das sich daraus ergebende Spielerprofil ist durch die negative Ausprägung der Typen Player und Disruptor gekennzeichnet, wobei der Disruptor weniger stark negativ ist und eine höhere Varianz und Standardabweichung aufweist (siehe Tabelle A.1 in Anhang A). In Bezug auf die Studienrichtungen fällt auf, dass Gesundheitswissenschaftler den Spielertyp am negativsten bewerten (siehe Abbildung 3.1). Positiv ausgeprägt ist in diesem Spielerprofil der Typus des

Philanthropen. Dieser ist in den Naturwissenschaften auffallend stark ausgeprägt, während bei den Technik Studierenden der Typus Achiever ebenso stark ausgeprägt ist. Im letzteren Fall weisen beide Werte eine hohe Varianz und Standardabweichung im Vergleich zu anderen Werten auf (siehe Tabelle A.5 in Anhang A).

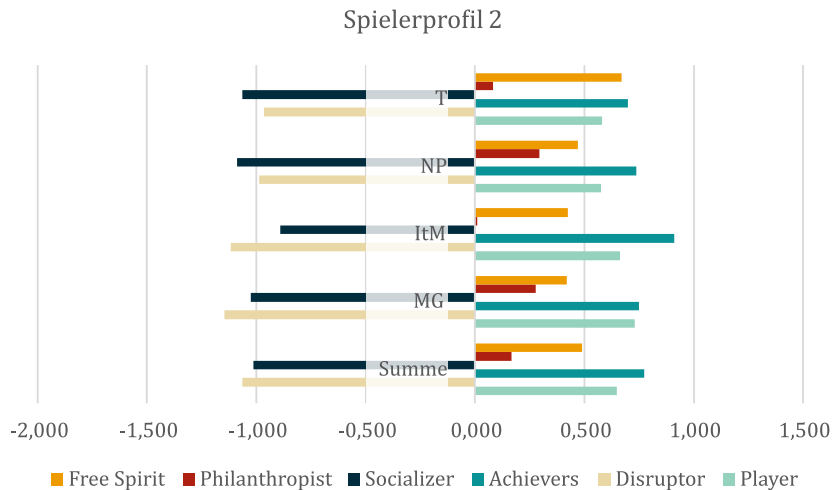


Abbildung 3.2: Ergebnisse des Clusteringprozesses. Zweites Spielerprofil in den verschiedenen Disziplinen; T repräsentiert dabei technik, NP, Naturwissenschaften, ItM Informatik und MG Medizin.

Das zweite Cluster mit  $n=134$  ist ähnlich groß wie Cluster 1. Das aus dem Cluster resultierende Spielerprofil zeigt ebenfalls eine negative Ausprägung des Spielertyps Disruptor. Diese Werte sind in Naturwissenschaften und Technik weniger ausgeprägt, haben aber eine höhere Standardabweichung und Varianz (siehe Zeile 2 in Tabelle A.4 und A.5 in Anhang A). Auffällig ist in diesen Untersuchungsgebieten auch, dass die negative Ausprägung des Socializer-Typs stärker ist als beim Disruptor-Typ und den anderen Untersuchungsgebieten. Die geringste Ausprägung des Socializers findet sich im Studiengbiet Informatik, wobei hier eine Abweichung und Streuung zu erkennen ist. In diesem Cluster finden die Typen Player und Achiever die stärkste positive Ausprägung. Letzterer ist in Informatik stärker ausgeprägt als in der gesamten Gruppe (siehe Abbildung 3.2). Ersterer ist in den Naturwissenschaften weniger stark ausgeprägt.

Das letzte Cluster umfasst 260 Teilnehmer\*innen und ist damit deutlich größer als die beiden anderen. Auch in diesem Spielerprofil findet sich insgesamt eine starke negative Ausprägung des Disruptors. Die stärkste positive Ausprägung findet der Typus des Philanthropen. Diese ist bei Informatik am stärksten ausgeprägt, gefolgt von den Naturwissenschaften (siehe Abbildung 3.3). Im Falle der Gesundheitswissenschaften ist der Socializer in diesem Cluster auffallend positiv (siehe Abbildung 3.3).

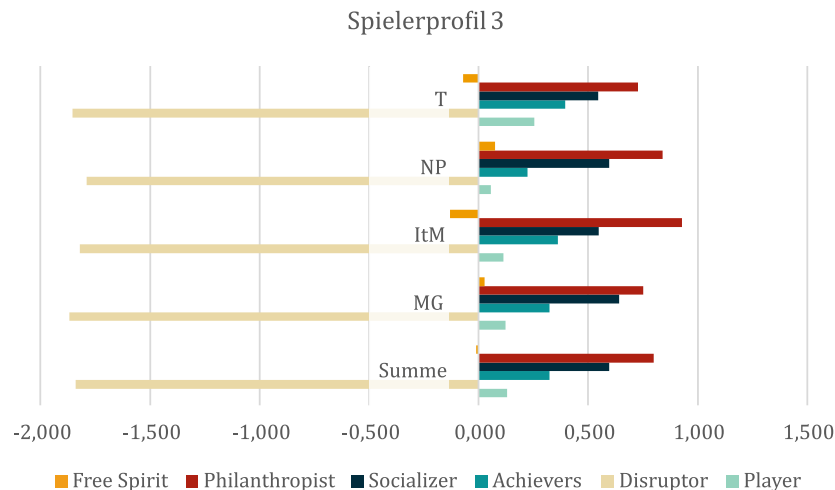


Abbildung 3.3: Ergebnisse des Clusteringprozesses. Drittes Spielerprofil in den verschiedenen Disziplinen; T repräsentiert dabei technik, NP, Naturwissenschaften, ItM Informatik und MG Medizin.

Die vollständigen Ergebnisdaten der Analyse sind in Tabelle A.1 bis A.5 in Anhang A zu finden.

Beim Vergleich der Geschlechter fällt auf, dass vor allem viele weibliche Teilnehmer\*innen zu Cluster 3 gehören, während die männlichen Teilnehmer gleichmäßig auf alle drei Cluster verteilt ist (siehe Tabelle 3.3). Eine Ausnahme bilden hier die Studierenden der Studienrichtung Technik, da hier die männlichen Teilnehmer\*innen auch häufiger dem Typ des dritten Clusters entsprechen. Bei den non-binären Teilnehmer\*innen fällt auf, dass die Mehrheit in Cluster 1 vertreten ist, was allerdings aufgrund des geringen Anteils vernachlässigt wird. Dies gilt auch für jene Gruppe, die ihr Geschlecht nicht angegeben hat.

Tabelle 3.3: Vergleich der Geschlechterverteilung in den Clustern

	Weiblich	Männlich	Non-binär	Ohne Angabe
Cluster 1	63 (21,429%)	66 (30,000%)	8 (61,538%)	0 (0,000%)
Cluster 2	60 (20,408%)	71 (32,273%)	3 (23,077%)	0 (0,000%)
Cluster 3	171 (58,163%)	83 (37,727%)	2 (15,385%)	4 (100,000%)

Es wurden nur geringe Unterschiede zwischen den Studienfächern festgestellt, wobei die Verwendung einiger Mechaniken in bestimmten Studienfächern sinnvoll erscheint. Da diese Kombinationen von Spielertypen abdecken, die im Vergleich der Gruppen auffallen. Auffällig ist auch, dass Studentinnen eher in ein Cluster fallen, in dem die Typen Philanthropist und Socializer positiv und der Typ Disruptor negativ ausgeprägt sind. Dies deckt sich mit den Ergebnissen von Trojanek et al. [85]. Grundsätzlich gibt es, wie in ihren Populationen, Unterschiede in den Spielertypen zwischen verschiedenen Studiengängen und Geschlechtern, wobei der festgestellte

Geschlechterunterschied signifikanter ist. Betrachtet man die Merkmale innerhalb der Cluster und vergleicht sie mit den Ergebnissen von Trojanek et al. [85] fällt auf, dass die Mechanismen für den Philanthropist, den Achiver und den Free Spirit besonders gut zu den Teilnehmer\*innen dieser Umfrage passen, da sie in den Clustern besonders stark vertreten sind. Hier gibt es einen Unterschied, da Trojanek zwar auch den Philanthropist als häufig identifiziert, an zweiter Stelle aber den Typus des Socializers [85]. Diese Diskrepanz kann auf unterschiedliche Studienpopulationen zurückgeführt werden. Die Technische Universität Dresden bietet sowohl geistes- und sozialwissenschaftliche als auch pädagogische Fächer an. In den Ergebnissen der Befragung zeigt sich, dass Studierende der Naturwissenschaften in Cluster 1 weniger dem Typus des Sozialisierers entsprechen als Studierende anderer Fächer. Darüber hinaus lässt sich die Abweichung durch die Anwendung der Clustermethode bei der Analyse erklären. Bei der Betrachtung aller Spielertypen ist der Socializer weniger wichtig als bei der Berechnung der Spielertypen durch Aufsummierung. In diesem Fall wäre der Socializer wichtiger, da andere, weniger ausgeprägte Typen nicht berücksichtigt werden. Der Disruptor erscheint in allen Spielerprofilen mit negativer Ausprägung, aber dieser Spielertyp hat die Fähigkeit, andere Spieler\*innen zu beeinflussen. Im Falle von ernsthaften Multiplayer-Spielen sollte verhindert werden, dass der Disruptor andere Spieler\*innen negativ beeinflusst.

Es konnte ein Silhouette-Score von 0,42 erreicht werden, was zumindest auf eine schwache Clusterkorrelation hindeutet. Ein höherer Wert könnte möglicherweise durch eine größere Stichprobe erreicht werden. Die Anzahl der befragten Teilnehmer\*innen erreichte ein Signifikanzniveau von 95%. Allerdings wurde die Befragung nur unter Studierenden der Universität Lübeck durchgeführt. Eine Ausweitung der Befragung könnte weitere Erkenntnisse liefern. Insbesondere im Hinblick auf die Berücksichtigung des Geschlechts und weiterer Studienrichtungen.

Die Ergebnisse der Analyse erlauben die Bildung von drei Benutzerklassen unter den Studierenden, die jeweils einem Spielerprofil entsprechen. Diese werden im Folgenden entsprechend der Spielerprofile mit *Social-Achiever* (Spielerprofil 1), *Player* (Spielerprofil 2) und *Socializer* (Spielerprofil 3) bezeichnet. Im Falle eines Systems zur atomatisierten Generierung von Serious Games, hat dies den Vorteil, dass die Nutzer nicht mehr anhand von sechs Spielertypen unterschieden werden müssen, sondern einer von drei Nutzerklassen zugeordnet werden können. Dies reduziert die Anzahl der vorzuhaltenden Mechanik und könnte so den Berechnungsprozess beschleunigen. Es erleichtert außerdem die Berechnung von Multiplayer-Spielen, da auch hier weniger Kombinationen möglich sind.

Durch die Clusterbildung erscheint es möglich, die Gesamtmenge von Spielmechaniken auf eine für die jeweilige Nutzerklasse relevante Menge einzugrenzen. Diverse Autore\*innen haben in ihren Arbeiten bereits Mechaniken für die Spielertypen des Gamification User Types Hexad Framework vorgeschlagen [86, 82, 83]. Unter dem Begriff Mechanik ist ein Ablauf oder eine Regel zu verstehen, die ein Ziel des Spiels beschreibt, auf welche Weise Spieler\*innen dieses erreichen können und welche Konsequenz sich aus dem Scheitern daran ergibt [90]. Die Beschreibung, der in der Literatur vorgeschlagenen Mechaniken ist dem Buch *Even Ninja Monkeys like to Play: Unicorn Edition* zu entnehmen (vgl. [91] S. 248 ff.) Diese Mechaniken können zu mehr als einem Spielertyp passen. In dieser Arbeit werden ihre Vorschläge aufgegriffen und auf die analysierten Spielerprofile der Studie angewendet. Die Spielertypen, die in den Spielerprofilen vertreten sind, werden anhand ihrer Ausprägung berechnet, um einen Relevanzwert zu berechnen. Dabei werden die Korrelationen nach Kendall  $\tau$ , welche von Krath und von Korflesch (vgl. [86] Tabelle 4) und von Tondello et al. (vgl. [82] Appendix B) ermittelt wurden zu Grunde gelegt. Der Korrelationswert wird mit folgender Formel 3.3 berechnet:

$$RM_{PROFILE} = \sum_{i=0}^5 PT_{CORR} \times PP_{EXP} \quad (3.3)$$

Der Relevanzwert der Mechanik für ein Profil  $RM_{PROFILE}$  wird dabei über eine Summe gebildet.  $i$  referenziert die Spielertypen,  $PT_{CORR}$  repräsentiert den Korrelationswert entnommen aus der Literatur und  $PP_{EXP}$  die Ausprägung des Spielertyps im jeweiligen Profil, nach der Standardisierung der aufsummierten Fragebogenergebnisse des jeweiligen Items. Aufgrund des Faktors der Korrelation berechnet als Kendalls  $\tau$ , kann der Relevanzwert im Bereich  $[-1; 1]$  liegen. Die Ergebnisse sind den Abbildungen 3.4 bis 3.6 zu entnehmen. Mechaniken mit einem Relevanzwert kleiner oder gleich Null wurden der Übersichtlichkeit halber entfernt.

Es fällt auf, dass für den Social-Achiever vergleichsweise wenige Mechaniken geeignet sind. Dies erklärt sich durch wenige Korrelationen der Mechaniken mit dem Spielertyp *Philantropist*, sowie der negativen Ausprägung des Spielertyps *Player*. Dessen Einfluss wirkt sich negativ auf die Mechaniken aus, welche mit dem Spielertypen *Player* korrelieren, was bei mindestens 22 Mechaniken der Fall ist. die Mechanik des *Learning* hat nach beiden Korrelationstabellen die größte Bedeutung für den Social-Achiever. Gefolgt von *Knowledge Sharing* und *Challenges* nach den Korrelationen von Krath und von Korflesch und *Nonlinear Gameplay* und *Certificates* nach den Korrelationen erhoben von Tondello et al.

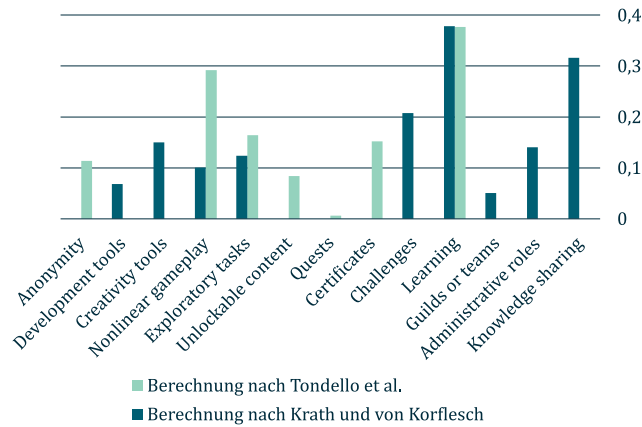


Abbildung 3.4: Dem Social-Achiever zugeordnete Mechaniken

Für das Profil des Player ist eine größere Anzahl Mechaniken geeignet, welche teilweise auch die maximalen Relevanzwerte der Mechaniken für das Profil Social-Achiever übersteigen. Dies betrifft *Anonymity*, *Rewards*, *Challenges*, *Quests* und *Points*. Neben diesen Mechaniken sind ausgehend von den maximalen Werten unabhängig der unterliegenden Quelle, *Learning*, *Levels*, *Certificates* und *Exploratory Tasks* von Bedeutung. Abgesehen von *Anonymity* erscheinen alle genannten Mechaniken auf Basis beider Literaturquellen interessant.

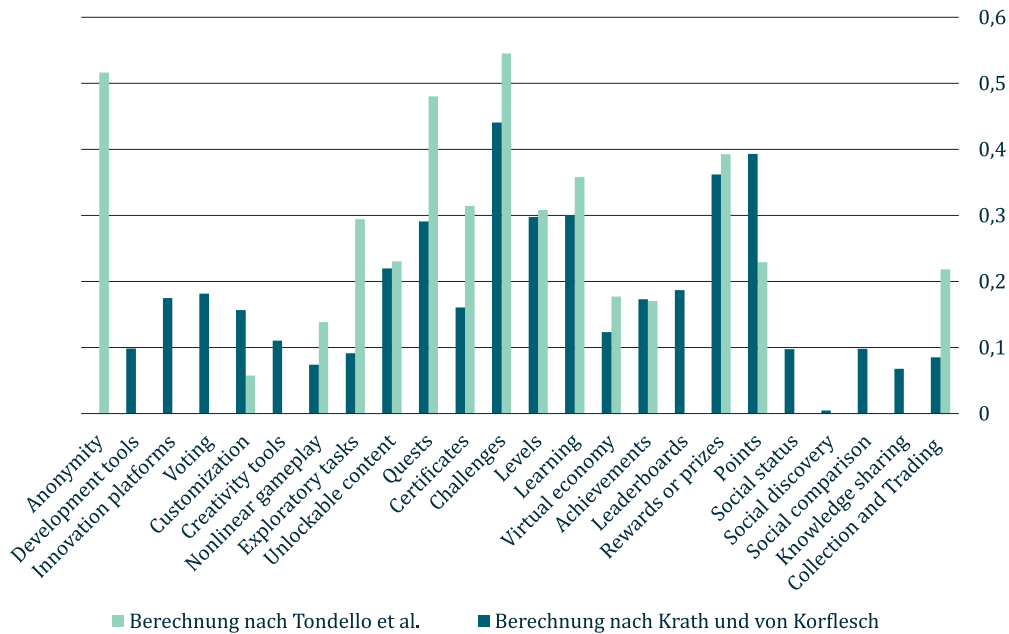


Abbildung 3.5: Dem Player zugeordnete Mechaniken

Der Socializer unterscheidet sich insbesondere in der Ausprägung der Relevanzwerte der Mechaniken vom Spielerprofil *Player*, wobei unabhängig ihres Wertes ähnliche Mechaniken relevant erscheinen. Auffallend hoch ist der Relevanzwert der Mechanik *Guilds or Teams* gefolgt von *Certificates* und *Challenges*. Es fällt außerdem auf, dass Mechaniken relevant sind, welche nach Krath und von Korflesch [86] eine positive Korrelationen mit dem Spielertyp *Philantropist* oder *Socializer* haben.

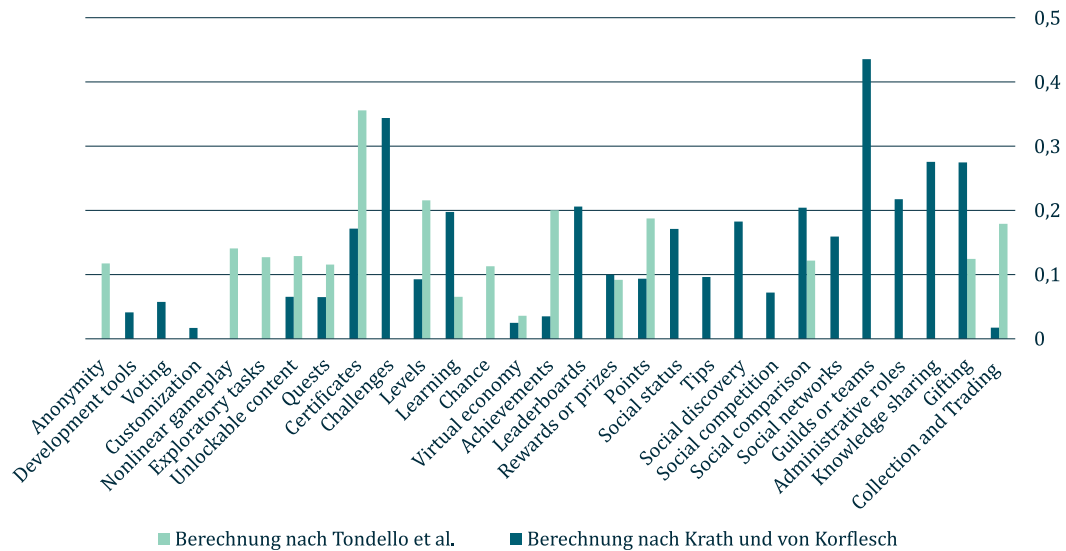


Abbildung 3.6: Dem Socializer zugeordnete Mechaniken

Über alle Profile hinweg scheinen *Challenges* eine gut geeignete Mechanik zu sein. Beinahe alle weiteren Mechaniken des ersten Profils finden sich in den Mechaniken der anderen beiden Profile wieder. Diese umfasst *Anonymity*, *Development Tools*, *Nonlinear Gameplay*, *Exploratory Tasks*, *Unlockable Content*, *Quests*, *Certificates*, *Learning* und *Knowledge Sharing*.

Im Bereich von Gamification wird zwischen *inhaltlichen* und *strukturellen* Mechaniken unterschieden [92]. Inhaltliche Mechaniken verändert den Inhalt einer Anwendung, beispielsweise wird eine Spielgeschichte oder Herausforderungen integriert. Strukturelle Mechaniken ändern die Struktur um die Anwendung herum. Dies sind beispielsweise Punkte oder Abzeichen [92]. Überträgt man das Konzept auf die Ergebnisse der Analyse, fällt auf, dass die Mechaniken, die sich vor allem für den Spielertyp *Player* eignen von struktureller Natur sind. Sie betreffen dementsprechend insbesondere das Spielerprofil *Player*.

Vergleicht man die Ergebnisse dieser Untersuchung mit den bereits eingesetzten Mechaniken in Serious Games in der Hochschullehre (siehe Abschnitt 2.2) fällt auf, dass in einem überwiegenden Teil der Spiele bereits Herausforderungen eingesetzt werden. Diese Mechanik eignet sich für alle

Spielerprofile. Anders verhält es sich mit der Mechanik Punkte, die ebenfalls häufig eingesetzt wird, aber nur für zwei Spielerprofile (*Social-Achiever* und *Player*) geeignet ist. Die Vergabe von Abzeichen oder Belohnungen (*Achievements*) werden ebenfalls bereits eingesetzt entsprechen aber nicht dem Social-Achiever. Ein Spiel setzt versteckte Inhalte (*Easter Eggs*) ein. Diese Mechanik ist nach der durchgeführten Analyse für kein Profil relevant. Die in der Recherche eingeschlossenen Spiele haben also Verbesserungspotenzial hinsichtlich des Einsatzes von Mechaniken, die für alle Spielerprofile geeignet sind.

Im Hinblick auf die Unterschiede in den Spielerprofilen zwischen den Studienrichtungen können nun Anpassungen vorgenommen werden, indem Mechanismen bevorzugt werden, die mit einem Spielertyp assoziiert sind oder nicht. Beispielsweise kann für die Gruppe der Studierenden der Naturwissenschaften, die dem Spielerprofil *Player* angehören, die Mechanik *Learning* bevorzugt werden, da diese nicht mit dem Spielertyp *Player* assoziiert ist und dieser weniger stark positiv ist als beispielsweise bei den Gruppen Studierender der Medizin oder Informatik. Gesundheitswissenschaft-Studierenden des Spielerprofils *Player* und *Socializer*, können mehr von der Verwendung von *Social Comparison*, *Social Competition* und *Social Discovery* profitieren als die anderen Gruppen, da sie die stärkste Ausprägung des Socializers haben.

Neben einer automatisierten Erstellung von Spielen bieten die Ergebnisse der Arbeit Dozent\*innen die Möglichkeit, Mechaniken für Serious Games oder Gamification gezielt auszuwählen, sofern die Studierenden der Population der Studie ähneln.

## 3.2 Nutzeranalyse

Neben den Aspekten zur Spielgestaltung, welche aus der obigen Analyse hervorgehen, ist eine weitere Betrachtung der Nutzergruppen sinnvoll, um das System für diese möglichst ansprechend zu gestalten.

### Benutzerklassen

Die Benutzerklassen der Studierenden unterscheiden sich zwar hinsichtlich des Spielertyps, dennoch gibt es Gemeinsamkeiten, die im Folgenden beschrieben werden.

Die Mehrheit der Studierenden sind zwischen 20 und 25 Jahre alt [93]. Sobald für sie die Vorteile des Alleinlebens die Kosten übersteigen, ziehen sie

in der Regel aus [94] und wohnen anschließend in Wohnheimen, Wohngemeinschaften oder allein [95]. Etwa ein Fünftel ist bei den Eltern wohnhaft [95]. Die Gründe für die Auswahl des Studiengangs betreffen in der Regel das Fachinteresse, einen sichereren Arbeitsplatz oder die Begabung [96, 95]. Die Wahl der Hochschule hängt zudem davon ab, ob der Standort attraktiv erscheint oder die Familie oder Freunde in der Umgebung leben. Studierende mit akademischem Elternhaus ziehen zudem das Hochschulranking zurate [95]. An den Universitäten nehmen über 85% der Studierenden ein Präsenzstudium wahr. Bei Studierenden mit Kindern, etwa 8% der Gesamtzahl, sind es noch etwas über 50% [95]. Etwa 18 Stunden in der Woche investieren sie in Lehrveranstaltungen und dieselbe Zeit in das Selbststudium. Vor der Corona-Pandemie lag der Anteil der Lehrveranstaltungen bei 15 und des Selbststudiums bei 13 -18 Stunden [95, 96]. Über die Hälfte der Studierenden legt Wert auf eine gute Abschlussnote, wobei dies mehr Studentinnen als Studenten wichtig ist [96]. Grundlegend sind die meisten Studierenden mit ihrer Situation zufrieden, wobei die Zufriedenheit im Bereich des Umfelds, der Gesundheit und des Lebensstandards höher ist als beim Studium selbst [97]. Studierende sind mit der fachlichen Kompetenz, dem Klima im Studiengang und der inhaltlichen Breite des Studienangebots überwiegend zufrieden. Ebenso wird die Zufriedenheit mit der digitalen Kompetenz, der Aufbereitung des Lehrstoffs und die Betreuung und Beratung im Studium von der Mehrheit als positiv bewertet [95]. Die größte Unzufriedenheit besteht im Bezug auf die Verknüpfung von Theorie und Praxis [95, 96]. Außerdem fühlen sich die Studierenden zu wenig gefordert, das Gelernte in die Praxis anzuwenden [96]. Schwierigkeiten sehen Studierende in der Prüfungsvorbereitung, der Studiumsplanung oder Leistungsanforderungen [96]. Dies zeigt sich auch in den Stressfaktoren. Diese stellen unter anderem Prüfungen, Leistungsanforderungen, finanzielle Probleme, Mehrfachbelastungen durch Nebenjobs oder Angst vor schlechten Noten dar [96, 98]. Im Vergleich zu gleichaltrigen Nicht-Studierenden fühlen sich Studierende gesünder. Dennoch haben über 60% der Studentinnen und mehr als 30% der Studenten Kopfschmerzen. Ca. 50% der Studentinnen haben Rückenschmerzen oder fühlen sich durch Stress erschöpft. Bei den Männern ist es in etwa ein Drittel [98]. Gesundheitliche Probleme betreffen häufiger Studierende, die keinen Sport machen. Sport zählt bei etwa 80% der Studierenden zu den Freizeitbeschäftigungen [98], was den Anteil der Sporttreibenden in der Gesamtbevölkerung übersteigt [99, 98]. Motivation ist dabei nicht nur der Spaß an der Bewegung, das Aussehen oder die Gesundheit, sondern auch der Abbau von Stress [98]. Laut Statistik des olympischen Sportbundes zählen der Fußballbund, der Turnerbund, der Alpenverein sowie der Schützenverband zu den Mitgliederstärksten [100]. Des Weiteren treffen Studierende gerne Freunde und Familie [98, 96]. Im Vergleich zur Gesamtbevölkerung gehen Studierende häufiger in Clubs oder in Bars. Die Mehrheit von ihnen trifft sich ein oder mehrmals im Monat

[101]. Auch in der Ernährungsweise unterscheiden sich Studierende von der Gesamtbevölkerung. Insgesamt gibt es unter den Studierenden wesentlich mehr Menschen, die auf Fleisch verzichten [102, 103]. Viele Studierende kochen frisch, einige achten auf saisonale- oder Bioprodukte [95]. Die Hälfte der Studierenden nutzt mindestens einmal in der Woche die Mensa [95]. Angesichts der Altersgruppe und des Bildungsstands, zu der die Gruppe der Studierenden gehört liegt nahe, dass sich auch Studierende ehrenamtlich engagieren. Unter den 14-29-Jährigen engagieren sich 42% ehrenamtlich. In der Gruppe der Ehrenamtlichen in Deutschland haben etwa 52% einen hohen Bildungsabschluss. Die meisten Ehrenamtlichen engagieren sich im Bereich Sport und Bewegung, gefolgt von Kultur und Musik und dem sozialen Bereich [104]. Ebenso liegt nahe, dass Studierende sich mit Computerspielen auseinandersetzen. Über 85% der zwischen 16- und 29 jährigen spielen Videospiele [105]. Knapp ein Viertel der Spieler\*innen hat einen akademischen Grad [106]. Genres, die von mindestens 60% der Befragten gespielt werden, sind Causal Games, Strategie-, Management- und Aufbau-spiele, Social- und Messengergames sowie Fitness- und Bewegungsspiele. Lernspiele werden von 46% zumindest gelegentlich gespielt [107]. Die Beteiligung von Studierenden in selbstverwaltenden Gremien liegt bei 5%, in politischen Gremien bei 2%. Obwohl die Relevanz von öffentlichem Leben und Politik steigt, sinkt das Interesse an den Gremien der Hochschulen. Die Zahl der für die Demokratie eintretenden Studierenden steigt und ebenso die Anzahl derer, welche ihre demokratischen Prinzipien vertreten [96]. Studierende sind zumeist sozialdemokratisch eingestellt, gefolgt von einer positiven Einstellung gegenüber grünen und anschließend liberalen Ansichten [108]. Die Finanzierung des Studiums erfolgt meistens durch die Familie oder eigene Erwerbstätigkeit [95, 109, 110]. Im Mittel stehen den Studierenden über 1000€ im Monat zur Verfügung [95]. Doch nicht nur die Finanzierung des Lebensunterhalts ist Motivation für einen Nebenjob. Berufliche Praxis und der Einstieg in ein Unternehmen sind ebenfalls Gründe [109]. Häufige Nebenjobs sind Bürojobs oder das Kellnern [111].

## Personas

Eine Methode der nutzerzentrierten Softwareentwicklung ist es, fiktive Personen zu beschreiben, die potenzielle Nutzer\*innen darstellen [112]. Auf Grundlage der oben beschriebenen Literatur wurden drei Personas entwickelt. Eine für jede Benutzerklasse.

## Primäre Persona: Samira Baumann (Social-Achiever)



Abbildung 3.7: Bild der fiktiven Studentin Samira Baumann [113]

Samira ist 20 Jahre alt und in einem kleinen Dorf in der Pfalz geboren und aufgewachsen. Dort hat sie bereits während der Schulzeit im lokalen Fußballverein in der Damemannschaft gespielt. Ihr Vater hat Germanistik studiert und arbeitet freischaffend bei verschiedenen Verlagen. Ihre Mutter hat das Chemiestudium mit dem Diplom abgeschlossen, aber aufgrund der Schwangerschaft nie in diesem Beruf gearbeitet. Da Samira gerne in einer Stadt leben wollte, ist sie für das Studium in ein anderes Bundesland gezogen. Hier studiert sie inzwischen im 3. Semester Informatik im Bachelor. Sie hat sich für dieses Studium entschieden, da sie bereits in der Schule Spaß an den Naturwissenschaften hatte und ihre Cousine viel

von ihrem Informatikstudium erzählt hat, was Samiras Interesse geweckt hat. Außerdem gefällt ihr, dass sie mit dem Studium später in verschiedenen Domänen arbeiten kann und die Jobchancen nach dem Abschluss gut aussehen. Die Studieninhalte gefallen ihr meistens sehr gut, dennoch fehlt ihr der Praxisbezug in den Vorlesungen und sie wünscht sich mehr Anwendungsbeispiele. Besonders sehr theoretische und mathematische Vorlesungen fallen ihr schwer. Dennoch gibt sie sich Mühe, alle Prüfungen im Erstversuch zu bestehen. Neben dem Studium spielt sie immer noch Fußball. Dazu nutzt sie das Angebot des Hochschulsports, um mit anderen Studierenden in Kontakt zu bleiben. Der Sport hilft ihr den Stress des Studiums abzubauen und macht ihr großen Spaß. Mehrere Male im Monat geht sie mit Freunden aus. Gerne ist sie Donnerstags auf Kneipentour. Sie kocht in ihrer Freizeit und verbringt den Abend auch gerne noch vor dem Fernseher. Da das Geld ihrer Eltern nicht ausreicht, um ihr Studium vollständig zu finanzieren und sie als Einzelkind keinen Anspruch auf staatliche Studienförderung hat, kellnert sie in einem gehobeneren Lokal am Rande der Altstadt. Sie ist sehr zufrieden mit ihrer Lebenssituation und vermisst ihre Heimat nur selten. Aufgrund ihres sozialen Charakterzugs, ihrer Teamfähigkeit und der Strebsamkeit, ist sie der Benutzerklasse der *Social-Achiever* zuzuordnen.

## Primäre Persona: Lino Martins (Player)



Abbildung 3.8: Bild des fiktiven Studenten Lino Martins [113]

Lino ist 22 Jahre alt und studiert im 5. Semester Medizinische Ernährungswissenschaften an der Universität. Er hat sich für dieses Studium entschieden, da seine Eltern gemeinsam ein portugiesisches Restaurant in Wismar betreiben und er sich schon seit dem Kindesalter mit Ernährung auseinandersetzt. Seine Mutter hat Hotel- und Restaurantmanagement studiert und während eines Auslandssemesters seinen Vater kennengelernt. Er ist an der Küste in Portugal aufgewachsen, bis er im Alter von 15 mit seinen Eltern nach Deutschland gezogen und sein Abitur gemacht hat. Er hat eine große Schwester, die Jura studiert. Zu ihr und seinen Eltern hat er regelmäßigen Kontakt. Seine Eltern finanzieren beiden Kindern das Studium, sodass er nicht jobben muss. Er wusste bereits während des Abiturs, dass er studieren möchte und hat durch den Besuch eines Schnuppertages zu seinem Studium gefunden. Es ist ihm wichtig, gute Noten zu schreiben, um seinen Eltern zu zeigen, dass er sich anstrengt und später gute Berufsaussichten zu haben. Er legt Wert darauf, dass es sich auszahlt, wenn er viel Zeit in einen Kurs investiert und lehnt Kurse ab, die wenige Creditpoints geben, aber viel Aufwand bedeuten. Außerdem würde er sich mehr Wahlmöglichkeiten im Studium wünschen. Bisher hat er noch keinen Schwerpunkt festgelegt, möchte sich aber spätestens bei seiner Bachelorarbeit ein Gebiet suchen, in dem er sich vorstellen kann, später zu arbeiten. Neben seinem Studium interessiert er sich für Umweltschutz und nachhaltige Landwirtschaft und kann sich einen Schwerpunkt in dieser Richtung vorstellen. Stehen Wahlen an, wählt er meistens grün, doch er beteiligt sich nicht weiter in politischen Organisationen. In seiner Freizeit geht er in die Kletterhalle. Ebenso hat er ein großes Interesse an Musik, spielt selbst Gitarre, nimmt eigene Lieder auf und geht gerne auf Konzerte oder Festivals. Er lebt in einer kleinen Zweizimmerwohnung in einem unbeliebteren Stadtteil etwas außerhalb, wo sein Freund ihn häufig besucht. Die beiden kochen sehr gerne zusammen und ernähren sich beide vegetarisch. Aufgrund seines Ehrgeizes und seiner Zielstrebigkeit, sowie der Eigenschaft den eigenen Einsatz entsprechend honoriert zu bekommen, repräsentiert er die Benutzerklasse *Player*.

## Primäre Persona: Simon Schmitt (Socializer)



Abbildung 3.9: Bild des fiktiven Studenten Simon Schmitt [113]

Der 25-jährige Simon Schmitt studiert im zweiten Mastersemester Robotik und autonome Systeme an der Universität. Aufgewachsen ist er in einer Kleinstadt etwa 45 Autominuten von der Universitätsstadt entfernt, wo seine Eltern mit seinem kleinen Bruder wohnen. Er hat auch eine kleine Schwester, die Architektur in Süddeutschland studiert. Für das Studium ist er in ein Wohnheimzimmer nahe der Uni gezogen, um einen kurzen Weg zur Uni zu haben. Am Wochenende fährt er oft zu seinen Eltern, da er dort noch viele Freunde hat und sich dort immer noch ehrenamtlich bei den Pfadfindern engagiert. Wenn er in der Universitätsstadt ist, trifft er sich oft mit Freunden zum Brettspielabend und virtuell, um

gemeinsam Videospiele zu spielen. Am liebsten hat er Spiele, bei denen man gemeinsam gegen das Spiel antritt und nicht miteinander konkurriert. Neben dem Studium arbeitet er als Hilfswissenschaftler am Institut für Robotik und kognitive Systeme, da er sich vorstellen kann, später wissenschaftlich zu arbeiten und sich von seinem Job Einblicke in die Forschung an der Universität verspricht. Außerdem liest er gerne aktuelle Publikationen, um sich Orientierung innerhalb seines Fachgebiets zu verschaffen. Mit seinem Studiengang ist er zufrieden, allerdings wünscht er sich manchmal mehr Ansprechpartner oder hat das Gefühl, dass seine Abwesenheit nicht auffallen würde. Simon kocht eher selten, da er in der Mensa zu Mittag und am Wochenende mit seiner Familie oder beim Ehrenamt isst. Er macht wenig Sport, bewegt sich aber jeden Tag, da er entweder mit dem Rad zur Uni fährt oder zu Fuß geht. Generell ist er zufrieden mit seiner Lebenssituation, freut sich allerdings schon auf das Ende des Studiums und den damit verbundenen Leistungsdruck. Aufgrund seines ehrenamtlichen Engagements und der engen Verbindung zu seiner Familie, sowie der Vorliebe des Spielens im Team, ist Simon Schmitt der Benutzerklasse *Socializer* zuzuordnen.



## 4 Hochschullehre und Didaktik

Der Einsatz des Framework zur Generierung der Spiele für die Hochschullehre bringt mit sich, dass das Framework im Kontext der Hochschullehre verwendet werden soll. Deshalb beschäftigt sich dieses Kapitel zunächst mit der Analyse dieses Kontextes. Anschließend werden Themenbereiche dargelegt, die inhaltlich aus didaktischen oder lernpsychologischen Perspektiven auf die Spielgestaltung und damit auch auf das Framework Einfluss nehmen.

### 4.1 Übungen in der Hochschullehre

Zum Zweck der Analyse des Hochschulkontextes werden zunächst Anhand der Modulhandbücher strukturelle Einsatzmöglichkeiten der Spiele erfasst. Des Weiteren werden die im Hochschulkontext verwendete Lernmanagementsysteme und deren Übungsaufbau untersucht. Abschließend werden durch Interviews mit Studierendenvertreter\*innen die potentielle Ausgestaltung der Spiele analysiert.

#### Integration in den Vorlesungsplan

Für die Vertiefung des Lerninhalts begleitend zur Vorlesung sind in den Modulhandbüchern der Universitäten bereits Übungen vorgesehen. Beispielsweise finden an der Universität zu Lübeck in allen Bachelorstudiengängen der Medizin Informatik Naturwissenschaft Technik (MINT)-Sektion Übungen in beinahe alle Fachsemestern statt, in denen auch Vorlesungen stattfinden [114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 124]. Eine Ausnahme bilden dabei das 4. Fachsemester der Medizinischen Ernährungswissenschaften und der Studiengang der Psychologie [118, 123]. Der Zeitumfang beträgt mindestens 1 Semesterwochenstunde, was pro Woche in der Vorlesungszeit 45 Minuten entspricht. Teilweise werden Übungen in die Veranstaltung integriert.

Das bedeutet, dass bereits Übungsinhalte bestehen, die leicht in ein System integrierbar sein müssen, um die Umstellung einer bisher bestehenden Übung für Dozierende ohne erheblichen Aufwand zu ermöglichen.

Des Weiteren müssen genügend Kapazitäten zur Verfügung stehen, um die parallele Durchführung verschiedener oder identischer Übungen durchzuführen. Dies Bedarf der (a) ausreichenden Anzahl an Räumlichkeiten, die technisch ausgestattet sind, und (b) ausreichender Rechenkapazität um das gewünschte Ambient Serious Game mit dem gewünschten Inhalt schnell bereitzustellen.

## Lernmanagementsysteme

Im Hochschulkontext werden sogenannte Lernmanagementsystem (LMS) zu Organisation der Lehre eingesetzt. Lernmanagementsysteme dienen der Organisation und Unterstützung der Durchführung von Lehrveranstaltungen. In erster Linie bieten LMS eine Plattform, Vorlesungsinhalte durch verschiedene Medien für Studierende und Dozierende verfügbar zu machen. Dies geschieht im Rahmen von sogenannten Kursen, in die Studierende eingeschrieben werden [125]. Durch ein differenziertes Rollenmanagement können Rechte innerhalb der Kurse verwaltet werden. Darüber hinaus bieten LMS weitere Formate wie Chats oder Foren an, um innerhalb eines Kurses zu kommunizieren [125, 28]. Durch ihre Eigenschaft als digitales Medium sind LMS in der Lage, weitere interaktive Lernangebote, wie Whiteboards, Kalender oder Quizzes anzubieten [28]. Letztere können von Dozierenden bewertet werden.

Auf dem Markt gibt es sowohl kommerzielle als auch open-source Lösungen. In Deutschland sind sieben Lösungen an Hochschulen verbreitet [28]: (1) moodle, (2) Blackboard, (3) clix, (4) Ilias, (5) Olat, (6) Stud-IP und (7) Chamilo.

Da die Spiele im Kontext der Hochschullehre entwickelt werden, wird nun der Prozess des Lernens mit Übungen bzw. Quiz im LMS analysiert. Um Lernspiele für Anwender\*innen leicht zugänglich in die Lehre zu integrieren, erscheint es sinnvoll, diese an die bereits bekannten und verbreiteten Quiz-Anwendungen der LMS anzubinden.

Übungen sind in die Kurse des jeweiligen LMS integriert und werden von Dozierenden erstellt. Sie bestimmen ebenfalls, wie viele Inhalte der Vorlesungen in der Übung geprüft bzw. wiederholt werden und stellen die Medien, die in Übungen verwendet werden zur Verfügung. Bei der Erstellung dieser Übungen bestimmen sie deren Schwierigkeitsgrad. Dass inhaltlich identische Übungen in unterschiedlichen Schwierigkeitsstufen angeboten werden, ist ebenfalls unüblich. Übungen bestehen aus mindestens einer Frage. Ihre Reihenfolge wird ebenfalls vom Dozierenden festgelegt. Abhängig der Einstellungen sind Übungen in der Regel wiederholbar und können lediglich der Selbstreflexion dienen. Es ist allerdings auch möglich, Übungen zur Überprüfung der studentischen Leistung zu nutzen. Die Limitation

der Bearbeitungszeit ist dabei optional. Automatische Bewertungen können vom Dozierenden und gegebenenfalls nach dessen Freigabe auch von Studierenden im LMS eingesehen werden.

Studierende können die Übungen im jeweiligen Kurs des LMS aufrufen. Nachdem die Übung gestartet wurde, können Fragen beantwortet werden. Ab diesem Moment beginnt das LMS die Bearbeitungszeit zu erfassen. Studierende sind nicht gezwungen die Aufgaben linear zu bearbeiten. Fragen können, nachdem sie beantwortet wurden, erneut korrigiert werden. Nach der vollständigen Bearbeitung der Übung wird die Übung beendet und abgegeben. Ob jede Frage beantwortet werden muss, obliegt den Einstellungen der Dozierenden. Die Ergebnisse der Übung werden im LMS hinterlegt und sind von den Studierenden abrufbar. Gegebenenfalls ist dazu eine Freigabe des Dozierenden notwendig. Diese haben Zugriff auf die Ergebnisse aller durchgeführten Übungen ihrer zugeteilten Kurse.

### *Frageformen*

Die in Deutschland verbreiteten Systeme bieten unterschiedliche Frageformen innerhalb der Quiz [125, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 132]. Zur Analyse der vorkommenden Fragetypen wurden die Dokumentationen und Leitfäden der jeweiligen Systeme untersucht. Gleiche Fragetypen mit verschiedenen Bezeichnungen wurden zusammengefasst. Tabelle 4.1 zeigt die Verbreitung einzelner Frageformen innerhalb der LMS.

Es zeigt sich, dass die Formen *Multiple Choice*, *Single Choice* und *Freitext* in allen der sieben untersuchten LMS vorkommen. Die Frageformen *Wahr/Falsch* und *Lückentext* sind in einem und die Form *Zuordnung* in zwei LMS nicht vertreten.

Die Aufgabenformen *Lückentext* und *Freitext* erfordern die freie Eingabe von Text. Dies stellt im Kontext ambienter Systeme sowohl für die Eingabe als auch für die, in Spielen notwendige, automatische Korrektur eine Herausforderung dar. In diesem Fall ist eine Übersetzung dieser Aufgaben in eine andere Frageform erforderlich. Diese Übersetzung verhindert ungewollt falsche Eingaben durch eine mangelnde Gebrauchstauglichkeit der Eingabemaske des Spiels und ermöglicht eine einfache Korrektur durch die Prüfung diskreter Eingaben. Zum Beispiel ändert sich im Falle des Lückentextes die Frageform zur Frageform der Lückentextauswahl, welche in zwei der untersuchten LMS vorkommt.

Tabelle 4.1: Übersicht über verschiedene Fragetypen und ihr Vorkommen in den jeweiligen LMS

Frageform/LMS	moodle	Blackboard	clix	Ilias	Olat	Stud-IP	Chamilo
Single Choice	x	x	x	x	x	x	x
Multiple-Choice	x	x	x	x	x	x	x
Freitext	x	x	x	x	x	x	x
Wahr/Falsch	x	x	x	-	x	x	x
Lückentext	x	x	x	x	x	-	x
Zuordnung	x	x	x	x	-	-	x
Hotspot/Imagemap	x	-	-	x	x	-	x
Numerisch/Kurzantwort	x	-	-	x	x	x	-
Reihenfolge	-	-	x	x	x	-	-
Kprim	x	-	-	x	x	-	-
Fehler/Worte markieren	x	-	-	x	-	-	-
Berechnet	x	x	-	x	-	-	-
Lückentextauswahl	x	-	-	x	-	-	x
Datei-Upload-Fragen	-	-	-	x	x	-	-
Matrix	-	-	x	-	x	-	-
Third-Party Fragetypen	x	-	-	x	-	-	-
Drag-and-Drop Markierungen	x	-	x	-	-	-	-
Hotttext	-	-	-	-	x	-	-
Prolog	-	-	-	-	-	x	-
Zeichnen	-	-	-	-	x	-	-
Drag&Drop	-	-	-	-	x	-	-
Zufällige Kurzantwortzuordnung	x	-	-	-	-	-	-
Audio answer	-	-	-	-	-	-	x
Begriffe benennen	-	-	-	x	-	-	-
Assoziation	-	-	x	-	-	-	-

## Studierendeninterviews

Um den Einsatz von Übungen oder Lernkontrollen in der Hochschullehre besser überblicken zu können, werden im folgenden die Ergebnisse der diesbezüglichen Analyse berichtet. Für die Analyse wurden Studierende zum Übungsablauf im Rahmen der Lehre sowie der Vorstellung zu Ambient Serious Games befragt. Fokus war dabei der Gebrauch von Moodle-Übungen, wobei Moodle das an der Universität implementierte LMS darstellt. Konkret sollten folgende Forschungsfragen adressiert werden:

- F1** Inwieweit werden Moodleübungen im Rahmen der oben referenzierten Lehrveranstaltungen eingebunden?
- F2** Welche Motivation haben Studierende an Übungen teilzunehmen und können sie sich eine Steigerung der Motivation durch den Einsatz von räumlichen Lernspielen vorstellen?
- F3** Welche Vorstellungen und Erwartungen haben Studierende bezüglich räumlicher Lernspiele?
- F4** Inwiefern können Studierende sich eine Reflektion oder Bewertung durch räumliche Lernspiele vorstellen?

## F5 Inwiefern können Studierende sich vorstellen, räumliche Lernspiele im Hochschulalltag durchzuführen?

Zur Beantwortung dieser Fragen wurden semistrukturierte Interviews durchgeführt. Diese wurden mit Studierendenvertretern durchgeführt, da angenommen wird, dass diese für eine größere Menge Studierender sprechen können. Angestrebt wurden fünf Interviews mit verschiedenen Vertretern, doch aufgrund von Schwierigkeiten bei der Rekrutierung konnten lediglich vier Interviews durchgeführt werden.

Der Interviewleitfaden ist Anhang B zu entnehmen. Im folgenden werden die Ergebnisse der Interviews Entsprechend der Forschungsfrage vorgestellt.

Die Studierendenvertreter\*innen berichten von unterschiedlichen Formen der vorlesungsbegleitenden Übungen. Diese erstrecken sich von klassischen Übungszetteln, über digitalisierte Moodle-Übungen bis zu Präsenz-Übungen in denen vor Ort Aufgaben durchgeführt und besprochen werden. Übungen werden dabei unterschiedlich als sinnvoll erachtet. Bei Vorlesungen, deren Inhalte den Studierenden leichter fallen, werden die ergänzenden Übungen nicht besucht, falls der Stoff lediglich wiederholt wird. Es wird begrüßt, wenn Übungen die praktische Anwendung einer Methodik beinhalten oder auf den nächsten Übungszettel vorbereiten. Interaktive oder Spaß bringende Übungen werden bevorzugt, was mit der Sympathie des jeweiligen Tutor bzw. der Tutorin zusammenhängt. Ebenso scheint die Arbeit in Gruppen ein motivierender Faktor zu sein, insofern diese als gute Gruppe empfunden wird. Der Bestehenszwang eine Punktzahl zu erreichen, um zur Prüfung zugelassen zu werden, spielt häufig eine Rolle sich mit Übungen auseinander zu setzen. Ebenso bei Prüfungen des Typs Portfolio, wobei hier ein gewisser Druck von den Studierenden empfunden wird von Beginn an hohe Punktzahlen zu erreichen. Dieser wird von Dozierenden teilweise durch Sockel in Noten- oder Punkteskalen gemindert. Die Personalisierung oder Gamifizierung der Übungen wird als positiv und motivierend wahrgenommen. Falls Moodle-Test verwendet werden binden diese unterschiedliche Aufgabentypen ein. Genannt sind dabei kurze Freitextaufgaben, Multiple-Choice-Aufgaben, sowie VPL Aufgaben, welche für die Eingabe von Programmcode genutzt werden können. Je nach Aufbau der Übung, der Wiederholbarkeit des Test und der Art und Weise des Feedbacks nach einer Abgabe, kann es vorkommen, dass Studierende die Test häufig durchführen und versuchen durch das Ausprobieren verschiedener Variationen, das korrekte Ergebnis zu erlangen. Im Vorfeld der Klausuren, werden die Übungen gerne genutzt, um Wissenslücken zu identifizieren. Den Studierenden scheint es wichtig zu sein, dass die Übungen gut in das Modul integriert sind und das Abgabe- und Wiederholungsgeseln bekannt sind.

Es fällt den Studierendenvertreter\*innen schwer, sich eine Vorstellung von räumlichen Lernspielen zu machen, die gut in den Hochschulalltag integriert sind. Es ist allerdings vorstellbar, dass sofern eine gute Integration gelingt, Ambient Serious Games eine genutzte Alternative zu klassischen Online-Übungen darstellen, insbesondere in Bezug auf die Reflektion von bereits gelerntem Wissen. Die Visualisierung des Gelernten und eventueller Wissenslücken scheinen dabei eine große Rolle zu spielen, da man sich vorstellen kann, nach der Durchführung des Spiels sich nicht mehr an alle Wissensfragen erinnern zu können. Die Gestaltung ist dabei völlig offen. Die Nachahmung bekannter Spiele stellt eine Option dar, wobei die Gefahr besteht, aufgrund der vermutlich geminderten Qualität Erwartungen an die Spiel zu enttäuschen. Die Verfügbarkeit verschiedener Spiele scheint für die Studierenden relevant, da sie unterschiedliche Spielvorlieben haben und entsprechende Spiele motivierender finden. Spiele in Gruppen sind vorstellbar, doch kritische Aspekte stellen das Ausnutzen der Leistung anderer oder die Zurückhaltung von Spieler\*innen dar, die Angst haben, durch falsche Antworten bloßgestellt zu werden. Der soziale Faktor stellt einen positiven Aspekt von Gruppenspielen dar. Es wird vorgeschlagen, andere Spieler im Spiel zu simulieren oder Bestenlisten zu ermöglichen, um sich mit anderen Studierenden vergleichen zu können. Die Vorstellung, Prüfungen oder bewertete Moodle-Übungen als Spiel durchzuführen, erscheint den Studierendenvertreter\*innen grundsätzlich möglich. Es erfordert allerdings die Integration der Spiele in einer Art und Weise in der das Spielgeschehen keinen Einfluss auf die faire Bewertung der Übung darstellt. Beispielsweise durch mehrfache Wiederholung des Spiels und der Wertung des besten Abschneidens.

Die Ergebnisse lassen vermuten, dass räumliche Lernspiele von den Studierenden genutzt werden könnten. Die Motivation, eine Übung wahrzunehmen, welche die Wiederholung von Faktenwissen darstellt, könnte durch die Spiele gesteigert werden. Es ist allerdings zu beachten, dass nicht alle Übungsformen durch Spiele ersetzbar sind. Bei praktischen Übungen, die durch einen Tutor begleitet werden, stellt die Gestaltung eines entsprechenden Spiels eine Herausforderung dar, wobei die Motivation der Studierenden an diesen Übungen teilzunehmen höher scheint als bei Übungen, welche den Vorlesungsinhalt wiederholen. Deshalb sollten letztere in einer ersten prototypischen Phase der räumlichen Lernspiele präferiert werden.

Es bleibt die Limitation, dass die Interviews nur mit wenigen Studierenden geführt wurden. Die Tatsache, dass diese darin geübt sind die Studierendenschaft zu vertreten, kann diese Verzerrung der Ergebnisse lediglich mindern. Dennoch ergeben sich Einflussfaktoren auf die Gestaltung der Serious Games und damit auf die Möglichkeiten, die ein Framework zu deren Erstellung adressieren sollte. Dies umfasst: (a) die Spiele müssen an den Spielertypen der Studierenden angepasst sein oder es muss eine Auswahl

an Spielen angeboten werden, (b) präferiert sind Spiele umzusetzen, welche die Reflektion des Wissensumfangs zu bereits unterrichtete Lehrinhalten darstellen, (c) Einzelspiele sind Gruppenspielen in einer ersten Umsetzung vorzuziehen, da Gruppenspiele kritische Aspekte mit sich bringen, (d) Spiele dürfen Übungen nicht vollständig ersetzen, damit Studierenden die Wahl bleibt die Übung auch auf andere Weise durchzuführen.

## 4.2 Lernpsychologie und Didaktik

Für die Gestaltung von Lernspielen spielen, neben dem Kontext, Theorien über menschliche Lernvorgänge eine wesentliche Rolle. Eine sehr verbreitete Theorie der diesbezüglichen Forschung ist die Cognitive Load Theory (CLT) [133, 134]. Sie beschreibt die Unterteilung des Gedächtnisses in ein Arbeitsgedächtnis und ein Langzeitgedächtnis. Das Arbeitsgedächtnis ist in der Kapazität beschränkt, während das Langzeitgedächtnis unbeschränkt erscheint [133, 135]. Miller vermutet in seinen Arbeiten, dass das Arbeitsgedächtnis  $7 \pm 2$  sogenannte Chunks verarbeiten kann, während neuere Arbeiten von  $4 \pm 1$  Chunks ausgehen [133, 136, 137]. Chunks beschreiben dabei zu verarbeitende Einheiten. Dies kann beispielsweise beim Erlernen von Buchstaben ein einzelner Buchstabe sein, aber auch ganze Wörter oder Sätze, wenn das Gehirn bereits mit Buchstaben vertraut ist und diese nicht bewusst verarbeiten muss [133]. Durch die Verarbeitung des Lerninhaltes im Arbeitsgedächtnis werden diese Chunks zu Schemata verarbeitet, die im Langzeitgedächtnis abgespeichert werden. Ob alle Chunks richtig verarbeitet werden können, hängt von der kognitiven Belastung ab. Hier wird zwischen intrinsischer und extrinsischer Belastung unterschieden [133].

Intrinsische Belastung wird von der Komplexität des zu verarbeitenden Chunks beeinflusst. Die sogenannte Elementinteraktivität beschreibt dabei die Schwierigkeit und Komplexität. Je stärker die Zusammenhänge der einzelnen Elemente des Chunks, umso höher ist die Elementinteraktivität. Beispielsweise ist die Elementaktivität beim Lernen einzelner Vokabeln geringer als beim Erlernen einer Grammatikregel. Extrinsische Belastung wird durch die Darstellung des Lernmaterials beeinflusst. Je schlechter der Lernstoff aufbereitet ist, umso höher ist die extrinsische Belastung [133]. Ausgehend vom sogenannten *Modalitätsprinzip*, das beispielsweise besagt, dass Lernen mit auditivem Text zusammen mit einer Abbildung effektiver ist, als eine Abbildung mit schriftlicher Beschreibung, kann angenommen werden, dass letzteres eine höhere extrinsische Belastung mit sich bringt [133, 138].

Umstritten ist der sogenannte *germane cognitive load*, der die Belastung beschreibt, die Lernmethoden mit sich bringen, welche Lernende unterstützen,

Chunks in Schemata abzubilden. Kritisch betrachtet wird dabei, dass im Gegensatz zu den beiden zuvor beschriebenen Belastungen, diese positive Belastung als lernförderlich betrachtet wird. Deshalb wird erwogen sie nicht als Belastung zu betrachten, sondern als Kapazität, die genutzt werden kann, um Chunks zu verarbeiten [133].

Das Bilden von Schemata wird in verschiedenen Lern- und Mnemotechniken unterschiedlich gefördert. Eine dieser Techniken wird als *Loci-Methode* bezeichnet. Dabei werden in der Regel Worte an Orten in einem oder mehreren Räumen abgelegt und später in Gedanken abgelaufen. So können Begriffe und Aufzählungen besser gemerkt werden als ohne diese Technik. Traditionell werden dabei bekannte reale Orte abgelaufen. Legge et al. konnten allerdings belegen, dass ein unbekannter virtueller Ort keinen signifikanten Unterschied in der Merkfähigkeit ausmacht [139].

Der *Generation Effect*, welcher von Slalmecka und Graf [140] beschrieben wird, beschreibt nicht direkt eine Technik. Die Autor\*innen beschreiben allerdings, dass Worte, welche durch Versuchspersonen selbst erzeugt wurden, besser gemerkt werden konnten als Worte, die nur gelesen wurden. Die Erzeugung erfolgte zum Beispiel durch Bildung des Gegenteils mit einem vorgegebenen Anfangsbuchstaben. Die inhaltliche Auseinandersetzung hat somit einen positiven Effekt in Bezug auf die Merkfähigkeit im Vergleich zu einfachem auswendiglernen. Dieser Effekt spiegelt sich auch in *Dales Erfahrungskegel* wider [18]. Sein Modell beschreibt, dass Inhalte besser gelernt werden können, wenn sie den Inhalt durch eigene Erfahrungen lernen. Beispielsweise bleiben 10% des Gelesenen und 20% des Gehörten in Erinnerung, von Getanem allerdings bleiben 90% in Erinnerung [141].

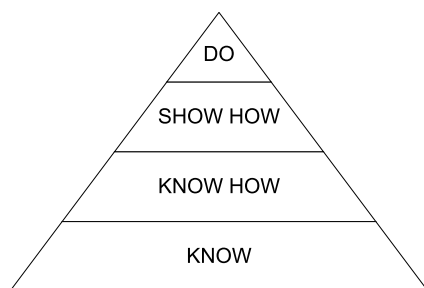


Abbildung 4.1: Millers Pyramide der Kompetenzebenen in der Medizin. Grafik nach [142]

Ein ähnliches Modell veröffentlichte Miller in Form einer Pyramide (siehe Abbildung 4.1). Sie beschreibt vier Level von Kompetenz. Die unterste Ebene *know* der Pyramide stellt das Faktenwissen dar. Hierbei handelt es sich um Kenntnisse über bestimmte Fakten oder Daten. Darauf folgt die Ebene *know how*. Diese beschreibt Handlungswissen, also jenes Wissen das benötigt wird, um eine bestimmte Aufgabe zu lösen. Die dritte Ebene *show how* beschreibt die Kompetenz, Handlungen unter Aufsicht oder in einer Simulation unter Aufsicht durchzuführen. Die oberste Ebene *do* beschreibt die Kompetenz, Handlungen in einer realen Situation durchzuführen [142].

Millers Pyramide wird beispielsweise in der medizinischen Ausbildung als Modell für die praktische Ausbildung der Studierenden herangezogen.

## Lerntypen

Neben den kognitiven Prozessen, die zu Beginn des Kapitels beschrieben wurden, gibt es den Begriff der Lerntypen oder auch Lernstile. Verschiedene Modelle beschreiben dabei, inwiefern die unterschiedliche Präsentation des Lerninhalts bei Individuen zu einem verbesserten Lernprozess führen.

Ein verbreitetes Modell ist das der vier verschiedenen Lerntypen, auch bekannt als das Lerntypenmodell von Vester [144]. Darunter wird die Unterscheidung von einem visuellen, einem auditiven, einem kinästhetischen bzw. haptischen und einem intellektuellen Lerntypen verstanden. Die Theorie hinter dem Modell ist auch als *Meshing-Hypothese* bekannt und besagt, dass Lerninhalte besser aufgenommen werden können, wenn dem Lerntypen der Lehrinhalt in der bevorzugten Modalität dargeboten wird [144, 145]. Dieses Modell ist in der Literatur allerdings umstritten. Aufgrund der Ermangelung an Studien mit geeignetem Versuchsaufbau gilt lediglich die Präferenz einer Modalität als fundiert [146, 147]. Die Konstanz dieser Präferenz sowie die einhergehende Leistungssteigerung sind umstritten und bisher nicht belegt [147]. Ausgehend vom Modalitätsprinzip scheint daher die Kombination verschiedener Darstellungskanäle sinnvoll. Die *Cognitive Theory of Multimedia* geht einher mit dieser Hypothese, da sie beschreibt, dass die Aufnahme der Information durch verschiedene Wahrnehmungs-

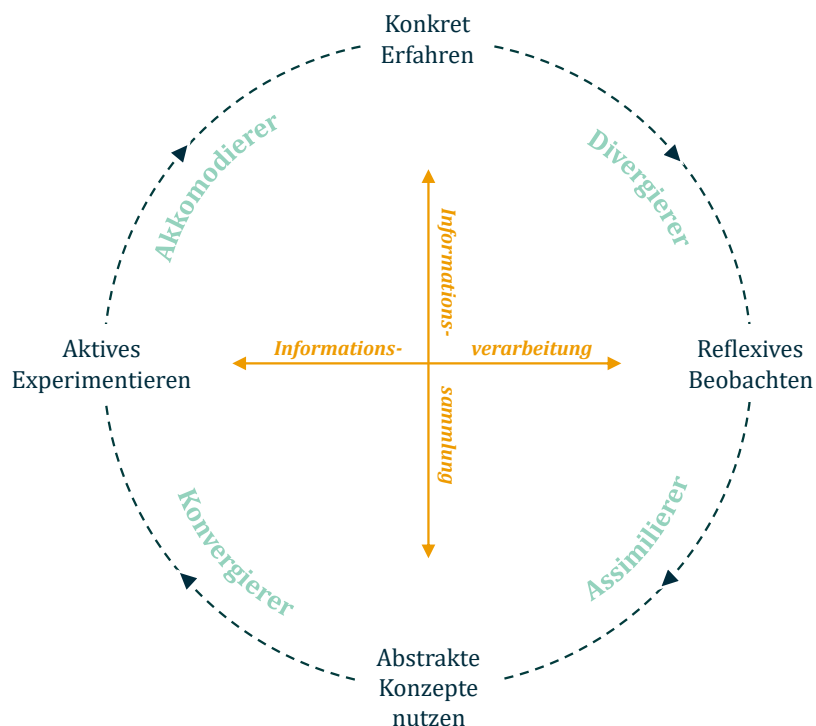


Abbildung 4.2: Lerntilmodell nach Kolb. Grafik nach [143]

kanäle den Lernprozess durch die Bildung der Verknüpfung zwischen der auf unterschiedlichem Wege wahrgenommenen Informationen fördert [29].

Neben diesem Modell ist das Lernstilmodell nach Kolb [143] verbreitet [148]. Sie geht nicht von verschiedenen Modalitäten aus, sondern von einer Präferenz bezüglich der Phase des Lernprozesses [149, 148, 143]. Dieser Lernprozess ist innerhalb des Modells zyklisch anhand der zwei Dimensionen Informationssammlung und -verarbeitung dargestellt (siehe Abbildung 4.2). Der Zyklus beginnt beispielsweise mit der konkreten Erfahrung, also dem aktiven Erleben des Lernstoffs. Diesem Schritt schließt sich das reflexive Beobachten an, gefolgt von der Nutzung abstrakter Konzepte. Abschließend folgt der Schritt des aktiven Experimentierens, der wieder in den Schritt konkreter Erfahrung übergeht. Die Lernstile setzen sich jeweils aus der Verbindung zweier Phasen zusammen. Der sogenannte Divergierer lernt durch die Erfahrung und die Beobachtung der Tätigkeit, was mit einer ausgeprägten Beobachtungsgabe und verringerten analytischen Fähigkeiten oder einer Strukturierung einhergeht. Der Assimilierer nutzt ebenfalls reflexives Beobachten kombiniert mit analytischem Denken, um Modelle oder Konzepte zu entwerfen. Der dritte Typ wird Konvergierer genannt. Er nutzt die analytischen Konzepte und aktives Experimentieren, um Neues zu erlernen. Die Fähigkeiten dieses Typs liegen im Bereich der praktischen Umsetzung und der Entscheidungskompetenz. Der letzte Typ kombiniert konkrete Erfahrung mit aktiven Experimenten [149, 143]. Idealerweise durchlaufen Lernende die Phasen während des Lernprozesses. Für das Lernstilmodell nach Kolb existieren validierte Messinstrumente sowie Studien, die nachweisen, dass die Bekanntheit des eigenen Lernstils, sowie die Adaption weiterer Lernstile den Lernprozess unterstützen [149, 150]. Dennoch wird dieses Modell ebenfalls aufgrund fehlender Validität und Mängeln hinsichtlich psychologischer, kultureller und weiterer Aspekte kritisiert [151, 152].

## **Bewegtes Lernen**

Die geringere kognitive Belastung durch die richtige Aufbereitung des Lernstoffs kann den Lernprozess fördern. Doch neben der Effektivität des Lernprozesses sollte auch die Gesundheit während des Lernprozesses gefördert werden.

Sedentäres Verhalten ist ein immer größer werdendes Problem unserer Gesellschaft, welches auch unter Studierenden verbreitet ist. Wenig Bewegung im Alltag führt zu gesundheitlichen Problemen, welche Einfluss auf die Lebenserwartung haben können. Doch nicht nur die physische Gesundheit kann durch gesteigerte Bewegung gefördert werden [153]. Studien zeigen,

dass Bewegung sich ebenfalls positiv auf das Wohlbefinden und die psychische Gesundheit auswirken. So kann durch die Bewegung Stress reduziert werden [154].

Des Weiteren gibt es Studien, die eine Korrelation zwischen sportlicher Aktivität und besserer Studienleistung zeigen. Keating et al. [155] zeigten, dass durch wöchentliches Krafttraining Studiennoten verbessert werden können. Ferner untersuchten Winter et al. [156] den Effekt von intensiver physischer Belastung auf die Kognition und fanden heraus, dass eine kurze hohe Belastung den Lernprozess von Vokabeln im Vergleich zu moderater Belastung oder sedentäres Verhalten um 20% beschleunigt und sich positiv auf die langfristige Merkfähigkeit auswirkt.

## Emotionen und Affective Computing

Emotionen haben ebenfalls Einfluss auf die Merkfähigkeit und Lernprozesse. Zahlreiche Studien haben berichtet, dass Hirnareale gemeinsam aktiviert werden, um ein Langzeitgedächtnis emotionaler Informationen zu bilden. Die Beteiligung bestimmter Areale an der emotionalen Verarbeitung stärkt Verbindungen im Gehirn, sodass emotionale Inhalte besser im Gedächtnis bleiben als neutrale Inhalte [157].

Im Kontext von Informatik spielt der Bereich des *Affective Computing* eine Rolle. Dieser Bereich beschäftigt sich mit der Erkennung und Verarbeitung von Emotionen durch Computer [158]. Aufgrund der Komplexität von Emotionen und deren Ausdruck wird sich häufig auf Basisemotionen beschränkt. Als Basisemotionen gelten Freude, Trauer und Wut. Die drei weiteren Emotionen Ekel, Angst und Überraschung werden ebenfalls zu den Basisemotionen gezählt, wobei in dieser Gruppe Emotionen ausgetauscht, entfernt oder hinzugefügt werden. Aus diesen Emotionen können Mischemotionen aus zwei oder mehr Basisemotionen entstehen [158, 159]. Zur Erkennung von Emotionen können sowohl Non-, als auch Paraverbale und Verbale Ausdrücke interpretiert werden. Dazu gehören beispielsweise Gestik und Mimik. Letztere wurde weitgehend durch das Facial Action Coding System von Eckman und Friesen beschrieben [160]. Das System ermöglicht es, Gesichtsausdrücke schriftlich zu dokumentieren. Paraverbale und Verbale Ausdrucksformen können durch Stimm- und Sprachanalyse beschrieben werden. Murray und Arnout berichten über Veränderungen in der Geschwindigkeit, die durchschnittliche Stimmlage, dem Bereich der Stimmhöhe, der Intensität, der Qualität, der Veränderung der Stimmlage und der Aussprache von gesprochenen Sätzen bei den Basisemotionen Angst, Wut, Trauer, Freude und Ekel [161]. Sie zeigen auf, dass die Messung mehrerer Merkmale notwendig ist, um eine Emotion eindeutig zu bestimmen. Emotionen führen auch zu physiologischen Effekten, die nicht bewusst

kontrollierbar sind. Dazu zählen Körpertemperatur, Muskelkontraktionen, Veränderungen des Hautleitwiderstands oder des Pulses [161].

Es ist anzunehmen, dass die gezielte Erzeugung von Emotionen während des Spielens nicht nur die Spielerfahrung, sondern auch den Lernerfolg des Spiels beeinflussen kann. Durch die Erkennung von Emotionen während des Spiels könnten emotionale Situationen wiederholt oder auf negative Emotionen reagiert werden.

## Flow

Ein Konzept, das sowohl mit Lernen als auch mit Spielen verbunden ist, wird als *Flow* bezeichnet [162, 163]. *Flow* ist ein psychologischer Zustand, der das ausgeglichene Verhältnis zwischen Unter- und Überforderung bzw. Fähigkeiten und Herausforderung beschreibt und zum völligem Eintauchen in eine Tätigkeit führt [164, 165]. Dieses Konzept wurde maßgeblich von Csikszentmihalyi entwickelt und findet innerhalb des Spielens Anwendung, da Spieler\*innen eines guten Spiels konzentriert und engagiert sind [162]. Ablenkungen oder störende Gedanken treten dabei in den Hintergrund [164, 166]. Um Flow zu ermöglichen, sollte das Spiel anspruchsvoll genug sein, um den Spielenden zu motivieren, aber nicht zu anspruchsvoll, um Frustration zu verursachen. Eine weitere Notwendigkeit sind klare Ziele und sofortiges Feedback, da diese Auswirkungen auf die Handlungen des Spielenden haben [162]. Die Messung von Flow ist schwierig, da die Befragung zu Flowerleben oder umfangreiche Messungen dazu führen, dass der Flowzustand unter- oder abgebrochen wird. Dennoch korreliert Flow mit physiologischen Parametern, weshalb eine Messung beispielsweise über ein Elektroenzephalogramm (EEG), die Messung von Herzratenvariabilität oder die Messung vom elektrodermischer Aktivität möglich ist [164, 167]. Durch die Messung von Flow mittels EEG konnte gezeigt werden, dass Flow einen positiven Einfluss auf das Lernen während eines Spiels haben kann [167].

## 4.3 Fazit

Im Rahmen der Hochschullehre bieten sich Lernspiele an, um Übungen spielerisch durchzuführen. Dies gilt insbesondere für Übungen, die als digitale Übung im LMS vorliegen und von den Studierenden eigenständig bearbeitet werden. Diese werden über LMS zur Verfügung gestellt, in denen Dozierenden Lehrmaterialien strukturieren und bereitstellen. Es gibt verschiedene LMS, die in Deutschland Verbreitung finden. In Bezug auf Übungen gibt es Überschneidungen in den Aufgabenformen. Die Frageformen, welche von

allen LMS abgebildet werden, sollten im Falle einer Übernahme der Fragen der Übungen in Spiele, in dieser Form integriert oder in eine passende Form überführt werden können.

Räumliche und multimediale Lernspiele können didaktische oder lernpsychologische Methoden einbeziehen, die sich lernförderlich auswirken könnten. Dies betrifft die Anzahl der angesprochenen Wahrnehmungskanäle und ihre mediale Aufbereitung. Die Spieler\*innen sollten Inhalte multimedial vermittelt bekommen, wobei die Anzahl von vier Chunks nicht überschritten werden sollten. Durch vom Spiel geforderte Bewegung im Raum könnten Mnemotechniken in das Spiel integriert werden. Sind Spiele so gestaltet, dass Wissen nicht nur abgefragt, sondern auch im Spiel erlernt wird, können praktische Elemente in den Spielen eingesetzt werden, um den Lernprozess zu unterstützen. Das verbreitete Modell der Lerntypen ist wissenschaftlich umstritten und die Spiele sollten nicht auf einen angenommenen Lerntypen angepasst werden. Vielmehr erscheint es sinnvoll durch die Spiele eine der vier Lernstiele nach Kolb [143] zu adressieren, um die Studierenden darin zu unterstützen alle Phasen des Lernprozess zu durchlaufen.

Lernspiele können zudem auf leichtem Wege Emotionen erzeugen, was ebenfalls auf den Lernprozess Einfluss nehmen kann. Außerdem kann die Erkennung von Emotionen oder Flow genutzt werden, um das Spielerleben zu verbessern oder die Schwierigkeit der Übung an die Spieler\*innen anzupassen.



## 5 Spiele in smarterer Umgebung

Die vorangegangenen Abschnitte beschäftigen sich mit dem Zielprodukt der Serious Games sowie dem Kontext der Hochschullehre. Die Domäne smarterer Umgebungen und ihre Potentiale im Bereich von Universitäten wurde vorerst außer acht gelassen. In diesem Kapitel werden die Anforderungen an Spiele dargestellt, welche auch aus der Domäne smarterer Umgebung beeinflusst werden. Deshalb wird zunächst beschrieben, was unter einer smarten Umgebung verstanden wird. Anschließend werden verwandte Arbeiten im Bereich der Nutzung von smarten Umgebungen für die Hochschullehre, sowie Veröffentlichung über Qualitätskriterien von Serious Games mit den vorherigen Kapitel in Bezug gesetzt. Darauf folgt die Definition von Ambient Serious Games, welche fortan als Endprodukt des Framework betrachtet werden. Anhand zweier Soll-Szenarien soll verdeutlicht werden, wie Ambient Serious Games in der smarten Umgebung einer Hochschullehre genutzt werden könnten. Anhand von Userstories, welche aus den Szenarien entnommen sind, werden Anforderungen präsentiert, die für ein Ambient Serious Game gelten.

### 5.1 Smarte Umgebungen

Der Begriff des Ubiquitous Computing geht dabei auf Marc Weiser zurück. Er definiert darunter physische Umgebungen, welche mit Computern angereichert sind und genutzt werden können. Diese verhalten sich unaufdringlich, weshalb sie für Benutzer\*innen unsichtbar erscheinen können [168]. Dabei wird physikalische von mentaler Unsichtbarkeit unterschieden. Die physikalische Form beschreibt die Unsichtbarkeit aufgrund von Miniaturisierung oder Integration in alltägliche Gegenstände. Im Falle der mentalen Form werden Computer nicht als solche wahrgenommen, da sie als Gegenstände, wie beispielsweise Tische, erscheinen [169].

Der Begriff des Pervasive Computings beschreibt eine ähnliche Vision, welche von IBM geprägt wurde. Sie zielt darauf ab, Informationen immer und überall verfügbar zu machen, wenn sie benötigt werden [170]. Die Unterschiede des daraus resultierenden Konzepts liegen in der Ausrichtung. Ubiquitous Computing stammt aus dem akademischen Umfeld und fokussiert sich auf die Mensch-Technik Interaktion und auf den Zugang

zu Computern in smarten Umgebungen [171, 172]. Pervasive Computing verfolgt einen wirtschaftlichen Ansatz, der die technischen Aspekte, wie beispielsweise Vernetzung in den Vordergrund stellt [171, 172, 173].

Des Weiteren ist in diesem Kontext der Begriff der *ambient Intelligence* (vgl. [174]) relevant. Unter diesem Begriff verbirgt sich ein Konzept, dass Nutzer\*innen in den Fokus smarter Umgebungen stellt. Dabei werden soziale Interaktionen im Raum beachtet, was die Unaufdringlichkeit von Computern unterstreicht und die Entscheidungshoheit der Nutzer\*innen erfordert. Umgebungen sollten Nutzer\*innen kennen, sich anpassen und in der Lage sein, Handlungen zu übernehmen, wenn dies keine ungewollte Unterbrechung darstellt. Dies betont die Notwendigkeit von physikalischer und mentaler Unsichtbarkeit der Computer und ihrer Vernetzung [175]. Diese Unsichtbarkeit kann durch den Einsatz von Interaktionsformen erreicht werden, welche von Nutzer\*innen bereits aus ihrem Alltag kennen. Diese Interaktionsformen werden als Natural User Interface (NUI) bezeichnet. NUIs beruhen auf mit nicht digitalen Geräten erlernte Interaktionen oder zwischenmenschlichen Interaktionen. Sie zeichnen sich nicht nur durch die leichte Erlernbarkeit, sondern auch durch ihre effektive Unsichtbarkeit aus. Durch die wiederholte Nutzung der Schnittstelle werden immer komplexere Interaktionen erlernt [176]. Aufgrund des natürlichen bzw. zwischenmenschlichen Ursprungs der Interaktionen werden vor allem Sprachsteuerung und Gestensteuerung als Kernaspekte der NUI betrachtet [176, 177]. Des Weiteren können die Steuerung über Mimik (siehe 4.2), ein Tangible User Interface (TUI) oder ein Organic User Interface (OUI) zur Gruppe der NUIs gezählt werden. TUIs bieten dabei eine Steuerung von Systemen über greifbare Objekte. Diese fungieren als Darstellung und Steuerung für ihre digitalen Entsprechungen. So werden digitale Informationen direkt mit den Händen manipulierbar und durch periphere Sinne wahrnehmbar [178]. OUIs sind Interfaces mit nicht-planaren Displays, die aktiv oder passiv ihre Form durch analoge physikalische Eingaben verändern können [179].

Doch auch der Einsatz von NUIs gibt den Nutzenden keine Information darüber welche Schnittstellen zur Interaktion im Raum zur Verfügung stehen. Besonders bei der digitalen Erweiterung von Artefakten, die aus dem Alltag bekannt und genutzt werden, spielt die physische Unsichtbarkeit der Technologie eine entscheidende Rolle [180]. Diese Problematik wird vom sogenannten *Invisibility Dilemma* aufgegriffen [181]. Einerseits sollen Interaktionsmöglichkeiten in bestehende Artefakte, Geräte und Umgebungen integriert werden. Andererseits müssen Nutzende weiterhin in der Lage sein, digital erweiterte Artefakte als leistungsfähiger wahrzunehmen, als sie auf den ersten Blick erscheinen [181].

Im Kontext der Arbeit ist interessant, wie smarte Umgebungen in der Hochschullehre genutzt werden könnte. Im Folgenden werden bereits veröffentlichte Konzepte und Visionen zu Smarte Umgebungen in der Hochschullehre vorgestellt.

## Smarte Umgebungen in der Hochschullehre

Über den Gedanken, smarte Umgebungen in Universitäten und Lernmanagementsystemen einzusetzen, gibt es bereits Veröffentlichungen [14, 10, 11, 9]. Beispielsweise beschreiben Tavangarian und Lucke [9] diese in ihrer Arbeit über *Pervasive University*. Das Konzept befasst sich mit dem Einsatz von kontextsensitiven Systemen, die Nutzer\*innen unterstützen, ohne dass diese Anweisungen geben müssen. Die Systeme sind so in ihre Umgebung eingebunden, dass sie die Aufmerksamkeit der Nutzer\*innen nur dann an sich binden, wenn sie verwendet werden [9]. Im universitären Umfeld bedeutet dies, Lehre soweit technologisch zu unterstützen, dass sie smarte Räume effektiv nutzbar machen. Ein ähnliches Konzept wird als Ambientes Lernmanagementsystem (aLMS) oder *Ambient Intelligence in University Education* bezeichnet. Das Konzept hierbei ist smarte Umgebungen so zu gestalten, dass Studierende von der Umgebung erkannt werden und Lerninhalte multimedial und adaptiv dargestellt werden [14, 10, 11]. Im folgenden werden sie unter dem Begriff aLMS zusammengefasst. Sowohl im Kontext von *Pervasive University* als auch von aLMS veröffentlichten Autor\*innen Anforderungen an entsprechende Systeme.

Im Rahmen von aLMS werden Nutzerprofile gefordert, um den dargestellten Lerninhalt an die Studierenden anzupassen [11]. Nach der Identifikation soll das Profil vom aLMS geladen werden und die Umgebung entsprechend angepasst werden [10]. Die Lernenden sollten dabei im Fokus der Anwendung stehen [14]. Weitere Anforderung an aLMS sind kontextbasierte Dienste, Adaption an die Nutzer\*innen, Personalisierung und omnipräsente Verfolgung [14, 10]. Dies dient der kontinuierlich angepassten optimalen Unterstützung der Nutzer\*innen.

Eine weiterer Aspekt ergibt sich aus der Flow-Theorie. In einem aLMS steht der Nutzende im Fokus [14]. Daraus lässt sich schließen, dass die multimediale Präsentation auf Lerninhalte und Studierende so angepasst sollten, dass sie weder über- noch unterfordernd sind. Somit ist eine kontinuierliche Adaption auf Studierende notwendig. In Bezug auf das aLMS ist die Erkennung von Emotionen ebenfalls relevant, um die Nutzung des Systems in Bezug auf die Gebrauchstauglichkeit zu verstehen [14]. Der Bereich des *affective Computings* (siehe Abschnitt 4.2) kann hierbei hilfreich sein [10], die Emotionen der Studierenden zu erfassen.

Des Weiteren wird der Einsatz von Technologien gefordert, die im universitären Umfeld neu erscheinen [10, 9]. Dies deckt sich mit Anforderungen an Interaktionen zwischen Studierenden und SGs. In diesem Zusammenhang könnten neue Arten von Lernobjekten mit erhöhter eingebetteter Intelligenz nützlich sein [10], die mit LMS zusammenarbeiten. Beispielsweise Tangibles, die ein domänenbezogenes Objekt repräsentieren [10]. Durch eine selbstorganisierte Architektur können sich Lernobjekte vernetzen und Rollen bzw. Aufgaben zuweisen, um ein möglichst einfach begreifbares Interface zu bieten [10]. Anwendungen und ambiente Systeme können sich selbst organisieren, ihre Funktion überwachen und verwalten, ihre Kommunikation steuern, die optimale Nutzung der Ressourcen verwalten und Reparaturen organisieren [10, 9].

Ein weiterer Aspekt den aLMS und Serious Games gemein haben ist die fehlerfreie und technisch korrekte Abbildung von Lerninhalten [14]. Diese müssen verfügbar gemacht werden. Die Lehreinheiten sollten dabei dem Wissensstand des Lernenden entsprechen, der Lerngeschwindigkeit angepasst sein und in kurze fokussierte Einheiten gegliedert sein [14]. Ebenso sollte das Überspringen von Einheiten möglich sein [14]. Dies erfordert eine digitale Aufbereitung der Lerninhalte, sowie eine Beschreibung dieser in Form von Metadaten [11] und ein für Nutzende nicht sichtbares Dateiablagensystem [10], das für die Systeme erreichbar ist. Des weiteren sollten aLMS optimale Auswahl von Modulen und deren Zusammenstellung zu einem optimalen Stundenplan und aktive Hilfe für die Studenten in alltäglichen Situationen bieten [11]. Unbedingt notwendig ist außerdem die Umsetzung von Sicherheitskonzepten, sodass alle Daten und insbesondere personenbezogene Nutzerdaten ausreichend geschützt sind [10].

## 5.2 Ambient Serious Games

Als Konsequenz der vorgestellten Hintergründe wird nun der Begriff der Ambient Serious Games definiert und von verwandten Begriffen abgegrenzt. Diese dienen als abgegrenztes gegenständliches Ziel des Framework.

Spiele in smarten Umgebungen werden als Pervasive- oder Ambient Games bezeichnet. Pervasive Games sind Spiele, die zeitlich, räumlich oder sozial nicht klar begrenzt sind [182]. Ambient Games, eine Subgruppe der Pervasive Games, machen sich dabei das Konzept des Ubiquitous Computing zunutze, nach der Rechner in der physischen Umgebung eingebettet werden, sodass sie unaufdringlich für Nutzer\*innen verfügbar und somit für diese effektiv unsichtbar sind [168]. Somit handelt es sich bei Ambient Games um Spiele, die eine Atmosphäre schaffen, in der Spielende verschiedenen, auch nicht spielerischen Aktivitäten nachgehen. Das Spiel stellt also nicht

den alleinigen Fokus der Spielenden dar. Dabei können Spielende Informationen aus der Umgebung nutzen, welche die Umgebung bereitstellt, ohne eine Interaktion zu erzwingen [183].

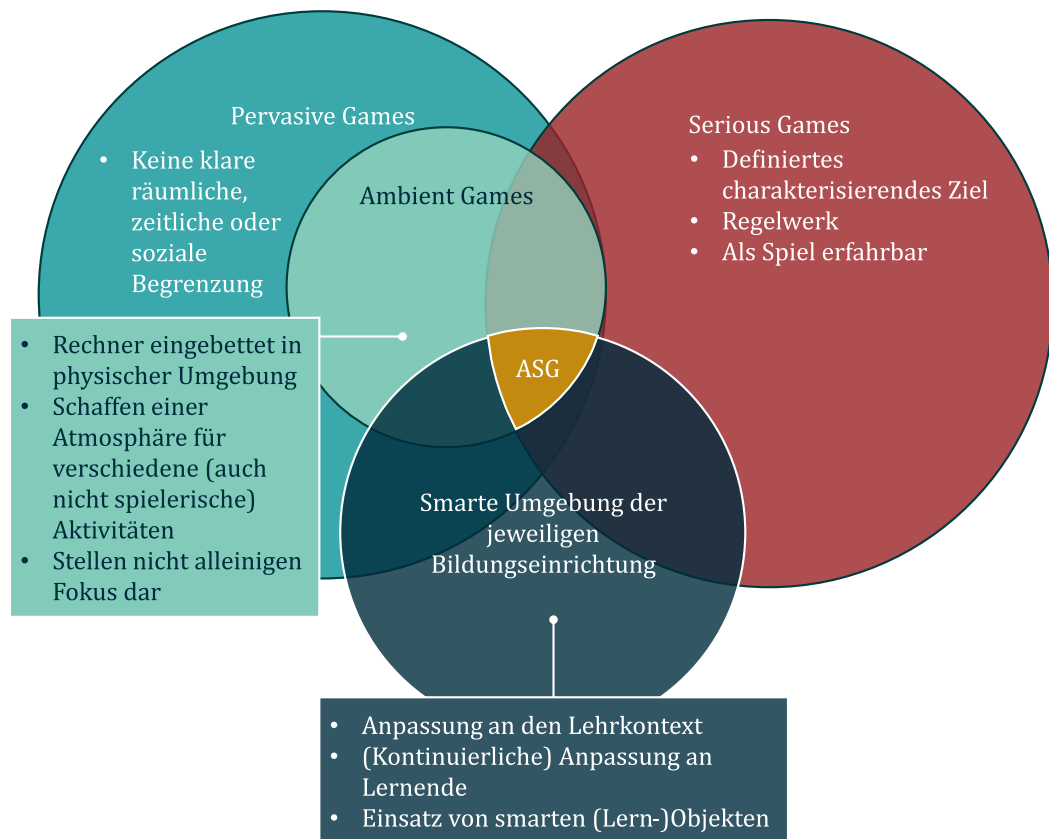


Abbildung 5.1: Die Abbildung zeigt ein Venn-Diagramm zur Definition und Abgrenzung des Begriffs Ambient Serious Game (in der Grafik mit ASG abgekürzt).

Im Rahmen dieser Arbeit sollen unter dem Begriff *Ambient Serious Game* (ASG) Spiele verstanden werden, die ein ernsthaftes charakterisierendes Ziel verfolgen. Sie befinden sich eingebettet in eine mit Rechnern angeereicherte Umgebung, die nur unaufdringlich von den Spielenden wahrgenommen wird. Ambient Serious Games besitzen den Spieler\*innen und dem Lehrkontext gegenüber adaptive Eigenschaften, die im Falle der universitären Lehre den Forschungsbereichen zu smarten Umgebungen in der Hochschullehre (vgl. Abschnitt 5.1) entstammen. Eine Anpassung kann dabei basierend auf Sensorinformationen oder Nutzerprofilen geschehen. Dennoch steht das Spiel als solches im Fokus, welches ein Regelwerk sowie ein definiertes Ziel umfasst. Dieser letztgenannte Aspekt der Definition, steht teilweise im Widerspruch zu der oben genannten Definition von Ambient Games, doch die Definition des Serious Games verlangt eine explizite als Spiel erfahrbare Komponente. Ambient beschreibt in diesem Fall den Einsatz smarterer Umgebung, deren technische Komponenten für die Nutzenden

mental nicht wahrnehmbar sind. Abbildung 5.1 zeigt die zuvor genannten Begriffe, ihre Aspekte sowie die Überschneidungsmenge der Ambient Serious Games.

Es gibt verwandte Arbeiten im Bereich der Pervasive Games oder Serious Games, die eine Überschneidung mit den als Ambient Serious Games definierten Spielen aufweisen, allerdings nicht vollständig mit ihr einhergehen. Ein Beispiel solcher Spiele stellt das von Mittmann et al. [184] vorgestellte Spiel *LINA* dar. Das Spiel adressiert Grundschüler\*innen, die mit Hilfe von Smartphones augmentierten Hinweisen folgen, um ihre fiktive vermisste Mitschülerin Lina zu finden. Die Spieler\*innen spielen dabei gemeinsam in ihrem üblichen Klassenzimmer [184]. Die Augmentation stellt dabei die Anreicherung der Umgebung dar, wobei die Smartphones nicht im Fokus der Wahrnehmung der Schüler\*innen stehen. Es wird sich dabei allerdings auf die Augmentation sowie Audioausgabe über Kopfhörer beschränkt und keine weitere Technik eingesetzt, welche die räumliche Umgebung mit smarten Fähigkeiten anreichern, um die Immersion zu unterstützen. Ein weiteres Beispiel stellt das in Zusammenarbeit mit Stoldt et al. [185] entwickelte Spiel dar. Das in die Kategorie der Pervasive Games eingeordnete Spiel besteht aus einer räumlichen Umgebung deren Eckpunkte durch vier Säulen definiert werden. Diese sind für die Entstehung räumlicher Atmosphäre mit wechselnden Farben beleuchtet. In verschiedene Narrative eingebundenen Würfel müssen Säulen zugeordnet werden, um Wissensfragen zu beantworten [185]. Die Narrative sind dabei austauschbar, werden aber nicht an die Spieler\*innen angepasst, weshalb das Spiel von Ambient Serious Games zu unterscheiden ist. Ein Beispiel, welches Kontextinformationen einbindet stellt das Spiel *Searching for Us* [186] dar. Mit Hilfe einer Web App und zwei haptischen in Holzrahmen gefassten Avataren kann die Geschichte zweier Figuren erlebt werden. Dabei werden Umgebungsdaten erfasst, welche Einfluss auf die durch die App präsentierte Geschichte nehmen [186]. Die Spiele passen sich durch die Kontextsensitivität an den Nutzer\*innen an, jedoch wird das Spiel außen durch die Bewegung in einer Stadt gespielt, also keiner mit Rechner angereicherten smarten Umgebung. Es gibt viele weitere Beispiele von Pervasive oder Ambient Games, welche Überschneidungen mit den Ambient Serious Games haben. Einige verfolgen dabei ein ernsthaftes Ziel. Die genannten Spiele befassen sich beispielsweise mit der Vermittlung sozialer Kompetenzen (vgl. [184, 186]) oder der Überprüfung von Faktenwissen (vgl. [185]). Sie veranschaulichen, durch ihre teilweise Überschneidung, die Abgrenzung von Ambient Serious Games zu bereits veröffentlichten Arbeiten. Es ist jedoch nicht auszuschließen, dass Spiele implementiert sind, welche vollständig der oben gegebenen Definition entsprechen.

## 5.3 Anforderungsanalyse und Soll-Szenario

Im folgenden Abschnitt wird die Vision von Ambient Serious Games in der Lehre anhand eines Szenarios verdeutlicht. Das Szenario beschäftigt sich mit einem Lernspiel in einem mit Multimediatechnik angereicherten Raum, welcher von Studierenden zum freien Lernen und durchführen von Übungen als Lernspiel genutzt werden kann.

### Szenario Ambienter Lernraum

Samira studiert im dritten Semester Medieninformatik an der Universität zu Lübeck. Im Laufe des Semesters muss sie das Modul *Grundlagen der Multimediatechnik* belegen. Begleitend zur Vorlesung werden Übungen im LMS der Universität angeboten, mit denen gelerntes Wissen wiederholt bzw. geprüft werden kann. Da Samira sich schwer motivieren kann, nutzt sie die Möglichkeit die Übungen als Spiel durchzuführen. Dazu besucht sie den ambienten Lernraum der Universität. Am Eingang des Raumes loggt sie sich im LMS der Universität ein und wählt den Kurs und das Thema aus, das sie wiederholen möchte. Nach einer kurzen Wiederholung des Themas ist die Übung an der Reihe. Es werden ihr verschiedene Spiele angeboten, welche alle dieselbe Übung repräsentieren. Da Samira in ihrer Freizeit gerne Rätsel löst, entscheidet sie sich für ein Singleplayer Escape Game. Dieses Spiel hat sie bereits einmal gespielt. Es wird aber nicht langweilig, weil sich nicht nur die Aufgaben, sondern auch die Rätsel jedes Mal verändern. Das LMS zeigt an, dass sie das Spiel noch acht weitere Male spielen kann, bis sie alle Level einmal gespielt hat. Sie startet das Spiel und der Raum verändert das Licht.

Mithilfe von Beamern wird nun an die Wände des Raumes eine andere Umgebung projiziert. Samira befindet sich jetzt in einem Labor mit verschiedenen elektrischen Messgeräten. Auf einer Seite des Raumes ist eine Tür und daneben eine Kundtsche Röhre zu sehen, mit deren Hilfe Schall sichtbar gemacht werden kann. Außerdem entdeckt Samira einen Tisch mit verschiedenen Würfeln und einem projizierten Oszilloskop, den sie zur vor nicht beachtet hat. Die physischen Würfel zeigen auf sechs Bildschirmen verschiedene Mikrofone, die sie bereits aus der Vorlesung kennt. Auf einem Bildschirm findet sie ein Diagramm mit zwei Achsen. Eine zeigt die Einheit Kilohertz und die andere die Einheit Dezibel. Im Raum findet sie weitere Displays in Form von Tablets, Smartphones oder Würfeln, die zum Thema passende Grafiken anzeigen. Im ersten Moment kann Samira wenig mit ihrer Umgebung anfangen, doch nachdem sie sich im Raum umgesehen hat erscheinen die Umrisse einer Person auf einem Bildschirm, welcher an der rechten Wand des Raumes angebracht ist. Die Person erklärt ihr, dass sie

in den nächsten 20 Minuten zehn Rätsel lösen muss, um ein Passwort zu ermitteln, welches das Türschloss entriegelt. Anschließend erhält sie auf dem Bildschirm eine erste Rätselfrage. Leise unaufgeregte Hintergrundmusik erklingt. Es handelt sich um eine Multiple-Choice-Frage. Um die Frage zu beantworten, muss sie einen im Raum versteckten Buchstaben finden, welcher der richtigen Antwort entspricht. Auf einem Tablet im Raum findet sie ein A abgebildet, ein Smartphone zeigt ein B und ein anderes ein C. Das D ist auf einem großen Bildschirm zu finden. Sie schwankt zwischen den Antworten A und C. Auch nach längerer Überlegung kann sie sich nicht entscheiden und ihre Motivation sinkt. Noch bevor sie darüber nachdenkt, dass Spiel abubrechen, verschwindet der Buchstabe C vom Display des Smartphones und auch auf dem Fragebildschirm ist die Antwortmöglichkeit nicht mehr zu sehen. Da sie sich nun sicher ist, dass es sich bei Antwort A um die korrekte Antwort handelt, untersucht sie die Abbildung genauer. Das Smartphone zeigt ein eingeblendetes Symbol, das ihr zeigt, dass sie in das Bild hinein zoomen soll. Im Hintergrund entdeckt sie eine Tafel. Bei näherem Zoomen findet sie darauf eine Aufgabe. Sie soll nun die Mikrofone bestimmten Aussagen zuordnen. Dazu ist es notwendig, eine weitere Tafel zu finden, welche die Aussagen darstellt. Auch hier erhält sie einen Hinweis darauf, wo sie die Tafel suchen muss. Auf einem Tisch, dessen Oberfläche aus einem Touchdisplay besteht, wischt sie die angezeigte Tischdecke zur Seite und findet dort die Aussagen. Durch das Platzieren der Würfel mit den Mikrofonen kann sie die Aufgabe lösen. Sobald alle Aussagen zugeordnet sind, verfärbt sich die Beleuchtung über dem Tisch für kurze Zeit grün und ein Audioeffekt erklingt. anschließend verändert sich die Oberseite der Würfel und die nächste Aufgabe erscheint. Sofort ist ihr klar, dass sie für diese Aufgabe das schon zu Beginn entdeckte Diagramm benötigt. Sie vergisst, dass sie eine Übung bearbeitet und geht voll in der Immersion des Spiels auf.

Nach 18 Minuten und 23 Sekunden hat sie alle Rätsel gelöst. Durch das Lösen der letzten Aufgabe konnte sie das Passwort für die Tür ermitteln und das Schloss öffnen. Hinter der Tür befindet sich eine hell leuchtende Fläche, die sich nun durch den ganzen Raum ausbreitet. Nachdem der Raum vollständig beleuchtet ist, baut sich die ursprüngliche Umgebung auf, aus der das Spiel gestartet wurde. Auf dem Display der aktuellen Station kann Samira nun das Ergebnis ihrer Übung sehen. Sie hat nicht alle Aufgaben richtig beantwortet. Die beiden Aufgaben, welche falsch beantwortet wurden, kann sie sich noch an der Station selbst ansehen. Sie will gerade mit der Durchsicht beginnen, als auf dem Bildschirm eine Nachricht erscheint. Der Raum empfiehlt ihr eine Pause zu machen. Sie überlegt kurz und stellt fest, dass sie sich nicht mehr gut konzentrieren kann. Sie meldet sich vom System ab und verlässt den Raum. Nach einer Pause öffnet sie zu Hause das LMS und sieht sich ihre Fehler genauer an.

Sie ist froh, dass sie die Übung in weniger als 20 Minuten lösen konnte und macht sich inzwischen weniger Sorgen über das Bestehen des Moduls.

## Userstories und Anforderungen

Im Folgenden sind alle Anforderungen, die sich aus dem ersten Teil der Arbeit ergeben zusammengefasst. Unterhalb der Userstory ist dabei je eine Kernanforderung mit jeweiliger Referenz auf den ursprünglichen Abschnitt aufgelistet.

Das Szenario spielt sich im Kontext der Hochschullehre ab. Damit die Durchführung von Lernspielen möglich werden sollten sie im Stundenplan im Rahmen des Selbststudium berücksichtigt werden und der Lehrinhalt vor der Durchführung bereitstehen. Die Durchführung der Spiele sollte Anteil des Selbststudiums (13-18 Stunden/Woche) darstellen oder in die Vorlesung integriert sein, um nicht zusätzliche Zeit zu benötigen (vgl. 3.2). Des Weiteren müssen genügend freie Räumlichkeiten zur Verfügung stehen in denen Spiele durchführbar sind (vgl. 4.1). Damit Dozierende ihre Lerninhalte als Spiel zur Verfügung stellen sollte die Umstellung einer bisherigen Übung zu einem Spiel ohne erheblichen Aufwand möglich sein.

Im Szenario *Szenario Ambienter Lernraum* wird der Raum in dem Samira das Spiel spielt, nach ihrem Login auf sie und das ausgewählte Fach angepasst. Diese Informationen entstammen ihrem Nutzerprofil im LMS (vgl. 5.1).

**Anforderung 1:** Nutzerprofile sollen Charaktereigenschaften des Nutzers beschreiben und die Anwendung soll sich diesen anpassen.

**Anforderung 2:** Während des Spiels sollte der Nutzer analysiert werden und das System sich weiter anpassen.

**Anforderung 3:** Nutzerprofile sollen nach Beenden des Spiels aktualisiert werden.

**Anforderung 4:** Profile sollen den Kenntnisstand des Fachgebiets und Spielertyp umfassen.

Samira führt die Übung als Spiel durch und kann durch die Beantwortung aller Fragen den Code für die letzte Tür ermitteln. Dadurch, dass das Spiel durchgespielt wird, ist die zu Grunde liegende Übung absolviert. Neben dem Spielziel wird also auch das charakterisierende Ziel (vgl. 2.1) erreicht.

Anforderung 5: Das Spiel soll ein charakterisierendes Ziel verfolgen.

Samira weiß zunächst nicht, wie sie mit der Umgebung interagieren muss, um weiterzukommen. Das Spiel stellt durch ein Video und eingeblendete (Interaktions)tutorials Hilfe bereit, sodass sie versteht wie sie interagieren muss, ohne eine Anleitung zum Spiel zu lesen.

Anforderung 6: Das Spiel sollte Ingame-Tutorials bereitstellen.

Anforderung 7: Interaktionsobjekte sollten erklären wie sie bedient werden.

Samira benutzt smarte Würfel, die Mikrofone repräsentieren, um mit dem Spiel zu interagieren. In einem anderen Spiel könnten die Würfel andere Gegenstände repräsentieren.

Anforderung 8: Es sollen neue Arten von Lernobjekten verwendet werden.

Anforderung 9: Lerninhalte sollen multimodal und adaptiv dargestellt werden.

Samira entdeckt die Antwortoptionen auf verschiedenen Geräten. Diese sind deutlich erkennbar, da die Oberfläche gebrauchstauglich gestaltet sind.

Anforderung 10: Nutzeroberflächen sollten klar gestaltet sein und keine unnötigen Informationen darstellen.

Damit Samira im Spiel weiterkommt, werden Antworten ausgeblendet sobald die Umgebung feststellt, dass sie aus dem Flow gerät. Sie wird darin unterstützt werden das charakterisierende Spiel zu erreichen (vgl. 2.1). Ihre Unsicherheit und ihr Emotionen werden vom Spiel erfasst, um die Schwierigkeit anzupassen.

Anforderung 11: Der Spieler soll während des Spielens durch das Spiel dabei unterstützt werden das charakterisierende Ziel zu erreichen.

Anforderung 12: Die Lerninhalte sollten so angepasst werden, dass der Spieler weder über- noch unterfordert ist.

Anforderung 13: Emotionen des Spielenden sollten erkannt werden, um das System anzupassen.

Nach einigen Minuten im Spiel, vergisst Samira, dass sie eine Übung bearbeitet und geht voll in der Immersion des Spiels auf. Obwohl sie weiter die Fragen der Übung bearbeitet steht das Spiel als solches in ihren Fokus und sie versucht gemäß der Regeln des Spiels zu handeln um vor Ablauf der Zeit alle Rätsel zu lösen.

Anforderung 14: Das Spiel als solches soll im Fokus des Nutzers stehen. Es soll ein Regelwerk und ein definiertes Ziel umfassen.

Anforderung 15: Das Spiel soll als solches und nicht als gamifizierte Übung wahrgenommen werden.

Der Grund für das vollständige Eintauchen Samiras in das Spiel sind Anpassungen an das Studienfach Multimediatechnik und an ihren Spielertypen (vgl. 5.1). Durch Darstellung wie die kundtsche Röhre oder die Imitation der Mikrophone auf den Würfeln entsteht eine Anlehnung an praktische Versuche (vgl. 3.2).

Anforderung 16: Es soll passende Methoden für jeweiligen Anwendungsbereich und Zielgruppe verwendet werden.

Anforderung 17: Das Spiel soll verschiedenen Spielertypen ein fesselndes Erlebnis bieten.

Anforderung 18: Das Spiel sollte Theorie und Praxis verknüpfen.

Anforderung 19: Lern- und Trainingsaufgaben sollten mit dem Spiel zusammenhängen und mit Spielelementen verbunden sein.

Samira erhält direktes Feedback darüber, ob ihre Antwort richtig oder falsch war. Zum Abschluss des Spiel wird ihr das Gesamtergebnis präsentiert. Auch mit falschen Antworten konnte sie das Spiel komplett durchlaufen (vgl. 2.1).

Anforderung 20: Lerninhalte sollen keine Hürde für das Spiel(erleben) oder den Spielfortschritt darstellen.

Anforderung 21: Feedback während des Spiels soll dem Spieler die Rückmeldung geben, wie Aufgaben besser gelöst werden können bzw. ob sie richtig oder falsch gelöst wurden.

Anforderung 22: Feedback soll gleichzeitig und multimodal erfolgen.

Samira wird während des Spiels eine simulierte Umgebung präsentiert. Hintergrundmusik untermalt die Atmosphäre des Raumes. Bei Beantwortung einer Frage oder zum Abschluss des Spiels verändert sich für einen kurzen Moment die Musik und die Beleuchtung im Raum. Durch die reduzierten Effekte kann Samira sich voll auf die Fragen konzentrieren (vgl. 4.2).

Anforderung 23: Geeignete Hintergrundmusik und Audioeffekte sollten eingebunden werden, um das Erlebnis zu verbessern.

Anforderung 24: Die Lerninhalte sollten in Anlehnung an die CLT in maximal  $4 \pm 1$  Chunks eingeteilt werden.

Anforderung 25: Eine emotionale Bindung zum Spiel sollte hergestellt werden können.

Um alle Fragen zu beantworten muss Samira sich im Raum bewegen. Lange Sitzpausen sind durch die Zeitbegrenzung des Spiels nicht möglich. Die Bewegung hält Samira aktiv und konzentriert (vgl. 4.2).

Anforderung 26: Die Lerngeschwindigkeit sollte sich an den Spieler/die Spielerin anpassen.

Anforderung 27: In das Spiel integrierte Bewegungselemente sollten für besseres Wohlbefinden und höhere Aufnahmefähigkeit sorgen.

Dem Szenario übergeordnet gibt es ethische Aspekte, die eine Rolle bei der Gestaltung und Bereitstellung der ambienten Lernspiele beachtet werden müssen: (a) Es sollen keine politischen oder religiösen Darstellungen eingebunden werden, da Studierende unterschiedliche Hintergründe haben, solange dies nicht Teil des zu vermittelnden Inhalts ist (vgl. 3.2), (b) Es sollen keine stereotypischen oder rassistischen Darstellungen verwendet werden, um das kulturelle Bild nicht zu beeinflussen (vgl. 2.3), (c) Sprachliches Verständnis sollte keine Hürde darstellen (vgl. 3.2) und (d) Körperliche Einschränkungen oder geistige Beeinträchtigungen, welche die Eignung zum Studium nicht einschränken, sollen keine Hürde darstellen (vgl. 2.3).

## Fazit

Die vorangestellten Analysen und das Soll-Szenario resultieren in Anforderungen an Serious Games in smarten Umgebungen an Universitäten. Unter Betrachtung beschriebenen Definition des Begriffs Spiel, ergibt sich, dass ein einziges Ambient Serious Game die genannten Anforderungen nicht gänzlich erfüllen kann, solange unter dem Begriff Spiel die in 2.1 beschriebene kleinste Einheit verstanden wird. Dies ist vor allem bedingt durch

notwendige Anpassungen an Nutzer\*innen, Lehrinhalt und die vorhandene Umgebung. Das vorstellte Szenario zeigt ein Spiel, das an die Studierende Samira Baumann in einem beispielhaften Raum angepasst wurde. Für Simon Schmitt oder Lino Martins ist dieses Spiel, aufgrund der eingesetzten Mechaniken nicht passend. Eine Menge verschiedener gegebenenfalls kombinierter Spiele, können die Anforderungen erfüllen, da so unterschiedliche Spielertypen adressiert werden können. Anstelle der Entwicklung eines Ambienten Serious Games bedarf es daher der Entwicklung vieler Spiele, die an alle möglichen Rahmenbedingungen angepasst sind. Dies gestaltet sich aufgrund der Menge der Rahmenbedingungen und dem notwendigen Verständnis ambienter Technologien als sehr aufwendig. Um diesen Aufwand so gering wie möglich zu halten, sollten Dozierenden und Gamedesigner\*innen Werkzeuge an die Hand gegeben werden, die eine niederschwellige Entwicklung der Lernspiele ermöglichen. Der anschließende Teil dieser Arbeit beschäftigt sich daher mit Werkzeugen zur Erzeugung ambienter Serious Games.



## Teil II

# Werkzeuge zur Erzeugung von *Ambient Serious Games*



## 6 Technische Analyse

Der folgende Abschnitt greift die Ergebnisse aus dem vorherigen Teil der Arbeit auf und diskutiert, welche Anforderungen durch technische Werkzeuge oder deren Unterstützung erfüllt werden könnten. Daraus resultieren technische Herausforderungen, die ebenfalls dargelegt werden. Die anschließenden Abschnitte setzen sich mit der Analyse von Werkzeugen auseinander, welche zur Bewältigung der Herausforderungen geeignet scheinen.

### 6.1 Herausforderungen und Potentiale

Unter Betrachtung der bereits dargelegten Anforderungen an Ambient Serious Games, ist es zunächst notwendig festzustellen, welche Anforderungen durch die Bereitstellung von Werkzeugen erfüllt oder erleichtert werden können. Beispielsweise sind Anforderungen an den Kontext, in dem Ambient Serious Games von Studierenden durchgeführt werden, durch Technologie schwer zu adressieren, da mittels dieser Werkzeuge keine zusätzlichen Räumlichkeiten geschaffen werden können. Durch die Erkennung von Präsenz in den Räumen und geteilten Raumbelegungsplänen besteht die Möglichkeit, die Erfüllung der Anforderung zu unterstützen. Damit wird dieses Problem aber nicht endgültig gelöst. Die Realisierung von Anwendungen und Algorithmen zur optimalen Ausnutzung von Räumen, sowie deren Belegung in Echtzeit, ist Gegenstand der Forschung. Beispielsweise schlagen Mahendran et. al. [187] eine Lösung vor, die auf der Verwendung von Infrarotsensoren beruht und Nutzende durch Benachrichtigungen Klassenräume zeitnah zuweist. Dennoch könnten Werkzeuge eingesetzt werden, die möglichst viele Räume nutzbar machen, in dem sie Spiele bereitstellen, die mit unterschiedlichen Ein- und Ausgabegeräten funktionieren. Bisher sind Räume, die für Vorlesungen genutzt werden, in der Regel nicht mit verschiedenen smarten Objekten ausgestattet, die sofort einsatzbereit sind. Darüber hinaus können sowohl Geräte als auch beteiligte Personen den Raum dynamisch betreten oder verlassen. Daher sollten Werkzeuge Spiele für heterogen ausgestattete Lehrräume und weitere von den Dozenten mitgebrachte Komponenten sowie sich dynamisch ändernden Situationen erzeugen können.

Eine weitere Anforderung aus dem universitären Kontext ist die Umstellung einer bisherigen Übung zu einem Spiel ohne erheblichen Aufwand für Dozierende. Dabei handelt es sich um eine Anforderung, bei der Werkzeuge zur Erfüllung beitragen können. Sollten Übungen digital in einem LMS vorliegen, könnten diese in geeignete Spiele importiert werden, ohne dass Dozierende weitere Maßnahmen unternehmen müssen. Dazu muss in den Werkzeugen eine geeignete Schnittstelle vorliegen. Selbiges gilt für Nutzerprofile. Diese könnten Informationen über den Spielertyp und den aktuellen Kenntnisstand des Fachgebiets enthalten und somit eine Adaption auf den Studierenden auch für Spiele ermöglichen. Sollten LMS entsprechende Nutzerinformationen speichern, müssen diese importiert werden und anschließend für die Erzeugung des Spiels verwendet werden (vgl. Anforderungen 1-4). Die größere Herausforderung besteht in der Vielfalt der Gestaltungsmöglichkeiten und Inhalte, die SGs im beschriebenen Kontext aufweisen. Um passende Spiele für jede Übung und jeden Nutzenden anzubieten, müssen Spiele automatisch anhand von Parametern bzw. Nutzerprofilen generiert werden können (vgl. Anforderungen 16-19). Des Weiteren ist es denkbar, dass auf diese Weise Spiele erzeugt werden, die eine enge Kopplung zwischen Übungsinhalt und Spieldesign innehaben.

Die Erreichung des charakterisierenden Ziels ist durch technische Werkzeuge bedingt erfüllbar (vgl. Anforderungen 5 und 11). Zwar können Werkzeuge so implementiert werden, dass sie eine gesamte Übung abbilden können, doch die didaktische Gestaltung der zu Grunde liegenden Übung obliegt den Dozierenden. Dies gilt ebenso für Feedback (vgl. Anforderung 21), welches durch technische Mittel multimedial präsentiert werden kann, dessen inhaltliche Korrektheit aber immer von Domänenexperten, also Dozierenden gewährleistet werden sollte. Die Unterstützung der Studierenden beim Erreichen des Ziels könnten allerdings durch ambiante Technologien adressiert werden. Die augenscheinliche Kohärenz der Anforderungen zu Lösungen in Konzepten von smarten universitären Umgebung (siehe Smarte Umgebungen in der Hochschullehre) legen nahe, den Anforderungen durch ambiante Technologien entgegenzutreten. Die Erfassung des mentalen Zustands der Nutzer\*innen durch omnipräsente Überwachung, wird beispielsweise von Rahimi [14] in diesem Kontext aufgegriffen. Die kontinuierliche Anpassung von Lerninhalten, deren Präsentation (vgl. Anforderung 12, 20 und 26) und die Erfassung von Emotionen werden im Zuge dieser Konzepte ebenfalls betrachtet (vgl. Anforderung 13) [14, 10].

Ebenso liegt es nahe, die multimediale Präsentation (vgl. Anforderung 9) des Spiels in das Ambiente zu integrieren und somit eine Umgebungsatmosphäre herzustellen, welche die Umsetzung der Immersion erleichtern könnte (vgl. Anforderungen 14, 15 und 25). Spiele sollten so generiert werden, dass es zu keinem mentalen Overload kommt, indem die Anzahl der Chunks berücksichtigt wird (vgl. Anforderung 24). Zum Beispiel durch eine

im Raum einheitliche Hintergrundmusik (vgl. Anforderung 23). Ebenfalls könnte die Intensität und der Umfang von Bewegung durch die räumliche Komponente erfüllt werden (vgl. Anforderung 27). Durch die Verteilung von Spielelementen im Raum wird Bewegung notwendig, und eine Einbeziehung der Zeit hat Einfluss auf die Geschwindigkeit. Des Weiteren sollte eine Anpassung an körperliche Einschränkungen ebenfalls Teil der Nutzeradaptation sein. Damit es zur Immersion kommt, sollte das Spiel ohne technische Verzögerung durchlaufen werden können, da verzögert präsentierte Inhalte zu Verwirrung oder Frustration führen könnte. Dies erfordert mentale Kapazitäten außerhalb des Spielgeschehens und Spieler\*innen verlassen den Flow-Zustand.

Neben dem sensorischen Aspekt der Umgebungen gibt es Anforderungen an die Interaktion und damit an das Invisibility-Dilemma der smarten Umgebung. Sowohl Studierende als auch Dozierende sollten wissen, wie man das Spiel spielt (vgl. Anforderung 7 und 6). Baalsrud et al. [49] stellen fest, dass es wichtig ist, dass Dozent\*innen gut über das Spiel selbst und die Interaktionstechnologien informiert sind. Dies setzt die Gebrauchstauglichkeit einzelner Komponenten voraus (vgl. Anforderung 10). Darüber hinaus ist davon auszugehen, dass Lehrräume derzeit wenige mit smarten Geräten ausgestattet sind. Es ist daher davon auszugehen, dass Dozierende wenig Erfahrung mit der Handhabung smarterer Geräte in Hörsälen haben. Auch mit fortschreitender Digitalisierung und gegebenenfalls zunehmender Ausstattung der Lehrräume mit smarten Geräten, könnten mitgebrachte zusätzliche Objekte notwendig sein, um Spiele durchzuführen. Das daraus resultierende Zusammenspiel von Geräten und Spiel im interaktiven Lernraum kann daher sehr dynamisch sein. Zudem kann ein Spiel mit verschiedenen (und austauschbaren) Gruppen smarterer Lernobjekte (vgl. Anforderung 8) gespielt werden und umgekehrt. Dabei ist zu beachten, dass das eigentliche Spiel(erlebnis) aus dem Zusammenspiel aller beteiligten Komponenten entsteht. Die automatische Verbindung beteiligter Komponenten und die dynamische Situation können jedoch eine Hürde für die Benutzung des Spiels darstellen. Im Idealfall kennt jede Komponente ihren inneren Zustand, die Verbindung zu anderen Geräten, sowie die Konsequenzen möglicher Aktionen und ist darüber hinaus in der Lage, sich auf Basis dieses Wissens selbst zu erklären. Wird diese Erklärung zumindest teilweise durch Avatare oder Charaktere verkörpert, könnte dies der emotionalen Bindung zwischen SpielerIn und Spiel dienen (vgl. Anforderung 25).

Es bleiben die ethischen Aspekte, die in Anforderungen an Serious Games resultieren. Unter der Annahme, dass technische Werkzeuge in der Lage sind Spiele zu entwerfen bevor sie generiert werden, sind dies Aspekte die dabei beachtet werden müssen. Um festzustellen, inwiefern dies bereits umsetzbar ist, muss zunächst der Stand der Technik analysiert werden. Anschließend kann abgewogen werden, ob Technologien in der Lage sind die

ethischen Aspekte mit einzubeziehen, oder Entwürfe auf deren Einhaltung zu prüfen. Anderenfalls sind diese Anforderung nicht durch technische Werkzeuge adressierbar.

Im Folgenden werden Ergebnisse aus Literaturrecherchen vorgestellt, welche Ansätze präsentieren, den vorgestellten Herausforderungen zu begegnen. Die durch technische Werkzeuge lösbaren Anforderungen werden im Konzept erneut aufgegriffen und adressiert.

## 6.2 Verwandte Arbeiten zu technischen Aspekten

Aus der Diskussion zu Herausforderungen und Potentialen gehen im wesentlichen drei Aspekte hervor, welche direkt die Erzeugung von Ambient Serious Games adressieren. Dies betrifft die Erzeugung von Spielen, die (a) individuell an Lehrinhalt und Studierende angepasst werden und sich während der Durchführung des Spiels weiter anpassen können, (b) verschiedene smarte Lernobjekte dynamisch als Ein- und Ausgabegeräte integrieren und (c) Erzeugung von Spielen, die sich in Teilen basierend auf dynamisch gebundener Geräte selbst beschreiben und erklären können.

Um den technischen Möglichkeitsraum eines Werkzeugs zur Erzeugung der Spiele abschätzen zu können, werden im Folgende Ergebnisse aus verwandten Arbeiten sowie technischen Lösungen präsentiert. Begonnen wird dabei mit dem gestalterischen Aspekt (a), gefolgt von den beiden ambienten Aspekten (b) und (c). Aspekte hinsichtlich der Integration der Spiele in den universitären Alltag liegen außerhalb des Rahmens technischer Lösungen und werden deshalb nicht weiter betrachtet. Die Abwägung von Lösungen zu ethischen Aspekten folgt aus den Ergebnissen der Recherche zum gestalterischen Aspekt (a).

### Generierte Anwendungen und Inhalte

Die Erzeugung der Spiele umfasst sowohl die Erzeugung der Anwendung, als auch ihrer Gestaltung. Zur Erschließung des Stands der Technik in beiden Gebieten wurde eine Literaturrecherche mit den Suchtermen *[Abstract: auto\*gener\*] AND [All|Full Text & Metadata: interface\*]* und *[Abstract: auto\*gener\*] AND [All|Full Text & Metadata: system\*]* durchgeführt. Durchsucht wurden die ACM Datenbank, die IEEE-Explore Datenbank sowie die MDPI Journals *sensors, futureinternet, infrastructures, computers* und *informatics*. Die Suche wurde am 02. Oktober 2023 durchgeführt und am 31. Januar 2025 aktualisiert. Aufgrund der Ergebnismenge von lediglich 10 Artikeln

wurde eine weitere ergänzende Recherche durchgeführt. In der ACM Datenbank wurde dazu nach *[Title: generated] AND [All: programming] AND [CCS 2012: Software creation and management OR Software architectures]* gesucht. Außerdem wurde bei IEEE-Explore nach *("Document Title:generated) AND ("Full Text & Metadata:programming)* gesucht, wobei hier nach dem Thema *Code Generation* und dem Artikeltyp *Conferences* oder *Journals* gefiltert wurde. Ergänzt wurde die Suche bei MDPI mit dem Suchstring *[Title: generated] AND [All: programming]* in den Themen *engineering* und *computer-math* und den Journals *computers, computation* und *informatics*.

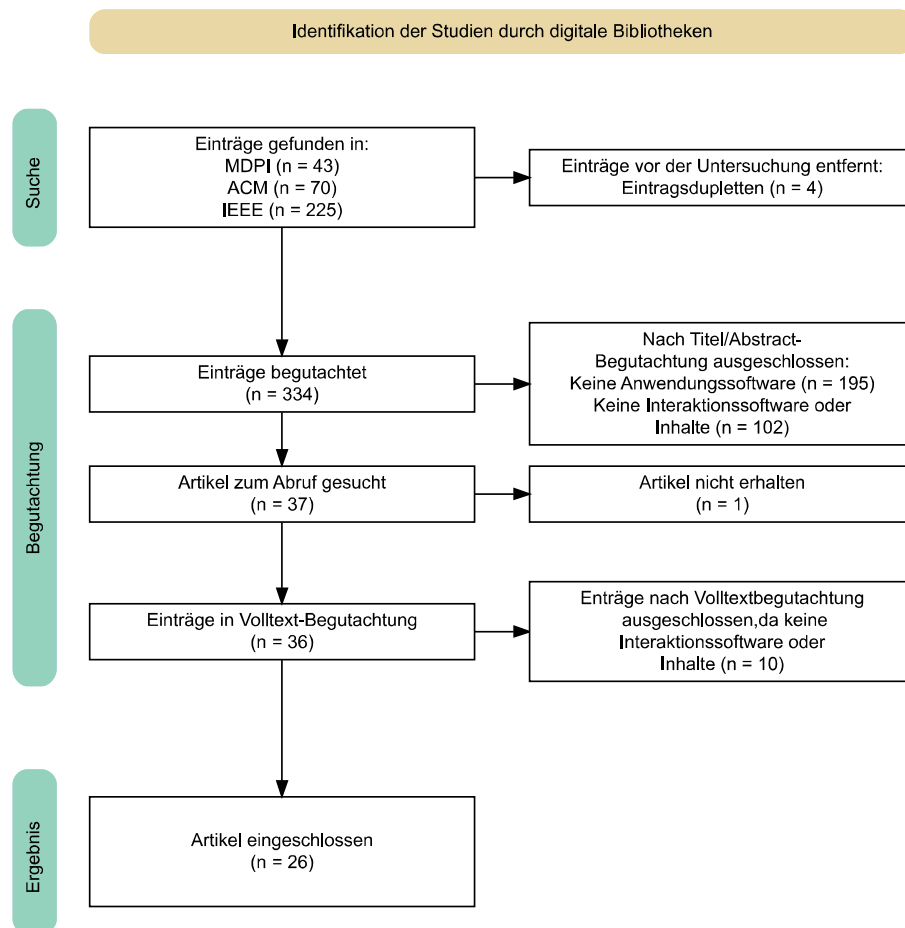


Abbildung 6.1: PRISMA Diagramm der eingeschlossenen und ausgeschlossenen Artikel Erstellt mit PRISMA Flow Diagram [46]

Es wurden insgesamt 338 Treffer erzielt, die abzüglich von vier doppelt gelisteten Artikeln anhand des Abstracts gesichtet wurden. Eingeschlossen wurden Ergebnisse, die sich (a) mit der automatischen Generierung von Anwendungen mit Nutzerschnittstellen oder (b) mit dem Generieren von Inhalten befassen. Arbeiten, die sich nicht mit dem Forschungsfeld der Softwareentwicklung auseinandersetzen, werden ausgeschlossen. Wobei hiermit ebenfalls Artikel über Generierung von hardwarenahem Code

wie der Compilerprogrammierung oder Steuerungstechnik gemeint sind. Ebenfalls wurden Arbeiten ausgeschlossen, die keine Interaktionssoftware beschreiben. Insgesamt verbleiben 37 in der Menge der Artikel zur Volltextbegutachtung. Ein Artikel konnte nicht beschafft werden. Weitere zehn Artikel konnten nach der Begutachtung des Volltextes anhand der aufgeführten Kriterien ausgeschlossen werden. Eine Übersicht über die Menge der je nach Kriterium ausgeschlossenen Artikel ist Abbildung 6.1 zu entnehmen.

Die verbleibenden Artikel können in drei Kategorien gefasst werden: (a) Die Generierung von Anwendungscode für Anwendungen mit Nutzerschnittstelle, (b) Pattern bzw. Antipattern zur Codegenerierung und (c) die Generierung von Spielinhalten oder Lehrinhalten. Die Ergebnisse werden im Folgenden für jede Kategorie vorgestellt.

Tabelle 6.1: Ergebnisse der Kategorie Codegenerierung, sortiert nach dem Jahr der Veröffentlichung.

Autor*innen	Jahr	Eingegebene Informationen	Editor	Generiertes Ergebnis
Zhang et al. [188]	2006	Datenbanktabellen, XML		HTML
Achilleos et al. [189]	2008	Meta Modelle der Objekte, Templates (eigene Formate)	Graphisch	Java Application
Liao et al. [190]	2009	XML, Text		Webanwendung
Tran et al. [191]	2009	Datenbanktabellen, XML, Nutzerinformationen (eigenes Format)		Java-, VB.Net-Application
Peissner et al. [192]	2012	Zustandsautomaten-Diagramm, Nutzerprofil (eigenes Format)	Graphisch	iTV-based Web Application
Radosevic et al. [193]	2012	XML-Templates, Spezifikations-Datei, Konfigurations Datei (eigene Formate)	Texteingabe	Webanwendung
Lachgar et al. [194]	2014	GUI Beschreibung in Beschreibungssprache (eigenes Format)		Android Application
Usman et al. [195]	2014	Klassen- und Zustandsautomaten-Diagramme		Android-, Windows-Phone Application
Foust et al. [196]	2015	Datenfluss Graph		Webanwendung
Roubi et al. [197, 198, 199]	2015/ 2016	Interaktions-Fluss-Modell		Webanwendung (Rich internet Applications)
Alaa et al. [200]	2020	XML, Text	Benutzer-oberfläche	Windows OS-, Mac OS-, Android-, IOS-, Web GL-Application
Arefin et al. [201]	2023	Zeichnungen		HTML
Cheng et al. [202]	2024	Nutzereingaben in Jupiter Notebook	Webanwendung	Webanwendung
Liang [203]	2024	Wireframes		HTML

In die Kategorie der Arbeiten zur Codegenerierung fallen 16 Publikationen, wobei Roubi et al. in drei Publikationen die selbe Lösung präsentieren [197, 198, 199]. Eine Übersicht der Ergebnisse ist in Tabelle 6.1 dargestellt. Die meisten Artikel stellen Lösungen vor, die Java-basierte Anwendungen oder Webanwendung generieren [189, 190, 192, 193, 196, 197, 198, 199, 202]. In drei der vorgestellten Arbeiten werden HTML-Dateien generiert [188, 201, 203]. Viele der früheren Arbeiten setzen bei der Generierung auf Modellbasierte Ansätze, die aus Informationen über Klassen oder Zustände Anwendungen generieren. Grundlage ist dabei eine durch Graphen beschriebene Logik, welche von den Generatoren in Anwendungslogik überführt werden [189, 192, 195, 196, 197, 198, 199]. Teilweise werden in Publikationen Bedienoberflächen beschrieben, in denen Nutzer\*innen die Graphen erstellen oder verwalten können [189, 192]. Andere Arbeiten beschreiben nicht, wie die Informationen für die Generatoren verfügbar gemacht werden, beziehen sich aber auf verbreitete Beschreibungssprachen wie der Unified Modelling Language (UML) oder Weiterentwicklungen dieser [195, 196, 197, 198, 199]. Ebenso werden Extensible Markup Language (XML)-Dateien oder eigene Formate als Grundlage für die Generierung verwendet, in denen Nutzer\*innen Spezifikationen, Parameter oder Endnutzerinformationen für die Generierung ablegen können [189, 191, 192, 193, 194]. Basierend auf den daraus hervorgehenden Eigenschaften werden häufig aufgrund vorab festgelegter Regeln Code-Teile oder Module zusammen gefasst. Der Detailgrad der Bausteine unterscheidet sich dabei deutlich. Es können beispielsweise einzelne Elemente anhand von Datenfelder ausgewählt werden [188] oder Templates ausgewählt und entsprechend angepasst werden [189, 192]. Jüngere Arbeiten beschäftigen sich mit Ansätzen, die durch Technologien aus dem Bereich der Künstlichen Intelligenz möglich sind. Grundlage für die Generierung neuer Oberflächen sind graphischen Entwürfe von Bedienoberflächen (auch Wireframes genannt) die analysiert und in Hypertext Markup Language (HTML) übersetzt werden können [201, 203]. Cheng et al. gehen noch einen Schritt weiter und generieren anhand von Eingaben in ein Jupiter-Notebook in Echtzeit Oberflächen, die bei der Verwendung der Notebooks unterstützen [202]. Unter einen Jupiter-Notebook ist eine Weboberfläche zu verstehen, die beispielsweise die Auswertung und Visualisierung von Daten erleichtern soll. Die Anwendungslogik wird dabei auf Grundlage einer Anfrage des Nutzers mit Hilfe eines Sprachmodells (engl. Large Language Models; kurz LLMs) generiert [202].

Pattern bzw. Antipattern zur Code-Generierung werden im Artikel von Zarras et al. [204] vorgestellt. Die Autoren haben vier Tools untersucht, mit deren Hilfe Bedienoberflächen in Java generiert werden können. Anhand von eigens definierten Qualitätskriterien kommen sie zu folgenden Handlungsempfehlungen für Entwickler von Codegeneratoren: (a) der generierte

Code sollte Namen beinhalten denen eine Bedeutung zugeordnet werden kann; (b) der generierte Code sollte nicht mehr Kommentare als notwendig beinhalten, da die Lesbarkeit erschwert wird und der Code in einer Qualität vorliegen sollte, die keine Kommentare benötigt; (c) die Funktionalitäten des Codes sollten getrennt werden, beispielsweise sollten Seitenbeschreibungen wenn möglich mehrfach verwendet werden und Anwendungslogik von der Steuerung der Benutzungsschnittstelle entkoppelt werden und (d) es sollten Anzeigen nicht mehrfach auf die gleiche Weise initialisiert werden, um Redundanzen zu vermeiden [204].

Tabelle 6.2: Ergebnisse der Kategorie Inhaltsgenerierung, sortiert nach dem Jahr der Veröffentlichung.

Autoren	Jahr	Methodik	Generiertes Ergebnis
McNaughton [205]	2004	Entwicklertool	Scripte zu Verhalten von Non-Playable Characters in Computerspielen
Gao et al. [206]	2009	Genetischer Algorithmus	Prüfungsfragen
Wu et al. [207]	2009	Genetischer Algorithmus	Prüfungsfragen
Liu et al. [208]	2014	Bildsegmentierung	Bilderrätsel
Wei et al. [209]	2015	Vorprogrammierte Algorithmen	Powerpoint Folien
Nuthong et al. [210]	2017	Ontologien, Abstandsmaße	Multiple Choice Fragen
Brown et al. [211]	2018	Genetischer Algorithmus	Level Layouts für Computerspiel
Sairaj et al. [212]	2020	Fuzzy Logik, NLP	Prüfungsfragen
Lazaridis et al. [213]	2024	Spawn Algorithmus	Spielumgebungen in Computerspielen

Bezüglich generierter Inhalte verblieben neun Paper in der Ergebnismenge (vgl. Tabelle 6.2). Drei dieser Paper beschäftigen sich mit der Generierung von Testfragen. Gao und Lie [206] schlagen in ihrer Arbeit die Verwendung genetischer Algorithmen vor, um Testfragen zu generieren. Diese Algorithmen optimieren verschiedene Lösungswege, indem effiziente Methoden weiterverwendet und neu kombiniert werden [214]. Zunächst werden die Beziehungen von Schlüsselwörtern zwischen Objekten in einer Datenbank analysiert und somit die Gewichte der Objekte berechnet. Mit der vorgeschlagenen Methode können Testobjekte aus einer Datenbank effektiv ausgewählt werden, um einen neuen Test zu erstellen [206]. Eine Umsetzung von Wu und Song [207] zeigt, dass das Problem der automatischen Generierung von Tests mit genetischen Algorithmen vereinfacht wird. Der automatisch generierte Test bietet die Vorteile einer hohen Erfolgsquote und einer hohen Geschwindigkeit sowie einer besseren Leistung und Praktikabilität [207]. Mit der Fragestellung automatisch generierte Fragen so zu gestalten, dass sie für den menschlichen Verstand flüssig zu lesen und leicht verständlich sind, ist das Ziel von Tharaniya Sairaj und Balasundaram [212]. Ihre Lösung basiert auf etablierten Modellen im Bereich der Sprachverarbeitung (engl. Natural Language Processing (NLP)) und einem neuronalen Netz. Natural Language Processing beschreibt Verfahren, die sich mit der Analyse und Darstellung natürlicher Sprache beschäftigt [215]. Die vorgestellten Modelle dienen der Erstellung eines Textgrafens. Das verwendete neuronale

Netz hat nur zwei Layer, wobei eines unsichtbar ist und keine Beziehungen innerhalb des Layers bestehen. Die Beziehungen sind durch Werte gewichtet, deren Berechnungen das Konzept der Fuzzy-Logik zu Grunde liegt [212, 216]. So können Teilwahrheiten in der Berechnung beachtet werden. Mit der Schwierigkeitsmessung solcher nicht händisch erzeugter Fragen beschäftigen sich Nuthong und Witosurapot [210]. Sie stellen eine Methode zur Berechnung von Multiple-Choice-Aufgaben vor. Grundlage dieser Berechnung ist die automatische Generierung von Multiple-Choice-Aufgaben anhand von Ontologien. Die Auswahl der falschen Antworten beeinflusst dabei die Schwierigkeit der Aufgabe. Den Schwierigkeitsgrad der Aufgabe berechnen sie durch die Abstände der Antwortknoten in der Ontologie. Er berechnet sich Anhand des Abstands zwischen den Knoten sowie der Distanz der Ebenen zwischen den jeweiligen inneren Wurzeln. So wird beispielsweise eine Frage als schwieriger beurteilt, wenn die falschen Antworten auf der gleichen Ebene am gleichen inneren Wurzelknoten liegen [210].

Die automatische Erstellung neuer Bildsuchaufgaben ist Fokus der Arbeit von Liu et al. [208]. Mithilfe von Bildverarbeitungsalgorithmen können direkt aufgenommene Bilder in ein Spiel verwandelt werden. Dazu wird das Bild segmentiert, diese Segmente verändert und anschließend wieder in das Bild eingefügt. Experimente zeigen, dass das Spiel hinsichtlich Spielerlebnis und technischer Machbarkeit zufriedenstellend ist [208].

Wei et al. [209] beschäftigen sich mit der Evaluation eines Tools zur automatischen Visualisierung von Algorithmen. Diese werden für Lehrveranstaltungen so aufbereitet, dass einzelne Veränderungen in Datenstrukturen durch den jeweiligen Algorithmus visualisiert werden und in eine Präsentation eingebunden werden kann [209, 217]. Die Ergebnisse der Evaluation legen nahe, dass die neu automatisch generierten Materialien die Leistung der Schüler\*innen tatsächlich verbesserten [209].

Die weiteren Arbeiten beschäftigen sich mit von Computerspielern nicht steuerbaren Elementen. Dies betrifft zum einen die Spielumgebung in denen sich die Spieler bewegen können [211, 213] und zum anderen nicht steuerbare Charaktere [205]. Letzteres ist Gestand der von Mc Naughton et al. vorgestellten Frameworks. Dieses ermöglicht es Spieldesigner\*innen anhand von Pattern das Verhalten von Requisiten und nicht spielbare Charakteren zu generieren. Voraussetzung dafür ist, dass die Spielumgebung dem Generator bereits beschrieben wurde. Der Designer kann das dokumentierte Skript anschließend nach Bedarf anpassen. Die Arbeiten von Brown et al. [211] und Lazaridis et al. [213] beschäftigen sich mit der Generierung von neuen Spielumgebungen. Brown et al. [211] setzt dabei auf einen genetischen Algorithmus, der auf Grundlage von Beschreibungen bisheriger Spielumgebungen neue Umgebungen erschafft. Lazaridis et al. [213] benutzt

zu diesem Zweck zweidimensionale Karten, die drei unterschiedliche Arten von Räumen anhand von Regeln platziert, um so möglichst variations- und umfangreiche Computerspielwelten zu erschaffen.

Es fällt auf, dass die begutachteten Ergebnisse keine Inhalte vorstellen, die sich mit generativer Künstliche Intelligenz beschäftigen. Ursache hierfür kann die Einschränkung auf Software mit Benutzungsschnittstellen darstellen, da generative Ansätze vielfältig genutzt werden können. Es gibt verschiedene LLMs, die bereits zu Codegenerierung eingesetzt werden. Dies geschieht auf Basis von Anweisungen, welche meist die Beschreibung des gewünschten Codes oder ein zu lösendes Problem enthält [218]. Auf Codegenerierung angepasste Modelle sind außerdem in der Lage, Code während der Implementierung in der Entwicklungsumgebung vorzuschlagen [219]. Large Language Model (LLM)s sind in der Lage auf Basis dieser Beschreibung Code zu generieren und den Entwicklungsaufwand zu reduzieren [218, 219]. Jedoch ist der generierte Code häufig mangelhaft und es bedarf der Überarbeitung durch Entwickler\*innen, um die gewünschte Funktionalität herzustellen [220]. Eine weitere Herausforderung besteht in der urheberrechtlichen Betrachtung von generiertem Code, welche häufig nicht abschließend geklärt ist. Dabei stellt nicht nur eine Bedrohung für die Rechte der Urheber von Originalinhalten eine Herausforderung dar, sondern auch der rechtliche Rahmen, der die Rechte an geistigem Eigentum regelt [221].

KI wird neben der Codegenerierung [220] zunehmend für Inhaltsgenerierung [222] eingesetzt. Für diese Arbeit ist jedoch die Codegenerierung wichtiger, da korrekt generierter Code die Funktionalität des Spiels sicherstellt. Inhalte beeinflussen die Funktionalität des Spiels nicht und sollten von Dozierenden auf semantische Integrität geprüft werden (vgl. 6.1). Im nächsten Abschnitt werden die Potenziale und Grenzen von KI beleuchtet, um abzuschätzen, inwieweit diese den Gestaltungsprozess der Spiele unterstützen kann.

### *Chatbots und Künstliche Intelligenz (KI)*

KI könnte großes Potenzial für personalisiertes Lernen bieten, indem sie automatisch Inhalte wie Texte, Bilder und Videos erstellt. Studien zeigen, dass generative KI die Unterrichtsplanung optimiert und eine kontinuierliche Bewertung sowie Anpassung der Lerninhalte ermöglicht [223]. Im folgenden Abschnitt werden Methoden zu Inhaltsgenerierung diskutiert. Da generative KI häufig über Eingaben in Chatbots verwendet wird [224], werden die Möglichkeiten dieser im Bereich der Bildung zuerst dargelegt, anschließend werden weitere Möglichkeiten der Nutzung von generativer

KI erläutert. Aufgrund des thematischen Fokus wird dabei vor allem auf die Generierung spiel-relevanter Inhalte oder ganzer Spiele eingegangen.

Chatbots bieten im Bildungsbereich personalisierte Lernerfahrungen jenseits der Lehrveranstaltung [225]. Durch die Ähnlichkeit zu menschlichem Kommunikationsverhalten können sie als Bindeglied zwischen Lehrer\*innen und Schüler\*innen oder zwischen Mitschüler\*innen angesehen werden, welche dynamische und autonome Lernerfahrungen unterstützen [225, 226, 227]. Chatbots erschaffen interaktive Lernerfahrungen und bieten Lernenden individuelle Aufmerksamkeit [228]. Dabei verbessern sie nicht nur die individuellen Fähigkeiten der Lernenden, sondern fördern auch die Interaktion während der Lehrveranstaltungen. Dies geschieht indem sie Gruppenprojekte zuweisen und Lehrer\*innen bei ihren routinemäßigen Aufgaben, wie der Beantwortung von Fragen und der Überprüfung von Aufgaben helfen (vgl. [229] entnommen aus [230]).

Obwohl Chatbots vielversprechend erscheinen, sind die meisten vorhandenen Modelle auf bestimmte Bereiche beschränkt und verwenden häufig regelbasierte Systeme, um spezifische Anfragen zu beantworten [228]. Einige verwenden vordefinierte Eingabemuster und -antworten, während andere maschinelle Lerntechniken verwenden, um Antworten basierend auf umfangreichen Datenanalysen zu generieren [225]. Die Herausforderung bei der Entwicklung von Chatbots liegt darin, effektive Systeme zu schaffen, die menschliche Dialoge nachahmen können. Dies erfordert natürliche Sprachverarbeitung (NLP), um Benutzeranfragen genau zu verstehen und angemessene Antworten zu liefern. Erfolgreiche Gespräche mit Chatbots sind entscheidend, um Benutzeranfragen umfassend zu bearbeiten und genaue Antworten zu geben [230].

Studien zeigen Vorteile der Verwendung von Chatbots im Bildungsbereich. Darunter die Bereitstellung von Echtzeit-Interaktion, die Verbesserung der Kommunikationsfähigkeiten unter den Lernenden und die Steigerung der Lerneffizienz sowie der Zufriedenheit [225, 231]. Die Systeme werden in verschiedenen Domänen wie Sprachwissenschaften, Ingenieurwesen, Informatik, Naturwissenschaften, Gesundheit, Sozialwissenschaften, Wirtschaft, Kunst, Design und Mathematik eingesetzt [231]. Sie stellen Übungsfragen, liefern Bewertungskriterien, geben Ratschläge oder stellen Lernmaterialien zur Verfügung [232]. Die pädagogischen Rollen von Chatbots im Bildungsbereich reichen von der Unterstützung des Lernens bis hin zu mentorischen Rollen. Diese Rollen stehen im Einklang mit Zielen wie der Verbesserung von Fähigkeiten, der Steigerung der Bildungseffizienz und der Motivation der Lernenden [233]. Verschiedene Universitäten nutzen Chatbots bereits, um Studierende zu unterstützen [225]. Sie werden dabei als Ergänzung zu Lehrer\*innen betrachtet und nicht als Ersatz [225]. Obwohl Chatbots sofortige Unterstützung bieten, Aktivitäten automatisieren und sich an die

Handlungen und Emotionen der Lernenden anpassen, bleiben ethische Überlegungen, Bewertungskriterien, Benutzerhaltungen, Überwachung und Wartung wichtige Faktoren, die ihre Annahme und Nutzung im Bildungsbereich beeinflussen. Klare Richtlinien für einen ethischen Gebrauch und die Vereinbarkeit mit Benutzerethik sind entscheidend für ihre erfolgreiche Integration [232].

Neben dem Einsatz in der Bildung können KI und Chatbots auch für die Generierung von kreativen, auditiven und visuellen Medien genutzt werden [234]. Die Entwicklung von *Generative AI-Tools* wie *Midjourney* [235] oder *DALL-E 2* [236] haben kreative Prozesse verändert, indem sie eine schnelle Inhaltsgenerierung in verschiedenen Medienformaten ermöglichen [237, 234]. Diese Tools bieten beispielsweise Bildgenerierung in unterschiedlichen Interpretationen durch nicht-deterministische KI-Trainingsfaktoren und nutzen dazu Texteingaben oder andere Bilder [237, 238].

Neben generierten Bildern sind auch generierte Geschichten für diese Arbeit von Interesse. Der Ansatz Geschichten automatisch zu generieren, beruht auf Modellen, welche den Aufbau von Geschichten beschreiben. Mit deren Hilfe können auch ohne den Einsatz von KI Geschichten generiert werden. Systeme wie *TALE-SPIN* [239] und *GENERATING STORIES FROM EPIC RULES* [240] nutzen Regeln und Strukturen, um Geschichten zu erzeugen [241, 242]. Andere Systeme wie *Charade* [243, 244] fokussieren sich auf die Beziehungen zwischen Charakteren und wie sich ihre Interaktionen auf die Geschichte auswirken [241]. Doch die Generierung von Geschichten aus mehreren Handlungssträngen und die Kombination dieser Stränge ist eine Herausforderung. Verschiedene Ansätze wie der *Plot Weaver* von Fay [245] versuchen, verschiedene Handlungsstränge miteinander zu verweben, wobei die Konsistenz und Zusammenführung der Episoden berücksichtigt werden [241]. Durch die Entwicklung großer LLM, die auch das Wissen über den Aufbau von Geschichten abbilden, sind KI-Tools wie *ChatGPT* ebenfalls in der Lage, Geschichten zu generieren [246, 247]. Chen et. al. [247] entwickelten ein System, das es erlaubt, ambiente Spiele mit einer automatisch generierten Geschichte zu erzeugen. *ChatGPT* und *GPT-4* werden verwendet, um imaginäre Geschichten zu erstellen, indem reale Objekte in einer fiktiven Welt dargestellt werden [247]. Diese Technologie ermöglicht es, mithilfe von Textspielen Interaktionen und Szenarien zu modellieren, die es dem Spieler ermöglichen, sich in der realen Welt in imaginative Spiele zu vertiefen [247]. Ebenso zeigten Umbráško und Drury [248], dass die Nutzung von *ChatGPT* in Videospielen eine Möglichkeit bietet, dynamische Narrative zu erzeugen. Dies gilt besonders in genrespezifischen Spielen wie rundenbasierten Strategie- oder Rollenspielen, in denen die Geschichte eine große Rolle spielt. Jedoch birgt die Verwendung von LLMs auch Risiken, wie beispielsweise die Möglichkeit von unethischer Nutzung oder das Eindringen von schädlichem Inhalt in die generierten Geschichten. Maßnahmen wie

Content-Filtering und die Verbesserung von Trainingsdatensätzen könnten helfen, solche Risiken zu mindern [246].

Mithilfe der bereits vorgestellten Möglichkeiten der Bild-Generierung ist es ebenfalls möglich, die visuelle Darstellung von Geschichten zu generieren. *AIStory*, nutzt Icon-basierte Oberflächen zur Eingabe von Aufforderungen, um kontextbezogene Bilder zu generieren. Durch den Einsatz in Bildungsumgebungen zeigt *AIStory* das Potenzial einer KI für verbesserte Kreativität und Lernen [234].

Sowohl die durch KI generierten Geschichten als auch Antworten bei der Benutzung eines Chat-Bots können durch Text-to-Speech (TTS) von Computern vorgelesen werden. Die Synthese von Sprachwellenformen aus Text wird auch als Sprachsynthese bezeichnet [249] und hat vielfältige Anwendungen sowohl im kommerziellen als auch im persönlichen Bereich. Kommerziell wird sie für Netzwerkanwendungen, Bildschirmleser, Multimedia-Anwendungen und im Bereich der Computer Vision genutzt. Auf persönlichen Geräten findet sie Verwendung beim Vorlesen von Dokumenten, beim Erlernen neuer Sprachen oder sprechenden Spielzeugen [250, 251]. Eine Möglichkeit dies zu realisieren ist durch statistisch-parametrische Sprachsynthesemethoden [252]. Eine andere Möglichkeit ist auch hier der Einsatz von KI. Ihr Einsatz ermöglicht eine Sprachsynthese, die der natürlichen Sprache nahekommt und oft von hoher Qualität ist [251, 253, 254]. Text-to-Speech-Systeme bestehen in der Regel aus zwei Modulen: einem für die natürliche Sprachverarbeitung und einem für die digitale Signalverarbeitung. Der erste Teil, die Textanalyse, wandelt den geschriebenen Text in eine verbale Form um und generiert linguistische Vektoren für identifizierte Phoneme und Silben [251]. Um die Natürlichkeit der synthetischen Sprache zu verbessern, wird die Integration von Emotionen in die synthetische Sprache benötigt. Systeme, die als *expressiv* bezeichneten TTS-Systeme können verschiedene Emotionen und Absichten ausdrücken, indem sie unterschiedliche Sprechstile verwenden [251]. Die Qualität der synthetischen Sprache hängt vom verwendeten akustischen Modell ab, das die menschliche Lautbildung in einzelnen Eigenschaften abbildet [252].

Humble untersucht die Eignung von (generativer) KI für die Entwicklung von Serious Games und kommt zu dem Schluss, dass entsprechende Tools die Spielentwicklung unterstützen können, indem sie Aufgaben wie Storytelling, Grafik- und Audioerstellung erleichtern. Sie senken die Einstiegshürden für unerfahrene Entwickler und fördern Kreativität, können aber auch zur Barrierefreiheit beitragen [255]. Allerdings sieht er Herausforderungen, die teilweise denen der Generierung von Programmode ähneln. Zum Beispiel bestehen Limitationen in der Genauigkeit und Vielfalt der generierten Inhalte. Zudem gibt es Herausforderungen bezüglich des komplexen Prompt-Designs sowie möglichen ethischen und rechtlichen Problemen

[255]. Humble kommt zu folgenden Empfehlungen bei der Verwendung von KI für Spielentwürfe: (1) KI sollte den Prozess unterstützend ergänzen und nicht ersetzen, (2) Tools sollten für einfache, klar definierte Aufgaben eingesetzt werden und (3) vor allem für Prototyping verwendet werden. Andere Autoren adressieren ebenfalls Herausforderungen und Fragen hinsichtlich Ethik, Urheberrecht, Falschinformation, Ressourcenverteilung und weitere Aspekte [238, 234, 246], die beim Einsatz von KI-Tools beachtet werden sollten.

## **Fazit: Generierung von Serious Games**

Die zuvor beschriebenen Ergebnisse der Literaturrecherche zeigen, dass es möglich ist Code für Interaktionssoftware anhand von Modellen oder Parametern zu generieren. Je nach Tiefe der vorgegebenen Informationen können nur die grafischen Schnittstellen oder auch Logik der Anwendung generiert werden. Dies ist nicht nur vor der Laufzeit der Anwendung sondern auch parallel dazu möglich. Ebenso gibt es bestimmte Pattern, die bei der Entwicklung eines Frameworks eingehalten werden sollten, um Qualitätskriterien für generierten Code zu erfüllen. Je nach der Komplexität des generierenden Werkzeugs sollten die notwendigen Eingaben über Texteingaben hinausgehen und die Eingabe von grafischen Modellen (wie beispielsweise UML-Diagrammen) ermöglicht werden. Neben der Anwendung an sich können Lehr- oder Spielinhalte ebenfalls automatisch durch Programme generiert werden. In den meisten Fällen bedarf dies ebenfalls bereits vorhandener Inhalte, die variiert oder weiterentwickelt werden. Eine Ausnahme stellt dabei die Arbeit von Lazaridis et al. [213] dar, da hier lediglich Parameter und Regeln definiert werden, anhand derer Inhalt generiert wird.

Der Einsatz von Künstliche Intelligenz erscheint vielversprechend in der Unterstützung bei der Entwicklung von Serious Games. Dies betrifft zum einen Softwareentwickler\*innen, die KI-Tools verwenden können, um sich Programmcode vorschlagen zu lassen. Dies gestaltet ihre Arbeit effizienter, da sie den generierten Code lediglich überarbeiten müssen. Zum anderen betrifft es Spieldesigner\*innen, die durch Texteingaben in Chatbots Inhalte generieren können. Da die in diesem Kontext häufig verwendeten LLMs fehleranfällig sind, sollten diese von Designer\*innen kontrolliert und gegebenenfalls korrigiert werden, bevor die Inhalte in die Spiele eingebunden werden.

Im Kontext dieser Arbeit lässt sich folgern, dass Ambient Serious Games generiert werden können, insofern genügend Informationen, beispielsweise über den Spielablauf, vorliegen. Diese Informationen könnten gemeinsam mit der inhaltlichen Gestaltung von Dozierenden oder Entwickler\*innen

durch einen Editor bereitgestellt werden. Beispielsweise könnte der Spielablauf in einem Graphen abgebildet werden und einzelne Knoten genauer definiert werden. Zur Ausgestaltung dieser Knoten als konkrete Spielabschnitte könnten KI-Tools eingebunden werden. Diese könnten beispielsweise Vorschläge zur Geschichte generieren, oder Bild- und Audioausgaben generieren, die in die Spiele eingebunden werden können. Für die Bedienung der KI durch Spieldesigner\*innen oder Dozent\*innen könnte ein Chatbot in einen Editor eingebunden werden. Aus den einzelnen Abschnitten können die Spiele generiert werden. Dies greift Teile der in der Literaturrecherche begutachteten Ergebnisse auf, die einzelne Codeelemente anhand von Regeln, Beschreibungen und/oder Graphen zusammensetzen und auf diese Weise Anwendungen generieren. Die in der Literatur dargestellten Erkenntnisse zeigen ebenfalls, dass Anpassungen des Spiels zur Laufzeit durch generierte Software ermöglicht werden können.

Zu beachten ist allerdings, dass generative KI nicht ohne Kontrolle durch Dozierende eingesetzt werden sollte. Wie [255] bereits feststellt, kann die Spielgenerierung durch KI gestützt werden, doch es kann zu Fehlern oder aus ethischer Sicht falschen Darstellungen kommen. Eine alleinige Generierung der Spiele durch KI scheint aufgrund dessen derzeit nicht möglich. Zudem kommt, dass die inhaltliche Ausgestaltung nicht die vollständige Problemstellung löst, da der Programmcode ebenfalls generiert werden muss. Eine weitere Herausforderung stellt dabei die dynamische Kopplung und Verteilung des Spiels im Raum dar. Der anschließende Teil dieses Kapitels beschäftigt sich daher mit Konzepten und Werkzeugen, welche die ambienten Aspekte der Herausforderungen und Potenziale adressieren können.

## **6.3 Vernetzung von ambienten Anwendungen und Geräten**

Die Ergebnisse des vorherigen Abschnitts legen nahe, dass es möglich ist, Spiele anhand einer Ablaufbeschreibung und einzelnen Komponenten zu generieren. Dabei ist allerdings der dynamische Kontext, in dem die Ambient Serious Games eingesetzt werden, vorerst außer Acht gelassen. Dieser dynamische Kontext ergibt sich aus dem Zusammenspiel von Ein- und Ausgabegeräten, die im Folgenden als smarte Objekte bezeichnet werden. Wie bereits im ersten Abschnitt des Kapitels argumentiert, ist nicht davon auszugehen, dass universitäre Räumlichkeiten mit smarten Objekten ausgestattet sind. Durch die unterschiedliche technische Ausstattung der Räume, welche infolge der Digitalisierung gegebenenfalls auch smarte Objekte einschließt,

kann von einer heterogenen Zusammensetzung an Ein- und Ausgabegeräten ausgegangen werden. Sollten diese durch mitgebrachte smarte Objekte angereichert werden, ergeben sich neue Zusammensetzungen, die ebenso heterogen sein können. Aufgrund dessen muss ein Spiel generiert werden, das mit unterschiedlichen smarten Objekten bedient werden kann. Dabei ist die Art und Anzahl der Geräte zum Zeitpunkt des Spielentwurfs unbekannt. Es ist also nicht möglich, konkrete Objekte an das Spiel zu binden. Darüber hinaus kann aufgrund dieser Unbekanntheit keine Anleitung für das Spiel generiert werden, welche die Interaktionsmöglichkeiten für Spieler\*innen erklärt. In diesem Abschnitt werden Konzepte und Technologien vorgestellt, welche dieses Problem adressieren.

Die Interaktion mit verschiedenen Geräten in smarten Umgebungen ist eng mit dem Konzept des IoT verbunden, da smarte Objekte in die Umgebung eingebettet werden und oftmals über Internetprotokolle mit einander kommunizieren [256]. Burmeister [13] zufolge kann unter dem Begriff des smarten Objekt ein Objekt mit folgenden Eigenschaften verstanden werden: (a) Es ist ein eindeutig identifizierbares physisches Gerät oder ein Alltagsgegenstand; (b) es verfügt über Sensorik und/oder Aktorik zur Erfassung oder Beeinflussung der Umgebung; (c) es besitzt eine Recheneinheit zur lokalen Datenverarbeitung; (d) es ist netzwerkfähig und kann mit anderen Geräten kommunizieren; (e) es kann Dienste bereitstellen oder andere smarte Objekte steuern und (f) es ist in der Lage, in begrenztem Umfang Schlussfolgerungen zu ziehen und sich automatisch an bestimmte Situationen anzupassen. Der Kontext der Hochschullehre bietet dabei unterschiedlich ausgestattete Lehrräume und erfordert, dass die generierten Spiele mit verschiedenen Ein- und Ausgabegeräten funktionieren müssen. Dabei erscheint es sinnvoll, die Ein- oder Ausgabefähigkeit smarterer Objekte getrennt zu betrachten. Durch diese Trennung von Ein- und Ausgabegeräten ergibt sich eine größere Anzahl an Kombinationsmöglichkeiten und dadurch mehr Flexibilität in der Zusammensetzung der Verbünde. Die Verbindung der smarten Objekte können somit besser an die verfügbaren Ressourcen, den Kontext oder Bedürfnisse von Nutzer\*innen angepasst werden [257]. Die Zusammenstellung und Bindung der smarten Objekte zu Gruppen für die Bedienung des Spiels, auch Softwarekomposition genannt, kann dabei auf unterschiedlichem Wege geschehen. Aufgrund der Vielschichtigkeit, die durch Schnittstellen, Anzahl und Mobilität smarterer Objekte entsteht, erweisen sich klassische Modelle der Softwarekomposition allerdings als schlecht geeignet für smarte Umgebungen [258].

Davidyuk et al. [259] untersuchten Lösungen der Softwarekomposition in unterschiedlichen Projekten und abstrahierten folgenden Workflow. Zunächst wird ein Service, der von smarten Objekten angeboten werden kann, spezifiziert und für Anwendungen verfügbar gemacht. Der Begriff Service beschreibt dabei meist eine Zwischenlogik, die Softwarekomponenten in-

tegriert, welche komplexere räumliche Anwendungsszenarien realisieren [260]. Der Begriff Anwendung meint in diesem Kontext Softwarekomponenten, die mit smarten Objekten in smarten Umgebungen interagieren ([261]). Anschließend wird eine Anwendungsvorlage oder ein Anwendungsszenario erstellt. Auf dieser Basis werden konkrete Anwendungen erstellt, welche die vorgegebenen Funktionalitäten erfüllen und die zuvor definierten Services zur Verfügung stellen. In der Ausführungsphase wird die Anwendung genutzt und durch Entwickler\*innen oder Nutzer\*innen angepasst [259]. Interessant ist, dass die Autoren zwischen automatisierten und interaktiven Ansätzen der Softwarekomposition unterscheiden. Bei ersteren wird häufig auf die Erstellung von Anwendungsvorlagen und Szenarien verzichtet, da diese bereits in der Initialisierungsphase entstehen. Bei letzteren haben Endnutzer die Möglichkeit aktiv die benötigten Funktionen zu definieren [259].

Stavropoulos et al. [262] untersuchen Ansätze zur automatisierten Komposition der angebotenen Services, welche als Anwendungslogik oder zur Hardwaresteuerung dienen. Ausgehend von einem abstrahierten Ziel des Endnutzers werden die Services identifiziert und verknüpft. Aus technologischer Sicht wird dabei auf Web-Protokolle, wie Simple Object Access Protocol (SOAP), oder generische Dienste, wie Universal Plug and Play (UPnP) zurückgegriffen [262]. Die semantische Beschreibung der benötigten bzw. angebotenen Dienste liegt häufig in XML vor. Durch die Verarbeitung der darin enthaltenen Informationen können Services nicht nur Funktionen erfüllen, sondern mit Hilfe der Erfassung des Nutzerzustands oder der aktuellen Umgebung die Funktionalität verändern [262]. Der gängigste Ansatz zur Umsetzung von Kontextbewusstsein ist die Verwendung einer Ontologie, in der Konzepte zu Kontext und Systementitäten definiert und miteinander verknüpft werden [262].

In [263] wird eine Middleware für die Servicekomposition in smarten Umgebungen vorgestellt, die auf anpassbaren Regelsätzen basiert, wobei heuristisches Backtracking oder Brute-Force verwendet werden kann. Die Nutzer müssen Anforderungen formulieren, benötigen jedoch kein tiefes technisches Wissen. Ergänzend schlagen weitere Arbeiten wie [264] und [258] automatisierte, opportunistische Softwarekomposition mittels Reinforcement Learning vor. Hier entscheidet ein Agent dynamisch über die Verbindungen bestehender Komponenten. Nutzer sind dabei vor allem zur Konfliktlösung und zur Bewertung vorgeschlagener Lösungen eingebunden. Neuere Entwicklungen, etwa in [265], rücken die Einbindung der Nutzer in den Lernprozess selbst in den Vordergrund, um adaptive Systeme transparenter und erklärbarer zu gestalten. Insbesondere wird betont, wie wichtig es ist, Funktionsweise, Möglichkeiten und Leistungsgrenzen des Systems verständlich zu kommunizieren. Diese erklärenden Elemente werden auch in die zuvor vorgestellten Kompositionsansätze integriert. Dennoch bleibt

bei allen betrachteten Arbeiten die direkte Interaktion der Nutzer mit den resultierenden Systemen wenig beleuchtet. Insbesondere fehlen explizite Betrachtungen zu Interaktionstechniken und zur strukturellen Trennung von Eingabe und Ausgabe im Rahmen der Mensch-Computer-Interaktion.

Diese strukturelle Trennung findet im Kontext der folgenden Arbeiten Anwendung. Um dynamische Bindung von Anwendungen und Geräten, sich verändernde Kontexte und Nutzerbedürfnisse besser zu adressieren schlägt Altakrouri [266] vor, statische Verbindungen zwischen Geräten und Anwendungen zu entkoppeln [266]. Die angebotenen Dienste werden dadurch elementarer und flexibler in der Kombination. Durch die flexiblere Kombination können körperliche Einschränkungen adressiert und gegebenenfalls kompensiert werden [267]. Allerdings kann durch die gesteigerte Heterogenität der Technologie und die Verteilung der Geräte eine manuelle Konfiguration aufwendig werden und die Barriere der Nutzer\*innen steigern [261]. Zudem kommt es zu einem Invisibility Dilemma in der Umgebung, wenn verschiedene Geräte potenziell die selben Dienste anbieten können, Nutzenden aber nicht erkenntlich wird, welche, gegebenenfalls unsichtbaren, Geräte mit welchem Dienst verknüpft sind [261]. Kordts et al. [261] schlagen die automatische Generierung und Bereitstellung von Anleitungen vor, um dieses Dilemma aufzulösen. Dazu müssen die Systeme neben der eigenständigen Vernetzung auch über die Fähigkeit verfügen sich selbst zu erklären [261, 268, 269]. Die konzeptuellen und technischen Aspekte der Selbstvernetzung bzw. Selbstorganisation der Systeme und ihrer Selbsterklärung werden im nächsten Abschnitt dargestellt.

## Selbstorganisierende und Selbsterklärende Systeme

IBM definierte unter dem Begriff *Autonomic Computing* sechs Leitprinzipien für eine offene smarte IT-Infrastruktur. Diese umfassen die (1) Verwaltung von komplexen Umgebungen, (2) Kenntnis über das System, (3) kontinuierliche Verbesserung des Systems, (4) Adaption an nicht kalkulierbare Umstände, (5) Vermeidung von Ausfällen und (6) Bereitstellung sicherer Umgebungen [270].

Zur Realisierung wird ein Architekturkonzept vorgeschlagen, dass in einer Schleife zunächst das System beobachtet, indem Daten über das System und die Komponenten gesammelt und weiterverarbeitet werden. Anschließend werden diese Daten analysiert und auf dieser Grundlage Maßnahmen geplant, die das System wenn nötig anpasst und verbessert. Diese Maßnahmen werden in einem letzten Schritt umgesetzt und es wird wieder mit der Beobachtung begonnen [271].

Im Bereich des Autonomic Computing eingesetzte Komponenten benötigen ebenfalls gewisse Eigenschaften. Diese Eigenschaften wurden von Kephart und Chess [272] unter dem Begriff Self-CHOP zusammengefasst. CHOP beschreibt dabei die Anfangsbuchstaben der englischen Bezeichnungen folgender Eigenschaften. *Selbstkonfiguration (Configuration)* ermöglicht einem System, sich dynamisch auf neue Komponenten oder IT-Umgebungsänderungen einzustellen. *Selbtheilung (Healing)* erkennt proaktiv Probleme und ergreift Gegenmaßnahmen ohne Betriebsunterbrechung. *Selbstoptimierung (Optimization)* nutzt Ressourcen effizient, um Benutzeranforderungen mit minimalem Nutzereingriff zu erfüllen. *Selbstschutz (Protection)* erlaubt autorisierten Zugriff, erkennt Schwachstellen und ergreift eigenständig Gegenmaßnahmen [272].

Um die Prinzipien des Autonomic Computings nicht nur im Bereich von IT-Infrastruktur, sondern auch auf allgemeinere Systeme anzuwenden, wurden unter dem Begriff *Organic Computing* (vgl. [273]) Eigenschaften zur Selbstorganisation, Selbstbeschreibung und Kontextsensitivität ergänzt. Im Folgenden werden von Poslad [274, 275], Fähndrich [276] und Burmeister [13] zusammengefasste Eigenschaften erklärt, welche im Rahmen dieser Arbeit relevant erscheinen.

**Selbstbewusstsein** bezeichnet die Fähigkeit eines Systems, sich selbst zu kennen. Dies umfasst Informationen über eigene Ressourcen, verbundene Ressourcen und interne/externe Komponenten zur effektiven Verwaltung.

**Selbstverwaltung** bezeichnet die Fähigkeit eines Systems, sich ohne externe Eingriffe zu verwalten. Der spezifische Verwaltungsaspekt variiert je nach System und Anwendung.

**Selbsterklärung** bezeichnet die Fähigkeit von Systemen, sich selbst und ihre Funktionalität anderen Systemen, Komponenten und Menschen verständlich zu beschreiben. Diese umfasst eine vollständige und nachvollziehbare Darlegung der verfügbaren Interaktionsmöglichkeiten und der damit gesteuerten Systemfunktionalitäten.

**Selbstbeschreibung** bezeichnet die Fähigkeit eines Systems, eine strukturierte, maschinenlesbare Beschreibung seiner eigenen Fähigkeiten und Zustände bereitzustellen.

**Selbstreflexion** bezeichnet die Fähigkeit smarterer Objekte und Anwendungen in Systemen, ihr Handeln und dessen Auswirkungen zur Laufzeit zu beobachten. Sie können dies selbstständig oder auf Anweisung modifizieren und Dritten mitteilen. Damit wird Selbsterklärung und Selbstbeschreibung verbunden.

Unter Betrachtung der dritten Herausforderung ist im Rahmen dieser Arbeit insbesondere der Aspekt der Selbstreflexion interessant. Ausgehend von dieser Eigenschaft ist im Kontext von smarten Umgebungen der Begriff *Ambient Reflexion* interessant. Darunter wird die Reflexion - also Beobachtung, Repräsentation und Modifikation - von vernetzungsbedingten Handlungen smarter Objekte in smarten Umgebungen verstanden [13]. Burmeister [277, 13] stellt die Selbstbeschreibungssprache Smart Object Description Language (SODL) und ein darauf aufbauendes Framework *Ambient Reflection* vor. Das später durch Kordts [257] erweiterte Framework ist dazu in der Lage, smarte Objekte und Anwendungen anhand ihrer in SODL vorliegenden Beschreibung zu lokalisieren, dynamisch zu verbinden und Selbsterklärungen bereitzustellen. Dabei werden aktuell verfügbare Geräte und Vernetzungszustände berücksichtigt. Die Vernetzung der Geräte erfolgt über eine Vermittlungskomponente, die sowohl automatisch probabilistisch als auch in einem auf manuellen Konfigurationen beruhendem Prozess Verbindungen herstellen kann. Ein- und Ausgabegeräte sind dabei dynamisch austauschbar. Basierend auf diesen Verbindungen können Anleitungen und interaktive Tutorials in Form von Texten oder Tutorials in HTML erzeugt werden [13, 257].

### **Fazit: Dynamische Verbindung der Geräte**

Die notwendige Adaptivität und die potenziell hohe Dynamik der Verfügbarkeit von Geräten, sowie die Heterogenität von Geräteschnittstellen stellen besondere Anforderungen an die Generierung von Ambient Serious Games. Diese können auf unterschiedliche Weise adressiert werden. Eine Option ist die Abfrage aller verfügbaren Dienste im Raum bevor die Generierung des Spiels gestartet wird. Anschließend kann das Spiel so generiert werden, dass es auf die zuvor identifizierten Geräte angepasst wird. Als vollautomatisierter Prozess ist dabei die Szenarioerstellung Teil der Anwendungserstellung. Dies entspricht dem von Davidyuk et al. [259] identifiziertem Workflow. Diese Option birgt den Nachteil, dass bei einer Veränderung der verfügbaren Dienste während der Generierung neu begonnen werden muss.

Eine weitere Option ist die Erfassung und Kommunikation an eine von der Generierung entkoppelte Komponente. Dazu muss aus der Generierung eine Beschreibung hervorgehen, welche die Dienste im Nachhinein identifiziert und an die Anwendung bindet. Eine solche Komponente müsste Schnittstellen zu allen Diensten haben und die Ein- und Ausgabe an die Anwendung weitergeben. Dies hätte zu Folge, dass es keiner neuen Generierung bedarf, sollten sich Dienste verändern. Eine Lösung als zentralisiertes System könnte über diese Komponente die Dienste interpretieren und an die Anwendung weiter geben. Da die Spiele so im Raum verteilt werden, dass

Fragen auf einzelnen Geräten dargestellt werden, erscheint es allerdings sinnvoll, dass diese Spielteile selbständig in der Lage sind die Ergebnisse der Frage auszuwerten. Eine mögliche Latenz bei der Kommunikation mit der zentralen Komponente könnte andernfalls das Feedback verzögern. Zusätzlich muss die Komponente in der Lage sein, die Zusammenhänge der Dienste semantisch zu interpretieren und den Nutzenden zu erklären, um das *Invisibility Dilemma* aufzulösen. Aufgrund dieser Nachteile erscheint es sinnvoll einen organischen Ansatz zu verfolgen. Die einzelnen Spielteile könnten gemeinsam mit einer Selbstbeschreibung generiert werden. Wenn diese Spielteile auf Geräte verteilt werden, können diese ihre Dienste beschreiben und mit benötigten Ein- und Ausgabegeräten gekoppelt werden. Durch die Beschreibung eigener Zustände und Dienste können einzelne Teilspiele miteinander kommunizieren. Ebenfalls könnten durch die Selbstbeschreibung Tutorials generiert werden. Durch die Kopplung der Geräte an Teilspiele kann dynamisch auf Veränderungen der verfügbaren Dienste reagiert werden. Da es sich um ein dezentrales System handelt, entfällt auch der *Single Point of Failure*, was einen weiteren Vorteil darstellt. Eine solche Lösung könnte auf Grundlage des beschriebenen *Reflection-Frameworks* erreicht werden (siehe [257]). Dieses eignet sich aufgrund der Einbindung von Ambienten Anwendungen und der Möglichkeit zur Generierung von Tutorials, was insbesondere bezüglich der Trennung von Ein- und Ausgabegeräten und dem Fokus auf deren Erklärbarkeit interessant erscheint. Viele Aspekte der zuvor definierten Anforderungen hinsichtlich dynamischer Umgebung und notwendiger Erklärbarkeit und Nutzendenadaptation der Spiele lassen sich durch das Framework adressieren. Allerdings bedarf es zur vollständigen Lösung des Problems zweier Erweiterungen. Zum einen müssen Anwendungen, in diesem Fall Spielteile, anhand ihrer Selbstbeschreibung auf Geräte verteilt werden können. Zum anderen müssen neben Diensten zum Austausch von Informationen über Interaktionen auch Dienste für Informationen über den jeweiligen Spielzustand angeboten werden.



## 7 Konzept

Aus den vorangegangenen Recherchen und Analysen gehen Ansatzpunkte hervor, wie Ambient Serious Games gestaltet und generiert werden können. Das folgende Kapitel beschreibt das Konzept eines Frameworks, das aufgrund von Beschreibungen Ambient Serious Games erzeugt und im Raum verteilt.

Dazu wird zunächst der Kontext beschrieben, in dem das Framework Einsatz findet. Anschließend wird das in Abschnitt 5.3 geschilderte Nutzungsszenario in ein Ablaufdiagramm überführt. Anhand dessen werden Komponenten identifiziert, deren Funktionen und Schnittstellen im Detail beschrieben werden. Um diese Komponenten austauschen zu können, werden diese nicht als Gesamtsystem mit enger Kopplung gestaltet, sondern als Module eingebunden.

### 7.1 Kontext

Je nach Gestaltung des Spiels lässt es sich in verschiedene Phasen des Lernstilmodells nach Kolb (vgl. Abschnitt 4.2) einordnen. Ist das Spiel auf Fragen aufgebaut, welche durch richtige Beantwortung zum Begreifen von Konzepten führen können, ist es der Phase der abstrakten Konzepte zuzuordnen. Enthält das Spiel Elemente zur erfolgreichen Durchführung von praktischen Versuchen kann es der Phase des aktiven Experimentierens zugeordnet werden (vgl. 4.2). Im Falle des Spiels als Lernzielkontrolle liegt es außerhalb des Zyklus, der die Lernstile nach Kolb verbindet (vgl. Abschnitt 4.2). Da der Lernprozess durch die Adaption verschiedener Typen unterstützt werden kann, sollten Spiele an geeigneter Stelle ergänzend zu anderen Lehrmethoden eingesetzt werden. Die Spiele sollten den Studierenden dementsprechend in einem Kontext zur Verfügung gestellt werden, in dem sie zum geeigneten Zeitpunkt verfügbar sind. Das im Folgenden näher beschriebene Konzept zu Ambient Serious Games in der Hochschullehre setzt voraus, dass Universitäten digitales und selbständiges Lernen Studierender unterstützen. Dazu gehört die kostenfreie Bereitstellung smarterer Selbstlernräume, die mit frei nutzbarer Technik ausgestattet sind und als ambienter Lernraum verwendet werden können (vgl. Abschnitt 5.3). Des Weiteren wird ein LMS vorausgesetzt, das Online-Übungen unterstützt und

Metadaten zu diesen Übungen, wie Kurstitel etc., zur Verfügung stellen kann (vgl. Anforderung 4). Es wird vorausgesetzt, dass diese Online-Übungen von Dozierenden erstellt werden, die in gewisser Weise als Experten im jeweiligen Fachgebiet betrachtet werden können. Somit soll die inhaltliche Korrektheit der Übungen sichergestellt sein. Ebenso soll damit sichergestellt werden, dass Übungen in einem das Selbststudium nicht überschreitenden Zeitrahmen bearbeitet werden können (vgl. Abschnitt 5.3). Des Weiteren wird vorausgesetzt, dass Dozierende die Möglichkeit haben, sich im Rahmen ihrer Arbeit mit Ambient Serious Games auseinanderzusetzen. Dabei sollen diese insofern geschult werden, als dass sie Ambient Serious Games in ihren Lehrveranstaltungen einsetzen, Studierende darin einweisen und die verwendete Ein- und Ausgabegeräte im Rahmen von Ambient Serious Games einsetzen können (vgl. Kapitel 6.1).

## 7.2 Spielablauf

Zunächst wird anhand des Spielablaufs beschrieben, welche Informationen eingeholt und verarbeitet werden müssen, um Schnittstellen und Module zu identifizieren. Der Gesamtablauf lässt sich in drei Phasen gliedern, (a) die Spielvorbereitung, (b) die Spieldurchführung und (c) die Spielnachbereitung. Diese werden in den folgenden Abschnitten vorgestellt, wobei zunächst der Ablauf bei Singleplayer-Games beschrieben wird. Anschließend wird anhand der Ergebnisse der Ablauf für Multiplayer-Games hergeleitet.

### Spielvorbereitung

In der Spielvorbereitung werden alle benötigten Informationen zu Spieler\*innen, Umgebung und Übungsinhalt gesammelt und das Spiel generiert. Abbildung 7.1 zeigt den Ablauf der Spielvorbereitung als Aktivitätsdiagramm. Der Beginn der Spielvorbereitung stellt eine Anmeldung der Studierenden am aLMS dar. Obwohl damit nicht die Generierung des Spiels einhergeht, erfolgt hierdurch die Identifikation des Nutzenden und die Bereitstellung eines Nutzerprofils (vgl. Anforderung 1), wie von [10] vorgeschlagen. Dieses Nutzerprofil enthält Informationen über die aktuell belegten Kurse, die jeweils abgelegten Übungen und Aktivitäten, sowie das Abschneiden in den vorherigen Übungen in Form eines Schwierigkeitsgrads. Zudem enthält es Informationen über den Spielertypen und körperliche Fähigkeiten (vgl. Anforderung 4). Letztere Angaben sind erforderlich, um die Bewegungskomponenten der Spiele so an die Spielenden anzupassen, dass diese in keiner Weise überfordernd sind. Die Angabe des Spielertypen

hingegen ist notwendig, um Spiele auszuwählen bzw. zu erzeugen, welche Motivationsmechanismen einbinden, die den Spielenden ansprechen (vgl. Anforderung 17). Unter der Betrachtung der in Abschnitt 3.2 erstellten Personas ist absehbar, dass sie aufgrund der charakterlichen Eigenschaften und der unterschiedlichen Spielertypen andere Motivationsmechanismen bevorzugen. Beispielsweise sind die Motivationsmechanismen *Administrative Roles* oder *Guilds or Teams* motivierend für Samira Baumann, aber nicht für Lino Martins, da er das Gewinnen von *Certificates* und *Leaderboards* bevorzugt (siehe Abschnitt 3.1). Da der Spielertyp und die körperlichen Fähigkeiten nicht Teil der Daten sind, welche üblicherweise in einem LMS vorliegen, sollten diese bei der Inbetriebnahme des Systems erhoben und gegebenenfalls aktualisiert werden. Des Weiteren wird durch die Anmeldung am aLMS der Raum identifiziert, in dem das Spiel stattfindet. Dies liefert die notwendigen Informationen über den räumlichen Kontext, die Bewegungsfreiheit und Raumgeometrien (vgl. Anforderungen 27).

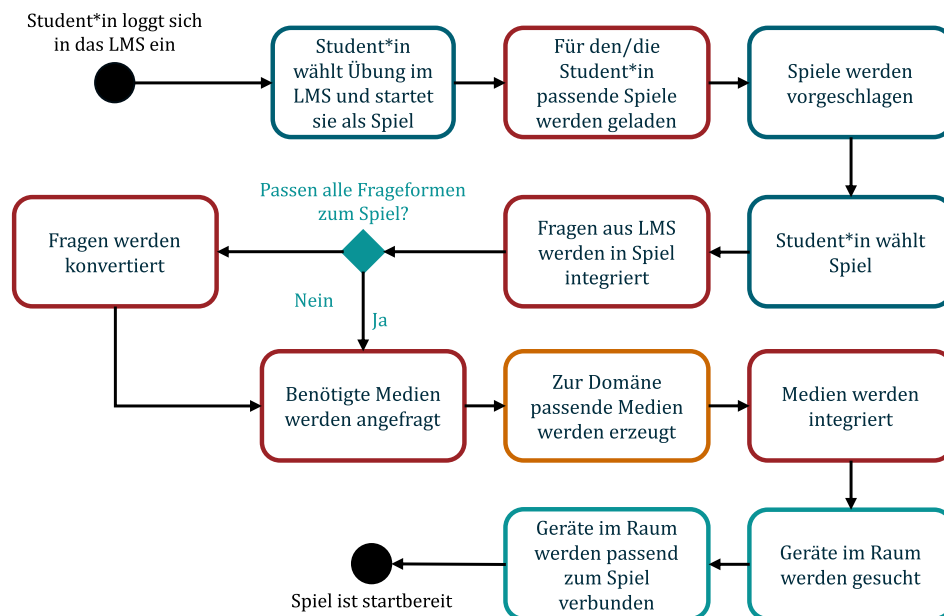


Abbildung 7.1: Ablauf der Spielvorbereitung. Die farbliche Gestaltung repräsentiert verschiedene Module, welche in Abschnitt 7.2 vorgestellt werden.

Im zweiten Schritt gibt der/die Student\*in an, welche Übung als Spiel durchgeführt werden soll und kann somit vorherige Übungseinheiten überspringen. Dies startet den eigentlichen Prozess der Spielvorbereitung, da nun alle Parameter, die zur Gestaltung des Spiels notwendig sind, vorliegen. Im Anschluss können alle Spiele, die bezüglich Spielertyp und körperlichen Fähigkeiten für den Spielenden geeignet sind, zusammengestellt und vorgeschlagen werden. Dies erfordert einen Bestand aus vordefinierten Spielentwürfen. Diese Entwürfe müssen beschreiben, welche Mechaniken wie

im Spiel verwendet werden, wie viele Levels oder Einheiten Teil des Spielverlaufs sind und welche Besonderheiten bezüglich einer Spielgeschichte zu beachten sind. Des Weiteren sollte hier definiert sein, welche Frageformen im Spiel verwendet werden können, und Ein- bzw. Ausgabegeräte in Bezug auf die Anzahl und notwendige Fähigkeiten spezifiziert werden. Die abstrakte Beschreibung des Entwurfs ist erforderlich, um genügend Variabilität für Anpassungen an SpielerIn und Kontext zu ermöglichen (vgl. Anforderungen 2, 16 und 26). Ähnlich wie in den in 6.2 vorgestellten Arbeiten, können diese Meta-Angaben als Grundkonstrukt genutzt werden, um sie mit den Inhalten zu füllen. Um die Abstraktion der Spielbeschreibung für Designer\*innen der Spiele zu vereinfachen, sollte ein GUI entworfen werden, um Spiele auf einfachem Wege zu beschreiben. Da das Design neuer Spiele beispielsweise von Dozierenden übernommen werden kann, sollte die GUI den Anforderungen aus Kapitel 6.1 zufolge niederschwellig verwendet werden können. Um dem Studierenden eine Wahl zu lassen und somit die Effekte der Selbstbestimmungstheorie (siehe Kapitel 2) zu beachten, sollten passende Spiele zwar hervorgehoben präsentiert werden, die verbleibenden Spiele aber dennoch zur Wahl stehen.

Ist ein Spiel ausgewählt, werden die Fragen aus der gewählten Übung in das Spiel integriert. Damit wird sichergestellt, dass das Spiel das charakterisierende Ziel verfolgt (vgl. Anforderungen 5) und die Aufgaben von Experten erstellt wurden. Je nach Aufbau des Spiels können mehrere Fragen für ein Level bzw. eine Aufgabe strukturiert werden oder auf mehrere Levels verteilt sein. Es sollte jedoch ein minimales bzw. maximales Limit an Fragen vorgegeben werden, die in einem Spiel beantwortet werden können. Dies dient zum einen der sinnvollen Strukturierung und Darstellung der Fragen innerhalb der Spiele und zum anderen der zeitlichen Limitierung dieser. Informationen hinsichtlich dieser Beschränkungen sollten ebenfalls in der Beschreibung der Spiele hinterlegt sein. Des Weiteren sollte hinterlegt sein, für welche Frageformen das Spiel geeignet ist. Aufgrund der Vielseitigkeit der Fragegestaltung, welche von den LMS angeboten werden (siehe Abschnitt 4.1) ist davon auszugehen, dass nicht jedes Spiel jede Frageform abbilden kann. Sollte die Übung LMS-Fragen in einer Form enthalten, welche nicht kompatibel zum Spiel sind, sollten diese in eine kompatible Form überführt werden können. Es kann der Fall auftreten, dass für Interaktionen zu viele oder zu wenige Antworten vorliegen. Beispielsweise könnte ein Spiel die Zuordnung von vier Antworten benötigen, um den Ablauf weiter fortzuschreiten zu lassen, die Frage in der Übung sieht aber nur zwei Zuordnungen vor. In diesem Fall sollte das System in der Lage sein zusätzliche Antworten zu generieren. Voraussetzung ist dabei, dass die Ergebnisse des verwendeten Verfahrens qualitätsgesichert sinnvolle Antworten generieren kann. Dies könnte beispielsweise durch einen genetischen Algorithmus geschehen (vgl. Abschnitt 6.2) .

Damit Studierende mit der Spieldurchführung weder unter- noch überfordert sind und der Gameflow nicht durch die empfundene Schwierigkeit beeinflusst wird, sollte diese an Studierende angepasst werden (vgl. Anforderung 26). Da alle Schwierigkeitslevels von vornherein definiert werden müssen, ist dies ebenso Teil der Spielvorbereitung. Bei der Betrachtung der Personas wird klar, dass diese durch ihre unterschiedliche Motivation verschieden auf die Spiele bzw. Übungen vorbereitet sein könnten. Samira Baumann ist aufgrund des Anspruchs alle Prüfungen zu bestehen vermutlich eher fleißig und daher auf die Übung vorbereitet. Bei Lino Martins ist der Grad der Vorbereitung davon abhängig, ob Übungen im Modul verpflichtend sind, wie viele Leistungspunkte es für ein Modul gibt und ob seine Leistungen unter dem Semester angerechnet werden. Simon Schmitt wird sich nicht auf die Übung vorbereiten, es sei denn das Thema deckt sich mit seinem eigenem Interesse am Thema. Das Schwierigkeitslevel sollte daher dem typischen Verhalten des Studierenden bzw. den zu erwartenden Vorkenntnissen entsprechen. Diese Information sollte im Nutzerprofil vorliegen und stetig angepasst sein. Welchen Einfluss der Faktor auf das Spiel hat, hängt wiederum vom Design des Spiels ab. Es könnte beispielsweise Konsequenzen auf die verfügbare Antwortzeit oder die möglichen Antworten haben.

Um das Spiel an die Domäne, also den Fachbereich dem die Übung entstammt, anzupassen, sollten dazu passende Medieninhalte erzeugt werden (vgl. Anforderungen 9 und 23). Dabei handelt es sich vor allem um die Spielgeschichte und ihre Repräsentation in Audio und Bild. Anhand der Spielskizzen sollte erkennbar sein, welche Bilder und Texte bzw. Sprach-elemente gebraucht werden. Anhand von vorformulierter Eingabebefehle (engl. Prompts) sollen diese mittels künstlicher Intelligenz (siehe Abschnitt 6.2) erzeugt und eingebettet werden. Dies erfordert sowohl die Verfügbarkeit von Frameworks, welche Künstliche Intelligenz zugänglich machen, als auch die Entwicklung generischer Prompts, welche Medien in ausreichender Qualität erzeugen. Hinsichtlich ethischer Aspekte ist zu bedenken, dass Prompts vorher dahingehend getestet werden müssen, ob die erzeugten Medien die ethischen Ansprüche erfüllen, welche in Abschnitt 5.3 genannt werden.

Die Vorbereitung wird mit der Verbindung von Ein- und Ausgabegeräten bzw. mit dem Design der Interaktion abgeschlossen. Mithilfe der in Abschnitt 6.3 vorgestellten Konzepte rund um smarte Umgebungen, werden die Ein- und Ausgabegeräte lokalisiert und die Eignung anhand ihrer Selbstbeschreibung festgestellt (vgl. Abschnitt 6.3). Diese Feststellung bedarf der Spezifikation von Anforderungen an einzelne Interaktionsgeräte im Spielentwurf. Sind alle notwendigen Ein- und Ausgabegeräte durch das Raummodul (siehe Abschnitt 7.5) verbunden ist das Spiel startbereit.

## Spieldurchführung

Die Spieldurchführung beginnt, wie in Abbildung 7.2 dargestellt, mit dem Spielstart durch den Nutzenden. Die Art der Interaktion, mit der das Spiel gestartet wird, hängt dabei vom Design ab. Anschließend wird das erste Level bzw. der erste Spielabschnitt des Spiels geladen. In der Vorbereitung sind die Fragen vom System bereits in die jeweiligen Spielabschnitte integriert worden. Diese Spielabschnitte werden im Verlauf des Spiels nacheinander durchgeführt.

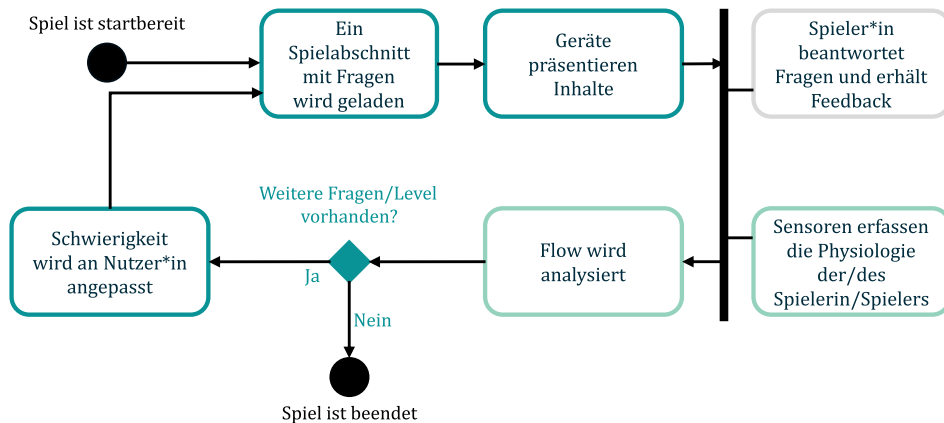


Abbildung 7.2: Ablauf der Spieldurchführung. Die farbliche Gestaltung repräsentiert verschiedene Module, welche in Abschnitt 7.2 vorgestellt werden.

Der Spielabschnitt beginnt dabei mit der Präsentation der benötigten Inhalte. Dabei kann es sich um Fragen und Antwort aus dem LMS oder Elemente handeln, die der Spielerklärung (vgl. Anforderung 7) und der Spielerzählung dienen. Hier werden die in der Spielvorbereitung erzeugten Medieninhalte eingesetzt, um eine möglichst hohe Kopplung zwischen fachlichen Inhalt und Spiel zu stärken. Dies dient der Umsetzung der Anforderung 15, welche die Wahrnehmung als Spiel und nicht als gamifizierte Übung sicherstellen sollen.

Anschließend folgen zwei parallele Schritte. Der/die Student\*in spielt das Spiel, beantwortet dabei die Fragen aus der LMS-Übung und erhält zu jeder Frage Feedback, um Anforderung 21 umzusetzen. Während des Spiels werden physiologische Parameter erfasst. Diese Erfassung dient der anschließenden Analyse, ob Spielende während des Spiels Flow erleben (vgl. Anforderung 2). Wie in Abschnitt 4.2 beschrieben, gibt es physiologische Parameter, die mit dem Erleben von Flow korrelieren. Wird Flow erlebt, muss der Schwierigkeitsgrad der Fragen nicht angepasst werden. Andernfalls sollte die Schwierigkeit im Falle einer Überforderung verringert und andernfalls erhöht werden, um Flow herzustellen. Dies dient der Umsetzung von Anforderung 12. Darauf folgend beginnt der Prozess der Spieldurchführung.

rung erneut, solange weitere Fragen vorliegen. Ist das nicht der Fall, wird das Spiel beendet und die Nachbereitung beginnt.

## Spielnachbereitung

Nach dem Abschluss des Spiels wird den Studierenden zunächst ein Spielende präsentiert. Dies sollte den Spielergebnissen angemessen sein, um die Wahrnehmung als Spiel zu unterstützen (vgl. Anforderung 15). Abhängig vom Spieldesign könnte es beispielsweise der gute oder schlechte Ausgang einer Spielgeschichte sein, der an dieser Stelle präsentiert wird. Eine andere Möglichkeit wäre die Repräsentation eines Highscores. Dies hängt vor allem mit dem Spielertypen zusammen. Für die Persona des Lino Martins ist der Highscore sicher von höherem Interesse als für Simon Schmitt, den eher der Ausgang einer Mission interessiert.

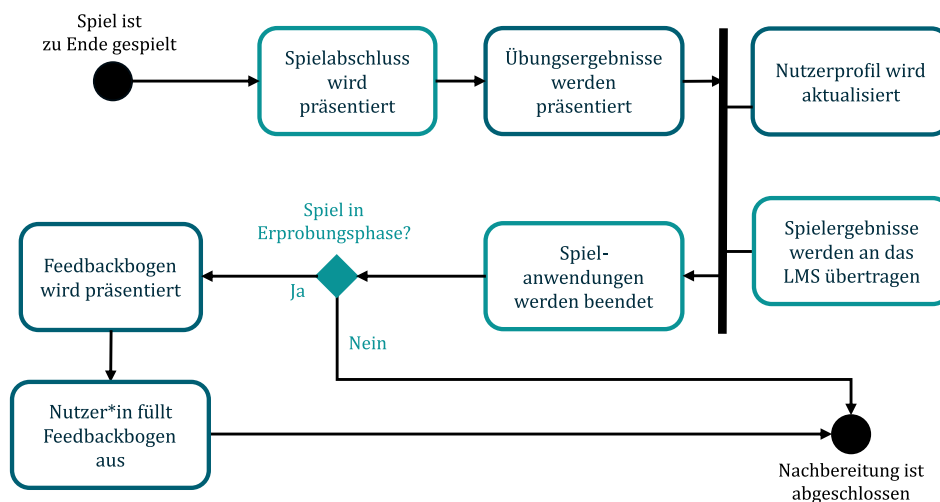


Abbildung 7.3: Ablauf der Spielnachbereitung. Die farbliche Gestaltung repräsentiert verschiedene Module, welche in Abschnitt 7.2 vorgestellt werden.

Im nächsten Schritt werden die Ergebnisse der Übung nochmal in einer Übersicht angezeigt. Dies soll Studierenden den Übergang vom Spiel zurück zu einer im aLMS durchgeführten Übung anzeigen. Die Interaktionsgeräte, welche gesondert für das Spiel verwendet werden konnten, sind nun nicht mehr nutzbar und es muss auf die übliche Interaktion des aLMS zurückgegriffen werden. Im Anschluss an die Präsentation der Ergebnisse, welche von der/dem Student\*in selbstständig beendet wird, können zwei Schritte parallel erfolgen. Zum einen wird das Nutzerprofil aktualisiert (vgl. Anforderung 3). Das betrifft den Parameter zur Schwierigkeitsstufe sowie den aktuellen Kenntnisstand des Studierenden im Fachgebiet bzw. Kurs. Gleichzeitig können alle durch *Reflection* angebundene Geräte wieder entkoppelt werden, damit sie für eine andere Verwendung zur Verfügung stehen.

In der regel werden nun die erreichten Ergebnisse des Spiels bzw. der Übung an das aLMS übertragen und der Prozess des gesamten Spielablaufs ist beendet. Doch beim Entwurf neuer Spiel könne das Feedback der Spieler\*innen von Interesse sein um die Qualität der von den Dozierenden entworfenen Spiele zu steigern. Um ein Spiel hinsichtlich Gebrauchstauglichkeit, empfunderer Emotionen und gegebenenfalls weiterer Fragen zu evaluieren könnte deshalb nach der Entkopplung der Geräte noch ein Fragebogen ausgefüllt werden. Die Ergebnisse, sowie die Messung der physischen Sensoren könnten von Dozierenden oder anderen Spieldesigner\*innen genutzt werden, um das Spiel zu verbessern und dabei unter anderem die Erfüllung der Anforderungen 15, 13 und 25 sicherzustellen. Die Ergebnisse der physischen Messung könnten mit Konzepten des Affective Computings (siehe 4.2) dabei unterstützen, die Emotionen der Spieler zu identifizieren und Spiele an entsprechender Stelle zu überarbeiten. Dieser Fragebogen sollte über das gleiche Interaktionsgerät beantwortet werden, über welches das Spiel gestartet und beendet wird, da dieses Gerät an das aLMS und nicht über das Spiel verbunden ist. Das Gerät steht also nach der Spieldurchführung noch zur Interaktion zur Verfügung.

## **Fehlermanagement**

In den oben dargestellten Prozessen wird angenommen, dass keine Fehler auftreten. Wie bei jedem technischen System können dennoch Fehler auftreten. Abhängig des aufgetretenen Fehlers muss entsprechend darauf reagiert werden. Der folgende Abschnitt beschreibt mögliche Fehler und die Reaktion des Systems.

Zunächst können bei der Kommunikation zwischen aLMS oder LMS und dem Spielsystem Informationen verloren gehen, die zu Fehlern im Prozessablauf führen. Es kann vorkommen, dass kein Spielerprofil vorliegt oder geladen werden kann. Das System sollte in diesem Fall in der Lage sein, den Studierenden verschiedene Spiele vorzuschlagen, die für mehrere Spielertypen passend sind. Durch die Wahlfreiheit, auch Spiele durchzuführen, die nicht für den Spielertypen vorgeschlagen sind, haben Studierende in jedem Fall die Möglichkeit, ein ihrer Meinung nach geeigneteres Spiel, als das vom System vorgeschlagene auszuwählen. Durch eine Spielbeschreibung können Studierende selbst entscheiden, ob sie ein Spiel ansprechend finden. Des Weiteren enthalten die Nutzerprofile auch Informationen, um den Schwierigkeitsgrad und die Bewegungseinheiten anzupassen. Der Schwierigkeitsgrad könnte in diesem Fall von Spielenden selbst eingeschätzt bzw. angegeben werden. Damit Spieler\*innen die Möglichkeit haben, Spiele auszuwählen, die gegebenenfalls für Personen mit körperlichen Einschränkungen geeignet sind, sollten Spiele während des Auswahlprozesses ent-

sprechend gekennzeichnet sein. Ist eine Anpassung möglich, sollte diese, genau wie der Schwierigkeitsgrad, manuell auswählbar sein. Sollte kein passendes Spiel für den Spielertypen geladen oder der Spielertyp nicht ermittelt werden können, empfiehlt sich ebenfalls der Vorschlag generischer Spiele.

Ein schwerwiegenderes Problem tritt auf, falls die Übertragung von Fragen und Antworten fehlschlägt. Die Durchführung des Spiels mit Beispielfragen, wäre zwar prinzipiell möglich, jedoch verliert das Spiel dabei sein charakterisierendes Ziel und damit seinen Zweck. Tritt der Fehler dennoch auf, kann das Spiel nicht durchgeführt werden. Während der Nachbereitung kann die fehlende Verbindung zum LMS ebenfalls ein Problem darstellen. Zum einen kann das Nutzerprofil nicht aktualisiert werden und zum anderen können Ergebnisse der Übung nicht zurück übertragen werden. In diesem Fall sollten Spielende darüber aufgeklärt werden, dass die Daten bei der nächsten Verbindung zwischen System und LMS übertragen werden. Die vorliegenden Daten sollten lokal gespeichert und sobald eine Übertragung möglich ist nachträglich übertragen werden.

Während der Spieldurchführung können Fehler bei der Messung und Analyse der Physiologie entstehen. Durch die Nutzung körpernaher Sensoren oder insbesondere von Sensoren, die einer Sichtachse bedürfen, kann es zu Fehlern in der Messung kommen, da durch die Bewegung im Raum, die Sichtachse schnell verloren geht. Des Weiteren müssen die Messergebnisse für die Analyse übertragen werden, was zu Übertragungsfehlern führen kann und die Analyse erschwert. Problematisch ist hierbei, dass eine falsche Anpassung sowie eine Selbsteinschätzung der Spielerin/des Spielers den Flow unterbricht, sollte dieser zuvor bestanden haben. Deshalb sollten diese Fehler dazu führen, dass keine weitere Adaption des Spiels stattfindet, solange keine Messung möglich ist.

Ist das Spiel bereits gestartet und die Verbindung zu verwendeten Geräten bricht ab, gibt es zwei mögliche Konsequenzen. Zum einen muss das Spiel abgebrochen und die bereits erreichten Ergebnisse gespeichert werden, falls das Minimum an Geräten durch den Ausfall unterschritten wird. Es kann nun erneut versucht werden die Verbindung aufzubauen und das Spiel fortzusetzen, bevor Nutzer\*innen über den endgültigen Abbruch informiert werden. Sollte ein erneuter Aufbau von notwendigen Verbindungen nicht möglich sein, muss das Spiel endgültig abgebrochen und zu einem anderen Zeitpunkt als Spiel neu begonnen werden. Alternativ ist eine Vervollständigung im LMS denkbar.

Der Abbruch eines Spiels kann auch jederzeit durch Nutzende herbeigeführt werden. Damit ein Verlassen des Spiels zu einem strukturierten Programmablauf und nicht zu einem nicht definierten Programmzustand führt, sollte Spielenden jederzeit ersichtlich sein, wie das Spiel abgebrochen werden

kann. Zusätzlich dazu sollte das System bei einer Nichtnutzung über eine längere Zeitspanne nach einem gewünschten Abbruch fragen. Der Spielabbruch sollte dabei neben dem Spiel auch über das gleiche Interaktionsgerät erfolgen können, über welches das Spiel gestartet und beendet wird, da dieses Gerät nicht dynamisch verbunden ist.

Die beschriebenen Konsequenzen aus potenziellen Fehler im Prozessablauf verdeutlichen, wie auf Störungen reagiert werden kann. Es wurden verschiedene Strategien vorgestellt, die darauf abzielen, die Spielfunktionalität, soweit möglich, auch bei Fehlern aufrechtzuerhalten. Um Unterbrechungen im Ablauf zu vermeiden, sollten die einzelnen Systemkomponenten jedoch möglichst mit zuverlässigen Kommunikationsprotokollen verbunden werden. Zudem kann sich ein dezentraler Ansatz als vorteilhaft herausstellen, da in zentralen Systemen ein Ausfall der Steuerungskomponente dazu führen kann, dass das Spiel nicht fortgesetzt werden kann.

Der folgende Abschnitt beschäftigt sich mit der Konzeption des Frameworks und insbesondere mit der modularen Architektur und der genauen Beschreibung ihres Aufbaus und den dazugehörigen Schnittstellen. Die Architektur wird nun anhand des Gesamtablaufs abgeleitet, wobei für jeden Schritt die notwendigen Informationen und ihre Verarbeitung einbezogen werden.

### **7.3 Ambientes Lernmanagementsystem (aLMS)**

Die Spielvorbereitung setzt ein aLMS mit Übungs- und Spielerprofilinformationen voraus. Zwar wird im Rahmen dieser Arbeit ein bestehendes aLMS vorausgesetzt (siehe 7.1), doch im folgenden Abschnitt werden die für das Framework wesentlichen Bestandteile vorgestellt. Dies ist vor allem deswegen relevant, da nicht davon ausgegangen werden kann, dass Spielertypinformationen oder körperliche Fähigkeiten in einem LMS hinterlegt sind. Abbildung 7.4 zeigt die Architektur des aLMS-Moduls mit den beiden für das Konzept wesentlichen Informationen. Des Weiteren werden die notwendigen Schnittstellen konzeptuell beschrieben.

Geht man von einem zentralisierten Ansatz aus, ist das aLMS in ein Webfrontend und einem Backendserver aufgeteilt, welcher gegebenenfalls über eine Datenbank verfügt (siehe Abbildung 7.4 A-C). Das Frontend bezieht beispielsweise Kursinformationen oder Übungsfragen aus dem Backend und präsentiert sie dem Nutzenden. Da im Falle einer spielerischen Durchführung der Übung, die Detailinformationen nicht im Frontend, sondern durch das Spiel präsentiert werden, ist es ausreichend, für diesen Fall lediglich die Titel aller verfügbaren Übungen zur Auswahl einer Übung zu übertragen (siehe Abbildung 7.4 Nr. 3). Die Übungsinformationen der gewählten Übung

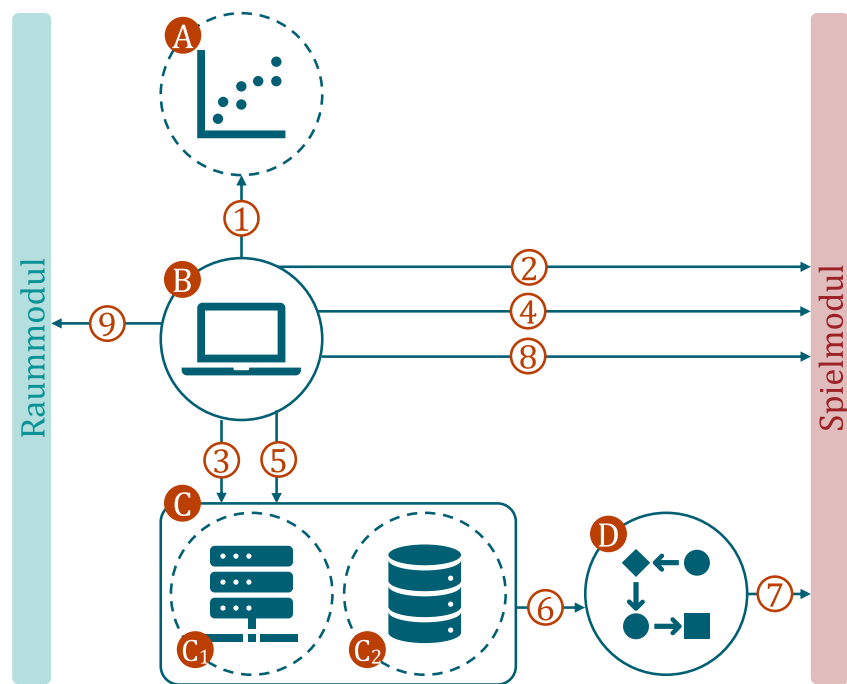


Abbildung 7.4: Architektur des aLMS-Moduls. A bis D bezeichnen folgende Teilmodule: (A) Spielertypen-Klassifikator, (B) Frontend des aLMS, (C) Backend des aLMS mit (C<sub>1</sub>) Server-Backend und (C<sub>2</sub>) Datenbank, (D) Fragenadapter. 1 bis 9 bezeichnen die im Text referenzierten Schnittstellen. Gestrichelte Elemente gehören zum Teilmodul, in dem sie dargestellt werden, oder müssen nicht eigenständig vorhanden sein bzw. können erweitert werden.

müssen anschließend an das Spielmodul übertragen werden (siehe Abbildung 7.4 Nr. 5 bis 7). Da es allein im deutschsprachigen Raum verschiedene verbreitete LMS gibt (vgl. Abschnitt 4.1), erscheint es sinnvoll, das Format, in dem Fragen abgespeichert werden in ein für den Generator einheitliches Format zu übersetzen. Diese Übersetzung ist konzeptuell auf einem eigenen Teilmodul namens *Adapter* vorgesehen (siehe Abbildung 7.4 D). Durch diese Abtrennung vom aLMS und von der generativen Komponente ist es möglich, das Framework an verschiedene bestehende LMS anzubinden, ohne Anpassungen daran oder am restlichen Framework vorzunehmen.

Zur Erfassung des Spielertypen könnte beispielsweise der in Abschnitt 3.2 verwendete Fragebogen eingesetzt und auf Grundlage der geclusterten Spielertypen-Daten klassifiziert werden. Das Konzept sieht vor, dass das eigentliche aLMS über eine Schnittstelle zu einem weiteren aLMS-Teilmodul verfügt, welches in der Lage ist, Spielertypen zu klassifizieren und an das aLMS-Modul zurückzugeben (siehe Abbildung 7.4 Nr. 1). Die Klassifikation wird auf ein vom Kern des aLMS getrenntes aLMS-Teilmodul ausgelagert, um dieses im Falle einer anderen Klassifikationsmethode einfach austauschen zu können. Es ist dennoch denkbar dieses aLMS-Modul auf dem gleichen Server wie das Backend des aLMS zu hosten. Die Schnittstelle sollte in jedem Fall offen gestaltet werden, sodass ein Hosten auf dem glei-

chen Server nicht zwingend notwendig ist. Da das aLMS den Studierenden verschiedene passende Spiele anbietet, muss eine Schnittstelle bestehen, über die eine Liste entsprechender Spiele bezogen werden kann. Anhand dieser Liste kann das Frontend des aLMS verschiedene Spiele zur Verfügung stellen, die anschließend ausgewählt werden können (siehe Abbildung 7.4 Nr. 2).

Bezüglich der körperlichen Fähigkeiten sollten nur die für das System notwendigen Angaben erhoben werden. Dies hängt jedoch vom gewünschten Detailgrad der angebotenen Interaktionsdienste ab. Bezieht diese lediglich die Barrierefreiheit in die Steuerung des Spiels ein, ist es ausreichend, grundlegende Angaben hinsichtlich entsprechender Einschränkungen zu erheben. Sollten weitere Erkenntnisse hinsichtlich des Einflusses bestimmter physischer Belastungsbereiche auf den Lernprozess gewonnen werden, müssten diese ebenfalls im aLMS-Modul persistiert werden. In diesem Fall wären weitere Informationen, wie beispielsweise ein Fitnesslevel, notwendig. Unabhängig der Detailtiefe der Informationen zu körperlichen Fähigkeiten müssen diese ebenfalls vor der Initiierung des ersten Spiels vom LMS abgefragt oder erhoben werden. Sollten Spiele bei bestimmten Einschränkungen nicht durchführbar sein, müssen diese Informationen bei der Abfrage entsprechender Spiele einbezogen werden (siehe Abbildung 7.4 Nr. 4).

Das aLMS-Modul verfügt durch seine Zusammensetzung über Informationen bezüglich körperlicher Fähigkeiten, Spielertypen, Übungseinheiten inklusive der darin befindlichen Fragen und des ausgewählten Spiels. All diese Informationen müssen über eine Schnittstelle an das Spielmodul übertragen werden (siehe Abbildung 7.4 Nr. 2, 4 und 7). Anschließend kann die Generierung des Spiels gestartet werden (siehe Abbildung 7.4 Nr. 8). Da die Studierenden vor dem Spielbeginn ausschließlich mit dem Frontend des LMS interagieren, sollte dieses zusätzlich die Information über die Fertigstellung der Spielgenerierung enthalten und den Nutzenden anschließend darüber informieren, dass der Spielraum nun bereit ist (siehe Abbildung 7.4 Nr. 9). Alternativ könnte auch ein Button *Spiel starten* bereitgestellt werden.

## 7.4 Spieleeditor und Generator

Im nächsten Schritt wird anhand der vom aLMS-Modul übermittelten Informationen das Spiel generiert. Dieser Vorgang basiert vor allem auf dem ausgewählten Spiel. Die Auswahl der Spiele, welche generiert werden können, muss als Beschreibung vorliegen, damit sie bei der Generierung auf die körperlichen Fähigkeiten und die ausgewählten Fragen angepasst werden können (vgl. Abschnitt 6.2). Die Anpassung an den Spielertypen geschieht

bereits durch die Auswahl des Spiels. Damit eine solche Beschreibung erstellt werden kann, sollte ein Editor bereitgestellt werden, welcher eine niederschwellige Erzeugung der Beschreibungen ermöglicht. In den folgenden Abschnitten wird deshalb zunächst das Konzept der Zustandslogik des Spiels, sowie ein Editor-Teilmodul und damit die Kernelemente der Spielbeschreibung erläutert, bevor abschließend das Generator-Teilmodul genauer beschrieben wird. Das gesamte Modul mit Editor-Teilmodul und Generator-Teilmodul wird im Folgenden als Spielmodul bezeichnet, da hier die Erstellung des Spiels geschieht.

## Zustandslogik

Der Entwurf eines im Raum verteilten Spiels bringt die Herausforderung mit sich, dass Bedienoberflächen gleichzeitig oder nacheinander auf verschiedenen Geräten im Raum angezeigt werden können. Jedes Gerät präsentiert damit eine Teilanwendung der gesamten Spielanwendung. Die Interaktion mit einer der Bedienoberflächen kann potenziell jede Anzeige im Raum beeinflussen. Die Zustandslogik der Ambient Serious Games mit ihren Teilanwendungen wird im Folgenden der Beschreibung des Editors und Generators vorgezogen, da diese grundlegend für den Aufbau der Spiele sind.

Im Kontext dieser Arbeit bezeichnet der Begriff Zustand den Status eines im Raum befindlichen Geräts zu einem Zeitpunkt im Spielverlauf. Jeder Zustand ist mit einer Bedienoberfläche verbunden. Zustände können sich in weitere Teilzustände untergliedern, falls Teile einer Bedienoberfläche angepasst werden sollen, die Oberfläche aber nicht gänzlich verändert wird. Des Weiteren hat jeder Zustand eine semantische Bedeutung, die den Inhalt der Bedienoberfläche einschränkt. Dies dient der Simplifizierung des Spieldesigns. Designer\*innen müssen nicht in vollständigen Zustandsautomaten mit logischen Abhängigkeiten verschiedener Teilanwendungen im Raum denken, sondern können sich auf die Benutzerinteraktion innerhalb des Spiels konzentrieren. Innerhalb eines Zustands können mehrere Teilzustände definiert werden, die verändert werden können. Es sind folgende Zustandstypen vorgesehen:

**Narrativer Zustand** Die verknüpfte Bedienoberfläche erwartet eine Eingabe, die den Spielverlauf oder das Narrativ beeinflusst.

**Übungszustand** Die verknüpfte Bedienoberfläche erwartet eine Eingabe zur Beantwortung einer Frage.

**Passiver Zustand** Die verknüpfte Bedienoberfläche erwartet keine Eingabe. Ein Beispiel ist das Anzeigen eines Textes oder eines schwarzen Bildschirms.

Zustände haben die Eigenschaft sich gegenseitig abzulösen oder Teilzustände zu verändern. Ersteres beschreibt den vollständigen Austausch der Bedienoberfläche und des Zustands. Der Typ des Folgezustands kann sich vom vorherigen unterscheiden. Teilzustandsänderungen beschreiben Anpassungen in der Bedienoberfläche, wobei diese nicht vollständig ausgetauscht wird. Beispielsweise die Änderung eines Zählers, der durch Aktionen im Spiel erhöht wird.

Teilzustandsänderungen werden durch Ereignisse ausgelöst. Diese können entweder innerhalb eines narrativen Zustands (*Narrative Ereignisse*) oder innerhalb eines Übungszustands (*Übungsereignisse*) erfolgen. Während es diverse Möglichkeiten gibt narrative Ereignisse auszulösen, kann eine Frage entweder falsch oder korrekt beantwortet werden. Es können für jeden Übungszustand also nur zwei Ereignisse definiert werden. Die Ablösung eines Zustands durch einen anderen stellt ebenfalls ein Ereignis dar, welches nachfolgend als *Wechselereignis* bezeichnet wird. Jedes Ereignis wird an alle Teilanwendungen übertragen. Diese können anhand ihrer Selbstbeschreibung identifizieren, inwiefern ihr eigener derzeitiger Zustand durch das Ereignis verändert wird. Es sind drei Arten von Zustandsänderungen vorgesehen:

**Zustandsänderung erster Ordnung** Diese Änderungen verursachen die Ablösung eines Zustands durch einen anderen und damit den Austausch der angezeigten Bedienoberfläche.

**Zustandsänderung zweiter Ordnung** Dabei handelt es sich um Änderungen des Teilzustands innerhalb eines Zustands und der verknüpften Bedienoberfläche durch ein Ereignis in diesem oder einem anderen gleichzeitig vorherrschenden Zustand.

**Zustandsänderung dritter Ordnung** Dies ist Änderung eines Zustands, der über das gesamte Spiel durch das Senden von Informationen an die Teilanwendung dieses Zustands verändert werden kann. Dabei liegt mindestens ein Zustand nicht gleichzeitig mit dem Zustand vor, der verändert wird. Die Zustandsänderung kann unabhängig von Eingaben erfolgen. Bedingung ist, dass ein Ereignis ausgelöst wird. Beispielsweise die Addition von Punkten, die durch eine korrekte Antwort einer Frage ausgelöst wird und abschließend in einer Bestenliste resultiert.

Aufgrund der dynamischen Umgebung kann zum Zeitpunkt des Spiel-designs nicht festgelegt werden, welche Teilanwendung welchem Gerät zugeordnet wird. Aufgrund dessen reagieren die Zustände auf die ausgelösten Ereignisse der anderen Zustände unabhängig derer Zuordnung zu Teilanwendungen bzw. Geräten. Abbildung 7.5 zeigt beispielhaft eine

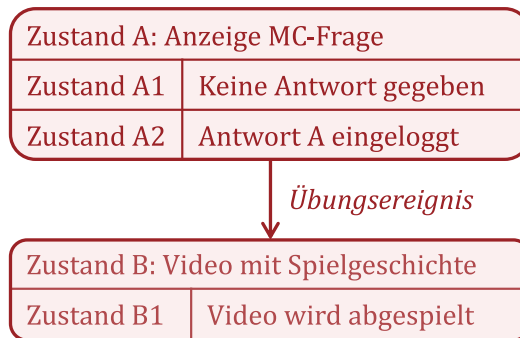


Abbildung 7.5: Beispiel für Zustandsänderungen der ersten Ordnung. Der Ausdruck MC kürzt den Begriff Multiple-Choice ab.

Zustandsänderung erster Ordnung. Die Zustände A und B repräsentieren parallel dargestellte Bedienoberflächen. Durch die Beantwortung der Übungsfrage mittels Eingabe in der Bedienoberfläche, welches Zustand A zugeordnet ist, wird Zustand A von Zustand B abgelöst. Dies stellt eine Zustandsänderung erster Ordnung dar.

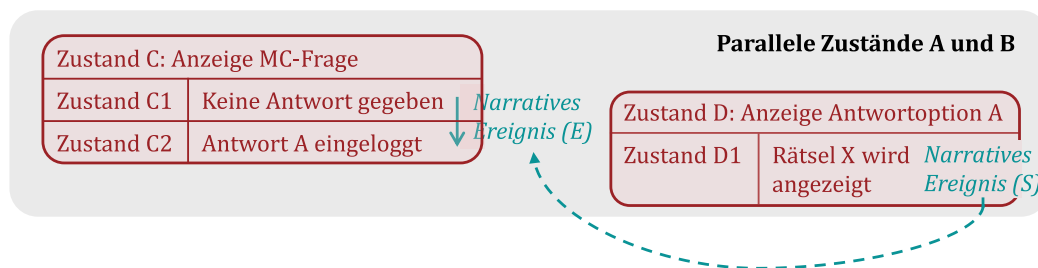


Abbildung 7.6: Beispiel für Zustandsänderung zweiter Ordnung. Der gestrichelte Pfeil deutet die Verbindung zwischen Ereignisempfänger (mit E gekennzeichnet) und Ereignissender (mit S gekennzeichnet) an.

Zustand C setzt sich aus zwei Teilzuständen zusammen. Im ursprünglichen Teilzustand C1 ist keine Antwort ausgewählt. Der Zustand C ändert sich in den Teilzustand C2 durch eine Zustandsänderung zweiter Ordnung, da sie nicht den gesamten Zustand C ablöst. Ausgelöst wird die Zustandsänderung durch ein narratives Ereignis in Zustand D. Dieser Prozess ist Abbildung 7.6 zu entnehmen.

Abbildung 7.7 zeigt die Zusammenhänge zwischen Zustand, Bedienoberfläche und Programmcode am Beispiel des Zustands A. Die Bedienoberfläche muss zwei Verknüpfungen erhalten. Zum einen das Verlassen des Zustands bei der Bestätigung der Eingabe, in der Abbildung als roter Pfad dargestellt. Dies wird mittels Programmfunktion an das Element der Bedienoberfläche gebunden, welche die Bestätigung der Eingabe auslöst. Diese Funktion wird erweitert, sodass diese das Ereignis an alle Teilanwendungen kommuniziert. Die zweite Verknüpfung ist die des Zustandswechsels zweiter Ordnung.

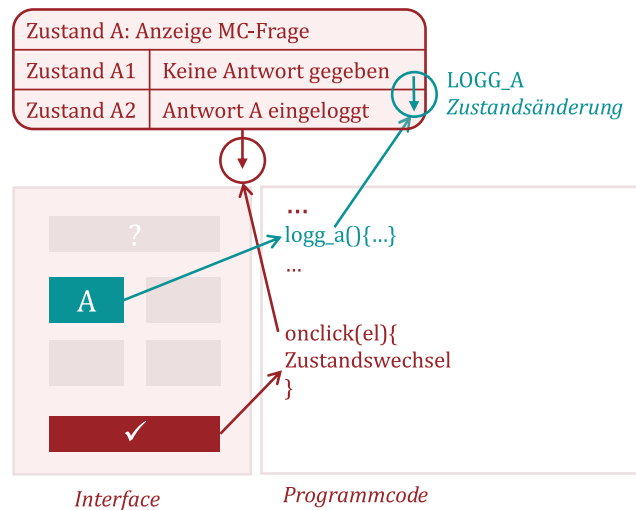


Abbildung 7.7: Verknüpfungen zwischen Programmcode und Zustandswechsel erster Ordnung (roter Pfad) und Zustandswechsel zweiter Ordnung (blauer Pfad).

Dabei handelt es sich um eine externe Manipulation des Zustands. Da narrative Zustände mehr als zwei Ereignisse auslösen können, müssen diese Zustände explizit an Funktionen gebunden werden. Dies ist in Abbildung 7.7 als türkisfarbener Pfad dargestellt.

Zustandsänderungen dritter Ordnung sind nicht mit narrativen Zuständen oder Übungszuständen verknüpft, sondern können jederzeit durch den Programmcode aufgerufen werden. Eine schematische Darstellung mehrerer Zustände mit den Zustandsänderungen aller Ordnungen ist Abbildung 7.8 zu entnehmen.

Die Übersetzung der Zustandswechsel in die Teilanwendungen des Spiels erfordert die Integration der definierten Zustandsänderungen erster, zweiter und dritter Ordnung in die Teilanwendungen. Das algorithmische Vorgehen wird im Folgenden für jede Art der Änderung erläutert.

Zustandsänderungen erster Ordnung zeichnen sich dadurch aus, dass Zustände verlassen werden und ein neuer Zustand auf dem Gerät eingenommen wird. Diese Zustandsänderungen geschehen aufgrund von Ereignissen im Spiel. Ein neuer Zustand wird eingenommen, wenn in einem zuvor erreichten Zustand ein Ereignis ausgelöst wird. Zunächst liegen die Zustände auf die Teilanwendungen der Geräte verteilt vor. Iterativ wird für jeden Zustand überprüft, welche Zustände einen Zustandswechsel zulassen.

Für jeden Zustand werden nun alle zuvor präsentierten Zustände betrachtet. Diese müssen nicht in einem gemeinsamen Spielabschnitt vorliegen. Jeder dieser Zustände wird anhand seines Typs überprüft, ob er das für den Zustandswechsel notwendige Ereignis auslösen kann. Ist dies der Fall,

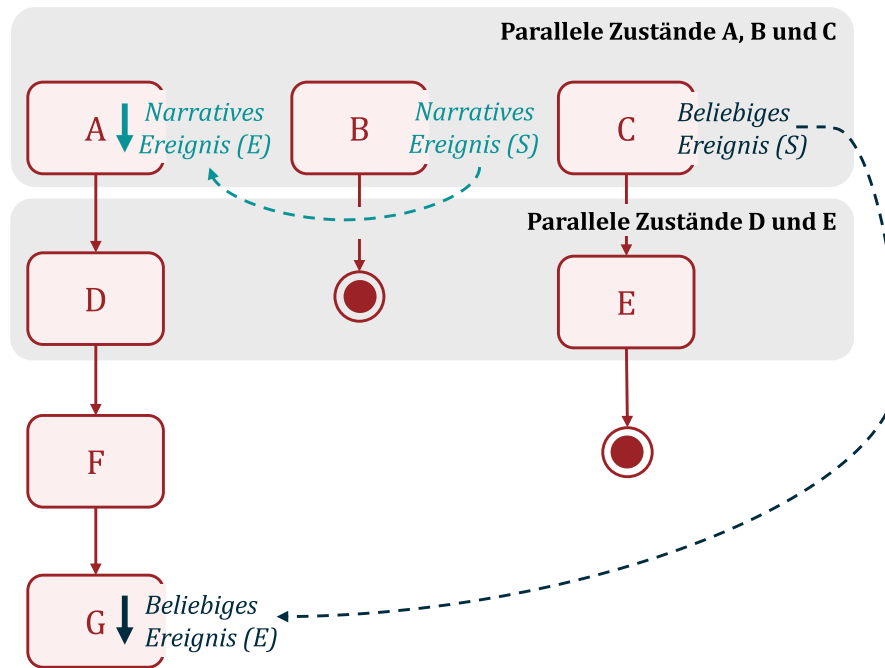


Abbildung 7.8: Beispielhafte Zustände A-G. Parallele Zustände (Spielabschnitte) A, B und C sowie D und E sind grau hinterlegt. Die roten Pfeile stellen Zustandsänderung erster, der türkisfarbene zweiter und der dunkelblau dritter Ordnung dar. Der gestrichelten Pfeil deuten die Verbindung zwischen Ereignisempfänger (mit E gekennzeichnet) und Ereignissender (mit S gekennzeichnet) an.

wird der Zustand des Ereignisses dem Folgezustand als potenzieller Auslöser zugeordnet. Anhand eines Markers im Programmcode wird weiterer Programmcode ergänzt, der das Ereignis an die anderen Teilanwendungen kommuniziert. Dort wird auf den Empfang des Ereignisses reagiert und der Zustand durch den nächsten ausgetauscht. Die Integration der Marker in den Programmcode wird im Abschnitt Editor beschrieben.

Ob der Teilzustand als alleiniger Auslöser für einen Zustandswechsel ausreicht, hängt von der notwendigen Kombination der Ereignisse für den Zustandswechsel und dem Vorliegen anderer potenzieller Auslöser ab. Das in Abbildung 7.9 dargestellte Beispiel zeigt den betrachteten Zustandswechsel von Zustand B auf Zustand F. Betrachtet werden die zuvor präsentierten Zustände B bis E. Ist das für den Zustandswechsel notwendige Ereignis die Beantwortung einer Übungsfrage werden die Übungszustände B und E als Auslöser betrachtet. Sind die Zustände *UND*-verknüpft, müssen beide Zustände (B und E), die den Wechsel hervorrufen, erreicht werden. Bei einer *ODER*-Verknüpfung der Ereignisse genügt das Hervorrufen durch einen der Zustände.

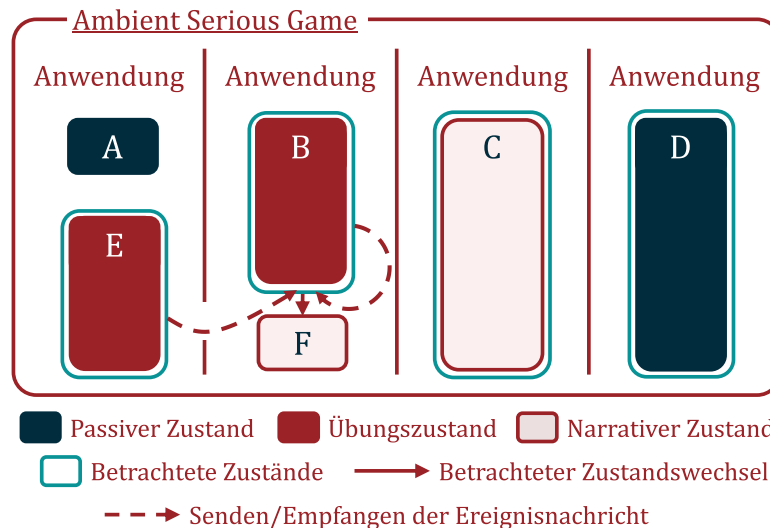


Abbildung 7.9: Beispielhafte Zustände A bis F mit der Zustandsänderung erster Ordnung von Zustand B nach Zustand F. Die Einfärbungen der Zustände repräsentieren entsprechende Markierungen. Die gestrichelten Pfeile deuten die Übertragung der Nachricht des Ereignisses an, welches den Wechsel des Zustands auslöst.

Bei Zustandsänderungen zweiter Ordnung müssen die Zustände zur gleichen Zeit repräsentiert werden. Der Zustand, der verändert wird, enthält für jeden internen Wechsel die Angabe des Ereignisses aufgrund dessen die Änderung erfolgt. Das Ereignis erhält dazu einen eindeutigen Bezeichner, da im Falle der zweiten Ordnung keine exakte Anzahl möglicher Ereignisse definiert ist. Der Zustand, in dem das Ereignis auftritt, enthält im Programmcode einen entsprechenden Marker mit Bezeichner. Das Auslösen eines nicht gewollten Zustandswechsels kann dadurch vermieden werden, dass keine Markierung im Programmcode hinterlegt ist. Die Teilanwendung, die das Ereignis empfängt und laut Selbstbeschreibung verarbeiten soll, ruft aufgrund des Ereignisses eine Funktion mit dem selben Bezeichner auf. Da es vorkommen kann, dass Zustände in einer Teilanwendung schneller abgelöst werden können als die einer anderen Teilanwendung, kann die parallele Präsentation mehr Zustände betreffen als Teilanwendungen vorliegen. Alle Zustände, die im Verlauf der Spielabschnitte parallel zum Zustand präsentiert werden, müssen betrachtet und auf ein auslösendes Ereignis geprüft werden. Als potenziell auslösender Zustand wird anschließend jeder Zustand betrachtet, dessen Eintritt die Zustandsänderung hervorruft. Abbildung 7.10 zeigt dies an einem weiteren Beispiel. Der Zustand G empfängt eine Zustandsänderung. Der Generator prüft alle Zustände, die zeitweise gleichzeitig mit Zustand G präsentiert werden, auf das auslösende Ereignis. Ist die Beantwortung einer Übungsfrage das für den Zustandswechsel notwendige Ereignis, werden die Übungszustände H, J und N als Auslöser betrachtet und der Marker im Programmcode ersetzt. Liegt im Programmcode von H, J oder N eine Markierung mit dem entsprechenden Label vor, wird

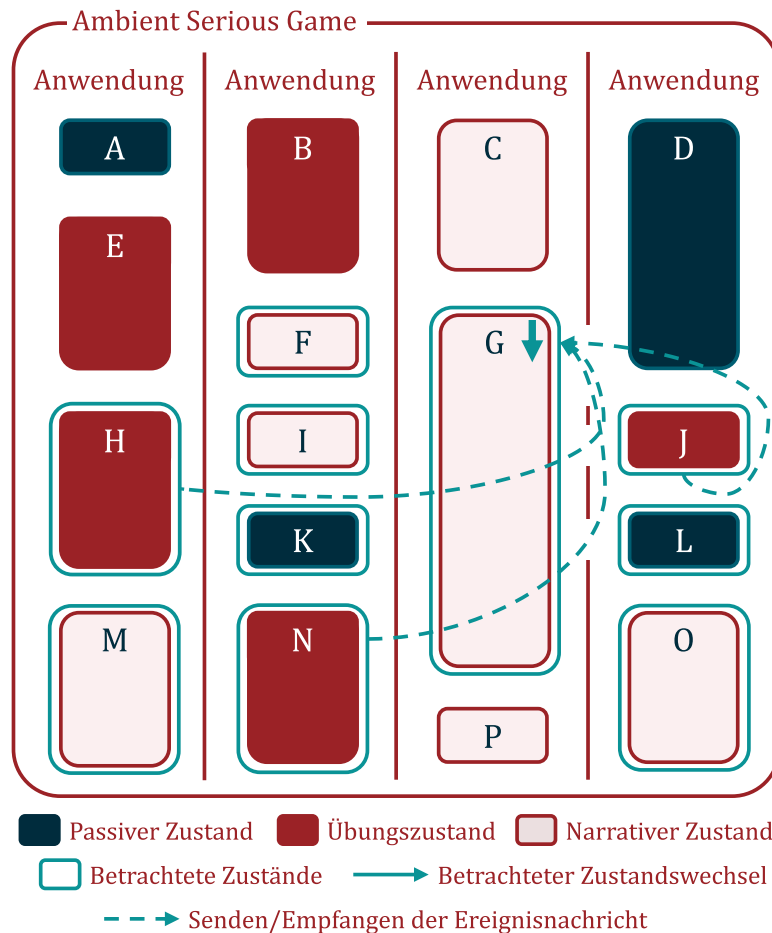


Abbildung 7.10: Beispielhafte Zustände A bis P, mit der Zustandsänderung zweiter Ordnung von Zustand G. Mögliche Auslöser der Änderung liegen in den Zuständen F bis P. Die Einfärbungen der Zustände repräsentieren entsprechende Markierungen.

der Zustandswechsel ausgelöst und durch die Teilanwendung des Zustands G anhand der dem Label der Zustandsänderung entsprechenden Funktion durchgeführt.

Zustandsänderungen dritter Ordnung werden ebenfalls durch Programmcode ausgelöst, der bei Auftritt eines festgelegten Ereignisses ausgeführt wird. Die entsprechenden Marker werden bei der Generierung ersetzt. Bei der Ausführung des Programmcodes wird in der Teilanwendung eine Funktion aufgerufen, welche die Reaktion auf das Ereignis beschreibt. Abbildung 7.11 zeigt dies abstrahiert. Betrachtet werden die Zustände A bis P. Zustand P beinhaltet eine Zustandsänderung dritter Ordnung. Im Editor wurde dem Zustand J und M jeweils ein Marker im Programmcode verliehen, die das Ereignis repräsentieren. Bei der Generierung werden diese durch Programmcode ersetzt, welcher in der Teilanwendung von Zustand D, G und P den Zustandswechsel herbeiführen, der Zustand P hervorruft.

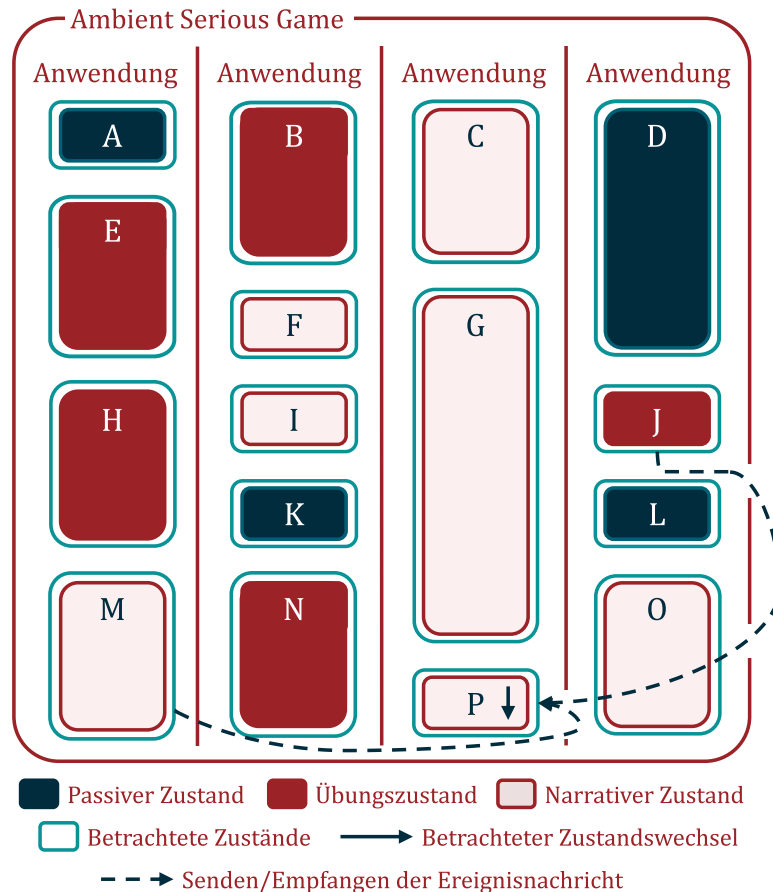


Abbildung 7.11: Beispielhafte Zustände A bis P mit der Zustandsänderung dritter Ordnung in Zustand P. Mögliche Auslöser der Änderung liegen in den Zuständen M und J vor.

## Editor

Der Editor dient Spieldesigner\*innen dazu, Spielbeschreibungen und Bedienoberflächen anzulegen, die vom Generator in Ambient Serious Games umgewandelt werden. Grundlegend ist dabei die Struktur der Zustände und damit die Abfolge und die Zusammenhänge der einzelnen Bedienoberflächen. Diese Abhängigkeiten müssen deshalb in einer Spielbeschreibung abgedeckt werden. In Anlehnung an die in Abschnitt 6.2 identifizierten Arbeiten, bietet sich hier der Einsatz einer grafischen Repräsentation des Zustandsautomaten an. Ebenso muss eine Spielbeschreibung die einzelnen Bedienoberflächen und die Beschreibung des Umgebungsverhaltens enthalten. Abschließend müssen noch Metadaten, beispielsweise die Eignung für Spielertypen, eingetragen werden. Deshalb wird der Editor in vier Teile geteilt, welche in Abbildung 7.12 dargestellt werden. Editor-Teilmodul A<sub>1</sub> beschreibt den Zustandsautomaten des Spiels, Editor-Teilmodul A<sub>2</sub> die Bedienoberflächen, Editor-Teilmodul A<sub>3</sub> das Verhalten der Umgebung und

Editor-Teilmodul A<sub>4</sub> die Metadaten.

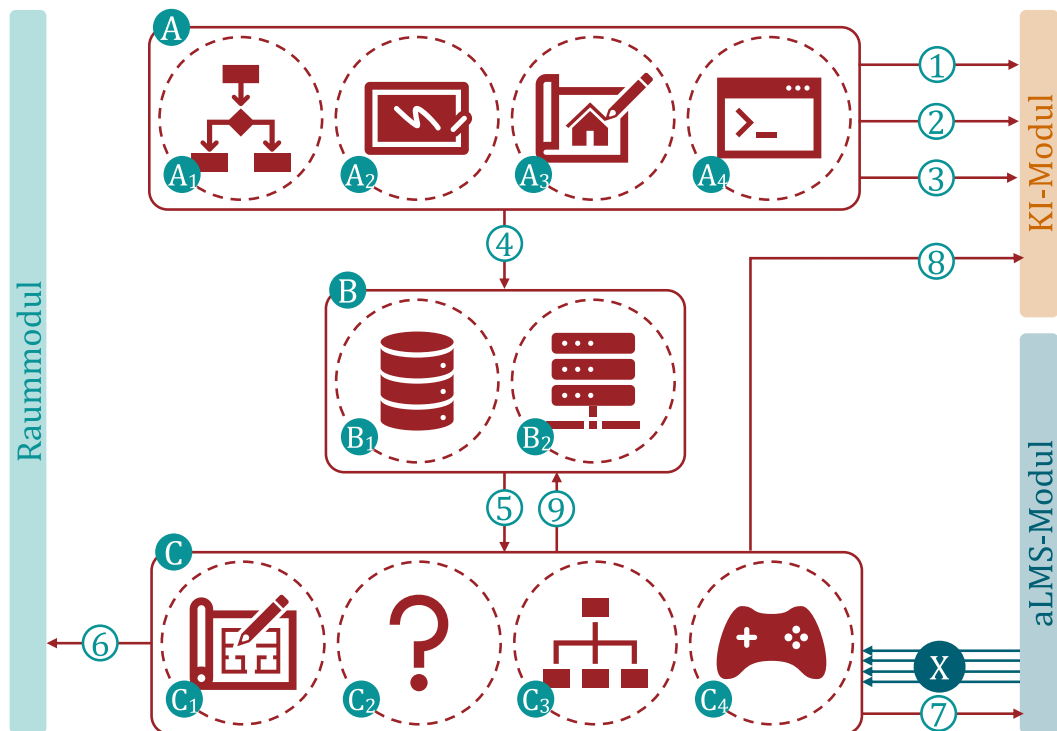


Abbildung 7.12: Das Spiel-Modul mit samt seinen Teilmodulen. Zum einen das Editor-Modul A mit seinen Teilmodulen 1-4. A<sub>1</sub> beschreibt den Zustandsautomaten des Spiels, A<sub>2</sub> die Bedienoberflächen, A<sub>3</sub> das Verhalten der Umgebung und A<sub>4</sub> die Metadaten. Außerdem der Server mit zugehöriger Datenbank B<sub>1</sub> und Dateisystem B<sub>2</sub>. Des Weiteren das Generator-Teilmodul mit der Raumschnittstelle C<sub>1</sub>, der Übungsintegration C<sub>2</sub>, dem Übersetzer der Zustandslogik C<sub>3</sub> und der Erzeugung der Spielanwendungen inklusive Selbstbeschreibung C<sub>4</sub>. X fasst die Schnittstellen zusammen, welche bereits im Abschnitt 7.3 erklärt sind.

Das erste Teilmodul des Editors (siehe Abbildung 7.12 A<sub>1</sub>) dient der Erstellung des Ablaufs und damit des Zustandsautomaten. Hier kann festgelegt werden, welche Ereignisse zum Zustandswechsel führen. Jede Teilanwendung wird auf einem Gerät dargestellt. Sollte es nicht zwingend erforderlich sein, dass der nächste Zustand auf demselben Gerät repräsentiert wird, kann das Diagramm durch einen Endpunkt an dieser Kante beendet werden. Dies ist beispielhaft als Folge des Zustands B in Abbildung 7.13 dargestellt. Der Generator minimiert die notwendige Anzahl der Geräte. Das bedeutet, dass Zustandsfolgen hintereinander geschoben und auf dem gleichen Gerät präsentiert werden können. Im Beispiel würden die Zustände B, D und F auf einem Anderen Gerät präsentiert werden als die Zustände A, C, E und G. Es ist anzunehmen, dass es Szenarien gibt in denen ein Gerät nur spezifische Zustände präsentieren soll und keine anderen Zustände dem Gerät zugeschrieben werden sollen. Der Editor enthält zu diesem Zweck *Blockzustände*, eine Sonderform der passiven Zustände. Diese erfüllen keine Funktion, außer der Blockierung des Geräts zu diesem Zeitpunkt. Die Folge eines blockierten Zustands ist in Abbildungen 7.13 und 7.14 dargestellt.

Wird kein Blockzustand eingefügt, setzt der Generator die Zustände auf zu diesem Zeitpunkt nicht blockierte Geräte. Ist die Sequenz durch den Einsatz eines Blockzustand nicht frei, schiebt der Generator die Sequenz auf ein neues Gerät. Die Bedienoberflächen der Blockzustände können von Designer\*innen nicht bearbeitet werden. Um ein ausgeschaltetes Gerät zu simulieren, werden schwarze Bedienoberflächen angezeigt.

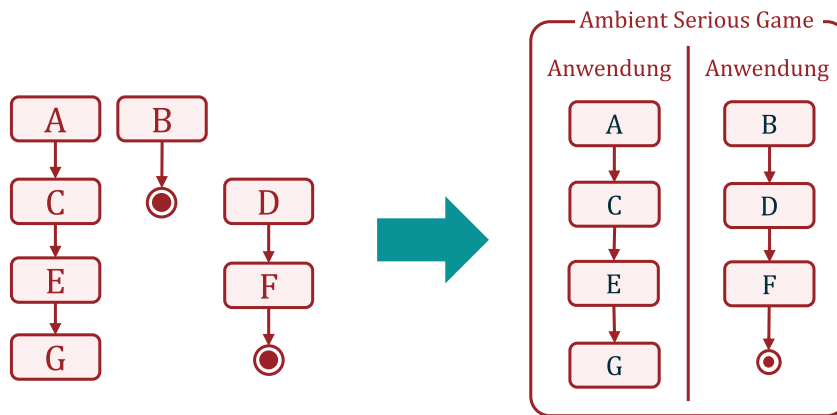


Abbildung 7.13: Generierung ohne Blockzustand. Links ist die Abfolge der Zustände im Editor zu sehen. der Pfeil repräsentiert den Generierungsprozess. Rechts sind die auf Teilanwendungen bzw. Geräte verteilten Zustände dargestellt. Das Zustandsdiagramm ist nach dem Zustand G abgeschnitten und könnte sich beliebig fortsetzen.

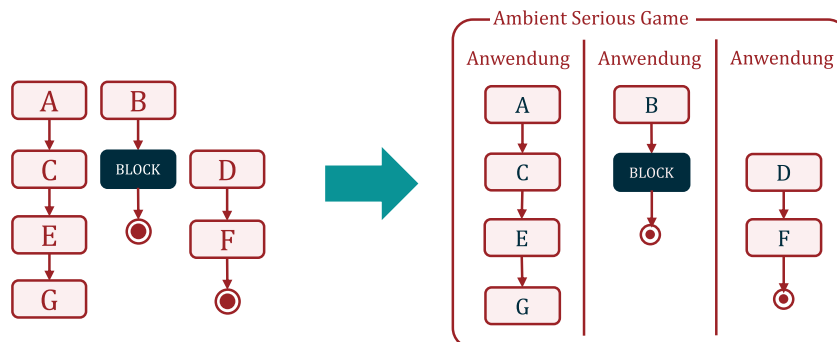


Abbildung 7.14: Generierung mit Blockzustand. Links ist die Abfolge der Zustände im Editor zu sehen. der Pfeil repräsentiert den Generierungsprozess. Rechts sind die auf Teilanwendungen bzw. Geräte verteilten Zustände dargestellt. Das Zustandsdiagramm ist nach dem Zustand G abgeschnitten und könnte sich beliebig fortsetzen.

Im nächsten Schritt, realisiert durch Editor-Teilmodul A<sub>2</sub>, werden Zustände mit den Bedienoberflächen verknüpft. Dabei funktioniert jede Oberfläche als eine sich nicht vollständig verändernde Bedienoberfläche, die den Inhalt präsentiert. Diese ist zum Zeitpunkt des Designs vollständig funktionsfähig, sodass Elemente sichtbar und bedienbar sind. Zuweisungen und Programmlogik, die bei Betreten des Zustands ausgelöst werden sollen, werden in einer initialen Funktion definiert, die beim Aufbau der Seite im Browser aufgerufen wird. Nutzer\*innen mit geringen Programmierkenntnissen könnten

hierbei durch die grafische Ausgestaltung von Templates unterstützt werden, die dem Zustandstyp entsprechen und ein passendes Rahmenwerk bieten. Entwickler\*innen können Bedienoberflächen von Grund auf entwickeln und verfügen somit über mehr Freiheiten als bei der Verwendung von Templates. Der Editor kann, wie in Abschnitt 6.2 erläutert, durch die Einbindung von generativer KI die Erstellung von Bildern und Audioelementen erleichtern. Dazu liegt eine Schnittstelle zum KI-Modul (siehe Abschnitt 7.6) des Framework vor (siehe Abb. 7.12 Nr. 1). Da es sinnvoll sein kann, bestimmte Elemente im Spiel anhand des Übungsthemas zu gestalten, ist es in der Bedienoberfläche möglich, eine Anfrage an das KI-Modul zu formulieren, die nach der Kombination der Übung mit dem Spiel während des Generierungsprozess abgesendet wird (Abb. 7.12 Nr. 8). Der generierte Inhalt wird anschließend vom Generator in die Bedienoberfläche eingebettet. Zu diesem Zweck wird bei der Gestaltung des Spiels eine Prompt formuliert.

Zu jedem Zustand können in Abhängigkeit seines Typs Markierungen im Programmcode eingepflegt werden. Bei Übungszuständen genügt es anzugeben, welches Verhalten bei der korrekten oder inkorrekten Antwort geschehen soll. Zum Beispiel, ob die Frage ausgetauscht oder der Spielverlauf fortgesetzt werden soll. Narrative Ereignisse können in narrativen Zuständen ausgelöst werden. Damit dies semantisch korrekt ausgeführt wird, muss eine Markierung im Programmcode hinterlegt werden, die später, wie oben beschrieben, vom Generator ausgetauscht wird. Dazu wird ein Bezeichner in den Code an der Stelle eingefügt, an der das Ereignis ausgelöst wird. Der Bezeichner ist identisch mit dem Namen der Funktion, die beim Ereignisempfänger ausgelöst wird, sobald das Ereignis auftritt (siehe Abbildung 7.7). Vergleichbar funktionieren Zustandswechsel dritter Ordnung, mit dem einzigen Unterschied, dass sie von jedem Zustand ausgehend ausgelöst werden können. Das Einfügen der Markierungen könnte entweder durch eine GUI oder einen Programmcode-Editor geschehen. Potenziell können hierzu vorgefertigte Funktionen oder ein KI-Chatbot aus dem KI-Modul Unterstützung bieten (siehe Abb. 7.12 Nr. 2).

Da ein Ambient Serious Game neben der Verteilung auf verschiedene Geräte auch Aktoren in der Umgebung einbezieht, müssen diese ebenfalls festgelegt werden. Aktoren können dabei Beleuchtungselemente oder Audioausgaben sein. Denkbar sind auch Aktoren, welche olfaktorische Reize auslösen oder die Raumatmosphäre anderweitig beeinflussen. Aufgrund der verbreiteteren Ausstattungsmerkmale in Universitäten und Hochschulen werden im Konzept jedoch lediglich die ersten beiden betrachtet. Aktoren können zum einen für Feedback und zum anderen für die Raumatmosphäre und Immersion eingesetzt werden. Das Feedback kann als Reaktion auf eine Interaktion bezogen auf das Narrativ des Spiels oder die Beantwortung einer Frage eingesetzt werden. In diesem Fall sollte jeder als Interaktion

oder Übungsfrage markierter Zustand mit Informationen ergänzt werden, welche Aktoren bei einer korrekten oder inkorrekten Antwort oder Interaktion eingesetzt werden sollen. Dies betrifft beispielsweise die Änderung der Farbe einer in der Nähe der Bedienoberfläche angebrachten Beleuchtungskomponente und eine Audiodatei, die abgespielt werden kann. Bei der Erstellung der einzelnen Audiodateien für Feedback oder Raumatmosphäre kann ein integrierter KI-Chatbot des KI-Moduls den Editor des Spiels unterstützen (Abb. 7.12 Nr. 3).

Unter Beachtung des mentalen Workloads (vgl. 4.2) erscheint es sinnvoll die Raumatmosphäre einheitlich und unabhängig der Bedienoberflächen anzupassen. Da sich das Spiel jedoch mit der Zeit verändert und Musik und Ton gegebenenfalls angepasst werden sollen, muss es möglich sein, dies abhängig vom Spielverlauf zu verändern. Hierfür wäre eine zeitliche Abhängigkeit denkbar. Doch benötigen die Spieler\*innen mehr Zeit als geplant, kann dies zu Unstimmigkeiten oder Störungen im Spielerleben führen. Deshalb sollten Aktoren in Abhängigkeit der gleichzeitig präsentierten Zustände eingesetzt werden. Zu diesem Zweck muss der Zustandsautomat vor der Definition der Raumatmosphäre in eine Sequenz überführt werden. Die Gesamtheit der Zustände und ihre Abhängigkeiten werden dabei auf Korrektheit und Endlichkeit geprüft. Anschließend werden sie in eine zeitliche Reihenfolge gebracht aus der hervorgeht, welche Zustände gleichzeitig vorliegen und durch Bedienoberflächen präsentiert werden (vgl. Abbildungen 7.14 und 7.13). Daraus lässt sich zum einen auf die Anzahl der benötigten Geräte schließen und zum anderen die Spielabschnitte entnehmen. Spielabschnitte zeichnen sich durch die parallele Darstellung mehrere Bedienoberflächen zu einem Zeitpunkt im Spiel aus. Jedem dieser Abschnitte kann nun eine Raumbelichtung und eine Hintergrundmusik zugeordnet werden. Beim Generieren des Spiels muss anschließend darauf geachtet werden, dass Video- und Sprachelemente, die durch Medien in den Bedienoberflächen in das Spiel eingebettet werden, Vorrang vor der Raumatmosphäre haben und nicht durch Hintergrundmusik überblendet werden.

Abschließend müssen Metadaten eingepflegt werden, damit sowohl für die Übung als auch Studierende passende Spiele ausgewählt werden (siehe Abbildung 7.12 A4). Primär ist dafür die Angabe der Anzahl der Fragen, die im Spiel bearbeitet werden können, und des Spielertyps, für den das Spiel entworfen wurde, relevant. Die Anzahl der Fragen ergibt sich aus der Anzahl der Zustände, welche als Übungsfrage markiert wurden. Die Angabe des Spielertyps könnte durch die Kombination der Mechaniken ermittelt werden. Dazu wird Nutzer\*innen des Editors eine Liste der im Abschnitt 3.1 ermittelten Mechaniken angezeigt und durch Abhaken dieser, werden die im Spiel eingesetzten Mechaniken markiert. Anhand dieser Auswahl kann der am ehesten passende Spielertyp ermittelt werden. Die Menge der in den Metadaten anzugebenden Eigenschaften kann theoretisch beliebig

erweitert werden. Eine Kurzbeschreibung könnte beispielsweise angegeben werden, um den Studierenden die Auswahl des Spiels zu erleichtern. Da im ersten Schritt allerdings nicht davon auszugehen ist, dass es eine große Menge passender Spieler\*innen für Übungen und Spielertypen gibt, wird dies zunächst nicht weiter betrachtet.

Der Editor dient der Erstellung einer Spielbeschreibung und der dazugehörigen Bedienoberflächen. Das Spieldesign und der damit verbundene kreative Prozess wird, abgesehen vom Einsatz generativer KI bei der Erstellung von Medien für die Bedienoberflächen oder Audiodateien, nicht unterstützt. Um Designer\*innen des Spiels im kreativen Prozess zu unterstützen, sollte diesen eine Repräsentation der Zielgruppe (vgl. Personas aus Abschnitt 3.2) sowie die den Spielertypen zugehörige Mechaniken beispielsweise in Form einer Liste zur Verfügung gestellt werden. Dies kann den Prozess erleichtern, da die Personas unterschiedliche Spielelemente motivieren. Lino Martins würde beispielsweise Punkte erhalten, während Samira Baumann das nächste Rätsel freispielt. Da zu Beginn des Designprozesses nicht feststehen muss, welche Zustände, Abläufe und Bedienoberflächen im Spiel verwendet werden, können Nutzer\*innen zwischen den ersten beiden Teilmodulen des Editors (vgl. Abbildung 7.12 A1 und A2) beliebig wechseln. Des Weiteren werden Nutzer\*innen darüber informiert, dass Änderungen an den Einstellungen der Raumatmosphäre verloggen gehen, sollte eine erneute Verarbeitung der Zustände zu Änderungen der Spielabschnitte führen, bevor das dritte Editor-Teilmodul verwendet wird.

Das Ergebnis des Editors besteht aus drei Teilen: (a) der Spielbeschreibung in einem maschinenlesbaren und, zur einfachen Überprüfung, ebenfalls menschenlesbaren Format, (b) erstellten Bedienoberflächen, die mindestens einem Zustand zugeordnet sind, sowie die dort eingebundenen Mediendateien und (c) einem Datenbankeintrag mit Metadaten, aus der die passenden Spiele für die Übermittlung an das aLMS-Modul abgefragt werden. All diese Daten werden auf einem Server bereitgestellt, der vom Generator und Editor gemeinsam genutzt wird und ein weiteres Teilmodul des Spielmoduls darstellt (siehe Abb. 7.12 Nr. 4).

## Generator

Im Generator werden die Bestandteile des Spiels nun sinnvoll in Anwendungen übersetzt und an passende Geräte ausgeliefert. Dazu liegen dem Generator, neben den Daten aus dem Editor, auch die Spielbeschreibung, das Nutzerprofil, die Übungsfragen und das gewählte Spiel vor (Abb. 7.12 Nr. 5 und X).

Ausgehend vom gewählten Spiel werden die Daten der Spielbeschreibung ausgelesen. Anschließend wird entsprechend der Anzahl benötigter Geräte je eine Teilanwendung erstellt. Diese Teilanwendung enthält nach Abschluss der Generierung alle auf dem Gerät anzuzeigenden Bedienoberflächen sowie die dazugehörige Interaktions- und Zustandslogik. Für jeden Spielabschnitt aus der Spielbeschreibung werden die Bedienoberflächen Teilanwendung zugeordnet. Falls ein Gerät keinen Zustand in einem Abschnitt enthält oder ein Blockzustand zugeordnet ist, wird ihm eine funktionslose schwarze Oberfläche zugeschrieben, welche den ausgeschalteten Zustand des Geräts simulieren soll. Zustände, die nicht durch Blockzustände in einer bestimmten Teilanwendung blockiert werden, können bereits bestehenden Teilanwendung zugeordnet werden, insofern eine Teilanwendung vorliegt, welche in den entsprechenden Spielabschnitten freie Kapazitäten hat (vgl. Abbildung 7.13 und 7.14). Dies dient der Minimierung der Anzahl benötigter Teilanwendung und damit vorliegender Geräte. Zum Ende dieses Prozesses liegt dem Generator die Anzahl benötigter Teilanwendung vor.

Die Anzahl benötigter Ein- und Ausgabegeräte hängt jedoch nicht nur von der Anzahl benötigter Teilanwendung ab, sondern auch von der Gestaltung der Interaktion bei der Beantwortung von Übungsfragen. Beispielsweise braucht eine Multiple-Choice-Frage bei direkter Auswahl der Antwort pro Möglichkeit eine Eingabe. Kann der Nutzer durch eine Eingabe die Antwortmöglichkeiten markieren und mit einer anderen durch die Antwortmöglichkeiten navigieren, genügen zwei Eingaben. Eine Wahr-Falsch-Frage hingegen braucht bei einer direkten Auswahl und bei der Interaktion durch Navigation und Bestätigung in beiden Fällen maximal zwei Eingaben. Deshalb sollte die Frageform bei der Zuordnung von Fragen zu Teilanwendungen und damit verbunden Zusammenschlüssen von Ein- und Ausgabegeräten beachtet werden. Bei der Zuordnung der Fragen aus der Übung zu den Anwendungsteilen wird die Reihenfolge der Fragen in der Übung beibehalten. Fragen können in verschiedenen Frageformen vorliegen, die vom LMS unterstützt werden (vgl. Abschnitt 4.1). Falls Fragen parallel im Raum präsentiert werden, sind diese dem Anwendungsteil zugeordnet, der bereits eine Frage der selben Form enthält. Dies geschieht damit die notwendigen Eingabegeräte möglichst gering gehalten werden. Bei einer Vielzahl von Teilanwendungen mit Fragen und mehreren Fragen, welche der Teilanwendung zugeordnet werden sollen, wird anhand dieser Regel für alle Fragen die Zuordnung optimiert. Dies resultiert aus der Tatsache, dass unterschiedliche Fragen gegebenenfalls andere Dienste benötigen und bei einer Kombination verschiedener Typen eine insgesamt höhere Anzahl an Diensten benötigt wird. Ist keine Zuordnung zu einer Teilanwendung mit der selben Frageform möglich, werden verbleibende Fragen beliebig zugeordnet. Wie im Prozess in 7.2 dargestellt, kann es vorkommen, dass Frageformen vom Spielsystem nicht unterstützt werden. Aufgrund der Verbreitung in den bestehenden

LMS und dem Vorliegen diskreter Antwortmöglichkeiten können die Formen Multiple-Choice, Single-Choice, Wahr/Falsch, Lückentextauswahl und Zuordnung vom Generator verarbeitet werden (siehe Abb. 7.12 C<sub>2</sub>). Der Generator kann Fragen, welche nicht verarbeitet werden können, in andere Frageformen überführen. Dies geschieht im Zuge der Zuordnung der Fragen zu den Teilanwendungen, da es sinnvoll sein kann, Fragen in einen bereits zugeordneten Typ zu überführen. Beispielsweise könnte eine Freitextfrage in eine Wahr-Falsch-Frage überführt werden, indem die Antwort als Aussage präsentiert wird. Eine Lückentext-Frage kann durch das Gruppieren aller Antworten als Antwortmöglichkeiten in eine Lückentextauswahl übersetzt werden. Sollte eine Hinzunahme mehrerer Antwortmöglichkeiten notwendig sein um eine Multiple-Choice-Frage darzustellen, wird das KI-Modul zu Generierung hinzugezogen (Abb. 7.12 Nr. 8). Ist die Zuordnung der Fragen zu den Teilanwendungen abgeschlossen, wird der minimal notwendige Zusammenschluss zwischen den einzelnen Teilanwendungen mit jeweiligen Ein- und Ausgabegeräten abgeleitet. Es liegt somit die Anzahl aller im Raum benötigter Geräte vor.

Damit die Teilanwendungen auf Geräte verteilt werden können, die anhand der körperlichen Fähigkeiten zu Spieler\*innen passen, und die Spielinteraktionen bzw. Übungsfragen eine möglichst kleine Menge an Diensten benötigen, muss vor der Generierung die Selbstbeschreibung der vorhandenen Geräten im Raum abgefragt werden (Abb. 7.12 C<sub>1</sub>/Nr. 6). Dazu besteht eine Schnittstelle zwischen Generator-Teilmodul und Raummodul. Über diese Schnittstelle erhält der Generator Informationen über die Geräte bzw. Dienste, die im Raum verfügbar sind. Dies umfasst smarte Objekte, welche über eine Displayausgabe verfügen und eine Spielanwendung hosten können, sowie Ein- und Ausgabegeräte, die mit diesen Teilanwendungen verbunden werden können. Außerdem werden Geräte für die Raumatmosphäre eingeschlossen. Der Generator sucht anhand folgender Regeln nach verfügbaren Geräten im Raum:

1. Wähle eine Menge an Geräten, sodass deren Positionen entsprechend der körperlichen Fähigkeiten weit genug auseinander liegen.
2. Wähle Dienste von Eingabegeräten, die sich für den/die Nutzer\*in aufgrund der körperlichen Fähigkeiten eignen. Die notwendigen Informationen sind dem Nutzerprofil des aLMS sowie den Selbstbeschreibungen der smarten Objekte zu entnehmen.
3. Halte die Anzahl der gebundenen Eingabegeräte möglichst gering.

Dieses Vorgehen setzt voraus, dass die Spielräume über eine große Anzahl im Raum verteilter Geräte und Dienste verfügen. Reicht die Anzahl der verfügbaren Geräte nicht aus, um die Übung durch das gewählte Spiel zu bearbeiten, muss, falls möglich, ein anderes Spiel ausgewählt werden. Der

Generator sucht in diesem Fall selbständig nach Spielen für den gleichen Spielertyp und überträgt diese an das aLMS-Modul (siehe Abb. 7.12 Nr. 7). Dort kann der Prozess erneut gestartet werden, in dem der Studierende eine neue Wahl trifft. Sollte sich herausstellen, dass die Übung mit keinem Spiel in diesem Raum durchgeführt werden kann, da eine nicht ausreichende Anzahl an Geräten vorliegt, ist die übertragene Liste an das aLMS-Modul leer und die Information wird über das Frontend an die Studierenden weitergegeben. Aufgrund von Netzwerkproblemen kann es vorkommen, dass bestimmte Dienste zum Zeitpunkt der Auslieferung des Spiels im Raum nicht mehr angeboten werden können. Im Abschnitt 7.5 wird beschrieben, welche Folgen daraus hervorgehen.

Ist die Prüfung auf ausreichend für Nutzer\*innen geeignete Geräte im Raum erfolgreich und es kann eine Zuordnung von Teilanwendungen zu passenden Ein- und Ausgabegeräten stattfinden, werden die Teilanwendungen erstellt. Dies geschieht durch die Zusammenfassung der einzelnen Bedienoberflächen zu einer Teilanwendung. Eine der Teilanwendungen, welche Medien mit Audiosignalen einschließt, dient gleichzeitig der Steuerung der Raumatmosphäre und erhält zusätzliche Anweisungen zur Hintergrundmusik und Hintergrundbeleuchtung, die in jedem Spielabschnitt eingestellt werden. Dabei handelt es sich um die Erste vom Generator zusammengefügt App, auf welche die genannte Bedingung zutrifft. Gibt es keine Teilanwendung mit einer Audioausgabe, wird die Teilanwendung mit dem ersten Zustand als Steuerung bestimmt. Für jeden Spielabschnitt wird dabei geprüft, ob zeitgleich ein Audiosignal durch integrierte Medien erzeugt wird. In diesem Fall wird keine Hintergrundmusik eingepflegt.

Abschließend werden Interaktionsgeräte sowie die Zustandsänderungen in die Teilanwendungen integriert (siehe Abb. 7.12 C<sub>3</sub>). Dies geschieht, da ein dezentraler Ansatz für die Architektur des gesamten Spiels gewählt wird. Dieser bietet den Vorteil der Ausfallsicherheit, da es keine zentrale Steuerung gibt, deren Ausfall die Durchführbarkeit des Spiels unmöglich macht. Außerdem ermöglicht es den Teilanwendungen, im Sinne der Selbstreflexion (vgl. Abschnitt 6.3), ihr eigenes Verhalten zu erklären. Die Integration der Eingabegeräte beschränkt sich auf *Eventlistener*, welche entsprechend an die Interaktionen geknüpft werden. Herkömmliche *Eventlistener* werden zu diesem Zweck überschrieben. Dies hat zur Folge, dass die einzelnen Bedienoberflächen im Editor bei vollem Funktionsumfang erstellt werden können, ohne Ein- und Ausgabegeräte zu benötigen, da beispielsweise *Click-Events* im Editor ausgeführt werden können. Eine Simulation der erstellten Spiele, inklusive aller möglichen Zustandswechsel könnte in diesem Kontext sinnvoll sein, um das Spiel vollständig zu testen. Dies könnte beispielsweise als GUI, die Eingaben über klickbare Elemente erlaubt realisiert werden. Gegebenenfalls wäre auch eine Darstellung in VR oder AR denkbar, um das Spielerleben besser nachzuvollziehen.

Ist dieser Schritt abgeschlossen, bilden die generierten Teilanwendungen das gesamte räumliche Spiel ab. Im Sinne der Selbstreflektion der Teilanwendungen wird jede Teilanwendung mit einer Beschreibung ausgestattet, anhand derer Ein- und Ausgabegeräte verbunden werden können und die Änderungen der Zustände jeder Teilanwendung hervorgehen (siehe Abb. 7.12 C<sub>4</sub>). Die Teilanwendungen und ihre Beschreibungen werden auf einem Server bereitgestellt (Abb. 7.12 Nr. 9/B<sub>2</sub>) und dem LMS-Modul wird mitgeteilt, dass die Generierung erfolgreich abgeschlossen ist (Abb. 7.12 Nr. 7).

## 7.5 Raum und smarte Geräte

Nach der Generierung wird das Spiel im Raum verbreitet. Dies wird durch das aLMS-Modul ausgelöst. Nachdem dieses vom Spielmodul die Nachricht erhalten hat, dass das Spiel vollständig auf dem Server vorliegt, benachrichtigt dieses den Spieler/die Spielerin, dass es im Raum verteilt wird. Dazu überträgt es eine Nachricht an ein Raummodul, unter welcher Adresse die Teilanwendungen und Selbstbeschreibungen abrufbar sind (siehe Abbildung 7.15 Nr. 1).

Das Raummodul besteht im Wesentlichen aus zwei Komponenten. Zum einen einem Vermittler, der in der Lage ist, die smarten Geräte im Raum zu identifizieren, Teilanwendungen auf smarten Geräten auf das Spiel heraufzustufen und Geräte miteinander zu verbinden. In Abbildung 7.15 ist der Vermittler mit A bezeichnet. Zum anderen die smarten Geräte im Raum. Mittels Selbstbeschreibung können sie Auskunft darüber geben, welche Kapazitäten sie haben oder welche Dienste sie anbieten können (vgl. 6.3).

Aufgrund der Beschreibungen wird das Spiel im Raum verteilt. Dies schließt zwei Dinge mit ein: (a) das Heraufstufen von Anwendungen auf Spielanwendungen und (b) das Bilden von Geräteverbänden mit passenden Ein- und Ausgabegeräten (in Abb. 7.15 mit B bezeichnet).

Der Prozess der Heraufstufung verläuft wie folgt: Der Vermittler identifiziert smarte Geräte, auf denen eine Anwendung läuft. Diese Anwendung enthält eine einfache Selbstbeschreibung, welche die Eigenschaften des Geräts beinhaltet. Anhand dieser ist dem Vermittler bekannt, welche Geräteeigenschaften die Spielanwendungen benötigen. Nun wird für jede Spielanwendung ein passendes Gerät gesucht und die Anwendung auf dem Gerät auf die Spielanwendung heraufgestuft.

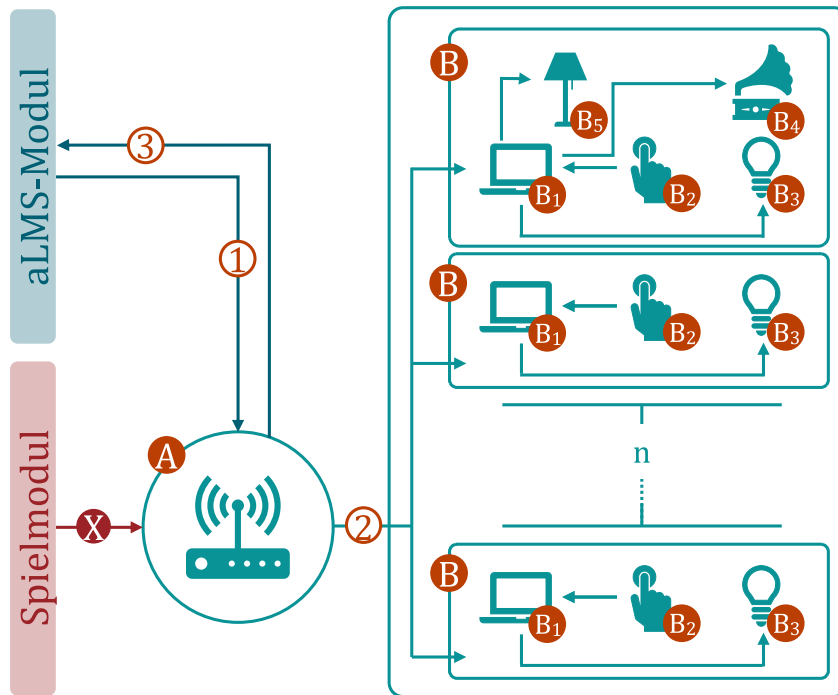


Abbildung 7.15: Architektur des Raummoduls. A bezeichnet einen Vermittler, welcher smarte Geräte im Raum verwaltet. B bezeichnet Verbünde von smarten Geräten, bezeichnet mit B<sub>1</sub> bis B<sub>5</sub>. B<sub>1</sub> repräsentiert ein smartes Gerät mit einer physisch gebundenen Displayausgabe, das auf eine Anwendung heraufgestuft werden kann. B<sub>2</sub> repräsentiert ein smartes Eingabegerät zur natürlichen Interaktion und B<sub>3</sub> eine smarte Beleuchtungskomponente. B<sub>4</sub> repräsentiert ein smartes Gerät für Hintergrundmusik und B<sub>5</sub> für Raumbeleuchtung. Die mit X bezeichnete Verbindung stellt die Abfrage des Spielmoduls bzgl. verfügbarer Geräte dar.

Aus der Selbstbeschreibung geht außerdem hervor, welche Dienste von Ein- und Ausgabegeräten für die Interaktion und Aktorik der Anwendung benötigt werden. Diese Dienste werden anhand der Selbstbeschreibungen von Anwendungen und smarten Geräten verbunden. Abbildung 7.15 zeigt dies schematisch. Die im Raummodul mit B bezeichneten Verbünde enthalten für jede Spielanwendung ein Gerät mit der Anwendung, mindestens ein Gerät zur Eingabe von Interaktionen und eine Lampe, welche für Feedback genutzt werden kann. Eine Spielanwendung, die zur Steuerung der Raumatmosphäre dient, erhält zudem Verbindungen zur Raumbeleuchtung und Musikanlage des Raumes. Sind alle Geräte vermittelt, kann das Spiel gestartet werden und dem aLMS-Modul wird zurückgemeldet, dass der Raum bereit ist. Die Studierenden können anschließend mit dem Spiel beginnen.

Durch die dynamische Kopplung der Geräte, die erst bei der Auslieferung des Spiels im Raum durchgeführt wird, hat der Vermittler die Möglichkeit auf Ausfälle zu reagieren und gleichwertige oder in den Eigenschaften passende Geräte zu vermitteln. Beim Scheitern der Vermittlung aufgrund von fehlenden, nicht ersetzbaren Geräten wird dem aLMS-Modul eine entsprechende Fehlermeldung gesendet. Der gesamte Prozess muss von neuem gestartet werden. Ist das Gerät bei erneuter Abfrage verfügbarer Geräte durch das Spielmodul wieder verfügbar, kann dasselbe Spiel erneut generiert werden. Anderenfalls kommt es zu dem in Abschnitt Ambientes Lernmanagementsystem (aLMS) beschriebenen Vorgehen.

## 7.6 Chatbots und generative KI

Das KI-Modul wird vom Spielmodul an verschiedenen Stellen im Prozess angesprochen. Dies betrifft drei unterschiedliche Anwendungsfälle. Der folgende Abschnitt beschreibt, inwiefern diese Anwendungsfälle durch KI adressiert werden können.

Der Editor greift bei der Generierung von Medien für Bedienoberflächen, also Bilder, Audiodateien oder Videos auf KI zurück. Ebenso gibt es die Möglichkeit, Anfragen zu hinterlegen, welche bei der Generierung des Spiels in Zusammenhang mit der Übung zur Generierung medialer Inhalte genutzt werden. Des Weiteren kann bei der Generierung von Audiodateien für Feedback auf das KI-Modul zurückgegriffen werden. Diese Anwendungsfälle (symbolisch abgebildet in Abb. 7.16 Nr. 1-3) können durch generative KI (vgl. Abschnitt 6.2) adressiert werden.

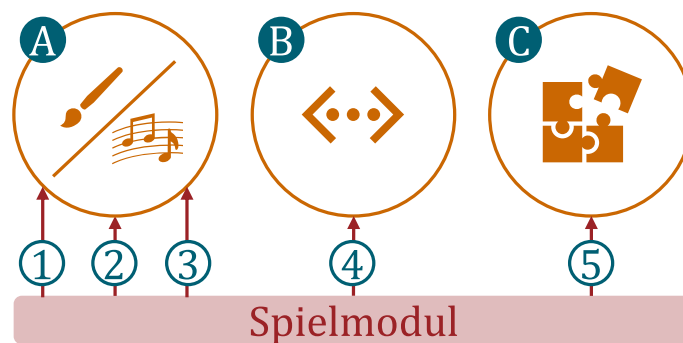


Abbildung 7.16: Teilmodule des KI-Moduls und die Schnittstellen des Spielmoduls. A bezeichnet das Modul für generative KI zur Generierung von Medien, B bezeichnet das Teilmodul zur Unterstützung bei der Erstellung von Programmcode und C bezeichnet das Teilmodul zu Erstellung und Veränderung von Übungsfragen bzw. Antworten.

Des Weiteren kann der Editor bei der Generierung von Programmcode auf einen Chatbot bzw. KI-Assistenten zurückgreifen, um Nutzer\*innen bei der Erstellung von Bedienoberflächen zu unterstützen. Dies bezieht sich auf

die Bereitstellung von Code-Ausschnitten, die eine definierte Funktionalität erfüllen sollen. Je nach Realisierung dieser Funktion kann dies durch einfache Bereitstellung vorgefertigter Code-Ausschnitte geschehen, wozu eine KI nicht zwingend notwendig ist. Handelt es sich bei der Unterstützung um generierten Code, der jedes Mal von neuem erstellt und angeboten wird, kann die Verwendung eines Large Language Model sinnvoll sein. Aufgrund des breiten Rahmens der möglichen Komplexität und dem abgrenzten Anwendungsfall wird diese Funktionalität durch ein zweites KI-Teilmodul abgedeckt, welches in Abbildung 7.16 mit B bezeichnet ist.

Das letzte KI-Teilmodul erfüllt die Funktion, Übungsfragen bzw. deren Antworten zu verändern, um Fragen in andere Formen zu konvertieren (vgl. 7.4). Dazu müssen die eingegebenen Sätze in ihre grammatikalischen Bestandteile zerlegt und negiert oder ausgetauscht werden, um weitere Antwortmöglichkeiten zu generieren oder die Fragen zu variieren. Angelehnt an Sairaj et al. [212], Gao et al. [206] oder Wu et al. [207] (siehe 6.2) kann dieser Anwendungsfall durch genetische Algorithmen oder NLP adressiert werden. Wobei in allen Fällen eine entsprechende Menge spezifischer Daten vorliegen muss. Ein generativer Ansatz mittels LLM scheint nicht notwendig, kann aber eine Alternative darstellen, welche bereits mit ausreichenden unspezifischen Daten trainiert worden ist.

Jedes KI-Teilmodul verfügt über eine eigene Schnittstelle, da die Anfragen des Spielmoduls andere Informationen enthalten müssen. KI-Teilmodul A generiert die Medien aufgrund einzelner Prompts, die gegebenenfalls aufeinander folgen, sollte das Ergebnis nicht zufriedenstellend sein. KI-Teilmodul B benötigt eine Beschreibung der gewünschten Funktion, was beim Einsatz eines LLM durch Freitext in einem Prompt denkbar ist. Bei der Verwendung eines regelbasierten Systems, mit vorgefertigten Code-Ausschnitten ist jedoch eine strukturierte Anfrage notwendig, um die Regeln darauf anzuwenden. Das letzte KI-Teilmodul benötigt ebenfalls strukturierte Daten, allerdings von Übungsfragen und deren Antworten. Diese können in den bestehenden Modellen eingeordnet und anschließend verändert werden.

## 7.7 Unter- und Überforderung vermeiden

Wie im Abschnitt Spieldurchführung beschrieben, kann das Spiel während der Laufzeit auf Unter- und Überforderung reagieren. Im Szenario Ambienter Lernraum geschieht dies durch die Ausblendung von Antwortmöglichkeiten. Da der Generator Spielanwendungen erstellt, die im Raum verteilt werden und anschließend selbständig agieren, muss die dafür zuständige Komponente ebenfalls in Form einer solchen Anwendung vorliegen.

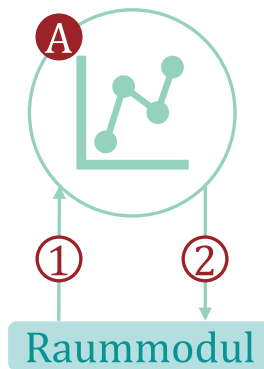


Abbildung 7.17: Schnittstellen des Flow-Moduls. 1 bezeichnet die Übertragung der Sensordaten im Verbund und 2 bezeichnet die Übertragung analysierter Unter- oder Überforderung.

Diese Komponente wird im Folgenden als *Flow-Modul* bezeichnet (siehe Abbildung 7.17). Bei der Generierung der Spielanwendungen wird zu diesem Zweck eine Schnittstelle für das Flow-Modul eingebunden. Über diese Schnittstelle kann das Flow-Modul detektierte Unter- oder Überforderung an die Anwendungen weitergeben. Anhand dieser Nachricht kann die Anwendung ihren Zustand verändern. Zu diesem Zweck wird bei der Generierung für jeden Übungszustand festgelegt, wie sich die Anwendung verhält. Bei Unterforderung kann beispielsweise Zeitdruck für die Antworteingabe eingeführt oder die nächste Übungsfrage erschwert werden. Bei Überforderung kann die Ausblendung einer Antwortmöglichkeit in die Anwendung integriert werden. Welcher Mechanismus eingesetzt wird, sollte im Editor-Teilmodul von den Dozierenden festgelegt werden. Eine Anpassung über die vordefinierte Zustandsänderung hinaus ist nicht möglich. Das Flow-Modul selbst ist eine Anwendung, die vom Vermittler mit verschiedenen Sensoren im Raum verbunden wird. Diese messen physiologische Daten der Spielenden. Die erfassten EEG- oder Herzratenvariabilitätsdaten (vgl. 4.2) werden innerhalb des Flow-Moduls hinsichtlich Flow bzw. Unter- oder Überforderung ausgewertet. Dies geschieht anhand von Mustererkennung auf Basis der vorliegenden Daten und bekannter Muster, die den mentalen Zustand anzeigen können.

## 7.8 Spielnachbereitung und Übungsergebnisse

Die Spielnachbereitung sieht vor, dass die Übungsergebnisse an das aLMS-Modul übertragen werden, damit Studierende im Nachhinein auf Feedback zugreifen können. Da die Spielanwendungen keine Rückmeldungen an das aLMS-Modul vorsehen, wird hierzu eine Protokollanwendung in das Spiel integriert. Als zusätzliche Anwendung stellt sie kein eigenes Teilmodul dar, sondern ein smartes Objekt, das im Raummodul mit der Speiseanwen-

derung verbunden ist. Dieses Objekt notiert, welche Übungsfragen in welcher Häufigkeit falsch beantwortet werden. Dazu erhält die Protokollanwendung einen einzigen Zustand, welcher bei jeder falsch beantworteten Frage durch eine Zustandsänderung dritter Ordnung verändert wird. Der endgültige Zustand wird in ein Protokoll überführt. Damit die Anwendung weiß, welche Frage welcher Zustandsänderung zugeordnet ist, erhält sie diese Information bei der Generierung der Spielanwendungen und wird mit dieser im Raum ausgeliefert. Ist das Spiel zu Ende, wird dies dem aLMS-Modul zurückgemeldet. Hierfür entsteht eine zusätzliche Schnittstelle zwischen Raummodul und aLMS-Modul. Auf gleichem Wege können Informationen zum Nutzerprofil in das aLMS gelangen, welches dieses anschließend aktualisiert.

Die Bewertung des Spiels erfolgt anschließend im aLMS-Modul, welches diese in der eigenen Datenbank abspeichert. Von dort kann sie nach Bedarf von Dozierenden abgerufen werden können. Da die Bewertung keinen Wert für die Generierung des Spiels bildet, wird sie nicht an das Spielmodul übertragen.

## 7.9 Datenschutz

Während des Gesamtprozesses des Spiels werden verschiedene sensible Daten erhoben und verarbeitet. Dies betrifft nicht nur die Durchführung und das Abschneiden in den Übungen belegter Kurse, sondern auch persönliche Informationen über die körperlichen Fähigkeiten, den Spielertypen sowie physiologische Messungen. Deshalb sollte bereits im Konzept der Schutz dieser Daten berücksichtigt werden.

Dabei muss unterschieden werden, welche Daten vom aLMS bzw. LMS erhoben und persistiert werden und welche in das Spielsystem übertragen werden. Die im Nutzerprofil gespeicherten Daten liegen aufseiten des LMS vor und sollten zum Zweck der Verarbeitung vom Spielsystem nur in pseudonymisierter Form übertragen werden. Es empfiehlt sich an dieser Stelle, einmalige Identifikationscodes zu verwenden, damit aus einer Analyse verwendeter Pseudonyme keine Zuordnung erfolgen kann. Des Weiteren sollten diese Daten verschlüsselt übertragen werden.

Daten, die während der Spieldurchführung erhoben werden, sollten im Spielsystem nicht länger als notwendig gespeichert werden. Dies betrifft zwei Datensätze im Speziellen. Zum einen die das Nutzerprofil ergänzenden Daten sowie die erhobenen Übungsdaten. Zum anderen die für die Flow-Analyse erhobenen Daten. Erstere müssen bis zum Abschluss der Spielnachbereitung im System persistiert bleiben und können erst nach

der Übertragung an das LMS gelöscht werden. Dies geschieht durch die Beendigung der Protokollanwendung. Im Spielmodul werden die Daten, abgesehen von einer Verknüpfung des Spieler-Pseudonyms mit dem Spiel, nicht gespeichert. Diese Pseudonyme werden benötigt um gegebenenfalls andere Spielvarianten/Level des Spiels zu generieren, sollte dasselbe Spiel häufiger gespielt werden (vgl. Szenario Ambierter Lernraum). Flow-Analyse-Daten können bereits nach der Analyse des aktuellen mentalen Zustands gelöscht, nicht persistiert und nach der Verarbeitung vergessen werden. Abbildung 7.18 zeigt die Datenflüsse und den Lebenszyklus der Daten. Nach der Übertragung zwischen Modulen werden die Daten gelöscht oder sind, im Falle von Datenverarbeitung innerhalb eines Zyklus, fertig verarbeitet. Zu jedem Zeitpunkt muss sichergestellt sein, dass die Daten (a) im

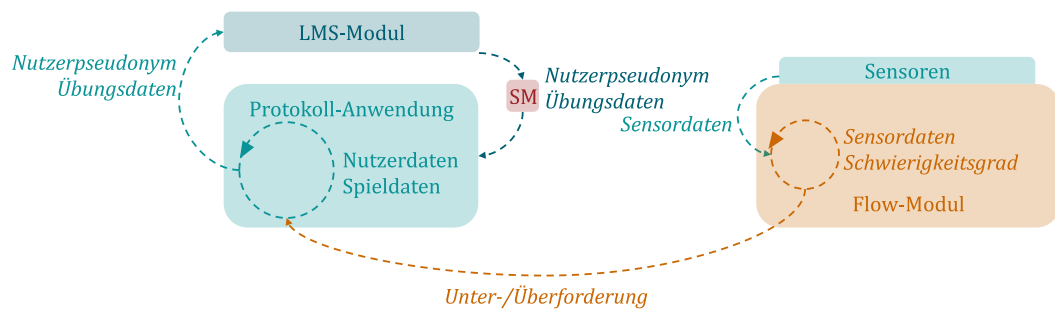


Abbildung 7.18: Datenverarbeitung in den Modulen. Die Pfeile zeigen Übertragung oder Verarbeitung in den jeweiligen Modulen, welche durch das bereits bekannte Farbschema gekennzeichnet sind. Die Abkürzung SM bezeichnet das Spielmodul.

Falle von Nutzerdaten in pseudonymisierter Form und (b) durch aktuelle Standards gesichert vorliegen sowie (c) nach abgeschlossener Nutzung oder Übertragung gelöscht werden.



**Teil III**

**Referenzimplementierung und  
Evaluation**



## 8 Referenzimplementierung

Die wesentlichen Teile des Konzepts sind in einer Referenzimplementierung umgesetzt, um die Machbarkeit des Framework zu prüfen und zu evaluieren, wie Ambient Serious Games von Studierenden wahrgenommen werden. Fokussiert wurde sich dabei auf die Generierung der Spiele anhand einer Spielbeschreibung, sowie die Verteilung der Teilanwendungen auf Geräte und deren Kommunikation durch Zustandswechsel im ambienten Lernraum. Die Referenzimplementierung des Spielmoduls, Raummoduls und aLMS-Modul ermöglicht es Ambient Serious Games durch Studierende aufzurufen und durchzuführen. Die Erstellung des Spielentwurfs durch Dozierende wäre durch die Referenzimplementierung des Editors möglich, doch die Gestaltung des Editors benötigt tiefgreifender Forschung, um die Gebrauchstauglichkeit zu gewährleisten. Des Weiteren gestaltet sich die Implementierung des Editors einfacher, wenn die Schnittstellen und benötigten Daten bzw. Datenformate, die benötigt werden um Ambient Serious Games zu realisieren, festgelegt sind. Auch für das Flow-Modul ist weitere Forschung notwendig, da die Messung der Über- und Unterforderung insbesondere durch räumliche Sensoren nicht trivial ist. Die weitere Implementierung des vorgestellten Konzepts, sowie damit verbundene Forschungsfragen werden in Kapitel 10 diskutiert.

Abbildung 8.1 zeigt die im Konzept vorgestellten Module und ihre Schnittstellen. Die grau eingefärbten Teilmodule wurden innerhalb der Referenzimplementierung vernachlässigt, da sie über den Fokus der Referenzimplementierung hinausreichen. Neben den oben genannten Modulen betrifft dies die Ergänzung von Übungsfragen mittels KI, da sie für die Machbarkeit nicht relevant ist und ein Verfahren entwickelt und trainiert werden muss, dass semantisch sinnhafte Ergänzungen hervorruft. Des Weiteren ist die Auswahl der Geräte anhand ihrer Eigenschaften nicht implementiert, da dies umfassende Erweiterungen der verwendeten Software im Raummodul erfordert. Die Abbildung der notwendigen Informationen und die Entscheidungslogik, bedürfen ebenfalls dabei weiterer Forschung. Ebenso fehlt die Implementierung einer vorgesehenen Datenbank im aLMS-Modul. Dies ist der Überlegung geschuldet, dass bestehende LMS zukünftig erweitert werden sollen um Ambient Serious Games zu unterstützen. Die in der Arbeit vorgesehene Implementierung deckt ausschließlich die Aspekte ab, welche für den in Abschnitt 7.2 beschriebenen Prozess notwendig sind. Der Funkti-

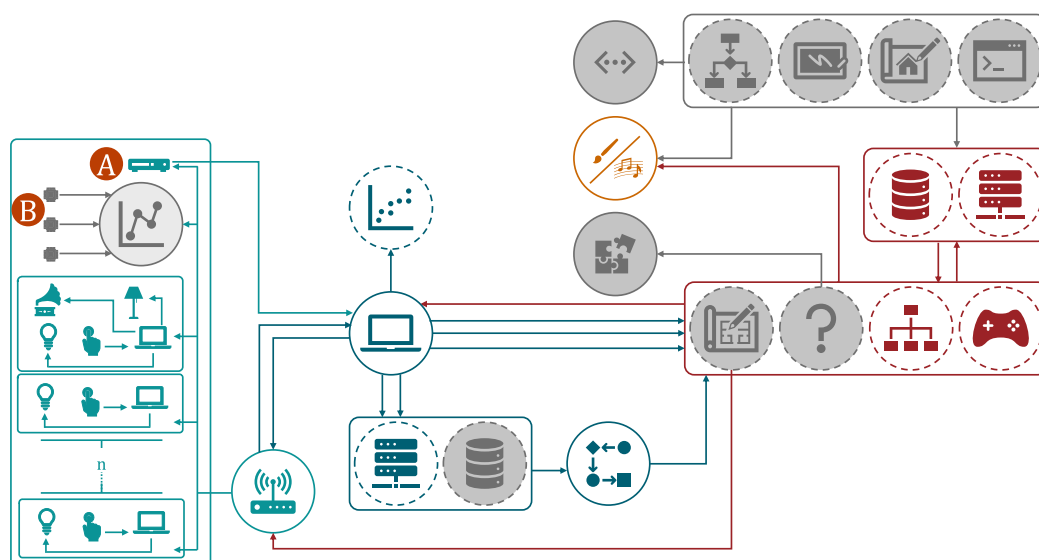


Abbildung 8.1: Die in Kapitel Konzept vorgestellten Module mit ihren Schnittstellen. A bezeichnet das Geräte, welches mit der Anwendung zur Protokollierung (siehe Abschnitt 7.8) belegt ist. B bezeichnet die im Abschnitt 7.7 beschriebenen Sensoren.

onsumfang der Implementierung kann durch eine modulare Architektur erweitert werden, ohne Änderungen an der bestehenden Implementierung vornehmen zu müssen.

Die folgenden Abschnitte beschreiben den Aufbau und die Umsetzung der einzelnen Module in der im Konzept präsentierten Reihenfolge. Ebenso werden Schnittstellen zu weiteren Modulen erläutert, welche nicht in die Referenzimplementierung eingeschlossen wurden.

## 8.1 Implementierung des aLMS

Das aLMS-Modul besteht aus einem Frontendmodul, einem Backend, der Spielertyp-Klassifikation und dem Adapter. Dabei bildet das Frontend für die Nutzer\*innen die zentrale Komponente, da hier die Nutzerinteraktion stattfindet und somit weitere Teilmodule eingebunden werden.

Bei der realen Implementierung des Systems in den universitären Lehrbetrieb kann ein bestehendes LMS durch Anbindung an das Adapter-Modul mit dem Framework verbunden werden. Das Frontend des aLMS-Moduls ist als *Angular Web App* [278] realisiert. Die Verwendung des Angular-Framework ermöglicht den modularen Aufbau einzelner Komponenten, die durch ein weiteres Modul verbunden werden, welche das Routing zwischen den einzelnen Seiten realisiert. Zentrales Element ist eine *TypeScript*-Klasse, die das Verhalten der Komponente steuert und ihre Geschäftslogik

enthält. Diese Klasse wird mit einem Element versehen, das Metadaten bereitstellt, um die Komponente mit einer *HTML*-Datei und einer *Cascading Style Sheet (CSS)*-Datei zu verknüpfen. Zudem ermöglicht eine durch das Framework bereitgestellte Komponente die Navigation zwischen hierarchisch angeordneten Ansichten. Dem Benutzungsworkflow nach sind die im Folgenden beschriebenen Komponenten realisiert (siehe Abbildung 8.2).

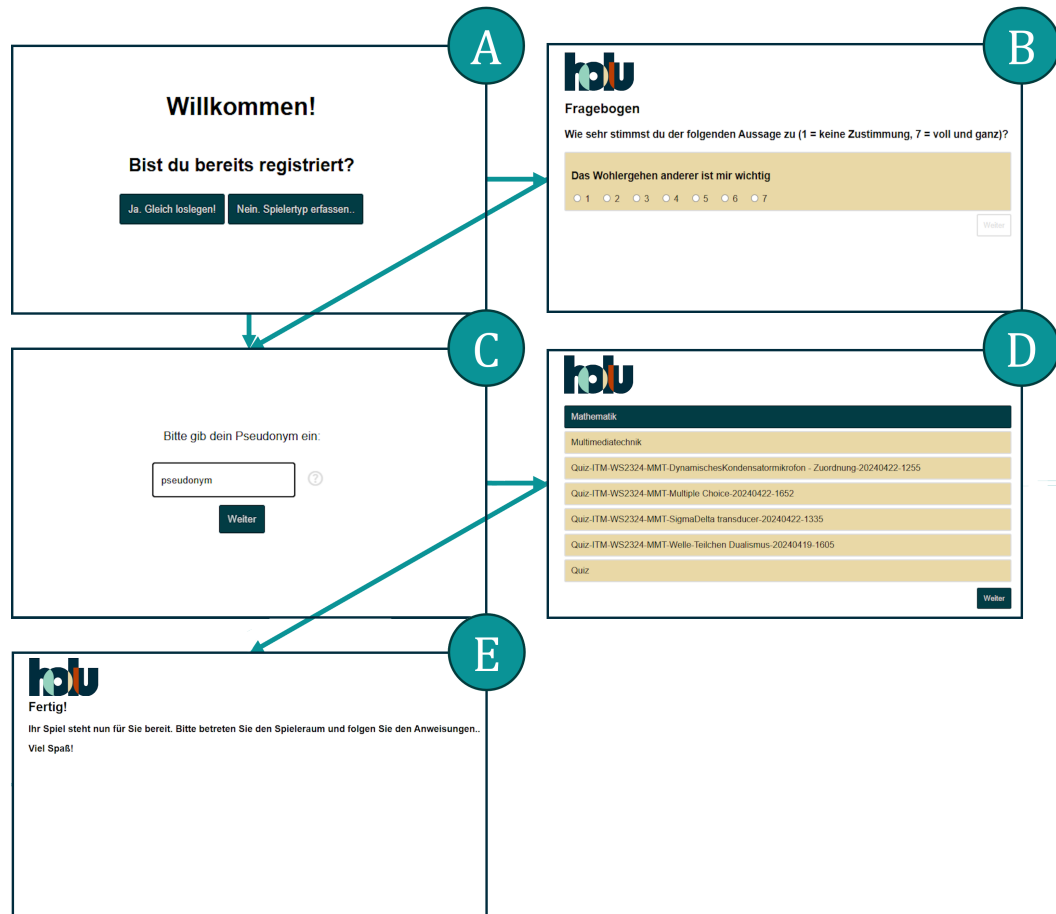


Abbildung 8.2: Bedienoberflächen des aLMS-Moduls. Gestartet, wird mit der Abfrage, ob Nutzer\*innen bereits im System angelegt sind (A), falls dies nicht der Fall ist wird der Spielertyp erfasst (B), anschließend wird ein Pseudonym angelegt, oder registrierte Nutzer\*innen angemeldet (C). Im Anschluss wird die gewünschte Übung ausgewählt (D) und der Nutzende wird darüber informiert, dass das Spiel generiert wird bzw. startbereit ist (E). Zur besseren Ansicht der einzelnen Bedienoberflächen wurden dies zugeschnitten und vergrößert dargestellt.

Die erste Komponente fragt lediglich ab, ob der/die Studierende bereits einmal gespielt hat und ihr Spielertyp damit bereits bekannt ist. Sollte dies der Fall sein wird um den Nutzernamen bzw. ein Pseudonym gebeten, mit dem der/die Studierende bereits bekannt ist. Die Zusammensetzung des Nutzernamens wird in der Evaluation erläutert. Ist der Spielertyp nicht bekannt, wird als nächstes eine Komponente aufgerufen, welche den Fragebogen nach Krath und von Korflesch [86] abfragt. Die Items werden in den jeweiligen Achsen randomisiert präsentiert und gemäß der Likert-Skala

beantwortet. Nach Beantwortung der Fragen sendet die Komponente über einen eingebundenen Service eine Abfrage an das Teilmodul des Spielertyp-Klassifikator, um den Spielertyp abzurufen. Der Dienst ist als *RESTful-Service (REST)* implementiert, welcher die Abfrage als *POST-Request* (vgl. *REST*) übermittelt. Der *Request Body* enthält die standardisierten Werte der Achsen, welche zur Klassifikation benötigt werden und sendet den Spielertyp als Ganzzahl zurück, welche vom Frontend anschließend als Spielertyp interpretiert wird. Der/die Studierende wird anschließend zur Komponente weitergeleitet, welche das Pseudonym abfragt. Ab diesem Zeitpunkt, ist der Ablauf für bereits bekannte und neue Nutzer\*innen identisch.

Es folgt nun die Auswahl der Übungsaufgabe, welche als Spiel durchgeführt werden soll. Ist diese ausgewählt, erhält der Backendserver vom Frontend die Information darüber, welche Übung an den Adapter übertragen werden soll. Dieser übersetzt das Serialisierungsformat der Übungen des jeweiligen LMS in *JavaScript Object Notation (JSON)* und sendet dieses an den Generator. Da an der Universität zu Lübeck das Open-Source-LMS Moodle eingesetzt wird, wurde im Rahmen dieser Arbeit nur eine Übersetzung des entsprechenden XML-basierten Serialisierungsformats (im Folgenden Moodle-XML genannt) dieser Plattform realisiert. Beide Übertragungen finden via *REST-Request* statt. Ist dieser Prozess abgeschlossen, wird den Nutzenden eine Ladeanimation angezeigt und sie werden darüber informiert, dass die Spielgenerierung nun durchgeführt wird. Sobald die Generierung abgeschlossen ist, erhalten sie die Information, dass das Spiel nun gestartet werden kann. Die in Abbildung 8.2 dargestellten Bedienoberflächen wurden aufgrund des geringen Funktionsumfangs nicht im Rahmen eines menschenzentrierten Gestaltungsprozesses entwickelt.

Während der Spieldurchführung ist das aLMS-Modul inaktiv. Das Spielprotokoll wird nach der Durchführung händisch in die Moodle-Instanz der Universität übertragen, damit Studierende im Nachhinein auf gewohntem Weg auf ihre Lehr- und Lerninhalte zugreifen können.

Abbildung 8.3 zeigt die Kommunikation zwischen aLMS und den angebundenen Komponenten im Sequenzdiagramm. Wie bereits beschrieben kommuniziert dieses zunächst mit einem Klassifikator, welcher den Spielertypen bestimmt. Dabei handelt es sich um eine *Python*-Anwendung. *Python* ist eine im Kontext von Mustererkennung und maschinellem Lernen häufig verwendete Sprache, da sie über Bibliotheken verfügt, welche diese Zwecke implementieren [279, 280]. Basierend auf den Clusterergebnissen aus Abschnitt 3 wurde eine *Nächste-Nachbarn-Klassifikation* der Nutzer\*innen umgesetzt. Der Fragebogen wird gemäß standardisiertem Vorgehen ausgewertet und die Summe der Achsen anschließend standardisiert. Die Ergebnisse werden der Methode für die Klassifizierung im gleichen Format wie

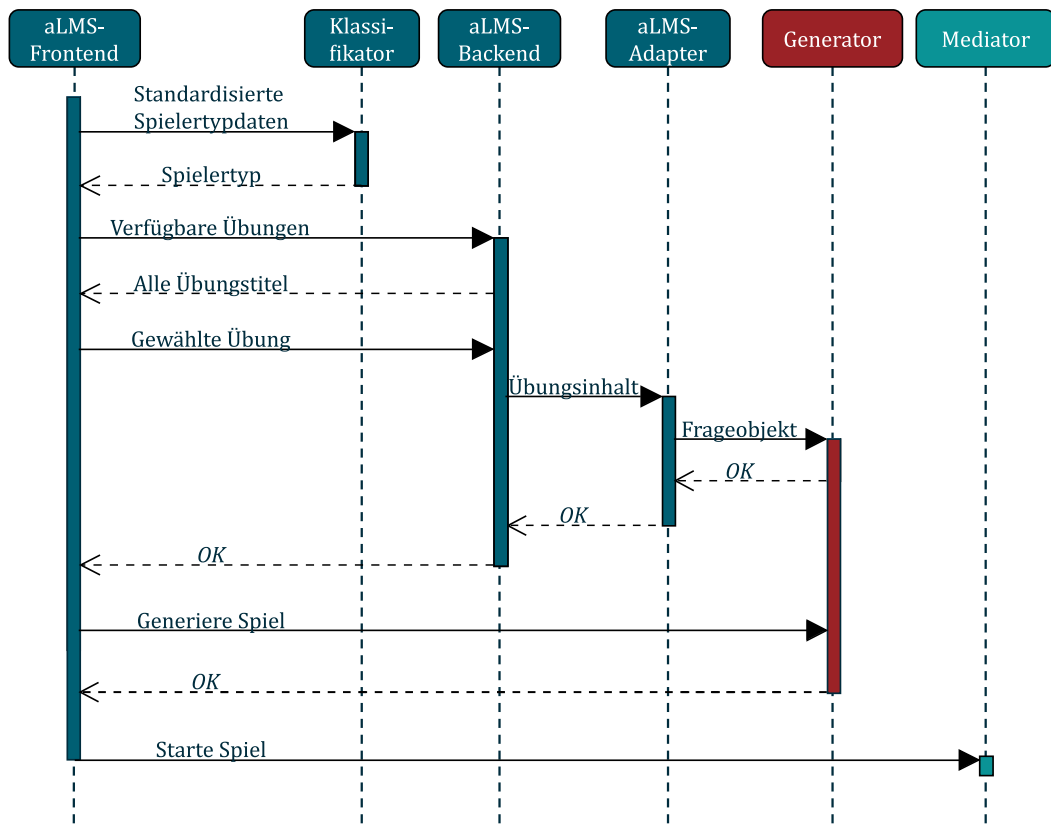


Abbildung 8.3: Verbindungen und Nachrichtenfluss des aLMS-Moduls bis zum Spielstart.

beim Clustering übergeben. Die konkrete Implementierung des Algorithmus entstammt der *SciKitLearn*-Bibliothek für *Python* [281]. Anhand der nächsten drei Nachbarn im sechsdimensionalen Graphen wird die Klasse zurückgegeben, welche unter den Nachbarn am häufigsten vertreten ist. Die Nachbarn gehen aus den geclusterten Daten der Spielertypenanalyse hervor. Nach der Klassifikation wird eine *REST-Response* an das aLMS gesendet, welche den Spielertyp enthält.

Zur Auswahl und Übertragung der Übung sind zwei Teilmodule implementiert. Sowohl der Backendserver als auch der Adapter sind als *JavaScript*-Anwendung implementiert. Da der Backendserver bei einer dauerhaften Nutzung durch ein LMS ersetzt werden soll, ist hierbei lediglich die Bereitstellung der Übungen implementiert. Die Übungen werden in Form von Dateien direkt auf dem Backendserver abgelegt. Eine *Express.js*-Instanz ermöglicht die Übertragung der Dateinamen an das Frontend und der Dateiinhalte an den Adapter. *Express.js* ist die Implementierung eines schnellen, minimalistischen *Webframework* für *Node.js*-Anwendungen, das den Austausch über *Hypertext Transfer Protocol (HTTP)* und damit über *RESTful-Service (REST)* erlaubt [282]. Bei *Node.js* handelt es sich um eine ereignisgesteuerte *JavaScript-Laufzeitumgebung* für die Erstellung skalierbarer

Netzwerkanwendungen [283]. Wurde eine Übung gewählt und an den Adapter übertragen, übersetzt dieser die Übung aus dem Moodle-XML Format in Objekte, welche anschließend in JSON an das Spielmodul weitergeleitet wird (siehe Abbildung 7.4 Nr. 7). Der Ausschnitt 8.1 zeigt beispielhaft die JSON-Beschreibung einer Multiple-Choice-Frage. Damit alle Frageformen in einem einheitlichen Format an das Spielmodul übertragen werden können, ist ein Frageformat definiert, welches alle Formen abbilden kann. Im Spielmodul ist eine entsprechende Klasse definiert.

Quellcode 8.1: Multiplechoice-Frage im JSON-Format bei der Übertragung von Adapter zum Spielmodul

```
1 {"questionType": "multiplechoice",
2  "questionText": " Welche der Zahlen sind Vielfache von 6? ",
3  "statementAnswerMap": null,
4  "answers": [
5    {"text": " 16 ", "correct": false},
6    {"text": " 20 ", "correct": false},
7    {"text": " 12 ", "correct": true},
8    {"text": " 3  ", "correct": false}],
9  "blanks": null}
```

Abschließend wird durch das aLMS-Frontend die Generierung des Spiels und der Spielstart initiiert. Dies geschieht ebenfalls per *REST-Request*.

## 8.2 Spielmodul

Das Spielmodul umfasst in seiner Implementierung die Übersetzung der Spielbeschreibung in Teilanwendungen für das im Raum verteilte Spiel. Eine Teilimplementierung des KI-Moduls ermöglicht es, Bedienoberflächen einzubinden, welche durch ein LLM während der Spielgenerierung vervollständigt werden (vgl. Abschnitt 8.4). Da sich selbst beschreibende räumlich verteilte Anwendungen nicht nur im Kontext von Spielen relevant sein können, wurde der Teil des Generators, welcher Zustandsänderungen und Selbstbeschreibungen generiert, als Bibliothek aus dem Programmcode herausgelöst. Durch diese Maßnahme können entsprechenden Funktionen in anderen Projekten verwendet werden, ohne sie erneut zu implementieren. Somit setzt sich die Implementierung des Moduls aus Spiel-spezifischen Komponenten des Framework und der beschriebenen Bibliothek zusammen (vgl. Abbildung 8.4). Das Spiel-spezifische Framework wird im Folgenden als *HOLU-Framework (HOLU)* bezeichnet, in Anlehnung an den Begriff des Homo Ludens, den lateinischen Begriff für den spielenden Menschen. Die einzelnen Komponenten werden im folgenden näher erläutert, wobei zunächst die Bibliothek und anschließend der Generator des *HOLU-Frameworks* vorgestellt wird. Klassen- und Variablennamen, die im Rahmen der Implementierung geschaffen wurden, sind hervorgehoben und werden im Glossar der Arbeit nochmals beschrieben. Sowohl die Bibliothek, als

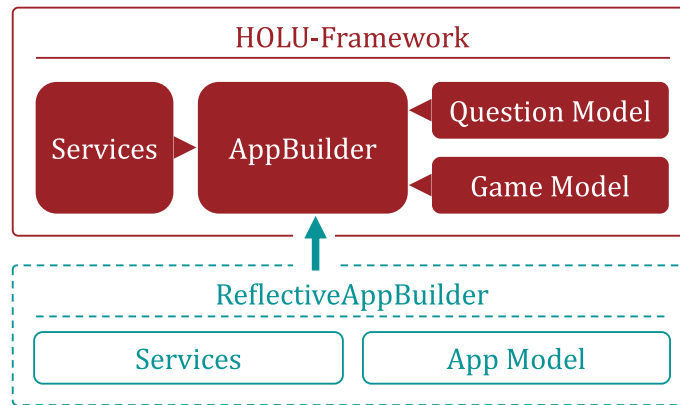


Abbildung 8.4: Aufbau des Spielmoduls. Das *HOLU-Framework* realisiert alle Spiel-spezifischen Anteile, wobei der *ReflctiveAppBuilder* die Generierung der räumlich verteilten Anwendungen realisiert.

auch *HOLU* sind in *Java* umgesetzt. Aufgrund der Möglichkeit, alleinstehende *Java* Anwendungen zu implementieren sind, die serverseitigen Module von *HOLU* als *Spring-Boot*-Anwendung realisiert. Somit ist die Anwendung bereits in einem Server (*Tomcat*) eingebettet und einfach durch *REST* erreichbar. Des weiteren ermöglicht *Spring-Boot* die einfache Datenbankbindung. [284]. Der Generator, das KI-Modul und das Raummodul stellen dabei jeweils ein Modul in der Anwendung dar.

## *ReflctiveAppBuilder*

Der *ReflctiveAppBuilder* baut auf dem *Reflection-Framework* auf, welches ursprünglich von Burmeister [13] vorgestellt und anschließend von Kordts [257] weiterentwickelt wurde. Inwiefern die Anwendungen im Raum verteilt werden und miteinander kommunizieren, wird im Abschnitt 8.3 vorgestellt. Dennoch ist der Aufbau der Selbstbeschreibungen bereits im Kontext der Generierung von Bedeutung, da diese durch den Generator erstellt werden. Die Selbstbeschreibung ist durch die *SODL* realisiert (vgl. Abschnitt 6.3) und umfasst für diese Arbeit folgende relevante Anteile:

**Devices** Hier wird das Gerät bzw. die Anwendung beschrieben. Dieser Teil enthält den Titel der App und seine wesentlichen Komponenten. Diese Komponenten wiederum enthalten Beschreibungen von Zuständen, welche die Komponente und damit ihre Anwendung annehmen können. Es werden Zustände für Anwendungsabschnitte, Eingabe- und Ausgabegeräte beschrieben.

**Orchestration** Die Zustände der Komponenten können extern durch Eingabegeräte oder andere ambiente Anwendung manipuliert werden. Geschieht dies durch letztere, ist in diesem Abschnitt beschrieben, ob

ein externer Zustandswechsel einen internen Wechsel verursacht und inwiefern sich der interne Wechsel auswirkt.

**TaskAnalysis** In diesem Teil der SODL ist beschrieben, welche real-weltlichen Zielen von den Smarten Objekten erreicht werden können. Anhand eines Ebenenmodells für die Mensch-Computer-Interaktion sind dort die notwendigen Schritten der Interaktion festgehalten.

Die der Beschreibung zu Grunde liegenden Informationen müssen im Programmcode für die Generierung der Selbstbeschreibung verfügbar gemacht werden. Dazu sind zwei *Java*-Klassen implementiert, welche eine ambiente Anwendung abbilden (siehe Abbildung 8.5).

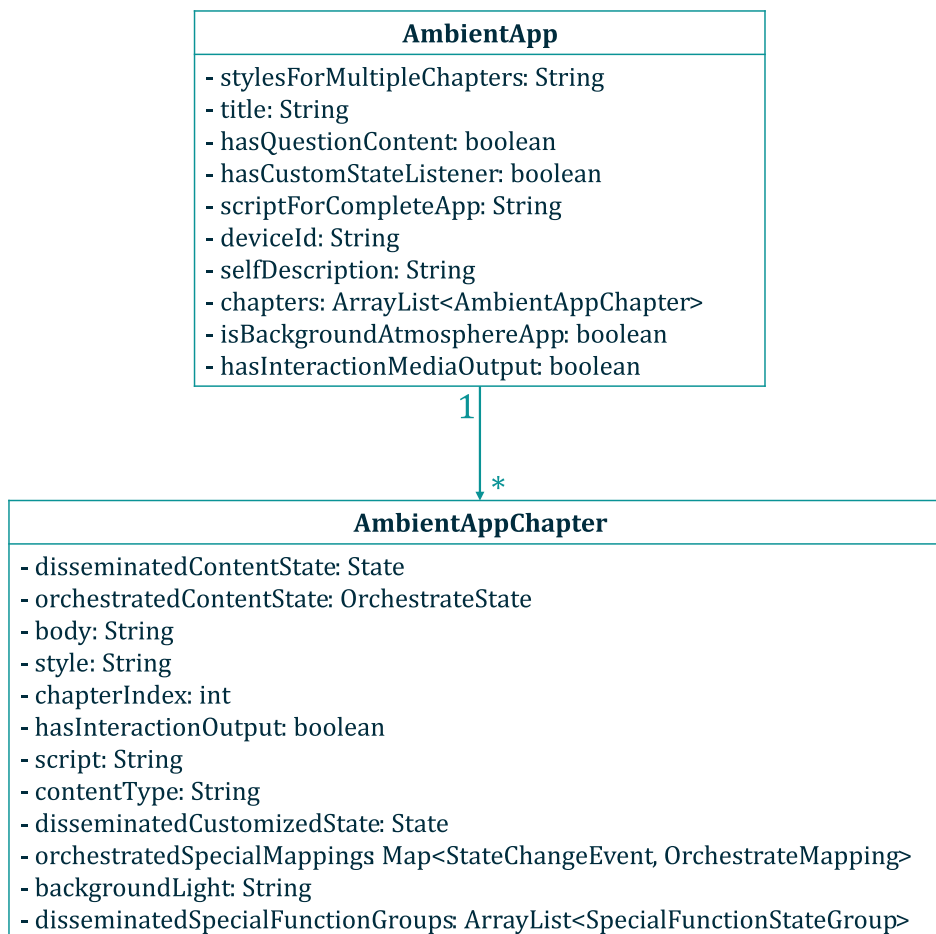


Abbildung 8.5: Die Klasse *AmbientApp* und die als Objektliste eingebundene Klasse *AmbientAppChapter*

Im Wesentlichen besteht eine ambiente Anwendung (*AmbientApp*) aus Meta-informationen und aneinander gereihten Abschnitten (*AmbientAppChapter*). Jede Anwendung ist als *Rich Internet Application* konzipiert. Diese stellen Webanwendungen dar, welche erweiterte Interaktionsmöglichkeiten bieten. Aus diesem Grund enthält jeder Abschnitt einen *JavaScript*-, einen

HTML- und einen CSS-Anteil. Neben diesen Informationen enthalten die `AmbientAppChapter` Informationen, die es erlauben den Zustandsautomat, wie in Abschnitt 7.4 beschrieben, abzubilden. `OrchestratedContentState` beschreibt dabei, welche Zustandswechsel erster Ordnung anderer Anwendungen zu einem Zustandswechsel erster Ordnung in dieser Anwendung führen und welche Funktion dadurch ausgelöst wird (siehe Abschnitt 7.4). Die eindeutige Referenzierung dieser Zustandswechsel wird durch den `ChapterIndex` realisiert. `DisseminatedContentState` wiederum beschreibt den derzeitigen Zustand, der verlassen wird und gegebenenfalls andere Zustandswechsel nach sich zieht. Der Zustandstyp wird durch den `ContentType` abgebildet. Zustandswechsel zweiter Ordnung werden in ähnlicher Form durch die Felder `OrchestratedSpecialMappings` und `DisseminatedSpecialFunctionGroups` abgebildet, wobei diese die Möglichkeit bieten, einen Parameter beim Zustandswechsel zu übergeben, was in der SODL als `OrchestrationMapping` abgebildet ist. Der Quellcode-Ausschnitt 8.2 zeigt dies beispielhaft. Die Zustandsbeschreibung im `Devices`-Abschnitt der SODL ist in Abschnitt 8.3. dargelegt. `DisseminatedCustomizedState` beschreibt den Zustandswechsel dritter Ordnung.

Quellcode 8.2: `OrchestrationMapping` in der Selbstbeschreibung einer Anwendung

```

1 <OrchestrateMapping id="NameDerOrchestriertenTeilAnwendung:Komponente:
  Funktion:NameDerImZustandWechselndenTeilAnwendung">
2 <ChangeThisState>
3 <ThisStateGroup idref="Komponente:Funktion"/>
4 <Untouched>>false</Untouched>
5 </ChangeThisState>
6 <ThisDevice idref="NameDerOrchestriertenTeilAnwendung"/>
7 <ThisComponent idref="Komponente"/>
8 <Map>
9 <InvolvedDevice idref="NameDerImZustandWechselndenTeilAnwendung"
  instanceId="UUIDDerImZustandWechselndenTeilAnwendung"/>
10 <InvolvedComponent idref="Komponente"/>
11 <InvolvedStateGroup idref="Komponente:Funktion"/>
12 </Map>
13 </OrchestrateMapping>

```

Quellcode 8.3: Zustandsgruppe welche durch das in 8.2 abgebildete Mapping manipuliert wird.

```

1 <StateGroup id="Komponente:Funktion" semantic="AcceptDecline" orchestration
  ="Orchestrated">
2 <Description>Zustandsbeschreibung</Description>
3 <StatesInRange>
4 <FromInteger inclusive="true">0</FromInteger>
5 <ToInteger inclusive="true">100</ToInteger>
6 </StatesInRange>
7 </StateGroup>

```

In den jeweiligen Objekten werden während der Generierung die Informationen der Zustandswechsel aus der Spielbeschreibung gelesen und die entsprechenden Objekte befüllt. Zu diesem Zweck sind zwei Services in der Bibliothek definiert. Einen Überblick über alle in der Bibliothek umgesetzten Services ist Abbildung 8.6 zu entnehmen. Der `OrchestrationGenerationService`, weist den Feldern die Zustände gemäß dem in Abschnitt

7.4 beschriebenen Algorithmus zu. Anschließend wird anhand der Objekte durch den `SelfDescriptionGenerationService` eine *XML*-Vorlage für die Selbstbeschreibung ergänzt. Ist in allen `AppChapters` das Feld `HasInteractionOutput` mit *false* belegt, wird eine Selbstbeschreibung vervollständigt, die keine Eingabegeräte benötigt.

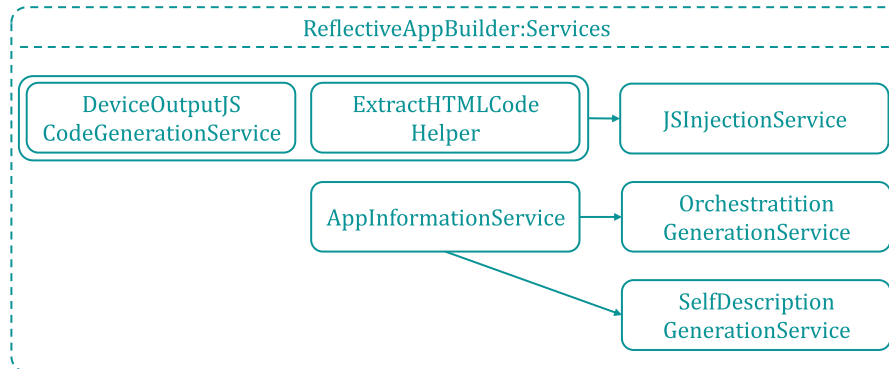


Abbildung 8.6: Die Services des `ReflectiveAppBuilder`. Sie manipulieren die Felder der `AmbientApp`- und `AmbientAppChapter`-Objekte. Die Pfeile zwischen Services deuten an, dass Services die bereitgestellten Daten anderer verwenden.

Voraussetzung für die Zuordnung der Zustände ist das Vorliegen aller `AmbientAppChapter` in Bezug auf den Zustandstyp und der verknüpften Bedienoberfläche. Dazu ist ein weiterer Service implementiert. Der `DeviceOutputJSCodeGenerationService` und der `ExtractHTMLCodeHelper` realisieren Methoden, welche die verlinkten Bedienoberflächen in ihre Bestandteile (*JavaScript*, *HTML* und *CSS*) zerlegen und den `AmbientAppChapters` zuweisen. Im Falle von Video, Text oder mittels KI finalisierten Vorlagen, werden diese vervollständigt. Der als `JSInjectionService` bezeichnete Service, vervollständigt die *Rich Internet Applications*, um diese für das *Reflection*-Framework vorzubereiten. Dies bedeutet konkret die Anbindung an einen `VirtualDeviceDaemon`, welcher die Anbindung in das *Reflection*-Framework realisiert. Auf diesen Aspekt wird in Abschnitt 8.3 genauer eingegangen. Des Weiteren ersetzt dieser Service die in Abschnitt 7.4 beschriebenen Marker. Anhand der Inhalte, welche aus den Bedienoberflächen hervorgehen, werden den Anwendungen Eigenschaften zugeordnet. Zu diesem Zweck wird ein `AppInformationService` verwendet, welcher die Steuerung der Hintergrundatmosphäre bestimmt und prüft, ob die App Zustandswechsel dritter Ordnung empfängt. Außerdem bietet der `AppInformationService` die Möglichkeit anhand des `ContentType` zu ermitteln, ob es sich bei einem `AmbientAppChapter` um einen Übungszustand handelt. Diese Funktion wird vom `OrchestrationGenerationService` verwendet und resultiert in entsprechenden Angaben der Selbstbeschreibung.

Die festgestellten Eigenschaften werden abschließend vom `SelfDescriptionGenerationService` abgerufen, damit die Selbstbeschreibung gegebenenfalls um eine Komponente für die Hintergrundatmosphäre ergänzt werden kann.

Der `ReflectiveApplicationBuilder` wird vom `ApplicationBuilder` des HÖLU eingebunden, welche die zentrale Komponente für die Logik der Generierung darstellt. Die Übersetzung der Spielbeschreibung und die Einbindung der Übungsfragen wird durch diese Komponente gesteuert und resultiert in den einzelnen Spielanwendungen.

Der folgende Abschnitt beschreibt die Spielbeschreibung und ihren Übersetzungsprozess. Anschließend wird der `ApplicationBuilder` erläutert. Dieser Abschnitt schließt die Beschreibung der Integration von Übungen ein.

## GameBuilder

Die Funktion des `GameBuilder` ist es die Spielbeschreibung auszulesen und in ein Spielobjekt zu konvertieren. Dieses wird anschließend in die Spielanwendungen überführt. Der Spielbeschreibung liegt ein Datenmodell zugrunde, welches in *Java*-Klassen abgebildet ist. Dieses ist in Abbildung 8.7 dargestellt. Da die Generierung auf der Spielbeschreibung basiert, wurde

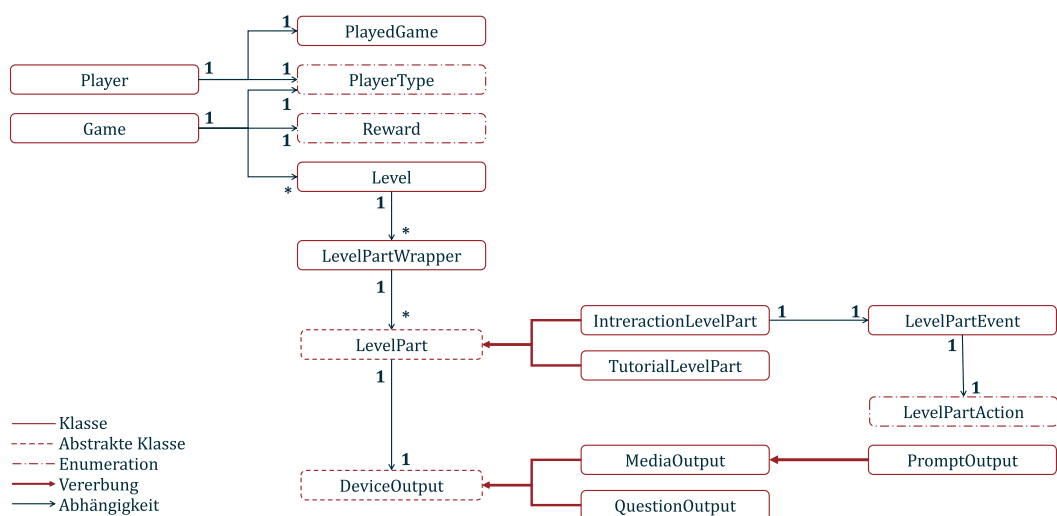


Abbildung 8.7: Das der Spielbeschreibung zu Grunde liegende Datenmodell

das *JSON-Schema*, welches in Form von konkreten *JSON*-Beschreibungen als Teilergebnis der Editor-Dateien erwartet wird, bereits definiert. Die Beschreibung umfasst auf oberster Ebene das Spiel mit den Meta-Informationen zu Titel, Belohnungen und geeignetem Spielertypen sowie allen `Levels`. Jedes

Level repräsentiert eine Moodle-Übung. Aufgrund dessen enthält ein Level Angaben darüber, wie viele Fragen im Level mindestens und maximal dargestellt werden können. Wird das Maximum nicht ausgenutzt, wird der Übungszustand bei der Generierung übersprungen. Des Weiteren ist hier festgelegt, welche Hintergrundmusik während des Spiels abgespielt wird. Das mit dem Level verknüpfte Objekt Reward (vgl. Abbildung 8.7), repräsentiert strukturelle Mechaniken (vgl. Kapitel 3), welche bei der Generierung in die Level integriert werden können, ohne dass Anpassungen an den Bedienoberflächen durchgeführt werden müssen. Umfasst ein Spiel mehrere Levels ist der GameBuilder in der Lage, bereits gespielte Spiele der Studierenden zu laden und gegebenenfalls das nächstfolgende Level zu laden (vgl. Abschnitt Szenario Ambienter Lernraum). Levels bestehen aus LevelPart-Objekten, welche die einzelnen Zustände der App repräsentieren. Parallel präsentierte Zustände werden in einem LevelPartWrapper zusammengefasst, welcher neben den einzelnen LevelParts die Raumbelichtung und den Zeitpunkt in der Reihenfolge abbildet. LevelParts werden darin unterschieden, ob diese Interaktion durch ein Eingabegerät erwarten oder nicht. Im Kontext des Spielmodells bezieht sich dies ausschließlich darauf, dass das System mit einer Aktion auf Nutzereingaben reagieren kann. Dazu wird ein LevelPartEvent ausgelöst, welches (a) die Farbe der Feedback-Lampe beeinflusst (vgl. 7.5), (b) eine Audiodatei referenziert, die für Feedback wiedergegeben wird und (c) eine LevelPartAction definiert, die festlegt, ob der Zustand verlassen wird oder bestehen bleibt. Die Art des Zustands, welche der LevelPart repräsentiert, ist durch das Objekt DeviceOutput realisiert. Diese Klasse hat verschiedene Subklassen. QuestionOutputs definieren Übungszustände, MediaOutputs andere Bedienoberflächen und PromptOutputs, durch KI vervollständigte Bedienoberflächen. MediaOutputs enthalten Informationen über *MIME-Types*, welche vom Raummodul für die Vermittlung der Geräte genutzt werden können. Außerdem können hier Links zu einzubindenden Medien bzw. *HTML-Dateien* oder Texte definiert werden, welche vom Generator automatisch ersetzt werden.

## *AppBuilder*

Die durch den LMS-Adapter übertragene Übung wird im Spielmodul in Frageobjekte übersetzt, wobei die in JSON definierten Objekte (vgl. Quellcode-Ausschnitt 8.1) zunächst als Objekte der Klasse der allgemeinen Frageform übersetzt und anschließend anhand der angegebenen Form in ein spezifisches Objekt übertragen werden. Dort werden sie wiederum als spezifische Frageformen auf dem Server des Generators im JSON-Format gespeichert. Jede Frage wird in diesem Zug mit einem internen Identifikator versehen. Diese werden in der Protokollanwendung verwendet. Das bei der Generierung der Anwendung verwendete Modell ist in Abbildung 8.8 abgebildet.

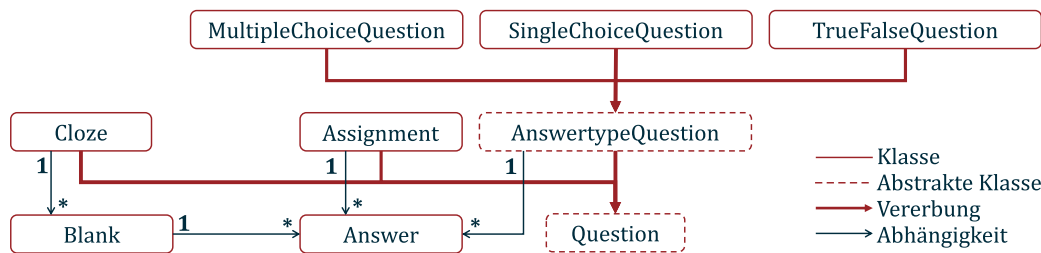


Abbildung 8.8: Das bei der Spielgenerierung verwendete Datenmodell der Übungsfragen. Die Klasse *Cloze* bezeichnet dabei die Lückentextauswahl und die Klasse *Assignment* die Zuordnungsfragen.

Wird die Generierung durch das aLMS-Frontend ausgelöst, werden die Fragen als spezifische Objekte vom `AppBuilder` weiterverarbeitet. Dieser bildet den Controller des Generators und wird im Folgenden vorgestellt.

Der `AppBuilder` lädt unter Verwendung des `GameBuilder` zunächst das zu generierende Level. Dabei überprüft er die `HOLU`-Datenbank auf Level, die bereits unter dem Spielerpseudonym gespielt wurden und lädt gegebenenfalls das darauffolgende Level. Die Datenbank ist als `PostgreSQL` implementiert. Basierend auf der maximalen Anzahl paralleler `LevelParts` im `LevelPartWrapper` wird die Anzahl der benötigten Teilanwendungen berechnet. Hierbei wird das in Abbildung 7.14 und 7.13 abgebildete Verhalten realisiert. Jede Teilanwendung wird mit einem *Universally Unique Identifier (UUID)* angelegt und ein initialer `JavaScript`-Code zugewiesen, der den `VirtualDeviceDaemon` initialisiert. Dies umfasst zunächst die Anbindung des `WebSockets` durch die Verknüpfung mit einem entsprechenden weiteren Script, welches vom `Reflection-Framework` bereitgestellt wird, sowie Platzhalter für die initiale Einstellung der Hintergrundatmosphäre und den Zustandswechseln, welche beim Schreibprozess der Datei ersetzt werden. Zudem werden Spielinformationen aus vorhergehenden Levels festgelegt. Dies dient der Aufrechterhaltung bereits in vorherigen Levels erspielter Informationen und Belohnungen. Gibt es keine Informationen, welche für den weiteren Verlauf notwendig sind, wird ein leerer String eingesetzt. Die Codierung der Information ist dem Spielentwickler überlassen. Zuletzt wird ein Pseudonym angelegt, sollte das Game-Objekt mit einem Reward verbunden sein. Dies dient der Möglichkeit, beispielsweise in einer Rangliste das Pseudonym des Spielers anzuzeigen. Dabei handelt es sich um das im aLMS-Frontend angegebene Pseudonym.

Im nächsten Schritt wird über die `LevelParts` des Spiels iteriert. Für jeden `LevelPart` wird in der `AmbientApp` ein `AmbientAppChapter` angelegt. Mittels des `LevelPartIndex` wird diese in der Reihenfolge aller `AmbientAppChapters` eines Spiels eingeordnet. Welcher `LevelPart`, welcher `AmbientApp` zugeordnet wird, hängt vom Inhalt der Bedienoberfläche bzw. dem Zustandstyp ab. Wie in Abschnitt 7.4 beschrieben, werden die Inhalte nach Möglichkeit so den Apps zugeordnet, dass die Anzahl der Eingabegeräte

minimiert werden kann. Für die Integration der Übungsfragen wurden Services implementiert, welche die Fragen, die Überprüfungslogik und das Senden der Zustandsänderung dritter Ordnung in die Felder `Body`, `Style` und `Script` der `AmbientAppChapter` eingefügt. `MediaOutputs` werden anhand des Objekt- oder *MIME-Types* ebenfalls aufgeteilt, gegebenenfalls ergänzt und abschließend zugewiesen. Dies geschieht aufgrund von Markern, welche in den Bedienoberflächen angegeben sind. Das Vorkommen doppelter Funktionsbezeichner wird verhindert, in dem ein eindeutiger Identifikationscode an den Bezeichner angefügt wird.

Quellcode 8.4: HTML-Template für die Einbindung eines Videos. Zu sehen ist der Quellcode inklusive aller Marker die durch den Generator ersetzt werden und mit `##` gekennzeichnet sind. Zudem ist die `onload`-Funktion dargestellt, die als auszulösende Funktion dem `OrchestratedContentState` zugewiesen wird.

```

1  <!DOCTYPE html>
2  <html lang="en">
3  <head>
4  <meta charset="UTF-8">
5  <title>Title</title>
6  </head>
7  <script>
8  function addVideoControls##OBJECTID##(){
9    const video = document.querySelector("#video");
10
11    video.play();
12
13    document.onkeyup = function (e) {
14      if (e.code === "Enter") {
15        video.pause();
16        video.currentTime = 0;
17        ##CODE:CONTENTCHANGEORCHESTRATIONTRIGGER##;
18      }
19    };
20
21  }
22 </script>
23 <body onload="addVideoControls##OBJECTID##()">
24 <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-content:
    center; position: absolute; top: 0; bottom: 0; right: 0; left: 0;
    background-color: black; padding: 2vh 2vw; overflow: hidden">
25 <video autoplay="autoplay" id="video" style="justify-content: stretch" >
26 <source src="##LINK##" type="video/mp4">
27 Your browser does not support the video tag.
28 </video>
29 </div>
30 <div id="tutorial" style="position: absolute; bottom: 1vh; right: 1vw;
    background-color: rgba(255,255,255,0.65); padding: 1vw 1vh; z-index:
    10; border-radius: 10px; border: 3px solid black; width: 20vh; height:
    15vh">
31 <svg>
32 <!--Abbildung der Anleitung, wie Eingabegeraete verwendet werden-->
33 </svg>
34 </div>
35 </body>
36 </html>

```

Der Quellcode-Ausschnitt 8.4 zeigt beispielhaft eine Vorlage zur Einbindung von Videos, wie es von einem Editor angeboten werden könnte. Zu sehen ist ebenfalls die Einbindung eines `DIV-HTML-Element`s für das Tutorial, das

bei jedem Zustandswechsel erster Ordnung für fünf Sekunden erscheint und aufzeigt, welche Eingabegeräte welche Spielfunktionen auslösen.

Anschließend wird jedem `AmbientAppChapter` die Hintergrundbeleuchtung übergeben. Für die Integration des Zustandsautomaten werden vorerst die Empfängeranteile der Zustandsänderungen zugewiesen, da das vollständige Vorliegen aller ambienten Anwendungen notwendig ist, um die Senderanteile festzulegen. Dazu wird der `ReflectiveAppBuilder` (siehe oben) verwendet. Ist die Iteration über das gesamte `Level` abgeschlossen, werden die Senderanteile durch den `OrchestrationGenerationService` des `ReflectiveAppBuilder` in den `AmbientAppChapter` ergänzt. Abschließend werden anhand des `AppInformationService` die Eigenschaften der Apps festgelegt (siehe Abschnitt 8.2).

Im letzten Prozessschritt des `AppBuilder` werden fünf verschiedene Dateitypen erzeugt:

**app.html** Hierbei handelt es sich um Teilanwendungen, aus denen das Spiel zusammengestellt wird.

**configuration.xml** Für jede Teilanwendung wird eine Konfigurationsdatei erstellt, welche Spezifikationen bezüglich des Netzwerkprotokolls enthält, die von Reflection verarbeitet werden.

**description.xml** Für jede Teilanwendung wird eine Selbstbeschreibung erstellt, welche die Zustandslogik der Teilanwendungen abbildet und notwendige Ein- und Ausgabegeräte beschreibt.

**loggerConfiguration.xml** Die Datei enthält Informationen zu Spiel und Übungsfragen und erlaubt der Protokollanwendung das Sammeln der Informationen, welche Fragen in welcher Häufigkeit inkorrekt beantwortet werden und welche Spielinformationen bzw. Belohnungen erreicht werden.

**loggerDescription.xml** Die Selbstbeschreibung der Protokollanwendung, um Zustandsänderungen zu empfangen, welche im Protokoll oder der Spielerdatenbank persistiert werden sollen.

Für die Erstellung der `app.html`-Dateien werden zunächst die Platzhalter ersetzt, die zu Beginn im Script der Initialisierung des `VirtualDeviceDaemon` hinterlegt wurden. Mittel des `JSInjectionService` werden die empfangenden Zustandsänderungen erster Ordnung ergänzt. Dabei wird auf den Zustandswechsel reagiert indem (a) das `HTML-Body`-Tag durch die Bedienoberfläche des neuen Zustands ausgetauscht wird, (b) die initiale Funktion der Bedienoberfläche aufgerufen wird (vgl. Abschnitt 7.4) und (c) die Hintergrundbeleuchtung verändert wird, falls es sich um die App handelt, welche die Hintergrundatmosphäre steuert. Im Falle eines Übungszustands wird in Bezug auf das `HTML-Body`-Tag anstatt der initialen Funktion eine

Funktion aufgerufen, welche die Frage unabhängig des Zustands austauscht. So ist es möglich die Übungsfrage auszutauschen, ohne den Zustand zu wechseln und Übungsfragen wiederholt anzuzeigen. Voraussetzung dafür ist die Parametrisierung des `LevelPartEvents` mit der `LevelPartAction NEXT`. Die Zustandsänderungen zweiter Ordnung werden iterativ für alle Einträge in den *Maps* der `OrchestratedSpecialMappings` (siehe Abbildung 8.5) enthält, insofern diese noch nicht aufgeführt sind. Zustandsänderungen dritter Ordnung werden in den Apps ersetzt, in denen ein entsprechender Marker in der Bedienoberfläche hinterlegt wurde. Sie enthalten neben einer Standardbezeichnung die Identifikatoren der Übungsfragen.

Anschließend werden in jeder Bedienoberfläche der App, welche die Hintergrundatmosphäre steuert, die Audio-Wiedergabe der Hintergrundmusik ergänzt. Dies geschieht ausschließlich in den *HTML-Bodies*, bei denen kein parallel angezeigter Inhalt eines anderen Abschnitts eine Video- oder Audio-Wiedergabe enthält. Audioeffekte der `LevelPartActions` sind davon ausgenommen, da sie über das *Script*-Element eingebunden werden. Der *HTML-Body* der Bedienoberfläche des ersten Zustands wird nun in einer lokalen Variable zwischengespeichert. Alle weiteren *HTML-Bodies* werden in ein *Array* konvertiert, welches den Austausch der Bedienoberfläche durch den Wechsel erster Ordnung ermöglicht.

Im letzten Schritt der `app.html` Erzeugung werden die aufbereiteten `AppChapter`-Felder in die Datei geschrieben. Zunächst werden alle CSS-Klassen in ein *Style*-Tag geschrieben, falls die Klasse nicht durch ein vorheriges `AppChapter` bereits hinzugefügt wurde. Ebenso werden *Styles* eingefügt, die für alle Bedienoberflächen identisch sind. Beispielsweise die Anzeigedauer der Anleitungen zur Verwendung von Eingabegeräten.

Anschließend werden alle *Script*-Anteile geschrieben. Die in den *Script*-Teilen der einzelnen `AppChapter` befindlichen Marker werden zuvor durch den `JSInjectionService` gemäß der in den Feldern `DisseminatedContentState` und `DisseminatedSpecialFunctionGroups` hinterlegten Strings ersetzt. `DisseminatedCustomizedStates` wurden bereits bei der Integration der Übungsfragen in die *Body*, *Style* und *Script*-Felder des `AmbientAppChapters` ersetzt. Zuletzt wird der zwischengespeicherte erste *HTML-Body* zwischen die entsprechenden Tags geschrieben. Die `app.html` ist damit vollständig generiert.

Für die Erstellung der `configuration.xml` wird lediglich die *UUID* der jeweiligen Teilanwendung in einem für `Ambient Serious Game`-Teilanwendungen angelegten *Template* ersetzt. Abhängig von den in der `AmbientApp` hinterlegten Eigenschaften wird nun ein *XML-Template* für die Selbstbeschreibung ergänzt. Eingabegeräte sind bereits in den *Templates* eingetragen und müssen nicht vom Generator ergänzt werden. Abhängig des aus den *HTML*-Dateien hervorgehenden Bedarfs an die Anzahl der Eingabegeräte wird ein

anderes Template verwendet. Erfordert die Anwendung Eingabegeräte zur Steuerung von Spielelementen und Fragen ist das Template umfangreicher, als bei keiner benötigten Steuerung oder ausschließlich der Steuerung zur Beantwortung von Fragen. Im Device-Abschnitt werden für die Zustandsänderungen erster Ordnung je ein empfangender und ein sendender Zustand eingefügt. Ebenso werden für die Zustandsänderungen dritter Ordnung sendende Zustände angelegt. Zustandsänderungen zweiter Ordnung werden als Zustandsgruppen ergänzt. Alle `DisseminatedSpecialFunctionGroups` werden als sendende Zustandsgruppe angelegt. Für jeden Eintrag in den `OrchestratedSpecialMappings`, wird eine empfangende Zustandsgruppe angelegt. Dies erlaubt die Übergabe von Parametern zwischen den Apps, welche im Spiel weiterverwendet werden können. Falls es sich bei der App um die Steuerung der Raumatmosphäre handelt, werden die Zustände für die Hintergrundbeleuchtung ebenfalls eingefügt. Dies betrifft den `Devices`-Abschnitt, sowie den `TaskAnalysis`-Abschnitt. Im Abschnitt `Orchestration` werden nun alle empfangenden Zustände ergänzt. Damit Zustandswechsel erfolgen können, werden hier ebenfalls alle sendenden Zustände aufgeführt, die zum Zustandswechsel führen können. Dies wird im Abschnitt `Raummodul` näher erläutert.

Quellcode 8.5: Beispiel einer `loggerConfig.xml` mit einer Übungsfrage

```

1 <LoggerConfiguration>
2   <pseudonym>socializer</pseudonym>
3   <playerType>SOCIALIZER</playerType>
4   <title>OperationSternenraub</title>
5   <level>0</level>
6   <questions>
7     <question>
8       <id>7358535773170256638</id>
9       <questionText>Welche Rechnungen sind richtig und welche falsch?</
10        questionText>
11       <correctAnswer>Die korrekten Antworten sind: 2 * 14 = 28</correctAnswer>
12     </question>
13   </questions>
14 </LoggerConfiguration>

```

Die `loggerConfiguration.xml` Datei enthält alle Angaben, die nach der Spieldurchführung in irgendeiner Weise persistiert werden müssen. Dazu werden alle Übungsfragen, inklusive ihres Identifikators, der ausführlichen Frage und aller korrekten Antworten hinterlegt. Diese werden von der Protokollanwendung später in das Spielprotokoll für die Studierenden übertragen. Dort ist ersichtlich welche Fragen wie häufig falsch beantwortet wurden und welche Antwort korrekt ist. Das Protokoll kann händisch in das LMS übertragen werden, um den Studierenden die Reflektion über ihren Wissensstand zu ermöglichen. Ebenso enthält die Konfiguration das Pseudonym, den Spielertyp, den Spielertitel und die Levelnummer. Diese Daten werden von der Protokollanwendung gemeinsam mit den neuen Spielinformationen in die `HOLU`-Datenbank übertragen und dienen der Möglichkeit, aufbauende Level eines Spiels durchzuspielen. Format und Inhalte sind zur Übersicht in

Ausschnitt 8.5 dargelegt. Alle Daten der `loggerConfiguration.xml` werden vom Generator aus den Nutzerdaten und den übertragenen Übungsdaten herausgelesen und abschließend in die Datei geschrieben.

Damit die Anwendung Informationen darüber erhält, welche Spielinformationen erspielt werden und welche Fragen in welcher Häufigkeit falsch beantwortet werden, müssen entsprechende Zustände in der Selbstbeschreibung der Anwendung hinterlegt werden. In der Selbstbeschreibung werden empfangende Zustände für alle Zustandsänderungen dritter Ordnung für falsch beantwortete Fragen sowie ein Zustand für den letzten Zustand im gesamten Spielablauf hinterlegt. Für Spielinformationen werden empfangende Zustandsgruppen für alle `OrchestratedSpecialMappings` ergänzt. Jeder Zustand erhält im `Orchestration`-Abschnitt der Selbstbeschreibung einen entsprechenden Auslöser, der es erlaubt den Zustand durch die Protokollanwendung zu verarbeiten. Die Realisierung der Anwendung wird ebenfalls im Abschnitt 8.3 erläutert.

Alle erzeugten Dateien werden auf einem *Webserver* abgelegt, der die Dateien für Geräte im gleichen Netzwerk verfügbar macht. Die Generierung ist damit abgeschlossen.

## 8.3 Raummodul

Nach der Bereitstellung der Dateien werden die Anwendungen im Raum verteilt. Den wesentlichen Anteil an der Verteilung der Teilanwendungen und der Vermittlung von Ein- und Ausgabegeräten übernimmt dabei das `Reflection`-Framework. Zunächst werden die sich vor der Verteilung im Raum befindlichen Anwendungen und Geräte beschrieben. Dabei wird sich auf die im Kontext der HOLU-Referenzimplementierung verwendeten Geräte beschränkt. Es können weitere `reflectionfähige` Geräte und Anwendungen im Raum vorhanden sein, die nicht beschrieben werden. Anschließend wird darauf eingegangen wie der Verteilungsprozess vonstatten geht. Aufgrund der Einbindung von `Reflection` in die Referenzimplementierung basiert dieser Teil der Realisierung auf Vorarbeiten, die von Burmeister (2018) und Kordts (2023) vorgestellt wurden, sowie Erweiterungen des Framework, welche in Zusammenarbeit mit Kordts entstanden sind. Details zur Abgrenzung des Eigenanteils ist dem Abschnitt Publikationen zu entnehmen.

Wie in Abbildung 7.15 und 8.1 abgebildet, ist der Raum mit smarten Geräten ausgestattet. Diese sind mit Hilfe der durch `Reflection` bereitgestellten `Smart Object Library` in das Framework integriert. Sie befähigt Smarte

Objekte zur Selbstreflexion, übernimmt die Netzwerkkommunikation, verarbeitet eingehende sowie ausgehende Nachrichten und unterstützt Interaktionen über *Invocations*. Mit dem `SmartObjectBuilder` bietet die Bibliothek eine Programmierschnittstelle zur Bereitstellung, Initialisierung und Ausführung eines Smarten Objekts. *UUIDs* identifizieren die Objekte eindeutig. Die Bibliothek nutzt *Java Architecture for XML Binding (JAXB)* zur Verarbeitung von *SODL*-Selbstbeschreibungen und stellt Dienste zur Selbsterklärung, Präsentation, Vernetzung und Lokalisierung bereit [13, 261]. Im Kontext der Referenzimplementierung liegt folgende Hardware entsprechend der Verwendungszecke vor:

**Feedback-Lampen** Netzwerkfähige Glühbirnen der Marke YEELIGHT, welche durch den Hersteller mit einer Netzwerk-Schnittstelle ausgestattet sind.

**Hintergrundbeleuchtung** Moving Head Spots, welche durch den DMX-Standard über Kabel gesteuert werden können. Ein ArtNet zu DMX-Adapter macht die Kommunikation über das Netzwerk möglich.

**Eingabegeräte** Arcade Button Boards, die über einen Zero Delay Controller mittels USB an einen Rechner verbunden werden können.

**Protokollanwendung** Notebook mit Windows 10 Betriebssystem und eingebauter WLAN-fähiger Netzwerkkarte.

**Spiel-Teilanwendungen** Notebooks mit Ubuntu-Betriebssystem, externem Monitor und eingebauter WLAN-fähiger Netzwerkkarte.

Die Integration der `Smart Object Library`, sowie die implementierten und in der Selbstbeschreibung hinterlegten Funktionen werden im Folgenden genauer erläutert. Anschließend wird die Vermittlung der Geräte und die Auslieferung der Teilanwendungen dargelegt.

Die YEELIGHT-Glühbirnen sind mit einem Protokoll ausgestattet, dass die Entdeckung der Geräte über *Simple Service Discovery Protocol (SSDP)* ermöglicht. Dabei können über einen *Multicast* alle Geräte gefunden werden, die sich im selben Netzwerk befinden. Anschließend wird eine Verbindung über das *Transmission Control Protocol (TCP)* aufgebaut. Bestimmte Glühbirnen können durch einen Identifikator verbunden werden, der bei Verbindungsaufbau bekannt sein muss. Die Kommunikation erfolgt anschließend über den Austausch von Nachrichten im *JSON*-Format. Für die Integration in `Reflection` wird eine in *Java* implementierte Version des Protokolls [285] verwendet. Mittels `SmartObjectBuilder` wird nun ein YEELIGHT angelegt, welches als smartes Gerät an `Reflection` teilnehmen kann und die in der Selbstbeschreibung festgelegten Funktionen anbietet. Dies umfasst das Wechseln der Farbe in eine der sechs Grundfarben, sowie neutrales, warmes oder kaltes Weiß. Zudem ist eine Anpassung der Helligkeit in vier

Stufen sowie auf einer feineren Skala über 255 Werte, die Veränderung der Sättigung ebenfalls als kontinuierlicher Wert möglich. Außerdem bietet es die Möglichkeit die Glühbirne kurz blau, oder etwas länger in den Farben Grün, Rot oder Weiß aufleuchten zu lassen. Das kurze Aufleuchten in Blau dient der Rückmeldung einer fertig aufgebauten Verbindung. Die Farbe wurde ausgewählt, da ihr keine semantische Bedeutung während des Spielens zugeschrieben ist. Die Instanz, welche die Glühbirne in das `Reflection`-Framework einbindet, benötigt für die Kommunikation innerhalb des Framework eine eigene *Internet-Protocol-Adresse (IP-Adresse)*. Zu diesem Zweck wurde für jede im Raum verfügbare Glühbirne ein Einplatinencomputer mit der Software ausgestattet, welche die Kommunikation zwischen der Glühbirne und `Reflection` übernimmt. Sobald die Verbindung zwischen Computer und Glühbirne aufgebaut ist, wird dies durch einmaliges blaues aufleuchten signalisiert.

Damit eine Netzwerkkommunikation mit den Moving Head Spots möglich ist, muss zunächst eine Umwandlung von ArtNet-Signalen auf DMX stattfinden. DMX ist ein standardisiertes Protokoll zur digitalen Steuerung von Lichtgeräten. Bei ArtNet handelt es sich um einen Standard, der es ermöglicht über *User Datagram Protocol (UDP)* DMX-Steuersignale an IP-Adressen zu senden. Mittels Adapter können diese Nachrichten in DMX umgewandelt und über Kabel an die Head Spots übertragen werden. Die Steuersignale werden dabei über ein 512-Byte-Array an den Adapter übertragen. Die Head Spots bieten die Kommunikation über 8-, 15- oder 20-Kanal DMX. Jeder Kanal wird durch ein Byte belegt, dessen Werte verschiedenen Funktionen des Head Spot steuern. Für die Implementierung der `Reflection`-Anbindung der Head Spots ist das 20-Kanal-DMX-Protokoll umgesetzt, da es die Steuerung umfangreicher Funktionen erlaubt. Es werden die niedrigsten 20 der 512 Bytes mit Werte belegt, welche die gewünschten Einstellungen repräsentieren und an den Adapter übertragen. Dieser übermittelt die Werte an einen der Head Spots, welche in Reihe über Kabel verbunden sind und die jeweiligen Werte interpretieren. Die Anbindung an `Reflection` ist ebenfalls über die `Smart Object Library` realisiert. Dabei wurde eine bestehende Implementierung an die 20-Kanal-DMX-Belegung der Head Spots angepasst. Diese nutzt eine Java-Bibliothek, welche die *UDP*-Kommunikation an den ArtNet-Adapter implementiert [286]. Die Implementierung der Steuerung erlaubt das Einstellen der Ausrichtung, der Lichtfarbe und Helligkeit, sowie verschiedene Effekte. In der Selbstbeschreibung sind davon die Steuerung der Intensität von Rot-, Blau oder Grünanteilen, sowie der Helligkeit umgesetzt. Zudem ist es möglich einen Effekt auszulösen oder den Head Spot in seine Ausgangsposition zu versetzen und das Licht auszuschalten. Diese Teilmenge an Funktionen ist umgesetzt, da sie für den Einsatz, eine Raumatmosphäre zu erzeugen, sinnvoll erschienen. Durch eine Erweiterung der Selbstbeschreibung und deren Verknüpfung mit dem ArtNet-Controller

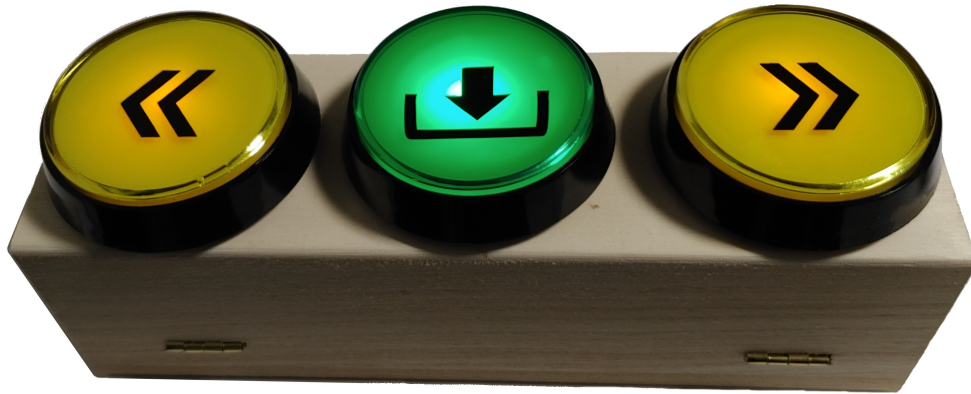


Abbildung 8.9: Arcade Button Boards aus eigener Herstellung

können weitere Funktionen einfach umgesetzt werden. Für die Anbindung der Head Spots an das *Reflection*-Framework, wird die zuvor beschriebene Software ebenfalls auf einem Einplatinencomputer ausgeführt. Ist eine Verbindung zwischen dem Computer und den Head Spots aufgebaut, leuchten diese einmalig rot auf.

Im Zuge dieser Arbeit wurden speziell für den Anwendungskontext vorgesehene Eingabegeräte hard- und softwareseitig konzipiert und realisiert. Diese Arcade Button Boards sind in Abbildung 8.9 dargestellt. Sie bestehen aus drei Arcade Buttons, welche durch Druck auf die Oberfläche einen Schalter auslösen, der Strom an eine Platine weiterleitet, sobald der Schaltvorgang ausgelöst wird. Jeder dieser Buttons ist über Kabel an eine Platine gebunden, welche in der Funktion eines Encoders die empfangenen Signale umwandelt und digital über USB an einen Computer weiterleitet. In jedem der Buttons befindet sich eine Leuchtdiode, welche über einen 5-Volt-Ausgang an der Platine mit Strom versorgt wird. Um den Buttons eine semantische Bedeutung zuzuweisen, sind drei Symbole auf die Buttons aufgebracht: Ein Pfeil in rechter Ausrichtung, einer in linker Ausrichtung und ein Pfeil nach unten, welcher auf eine Klammer zeigt und das Eingabesymbole repräsentieren soll. Die Symbole sind mittels eines Schneidplotters aus schwarzer ablösbarer Folie herausgeschnitten und auf die Buttons geklebt. Für jeden Button ist eine runde Auslassung in der Größe von 2,5 cm in eine Holzkiste gefräst, durch die sie geführt sind. Im Inneren der Kiste können die Kabel und die Platine des Encoders verstaut werden. Auf der Unterseite befindet sich ein Auslass für das USB-Kabel. Für die *Reflection*-Anbindung wurde die *JInput*-Bibliothek [287] verwendet, welche die USB-Signale der Platine in *Java* verfügbar macht. Durch ständiges Abfragen des Signals wird ein Knopfdruck erkannt und dessen Identifikator an eine

Anwendung übergeben. Diese werden anhand des Identifikators gefiltert und an eine Funktion übergeben, welche den Eingang des Signals mittels `Reflection` überträgt. Dies ist möglich, da die Anwendung durch Einbindung der `Smart Object Library` mittels `SmartObjectBuilder` ein smartes Objekt darstellt und an `Reflection` teilnehmen kann. Zu diesem Zweck ist die Funktion mit einer Beschreibung verknüpft, welche den Button in der Selbstbeschreibung repräsentiert.

Die Protokollanwendung ist eine Ambiente Anwendung, welche ebenfalls durch die `Smart Object Library` direkt an `Reflection` gebunden ist. Wie bereits im Abschnitt 8.2 beschrieben, wird vom Generator eine Selbstbeschreibung für diese Anwendung generiert und auf dem Webserver verfügbar gemacht. Die Protokollanwendung wird per `SmartObjectBuilder` initialisiert, wobei die generierte Selbstbeschreibung referenziert wird. Die Dort eingetragenen Zustandsänderungen dritter Ordnung sind mit dem Präfix `IncorrectQuestion` versehen, welchem der Fragenidentifikator folgt. Die Anwendung hört auf alle gesendeten Wechsel dieser Ordnung, filtert diese anhand des Präfix, liest den Identifikator heraus und speichert die Anzahl der Fehlversuche in einer `Map`. In der Selbstbeschreibung ist ebenfalls der Zustandswechsel erster Ordnung beschrieben, welcher den letzten Zustandswechsel im gesamten Spiel repräsentiert. Dieser führt in der Protokollanwendung dazu, dass das Protokoll anhand der `Map` erzeugt wird und die erfassten spielbezogenen Daten in die HÖLU-Datenbank geschrieben werden. Das Protokoll wird mittels der in der `loggerConfiguration.xml` hinterlegten Daten erstellt und lokal auf dem Rechner, welcher die Anwendung ausführt, gespeichert. Für die Integration in den Hochschulalltag ist zur Übertragung des Protokolls in das LMS eine `REST`-Schnittstelle vorgesehen. Damit diese einfach implementiert werden kann, ist die Protokollanwendung ebenfalls als `Spring-Boot`-Anwendung umgesetzt. Um spielbezogene Informationen in die Datenbank zu übertragen, sind in der Selbstbeschreibung alle Zustandswechsel zweiter Ordnung aufgeführt. Deren Parameter werden in eine Zeichenkette geschrieben, die in der Datenbank abgelegt wird. Nach dem Schreibprozess beendet die Anwendung das Smarte Objekt und startet ein neues, sobald eine neue Selbstbeschreibung erzeugt wird. Zu diesem Zweck wird die Anwendung vom Generator nach der Erzeugung der Beschreibung über `REST` informiert.

Die Integration der Spiel-Teilanwendung erfolgt auf einem anderen Weg, als bei den oben beschriebenen Geräten, da sie über den `VirtualDeviceDaemon` an `Reflection` gebunden werden. Die Herausforderung besteht dabei darin, dass die Spiele nach der Generierung im Raum verteilt und nach Beendigung des Spiels wieder beendet werden müssen, damit die bestehenden Geräte ein anderes Spiel bereitstellen können. Zu diesem Zweck wurde das `Reflection-Framework` um eine Anwendungsverwaltung erweitert, die sich `App-Management` nennt. Diese Funktion wird nun anhand des

Prozesses der Auslieferung der Spiele genauer beschrieben. Nachdem die Generierung der Teilanwendungen abgeschlossen ist, sendet das aLMS die Aufforderung das Spiel zu starten an den Vermittler des Raummoduls, das im Reflection-Kontext als `DescriptionMediator` bezeichnet wird. Dieser *REST-Request* umfasst Informationen, welche der Anwendungen mit welcher Version des `VirtualDeviceDaemon` ausgeliefert werden soll. Damit Geräte zur Verfügung stehen und durch den Mediator auf die Spielanwendung heraufgestuft werden können, müssen diese bereits zur Teilnahme am Reflection-Framework befähigt sein. Zu diesem Zweck werden auf den Notebooks, welche für die Spielanwendungen vorgesehen sind, Minimalinstanzen einer Reflection-Anwendung ausgeführt. Diese werden `AppManager` genannt. Ein `AppManager` referenziert eine Selbstbeschreibung, welche im Wesentlichen die technischen Eigenschaften des Gerätes in Form von *MIME-Types* beschreibt. Anhand dieser Eigenschaften, beispielsweise Ausgabekapazitäten für eine Webseite oder Audiosignale, werden die Anwendungen den Geräten zugeordnet. Mittels der Informationen, die über *REST* an den Mediator gesendet werden, wird der `AppManager` angewiesen, die auf dem Webserver bereitgestellten Dateien herunterzuladen. Anschließend soll der `Manager` den `VirtualDeviceDaemon` auszuführen und die `app.html` der Anwendung im Browser zu öffnen. Der `VirtualDeviceDaemon` kommuniziert über einen *WebSocket* mit der Webanwendung und gibt Events und Informationen, die über Reflection kommuniziert werden, an die Webanwendung weiter. Zu diesem Zweck ist wie im Abschnitt 8.2 beschrieben, im oberen Abschnitt des *JavaScript*-Anteils der `app.html` der `Virtual Device Deamon` initialisiert. Kommt es zum letzten Zustandswechsel erster Ordnung, wird die Anwendung über den `Virtual Device Deamon` beendet. Dabei wird der `AppManager` automatisch angewiesen den Browser zu schließen. Das Gerät wird anschließend auf die Minimalinstanz herabgestuft. Es kann das nächste Spiel gestartet werden.

Nach der Heraufstufung des `AppManagers` liegen alle smarten Geräte vor, die für die Durchführung des Spiels im Raum notwendig sind. Der `DescriptionMediator` vermittelt nun die Ein- und Ausgabegeräte mit den jeweiligen Teilanwendungen. Dies geschieht auf Basis der generierten Selbstbeschreibungen und einem probabilistischem Vermittlungsverfahren anhand geeigneter Kriterien (vgl. [261]). Dabei werden `LexicalLevel` und `AlphabeticLevel` der Aus- bzw. Eingabegeräte miteinander verbunden. Sie sind im *TaskAnalysis*-Abschnitt der Selbstbeschreibung definiert. Die Ausschnitte 8.6 und 8.7 zeigen dies am Beispiel des Arcade Button Boards und einer Spiel-Teilanwendung.

Quellcode 8.6: Auszug aus der Selbstbeschreibung eines Arcade Button Boards für das AlphabeticLevel des Eingabe-Button. Die zugehörigen PhysicalLevels wird zwecks Übersichtlichkeit nur angedeutet.

```

1 <AlphabeticLevel id="ArcadeButtonBoard:ButtonBoard:ButtonEnter">
2   <Alphabetic>
3     <GestureInput>
4       <Name>Click</Name>
5     </GestureInput>
6     <ThisComponent idref="Comp:ButtonBoard"/>
7     <ThisStateGroup idref="Comp:ButtonBoard:ButtonEnter"/>
8   </Alphabetic>
9   <!--Definition der PhysicalLevel-->
10 </AlphabeticLevel>

```

Quellcode 8.7: Auszug aus der Selbstbeschreibung einer Spiel-Teilanwendung für das SemanticLevel und das LexicalLevel des Eingabe-Button.

```

1 <SemanticLevels>
2   <Choice>
3     <SemanticLevel id="GamePart:Question:Answer:ButtonEnter">
4       <Semantics>
5         <ChangeThisState>
6           <ThisStateGroup idref="Comp:Question:Button"/>
7           <ToThisState idref="Comp:Question:Button:ButtonEnter"/>
8         </ChangeThisState>
9         <ThroughUseOfComponent idref="Comp:Question"/>
10        </Semantics>
11        <LexicalLevels>
12          <Sequence>
13            <LexicalLevel id="GamePart:Question:Answer:Enter:lexical">
14              <Lexical>
15                <ModifyThisStateGroup idref="Comp:Question:Button"/>
16              </Lexical>
17            </LexicalLevel>
18          </Sequence>
19        </LexicalLevels>
20      </SemanticLevel>
21    </Choice>
22 </SemanticLevels>

```

Somit wird eine direkte Verbindung zwischen den beiden Geräte über *UPnP* hergestellt. Anschließend wird der *DescriptionMediator* für die Kommunikation zwischen den Geräten nicht mehr benötigt. Erfolgt eine Eingabe, informiert der *VirtualDeviceDaemon* die Webanwendung durch das Auslösen eines Events. Die Verarbeitung der übermittelten Information wird in Ausschnitt 8.8 dargelegt.

Quellcode 8.8: Auszug aus der *app.html* welcher die Verarbeitung eines Button-Klick auf den Eingabebutton zeigt.

```

1 window.vdws.on("GamePart:Question:Answer:ButtonEnter",
2   "Comp:Question:Button", function(invobj) {
3     //receives invocations for semantics turn on.
4   });

```

Neben Ein- und Ausgabegeräten ist es im verteilten System notwendig, dass die einzelnen Anwendungen einander beeinflussen können. Die Referenzimplementierung setzt dies durch die Orchestrierung von Zustandswechseln um. Wie in den Ausschnitten 8.2 und 8.3 dargestellt, wird dies durch den

Orchestration-Abschnitt der Selbstbeschreibung definiert. Die Verarbeitung der Orchestrierung stellt ebenfalls eine Neuerung am Reflection-Framework dar.

Quellcode 8.9: Auszug aus der Selbstbeschreibung einer Spiel-Teilanwendung für die Orchestrierung zwischen den Anwendungen mittels `OrchestrateStates` bei der die Auslöser *ODER* verknüpft sind. Bei einer *UND*-Verknüpfung ist das `<OnAny>`-Tag durch ein `<OnAll>`-Tag ersetzt.

```
1 <OrchestrateState id="GamePartNull:Orchestration:AppContentOne">
2 <ChangeThisState>
3 <ThisStateGroup idref="Comp:App:Content" />
4 <ToThisState idref="Comp:App:Content:AppContentOne:Receive" />
5 </ChangeThisState>
6 <ThisDevice idref="OperationSternenraubDeLuxeEdtGamePartNull" />
7 <ThisComponent idref="Comp:App" />
8 <Cycle>WhenCompletedOnly</Cycle>
9 <OnAny>
10 <OrchestrationTrigger
11 id="GamePartNull:Orchestration:AppContentOne:GamePartNull">
12 <InvolvedDevice idref="GamePartNull" />
13 <InvolvedComponent idref="Comp:App" />
14 <InvolvedStateGroup idref="Comp:App:Content" />
15 <ToThisState idref="Comp:App:Content:AppContentNull:Disseminate" />
16 </OrchestrationTrigger>
17 s<OrchestrationTrigger
18 id="GamePartNull:Orchestration:AppContentOne:GamePartOne">
19 <InvolvedDevice idref="GamePartOne" instanceId="b2d9312a-87cb-4ea3-9aae
20 -8909fe35a800" />
21 <InvolvedComponent idref="Comp:App" />
22 <InvolvedStateGroup idref="Comp:App:Content" />
23 <ToThisState idref="Comp:App:Content:AppContentNull:Disseminate" />
24 </OrchestrationTrigger>
25 </OnAny>
26 </OrchestrateState>
```

Orchestrations können in der Selbstbeschreibung als `OrchestrationMapping` oder als `OrchestrateState` beschrieben werden. Die Unterscheidung ist dabei ähnlich der Beschreibung kontinuierlicher Eingaben gestaltet [13]. Das Gerät, welches den eigenen Zustandswechsel im Netzwerk bekannt gibt (im Folgenden als Sender bezeichnet), gibt dieser Information einen Parameter mit, der bei den Empfängern abgerufen und verarbeitet werden kann. Dies betrifft im *HOLU*-Kontext alle Zustände zweiter Ordnung. Empfangende Geräte sind dabei alle smarten Geräte, die diesen Zustandswechsel abonnieren. Die Informationen werden dabei über *UPnP* an alle Abonnenten im Netzwerk übermittelt. Aufgrund dessen wird im Generator eine Selbstbeschreibung erzeugt, welche alle Zustandswechsel beinhaltet, die einen Zustand der jeweiligen Teilanwendung beeinflussen können (vgl. Abschnitt 8.2). Im Falle eines Mappings, wird für jeden Sender ein Mapping angelegt, das beschreibt inwiefern kontinuierliche Zustände aus dem Wertebereich des Senders in den Wertebereich der Zustandsgruppe des Empfängers überführt werden sollen. Dem `OrchestrationMapping` steht der `OrchestrateState` gegenüber. Hierbei wird kein Parameter zwischen den Geräten bzw. Zuständen übergeben. Der Zustandswechsel des Senders wird dabei ebenfalls an alle Abonnenten über *UPnP* übertragen. Ein weiterer Unterschied zwischen den beiden `Orchestrations` besteht darin, dass

alle auslösenden Zustände, in einem `OrchestrateState` gruppiert werden können, sofern sie denselben Wechsel beim Empfänger verursachen. Je nach *UND*- oder *ODER*-Verknüpfung der einzelnen auslösenden Zustände (vgl. Abschnitt 7.4), werden die Auslöser in einem `<OnAll>` oder `<OnAny>` Tag beschrieben. Ausschnitt 8.9 der Selbstbeschreibung, zeigt definierte `OrchestrateStates` in einer `<OnAny>` Gruppierung. Im HOLLU-Kontext wird dies für Zustandswechsel erster oder dritter Ordnung verwendet.

Quellcode 8.10: Auszug aus der `app.html` welcher die Verarbeitung einer Orchestrierung zeigt

```

1  window.vdws.onOrchestration('GamePartNull:Orchestration:AppContentOne', '
    Comp:App:Content', 'Comp:App:Content:AppContentOne:Receive', function
      (invobj) {
2    //Veraenderung der Raumbeleuchtung
3    window.vdws.sendMessage('Comp:RoomAtmosphereLight:Red',
        'Input Custom', ['30']);
4    window.vdws.sendMessage('Comp:RoomAtmosphereLight:Green',
        'Input Custom', ['10']);
5    window.vdws.sendMessage('Comp:RoomAtmosphereLight:Blue',
        'Input Custom', ['250']);
6    window.vdws.sendMessage('Comp:RoomAtmosphereLight:Brightness',
        'Input Custom', ['50']);
7    window.vdws.sendMessage('Comp:RoomAtmosphereLight:EffectToggle',
        'Input Custom');
8    //Veraenderung des angezeigten HTML-Bodies
9    document.body.innerHTML = window.bodies.at(12).toString();
10   // Re-Initialisierung der Reaktion auf Invocations
11   window.vdws.listeners = [];
12   registerButtonsForSuspension();
13  });

```

Der `VirtualDeviceDaemon` leitet die per UPnP empfangenen Nachrichten zur Orchestrierung mittels *WebSocket*-Verbindung an die Anwendungen weiter. Durch die bei der Generierung erzeugte Initialisierung des `VirtualDeviceDaemons` sowie die in der `app.html` definierten Konsequenzen einer Orchestrierung (siehe Quellcode-Ausschnitt 8.10) oder *Invocation* sind die Apps in der Lage, Eingaben zu verarbeiten oder Zustandswechsel untereinander zu kommunizieren. Außerdem übernimmt dieser Abschnitt die initiale Einstellung der Raumbeleuchtung. Sobald alle notwendigen Verbindungen zwischen den dafür zuständigen Anwendungen und den Ein- und Ausgabegeräten bestehen, werden die Head Spots auf die Beleuchtung eingestellt, welche für den ersten Zustand in der Spielbeschreibung hinterlegt wurde.

Im Kontext des `Reflection`-Framework sind bereits weitere Ein- und Ausgabegeräte für eine Einbindung vorbereitet. Dies umfasst beispielsweise Gestencontroller (vgl. [257]) oder Lampen der Marke Phillips Hue. Diese Komponenten können ebenfalls in die Spiele eingebunden werden. Da der Mediator smarte Geräte anhand der oben beschriebenen Ähnlichkeiten der Selbstbeschreibung miteinander verbinden kann, wird die Vermittlung immer zu einer Verbindung mit dem Arcade Button Boards führen. Voraussetzung ist dafür die ausreichend verfügbare Anzahl der Geräte. Änderungen

an den Vorlagen zur Selbstbeschreibung können zu einer Abweichung von diesem Vorgehen führen, sind allerdings in der Referenzimplementierung nicht umgesetzt. Sind nicht genügend Arcade Button Boards verfügbar, wird durch die dynamische Kopplung ein anderes, laut Selbstbeschreibung passendes Gerät gewählt. In den Anwendungen aufgeblendeten Tutorials (siehe Quellcode 8.4) zeigen die Verknüpfung zwischen den Eingabegeräten und den Spielfunktionen, sofern dies notwendig ist. Die Referenzimplementierung geht allerdings von der ausreichenden Verfügbarkeit von Arcade Button Boards aus.

Inwiefern H<sub>0</sub>LU erweitert werden kann und welche Möglichkeiten sich durch implementierte oder vorgesehene Funktionen des Reflection-Frameworks ergeben, wird im Kapitel 10 dieser Arbeit diskutiert.

## 8.4 KI-Modul

Das KI-Modul ist wie bereits beschrieben ebenfalls in Java Spring-Boot als Modul umgesetzt. Dieses übernimmt die Kommunikation zum Server des LLM. In der Referenzimplementierung stellt dies eine lokal installierte Instanz von OllamaModel german7B [288] dar. Ollama stellt ein LLM zur Verfügung [289], dessen lokale Instanz die Kommunikation über *REST* erlaubt. Dabei werden die Prompts als *REST-Request* übertragen und die Ausgabe des Modells zurückgesendet. Es ist möglich die Ausgabe in Teilen zu streamen, oder abzuwarten und die vollständige Antwort zu bekommen. Das KI-Modul sieht in der Referenzimplementierung die automatische Vervollständigung von Bedienoberflächen mittels KI vor. Für die Generierung wird die Antwort abgewartet und anschließend in die Spiele integriert.

Da die Referenzimplementierung die Erzeugung neuer Antworten nicht vorsieht und abgesehen vom Editor-Teilmodul, keine weiteren Schnittstellen zum KI-Modul vorgesehen sind ist keine weitere Implementierung an dieser Stelle notwendig. Die von Ollama zur Verfügung gestellte Software bringt alle notwendigen Funktionen mit sich, sodass nur die Restschnittstelle im KI-Modul implementiert werden muss. Das Model german7B ist ein ressourcenschonendes Model, dass die Ausführung auch auf weniger leistungsfähigen Rechnern erlaubt. Abhängig von der Rechenleistung des Servers, auf dem H<sub>0</sub>LU betrieben wird, kann alternativ ein leistungsfähigeres Modell verwendet werden. Im Quellcode muss dazu lediglich die Modellbezeichnung im *REST-Request* angepasst werden.

Durch die Auslagerung des KI-Modul als eigenständiges Java Spring-Boot Modul, kann das Modul einfach ergänzt werden. Die Konvertierung von Frageformen könnte innerhalb des Moduls in Java implementiert werden. Dabei könnte auf die in der Literatur vorgestellten genetischen Verfahren zurückgegriffen werden (vgl. Abschnitt 6.2).

## 9 Evaluation

Hinsichtlich der Generierung und Auslieferung durchführbarer Ambient Serious Games durch das *HOLU-Framework* erscheinen zunächst folgende Forschungsfragen naheliegend:

- (a) Ist das Framework in der Lage Ambiente Serious Games zu generieren?
- (b) Können die generierten Spiele im Raum ausgeliefert und durchgeführt werden?

Bei einer Prüfung der Durchführbarkeit der Spiele handelt es sich allerdings nicht um eine Messung der Güte entworfenen und erzeugter Spiele, sondern um ein binäres Zielergebnis. Bezüglich der Generierung kann zudem zeitliche Aufwand dieser bei verschiedenen Spielbeschreibungen von Bedeutung sein, da diese einen Einfluss auf die Einsatzmöglichkeiten und Akzeptanz des Generators haben könnte. Eine entsprechende Messung wird im Rahmen einer technische Evaluation durchgeführt, welche die Laufzeit des Generators gemeinsam mit den oben genannten Forschungsfragen adressiert.

Neben dem Generierungsprozess adressiert HOLU indirekt die Anforderungen, welche sich aus der Analyse des ersten Teils der Arbeit ergeben haben. Dies betrifft beispielsweise die Möglichkeiten zur Immersion, zur Darstellung der Tutorials, zur Wahrnehmung des bereitgestellten technischen Setups als ein gesamtes Spiel oder die Anpassung an den Spielertypen. Inwiefern diese Anforderungen durch HOLU ausreichend adressiert werden können, wird in einer Nutzerstudie evaluiert. Dazu ist es erforderlich Spielbeschreibungen und Bedienoberflächen für jeden Spielertypen zu erstellen und daraus Spiele zu generieren. Das Prozedere der Spielerstellung wird dabei ohne Editor durchgeführt, da dieser nicht in der Referenzimplementierung umgesetzt ist. Um Spiele zu evaluieren, welche vorher in Hinblick auf Spielerleben und Gebrauchstauglichkeit untersucht wurden, gehen der Nutzerstudie zwei heuristische Evaluationen voraus. Die Spiele werden durch einen iterativen Prozess im Vorfeld der Studie evaluiert und verbessert, um Einflüsse durch eine schlechte Bedienbarkeit oder Spielbarkeit nach Möglichkeit auszuschließen.

Der folgende Abschnitt beschreibt zunächst die technische Evaluation hinsichtlich der Rechendauer des Generators. Die darauf folgenden Abschnitte beschreiben den Prozess der Spielgenerierung auf Basis der Analyseergebnisse des ersten Teils der Arbeit, gefolgt von den heuristischen Evaluationen der Konzepte bzw. Spiele. Abschließend werden in einer quantitativen Evaluation die Anforderungen adressiert, welche durch HÖLU berücksichtigt werden können. Anforderungen an das Spieldesign werden nicht berücksichtigt, da bei einem Einsatz im Hochschulalltag verschiedene Spiele mit verschiedenen Übungen durchgeführt werden und deren Güte von der jeweiligen Spielgestaltung abhängt. Im anschließenden Kapitel 10 werden Möglichkeiten aufgezeigt, in welcher Weise die Wirkung der generierten Spiele erhoben werden könnten.

## 9.1 Technische Evaluation der Generierung

Die Gestaltung und Durchführung der heuristischen und summativen Evaluation zeigt, dass Spiele generiert, ausgeliefert und durchgeführt werden können. Doch neben der erfolgreichen Generierung ist auch die Dauer des Generierungsprozess interessant, da eine zu hohe Dauer die Akzeptanz der Anwender verringern kann [290]. Dazu wurde eine technische Analyse durchgeführt, in der die Dauer verschiedener Anwendungen gemessen wurde. Die semantische Ausgestaltung der Spiele wird dabei nicht weiter berücksichtigt. Die Messung erfolgte auf einem Microsoft Surface Laptop, mit 32 GB Arbeitsspeicher und einem Intel i7-1056G7 Prozessor. Der Rechner war während der Rechenzeit an die Stromversorgung angeschlossen und andere Anwendungen wurden geschlossen. Die Messung wurde mit der Entwicklungsumgebung IntelliJ IDEA 2023.3.6 (Ultimate Edition) [291] durchgeführt.

Es wird die Dauer des Prozesses mit variierender Anzahl Spielabschnitte und Anwendungen gemessen. Zunächst wird die Prozessdauer gemessen, wenn alle Zustände demselben Typ entsprechen. Dies entspricht:

- (a) Einem Übungszustand, der auf die Beantwortung irgendeiner Frage mit dem Zustandswechsel erster Ordnung reagiert und einen Zustandswechsel dritter Ordnung hervorruft.
- (b) Einem passiven Zustand, der einen Text präsentiert und durch ein narratives Ereignis ausgelöst wird.
- (c) Einem narrativen Zustand, der ebenfalls durch ein narrative Ereignis ausgelöst wird und zudem zwei Zustandsänderungen zweiter Ordnung vorsieht, die durch ein Übungsereignis bzw. ein narratives Ereignis reagieren.

Die Übungen bestehen aus 15 sich wiederholenden unterschiedlichen Fragen. Zwei Lückentextaufgaben, sechs Multiple-Choice Fragen, drei Wahr-Falsch Fragen und vier Zuordnungs-Fragen in gemischter Reihenfolge. Der narrative Zustand enthält eine Frage und Funktionen, welche die Zustandswechsel zweiter Ordnung verarbeiten. Es werden Spiele mit je einer, drei, fünf und zehn Teilanwendungen generiert. Diese enthalten jeweils, einen, fünf, zehn, 20, 50 oder 100 Spielabschnitte. Zudem wird jeweils ein Level generiert.

Die Ergebnisse sind in den Abbildungen und Tabellen 9.1 bis 9.3 dargestellt. Zu beachten ist die abweichenden Achsenskalierung bei der Berechnungsdauer in Abbildung 9.1. Zunächst ist zu erkennen, dass die Generierung von passiven Zuständen die kürzesten Prozesszeiten verursacht. Dies liegt vermutlich darin, dass weder Fragen eingebunden werden, noch die Bestimmung auslösender Zustände benötigt wird. Die Generierung der narrativen Zustände weist im Maximum eine Dauer von etwa 10,25 Sekunden auf. Die Erzeugungsdauer der Übungszustände beträgt maximal etwa 14,96 Sekunden. Dies liegt vermutlich an der Bestimmung der Zustände bzw. der Bestimmung, welche Frage welcher Anwendung zugeordnet wird. Es ist klar zu erkennen, dass Spiele mit mehreren Anwendungen eine längere Prozesszeit benötigen und ebenso ein Spiel mit mehr Abschnitten mehr Zeit beansprucht. Im Fall von genau einer erzeugten Anwendung kommt es dabei zu Abweichungen, die möglicherweise auf Hintergrundprozesse zurückzuführen sind.

Es zeigt sich, dass die maximale Dauer des Generierungsprozess bei der Verwendung des beschriebenen Geräts bei unter 15 Sekunden liegt, wobei Spielbeschreibungen mit einem Umfang von 100 Abschnitten wahrscheinlich deutlich über dem typischen Umfang der Lernspiele liegen (vgl. Spielbeschreibungen in Abschnitt 9.2). Zudem fällt auf, dass im Bereich zwischen einer und drei Anwendungen, die Anzahl der Spielabschnitte weniger Einfluss zu haben scheint. Dies dürfte auf den Rechenaufwand zur Bestimmung auslösender Ereignisse zurückzuführen sein, da jede zusätzliche Anwendung zusätzlich Iterationen im Prozess hervorruft.

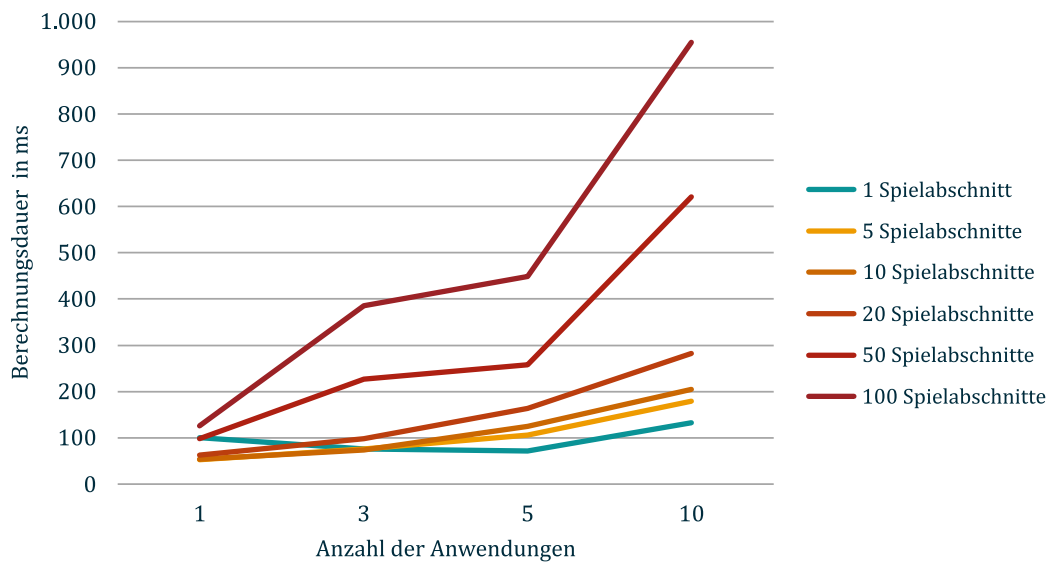


Abbildung 9.1: Vergleich der Dauer des Generierungsprozess von Spielen unterschiedlichen Umfangs ausschließlich mit passiven Zuständen

Tabelle 9.1: Vergleich der Dauer des Generierungsprozess von Spielen unterschiedlichen Umfangs ausschließlich mit passiven Zuständen

Anzahl Spielabschnitte	1 Anwendung	3 Anwendungen	5 Anwendungen	10 Anwendungen
1	100 ms	76 ms	72 ms	133 ms
5	53 ms	76 ms	106 ms	179 ms
10	54 ms	74 ms	125 ms	205 ms
20	63 ms	98 ms	163 ms	282 ms
50	98 ms	227 ms	258 ms	621 ms
100	126 ms	385 ms	449 ms	955 ms

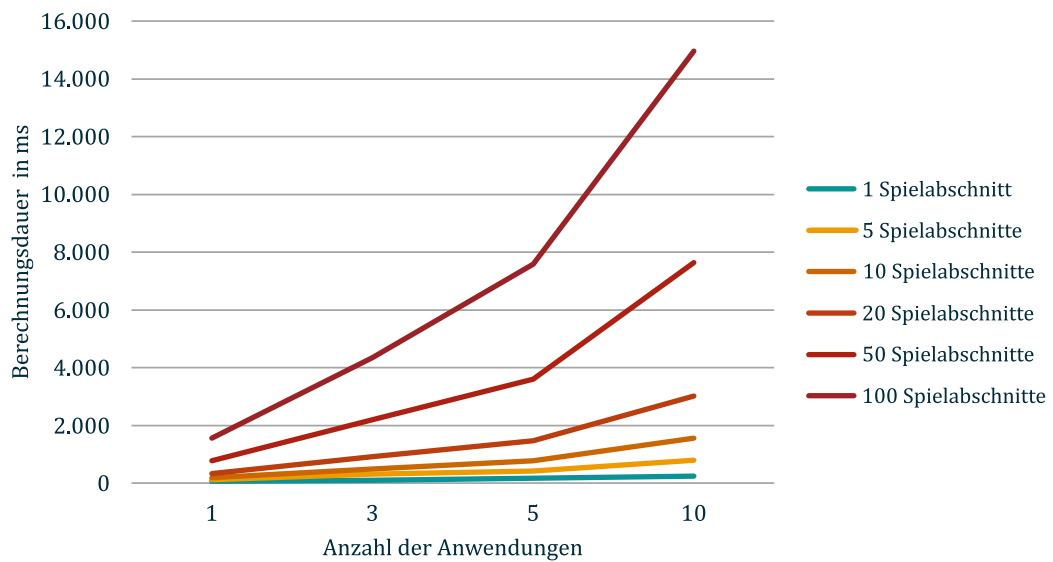


Abbildung 9.2: Vergleich der Dauer des Generierungsprozess von Spielen unterschiedlichen Umfangs ausschließlich mit narrativen Zuständen

Tabelle 9.2: Vergleich der Dauer des Generierungsprozess von Spielen unterschiedlichen Umfangs ausschließlich mit narrativen Zuständen

Anzahl Spielabschnitte	1 Anwendung	3 Anwendungen	5 Anwendungen	10 Anwendungen
1	63 ms	106 ms	171 ms	243 ms
5	128 ms	313 ms	424 ms	793 ms
10	203 ms	498 ms	778 ms	1561 ms
20	332 ms	921 ms	1476 ms	3016 ms
50	775 ms	2198 ms	3605 ms	7635 ms
100	1564 ms	4355 ms	7586 ms	14963 ms

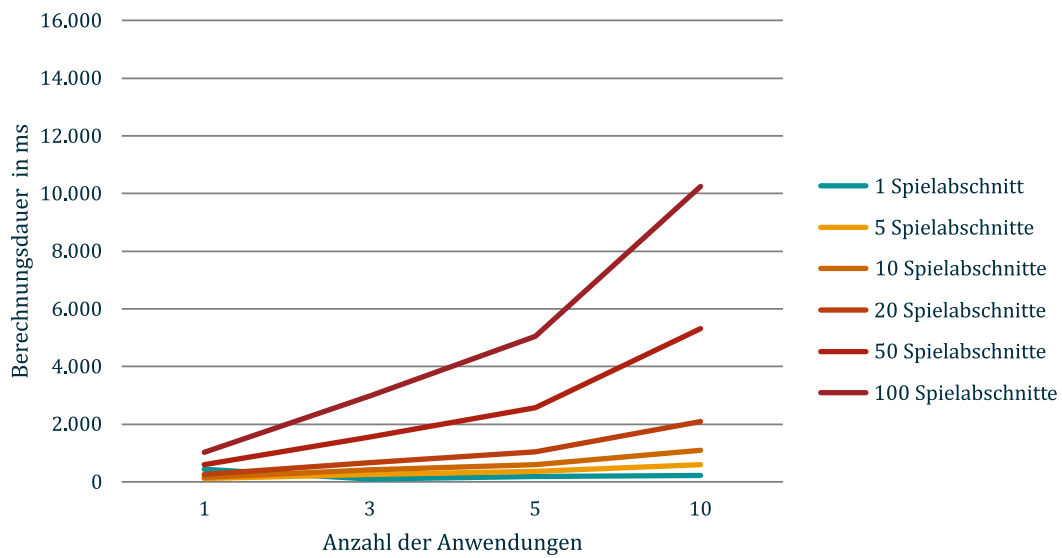


Abbildung 9.3: Vergleich der Dauer des Generierungsprozess von Spielen unterschiedlichen Umfangs ausschließlich mit Übungszuständen

Tabelle 9.3: Vergleich der Dauer des Generierungsprozess von Spielen unterschiedlichen Umfangs ausschließlich mit Übungszuständen

Anzahl Spielabschnitte	1 Anwendung	3 Anwendungen	5 Anwendungen	10 Anwendungen
1	446 ms	109 ms	187 ms	234 ms
5	122 ms	253 ms	361 ms	598 ms
10	151 ms	421 ms	595 ms	1090 ms
20	263 ms	662 ms	1053 ms	2102 ms
50	596 ms	1566 ms	2571 ms	5310 ms
100	1029 ms	2984 ms	5044 ms	10249 ms

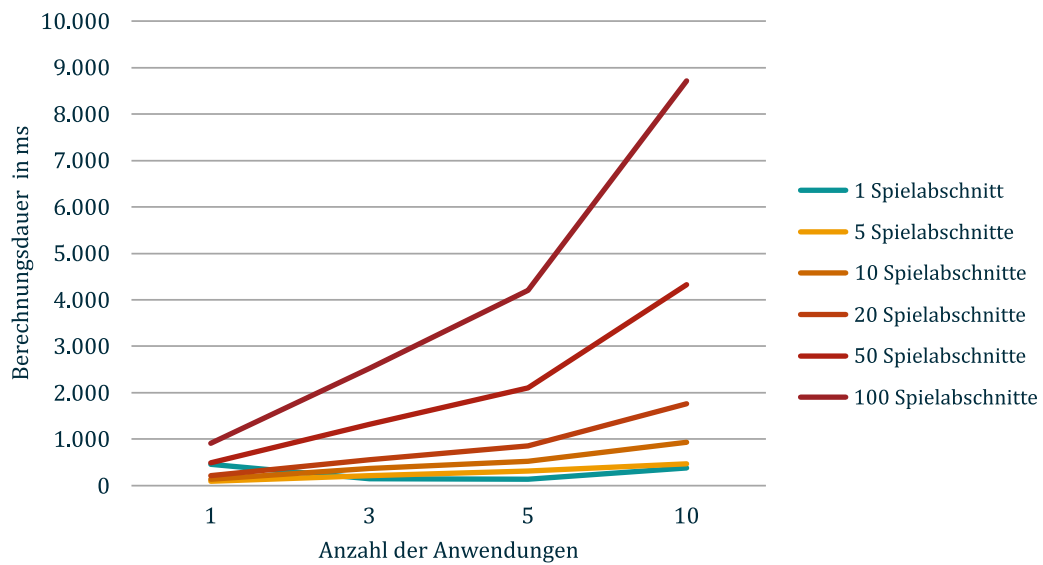


Abbildung 9.4: Vergleich der Dauer des Generierungsprozess von Spielen unterschiedlichen Umfangs ausschließlich mit gemischten Zuständen über Spielabschnitten

Tabelle 9.4: Vergleich der Dauer des Generierungsprozess von Spielen unterschiedlichen Umfangs ausschließlich mit gemischten Zuständen über Spielabschnitten

Anzahl Spielabschnitte	1 Anwendung	3 Anwendungen	5 Anwendungen	10 Anwendungen
1	455 ms	143 ms	142 ms	386 ms
5	97 ms	211 ms	310 ms	475 ms
10	140 ms	369 ms	522 ms	933 ms
20	216 ms	560 ms	853 ms	1767 ms
50	487 ms	1320 ms	2100 ms	4326 ms
100	914 ms	2527 ms	4205 ms	8710 ms

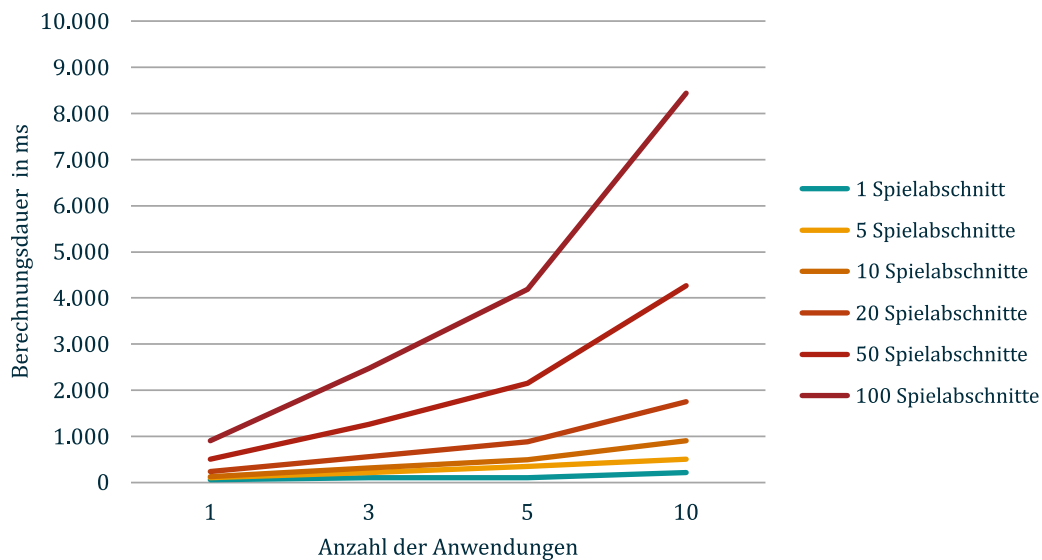


Abbildung 9.5: Vergleich der Dauer des Generierungsprozess von Spielen unterschiedlichen Umfangs ausschließlich mit gemischten Zuständen zwischen den Anwendungen

Tabelle 9.5: Vergleich der Dauer des Generierungsprozess von Spielen unterschiedlichen Umfangs ausschließlich mit gemischten Zuständen zwischen den Anwendungen

Anzahl Spielabschnitte	1 Anwendung	3 Anwendungen	5 Anwendungen	10 Anwendungen
1	60 ms	107 ms	107 ms	219 ms
5	107 ms	218 ms	343 ms	499 ms
10	128 ms	317 ms	490 ms	905 ms
20	241 ms	554 ms	886 ms	1750 ms
50	499 ms	1265 ms	2150 ms	4270 ms
100	901 ms	2475 ms	4193 ms	8441 ms

Neben der Gestaltung von Spielen mit 100 Abschnitten erscheint es ebenfalls unwahrscheinlich Spiele zu entwerfen, die immer denselben Zustandstyp vorsehen. Aufgrund dessen wurde eine zweite Generation durchgeführt. Dazu wurden Spiele generiert, bei denen sich der Zustandstyp mit jedem Spielabschnitt ändert oder jeder Spielabschnitt mit unterschiedlichen Typen beschrieben ist. Die Typen entsprechen dabei im Wechsel dem Übungstyp, dem passiven Typ und dem narrativen Typ.

Die Ergebnisse sind den Abbildungen 9.4 und 9.5 zu entnehmen. Es zeigen sich kaum Unterschiede zwischen den beiden Aufbauten, was bedeuten kann, dass die Zusammensetzung der Zustände eine untergeordnete Rolle spielt. Zudem zeigt sich, dass bei einer Mischung der Zustandstypen, die Maximaldauer geringer ist, als bei einheitlichen Zuständen.

Selbst ein Spiel über zehn Anwendungen und 100 Spielabschnitte ist in weniger als 10 Sekunden generiert. Es ist davon auszugehen, dass diese Dauer den Nutzer\*innen nicht zu hoch ist und somit kein Akzeptanzproblem darstellt. Untersuchungen aus dem Jahr 2024 an verschiedenen Spielen zeigten, dass Spielladezeiten unter 27 Sekunden und Levelladezeiten unter 33 Sekunden akzeptabel erscheinen [290].

## 9.2 Spielgestaltung

Gemäß der Theorie verschiedener Spielertypen, sollte für jedes Spielerprofil ein eigenes Spiel entworfen werden (vgl. Kapitel 3). Mangels Editor fand der Prozess der Spielgestaltung ohne grafische Editor-Bedienoberfläche statt, sondern wurde durch die im Kontext der Programmierung häufig verwendete Entwicklungsumgebung IntelliJ [291] realisiert. Die folgenden Abschnitte beschreiben den Aufbau und die Ausgestaltung aller Spiele aufbauend auf den Ergebnissen der vorangegangenen Benutzeranalyse.



Abbildung 9.6: Die sechs im Raum verteilten Geräteverbände stellen den technischen Aufbau dar. Zu sehen sind die sechs Arcade Button Boards, sechs Displays für die Bedienoberflächen und die sechs Feedback-Lampen in der Traverse (in Orange markiert). Außerdem sind vier Moving Headspots für die Raumbeleuchtung und die Lautsprecher für die Tonausgabe zu sehen (in Mint markiert).

Bei der Erstellung der Spiele wurde insbesondere darauf geachtet, die in Abschnitt 2.3 beschriebenen ethischen Aspekte zu beachten. Dabei werden die finalen Spiele beschrieben, welche bereits anhand der Ergebnisse der

heuristischen Evaluationen angepasst wurden. Spielinhalte, die überarbeitet sind, werden in den jeweiligen Abschnitten anhand ihrer vorherigen Gestaltung und vorgenommener Änderungen beschrieben. In alle Spiele sind Videos eingebunden, welche Spielcharaktere zeigen, die in das Spielgeschehen einführen. Der Produktionsprozess der Videos wird den einzelnen Spielbeschreibungen vorangestellt.

Der räumliche Aufbau aller Spiele ist auf sechs Geräteverbände verteilt, welche aus den im Kapitel 8 beschriebenen Komponenten bestehen. Abbildung 9.6 zeigt den räumlichen Aufbau aus zwei gegensätzlichen Perspektiven, so dass insgesamt sechs Geräteverbände sichtbar sind. Die Abstände zwischen den Verbänden wurden nach Möglichkeit gleichmäßig gewählt.

## Audio- und Videoproduktion

Wie bereits beschrieben, werden zum Zweck der Spielanleitung und Spielklärung Videos in die Spiele eingebunden. Jedem Video liegen Texte zu Grunde, welche von den Charakteren gesprochen werden. Diese wurden mittels des eingeschränkt frei verfügbaren LLMs ChatGPT [292] erstellt und anschließend händisch überarbeitet. Die Ausschnitte 9.1 und 9.2 aus der Kommunikation mit dem Chatbot zeigen beispielhaft einen Prompt und das Ergebnis des LLM.

Quellcode 9.1: Auszug aus der Kommunikation mit ChatGPT 3.5, welcher beispielhaft den Prompt für einen Willkommenstext für einen Escaperoom zeigt

```
Schreibe eine deutsche Willkommensnachricht für einen Spieler in einem Escaperoom. Der Escaperoom besteht aus 12 Räumen in verschiedenen Farben. Zu jedem Raum muss eine Tür geöffnet werden um nach außen zu gelangen. Für das Öffnen der Tür müssen Rätsel gelöst werden und ein Code in das Türschloss eingegeben werden. Die Rätsel sind in einem technischen Stil verfasst. Schreibe die Nachricht aus der Perspektive eines verrückten Wissenschaftlers, der den Escaperoom gebaut hat um junge Wissenschaftler zu prüfen.
```

Quellcode 9.2: Auszug aus der Kommunikation mit ChatGPT 3.5, welcher beispielhaft die erzeugte Antwort eines Willkommenstextes für einen Escaperoom zeigt

```
Willkommen, tapferer Abenteurer! Ich bin Professor Dr. Victor von Rätselstein,
der genial-verrückte Wissenschaftler hinter diesem wundervollen und teuflischen
Escaperoom. Mein Labor besteht aus 12 einzigartigen Räumen, jeder in einer anderen
strahlenden Farbe gestaltet, die eure Geister und Sinne gleichermaßen
herausfordern werden.
Ihr fragt euch sicher, warum ihr hier seid. Nun, ich habe dieses Labyrinth
erschaffen, um junge, vielversprechende Wissenschaftler wie euch auf die Probe zu
stellen. Jeder Raum birgt technische Rätsel, die nur mit scharfem Verstand und ein
wenig Verrücktheit gelöst werden können.
Euer Ziel ist es, die Codes zu finden, die die Türen zu den nächsten Räumen
öffnen. Doch seid gewarnt! Meine Rätsel sind nicht einfach. Sie sind das Produkt
jahrelanger Forschung und ein wenig - wie soll ich sagen - Wahnwitz. Nutzt eure
Intelligenz, eure Teamfähigkeit und vielleicht ein Quäntchen Glück, um den Ausweg
zu finden.
Wenn ihr es schafft, erwartet euch nicht nur der Ruhm, sondern auch meine
uneingeschränkte Bewunderung. Betretet nun den ersten Raum, nehmt die
Herausforderung an und beweist, dass ihr wahrlich würdig seid, meine Nachfolger
zu werden.
Mögen eure Geister hell und eure Nerven stark sein!
Viel Glück, und möge die Wissenschaft stets mit euch sein!
Euer Professor Dr. Victor von Rätselstein
```

Die überarbeiteten Ergebnisse wurden wiederum mit ChatGPT um Laute ergänzt, welche die Sprache natürlicher wirken lassen, wenn sie vorgelesen werden. Beispielsweise Pausen, Seufzer oder Räuspern. Die Ergebnisse dieser Prompts wurden erneut überarbeitet und anschließend mittels Bark [293], eines frei verfügbaren TTS-Tools in Audiosignale umgewandelt. Diese Audiodateien wurden anschließend bearbeitet. Die erzeugten Audiodateien haben die Eigenschaft, dass Texte in unterschiedlicher Geschwindigkeit vorgelesen werden oder unbekannte Worte verschluckt oder ungewöhnlich ausgesprochen werden. Diese Stellen wurden gegebenenfalls beschleunigt und nach Möglichkeit entfernt, sofern die Sinnhaftigkeit dabei erhalten bleibt.

Für die visuelle Darstellung wurden frei verfügbare dreidimensionale Modelle verwendet und mithilfe der Software Unity [294] animiert. Ein Skript animiert dabei die Bewegung der Münder anhand des Amplitudenausfalls der Audiosignale in vertikaler Richtung. Körpergesten wurden händisch animiert und an geeigneter Stelle eingebunden. Die mittels Unity [294] erzeugten Videos wurden anschließend mit Fade-In Effekten versehen und final geschnitten.

Welche Videos in die Spiele eingebunden sind, wird in den nächsten Abschnitten erläutert. Alle weiteren visuellen Medien wurden entweder eigenständig erstellt oder es handelt es sich um lizenzfrei verfügbare Bilder.

## Gestaltung für den Spielertyp Social-Achiever

Das Spielerprofil der Social-Achiever beschreibt Spielende, die durch die Persona der Samira Baumann vertreten werden (siehe Abschnitt 3.2). Samira ist strebsam, pflegt ihr soziales Umfeld und finanziert sich das Studium selbst, was eine gewisse Selbstverantwortung nahelegt. Gemäß ihrem Spielerprofil sind für sie unter anderen die Mechaniken *Learning*, *Nonlinear Gameplay*, *Knowledge Sharing*, *Certificates*, *Challenges* und *Exploratory Tasks* relevant. Da sich das Konzept an alleinige Spieler\*innen (Singleplayer-Games) richtet, können Mechaniken, welche der Kommunikation mit anderen bedürfen, nur bedingt umgesetzt werden. In diesem Fall betrifft dies die im Verhältnis stark ausgeprägte Mechanik des *Knowledge Sharing*. Ebenso gestaltet es sich schwierig in kurzen Einheiten eines Übungsdurchlaufs variable Spielabläufe zu integrieren, die als solche ausführlich wahrgenommen werden können. Möglich wäre hier die Auswahl verschiedener Spielpfade, die als linearer Pfad fortgesetzt werden oder sich parallel über sehr kurze Spielabschnitte erstrecken. Aufgrund dessen ist für dieses Spielerprofil ein Escaperoom-Szenario umgesetzt, das versucht, die verbleibenden Mechaniken anzusprechen. Das Spiel erstreckt sich über drei virtuelle Räume, die vom Spielenden durchlaufen werden müssen. In jedem der Räume müssen Fragen aus den Moodle-Übungen beantwortet werden, um Hinweise freizuschalten. Diese Hinweise werden von den Spieler\*innen benötigt, um Rätsel zu lösen. Die Lösung der Rätsel ergeben wiederum einen Code, mit dem das Schloss einer Tür geöffnet werden kann. Jedes Rätsel stellt eine Herausforderung dar, die bestanden werden muss, um alle drei Räume zu öffnen und den Escaperoom zu verlassen. Die Türen müssen erkundet werden, um die Hinweise korrekt zu interpretieren und das Rätsel lösen zu können.

Auf diesem Wege sollen sowohl die Mechanik *Challenges*, als auch *Exploratory Tasks* adressiert werden. Diese inhaltlichen Mechaniken werden durch ein Narrativ miteinander verbunden. Es sieht vor, dass der Escaperoom von einem Professor (siehe Abbildung 9.7), gestaltet wurde, der einen würdigen Nachfolger für sein Labor sucht. Auf diese Weise soll, wenn auch nicht auf explizitem Wege die Mechanik *Certificates* angesprochen werden. Des Weiteren erlaubt die Geschichte die Einbindung von Rätseln, die wissenschaftlich ausgerichtet sind und Methoden oder Konzepte, um beispielsweise das Rechnen im Binärsystem zu erlernen. Des Weiteren werden die Hinweise auf gleichem Wege erspielt und in gleicher Reihenfolge auf den Geräten präsentiert. Durch die beiden letzten Elemente soll die Mechanik *Learning* umgesetzt werden.

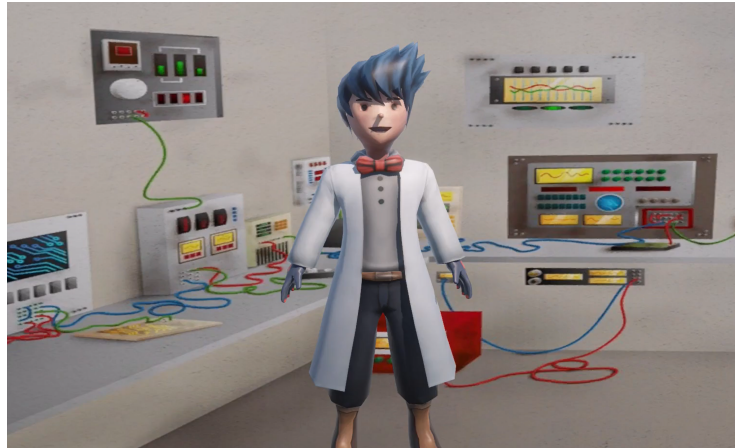


Abbildung 9.7: Der Charakter, der den Professor im Escaperoom-Spiel darstellt. Das dreidimensionale Modell ist lizenzfrei verfügbar.

Tabelle 9.6 zeigt den Ablauf des Spiels, wobei die beiden linken Spalten eine Einheit aus Arcade-Button-Board, Spiele-Teilanwendung und Feedback-Lampe repräsentieren. Zum Zweck der übersichtlichen Darstellung werden die Geräteverbände zusammengefasst, die sich das Spiel über auf die gleiche Weise verhalten. Die zweite Spalte enthält Angaben zur Raumbelichtung und Hintergrundmusik.

Tabelle 9.6: Ablauf des Escaperoom Spiels

Spielabschnitt	Raumatmosphäre	Geräteverbund A	Geräteverbund B bis F
1	Weißer Beleuchtung, geheimnisvoll anmutende Hintergrundmusik	Spielstart	Schwarzes Bild
2	Weißer Beleuchtung	Video	Schwarzes Bild
3	Grüne Beleuchtung, geheimnisvoll anmutende Hintergrundmusik	Texttutorial	Frage
4	Grüne Beleuchtung, geheimnisvoll anmutende Hintergrundmusik	Tür	Hinweis
5	Blaue Beleuchtung, Audioerklärung	Texttutorial	Frage
6	Blaue Beleuchtung, geheimnisvoll anmutende Hintergrundmusik	Tür	Hinweis
7	Rote Beleuchtung, Audioerklärung	Texttutorial	Frage
8	Rote Beleuchtung mit Bewegungseffekt, geheimnisvoll anmutende Hintergrundmusik	Tür	Hinweis
9	Warm-weißer Beleuchtung mit Bewegungseffekt	Video	Schwarzes Bild
10	Warm-weißer Beleuchtung, geheimnisvoll anmutende Hintergrundmusik	Abbilder	Abbilder

Das Spiel startet mit der Aufforderung das Spiel über eine Nutzereingabe zu starten. Alle Bedienoberflächen, welche eine Interaktion erfordern, sind mit einem eingblendeten Tutorial ausgestattet, welche die korrekte Verwendung der Arcade Button Boards zeigen (siehe Abbildung 9.8). Die initiale Oberfläche stellt eine Ausnahme dar, da hier die Eingabetaste auf der Bedienoberfläche dargestellt ist. Nach dem Start wird auf einem der

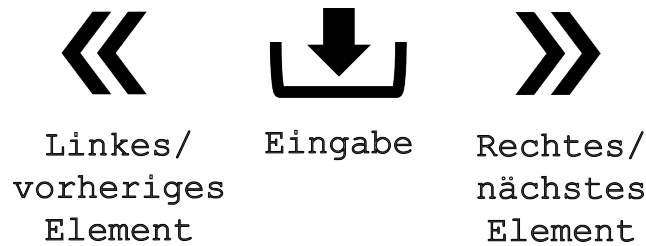


Abbildung 9.8: Die Abbildung zeigt ein vollständiges Bild des eingebundenen Tutorials. Falls nicht alle Eingaben in der Bedienung sinnvoll belegt sind, wird ein verkürztes Tutorial angezeigt. Nach der Einbindung sind die Farben mittels CSS an das Spieldesign angepasst.

Ausgabegeräte ein Video abgespielt. Dieses zeigt eine gezeichnete Figur in weißem Kittel, dass in die Spielgeschichte einführt und den Ablauf des Spiels erklärt. Im nächsten Spielabschnitt erscheint die Anweisung, was in diesem Spielabschnitt zu tun ist nochmals in Textform. Parallel werden die Fragen angezeigt (siehe Abbildung 9.9). Wird eine Frage korrekt beantwortet, leuchtet die Feedback-Lampe grün auf und es erscheint ein Hinweis auf dem Gerät. Wird hingegen eine Frage falsch beantwortet leuchtet die Lampe rot auf und es erscheint eine neue Frage, falls noch falsch oder unbeantwortete Fragen auf dem Gerät vorliegen. Anderenfalls bleibt die Frage bestehen. Das Feedback wird zudem mit einem Audioeffekt unterstrichen, der positiv oder negativ assoziiert ist. Liegen alle Hinweise vor, erscheint die Tür, die es zu öffnen gilt. Die finale Tür wird mit einem Lichteffect hervorgehoben, bei dem das Licht sich durch den Raum bewegt. Dies soll einen spannungssteigernden Effekt hervorrufen.

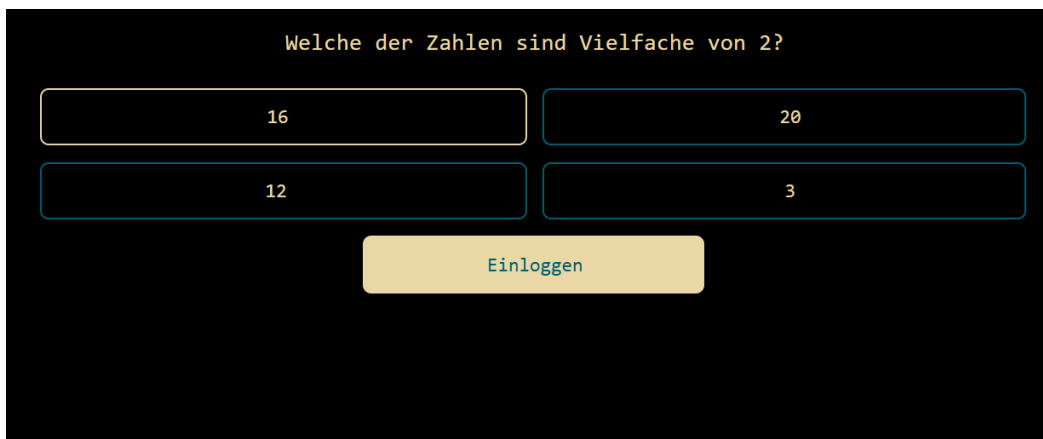


Abbildung 9.9: Darstellung einer Multiple Choice Frage im Spiel

Die ersten Hinweise ergeben jeweils drei Buchstaben, die zu dem Satz *TELL ME THE TRUTH!* zusammengesetzt werden müssen. Dieser muss in eine Kommandozeile eingegeben werden, die in die Tür (siehe Abbildung 9.10 A) eingebettet ist. Anschließend wird mittels KI-Modul eine zur Übung passende Antwort generiert, welche die Zahlen des Codes in Blockschrift

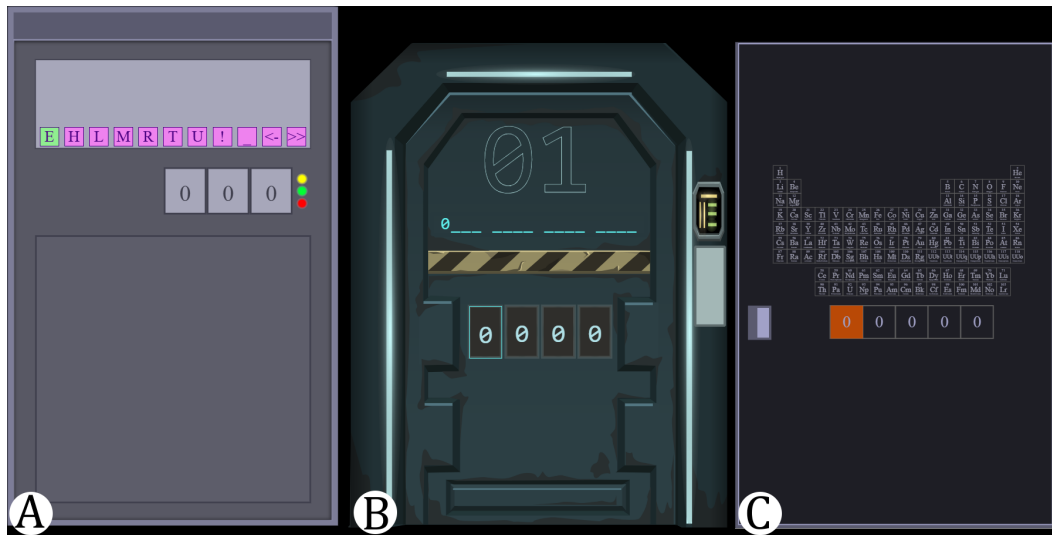


Abbildung 9.10: Die Türen des Escaperooms. In ihrer zeitlich auftretenden Reihenfolge mit A,B und C bezeichnet

enthält. Die zweite Tür (siehe Abbildung 9.10 B) befasst sich mit der Umwandlung von vierstelligen Binärzahlen in Dezimalzahlen. Es erscheinen 15 Bits aufgeteilt in Dreierblöcke als Hinweise. Die Tür enthält eine Maske, die eine führende Null vorgibt und Leerstellen für 15 weitere Ziffern anzeigt. Diese sind insgesamt bereits in jeweils vier Stellen aufgeteilt. Durch die Umwandlung jedes Blocks in eine Dezimalzahl ergibt sich der Code. Die Reihenfolge der einzusetzenden Zahlen aus den Hinweisen wird durch die Hinweise ebenfalls vorgegeben. Die dritte Tür (siehe Abbildung 9.10 C) stellt ein Periodensystem dar. Die Hinweise geben Elemente vor, die in vorgegebener Reihenfolge anhand ihrer Ordnungszahl kombiniert werden müssen, um den korrekten Code zu ermitteln. Doppelte Zahlen müssen gestrichen werden. Diese Information gibt das Texttutorial vor. Während die Bedienoberflächen der Hinweise durch eine Vorlage für Textdarstellung erzeugt werden, sind die Bedienoberflächen der Türen individuell gestaltet. Die jeweilige Tür wird dabei als Vektorgrafik in *HTML* eingebunden. Die Position der Eingabefelder wird nach der Erzeugung der Bedienoberfläche im Browser berechnet und durch *HTML*-Elemente überlagert, die eine Nutzereingabe erlauben. Diese Felder werden an die Eingabegeräte durch *Reflection* gebunden. Sogenannte Texttutorials werden wie die Hinweise durch Vorlagen erzeugt. In diesem Fall wird allerdings zusätzlich der Pfad zu einer Audiodatei angegeben, welche von der Vorlage eingebunden und während der Anzeige des Textes einmalig abgespielt werden. Die Audiodateien geben in der Stimme des Professors Anweisungen zu den Rätseln wieder. Die vollständigen Skripte der Texte zu Videos und Audiodateien aller Spiele sind Anhang C zu entnehmen.

Zuletzt stellen Abbinder Oberflächen dar, die keine Eingabe erfordern. Sie zeigen die Autorenschaft der verwendeten auditiven Medien an, sofern diese laut Lizenz notwendig ist. Nach Ablauf einer Zeitspanne von 10 Sekunden nach betreten des Zustands wird das Spiel heruntergefahren.

Die Übergänge der Spielabschnitte 1 -> 2, 2 -> 3 und 9 -> 10 (vgl. Tabelle 9.6) erfolgen durch eine Nutzereingabe an Geräteverbund A. Geräteverbünde B bis F wechseln sofort nach der korrekten Antwort einer Frage am Geräteverbund zu den Hinweisen. Die Türen werden auf dem Ausgabegerät A angezeigt, sobald alle Fragen des vorherigen Abschnitts beantwortet sind. Übergänge 4-> 5, 6 -> 7 und 8 -> 9 erfolgen aufgrund der Eingabe des korrekten Türcodes.

Wird der Spielverlauf aus der Perspektive von Samira Neumann betrachtet, ist vorstellbar, dass das Escaperoom-Spiel ihr bei der Vorbereitung zur Prüfung hilft. Die Herausforderung alle Türen zu schaffen spornt sie an, alle Fragen zu beantworten. Durch die zusätzlichen Rätsel an den Türen hat sie die Gelegenheit Neues zu lernen und sich vom bekannten Lernstoff kurz abzulenken, bevor sie die nächsten Fragen beantworten kann. Das Narrativ reizt ihren Ehrgeiz und sie möchte alle Rätsel schnell und ohne Hilfe lösen.

## **Gestaltung für den Spielertyp Socializer**

Das Spielerprofil des Socializer bietet hinsichtlich der Menge der Mechaniken mehrere Gestaltungsmöglichkeiten. Aufgrund der Singleplayer-Games stellt sich auch hier die Problematik der Einbindung anderer Mitspieler. Da mehrere Mechaniken, die den Socializer ansprechen, soziale Interaktion erfordern würden, wird versucht diese durch den Hauptcharakter des Spiels zu adressieren. Dieser ist, anders als im Escape-Szenario, nicht als Antagonist gestaltet, sondern benötigt die Hilfe der Spielenden. So soll Spieler\*innen das Gefühl vermittelt werden mit dem virtuellen Begleiter in einem Team zu spielen. Die Geschichte stellt dabei ein Weltraumabenteuer dar. Der Charakter stellt einen Kommissar dar, der mit neuester Technik ausgestattet ist und den Diebstahl einer Samenkapsel aufklären soll (siehe Abbildung 9.11). Leider hat ihm sein Kriminaltechniker einen Streich gespielt und lässt ihn nur mit der Technik arbeiten, wenn er zuvor Wissensfragen korrekt beantwortet. Spieler\*innen sind nun aufgefordert die Wissensfragen zu beantworten, um die Technik nutzbar zu machen. Um die Mechanik *Levels* (vollständig *Levels or Progression*) zu adressieren, kann im Verlauf des Spiels unterschiedliche fiktive Kriminaltechnik für verschiedene Aufgaben eingesetzt werden. Zunächst können mit den Wissensfragen Befragungen mit Verdächtigen ausgewertet werden. Jede korrekte Antwort spielt eine Ermittler-Frage an Terminals frei, welche eine Frage und die

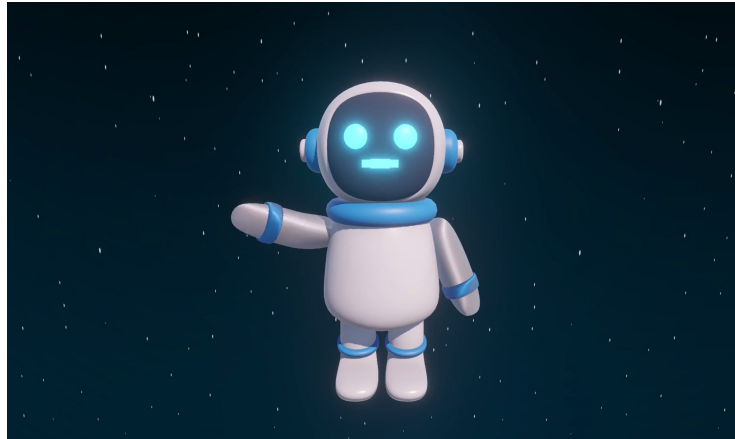


Abbildung 9.11: Der Charakter, der den Weltraumkommissar darstellt. Das dreidimensionale Modell ist lizenzfrei verfügbar.

jeweilige Antwort aus den Befragungen bereitstellen. Es ist frei wählbar, welche der Ermittler-Fragen durch die korrekt beantwortete Wissensfrage offengelegt werden. Jeder Verdächtige wird an einem Geräteverbund präsentiert. Die Ermittler-Frage und ihre Antwort wurden mit ChatGPT generiert und angepasst. Die Antworten sind so designt, dass jeder Verdächtige mindestens zwei Hinweise auf den richtigen Täter gibt, eine andere Person fälschlicherweise verdächtigt und einen falschen Verdächtigen entlastet. Je Verdächtigem stehen sechs bis sieben Frage-Antwort-Paare bereit. Von den insgesamt 34 Frage-Antwort-Paaren können zehn durch Spieler\*innen offengelegt werden. Acht zufällige Paare wurden bereits vom Kommissar offengelegt. Diese offengelegten Fragen werden durch den gleichen Mechanismus des Generators in das Spiel eingepflegt, der bereits erspielte Informationen der Spielenden in Spiele integriert. Sind alle korrekten Fragen verbraucht, kommt es zu einem *Voting* den korrekten Verdächtigen zu bestimmen. Ist die Vermutung korrekt, wird ein *Achievement* freigeschaltet. Anschließend kommt es zur Flucht des Täters, die durch den Kommissar beschrieben wird. Spieler\*innen haben nun die Aufgabe durch dasselbe Prinzip eine Suchdrohne zu steuern, um den Täter zu finden. Die Wissensfragen werden nun alle parallel präsentiert und schalten sich nach korrekter Beantwortung auf einen schwarzen Bildschirm um. Die Suche nach dem Täter soll eine Herausforderung repräsentieren, um die Mechanik *Challenges* zu adressieren. Sind alle Fragen beantwortet, wird der Täter gefasst und der Kommissar gibt eine Zusammenfassung zu den Motiven. Das Spiel ist beendet und es wird ein Abbinde angezeigt. Tabelle 9.7 stellt den Spielablauf zusammenfassend dar. Der dort beschriebene Lichteffect der Hintergrundbeleuchtung ist ähnlich zum Escaperoom zur Spannungssteigerung gedacht. Abbildungen der erstellten Bedienoberflächen zur Befragung, Bestimmung der Verdächtigen und Suche sind Abbildung 9.12 zu entnehmen.

Bei der Implementierung der Bedienoberfläche handelt es sich um dasselbe Prinzip, wie oben in Bezug auf die Oberflächen der Türe des Escaperoom-Spiels beschrieben.

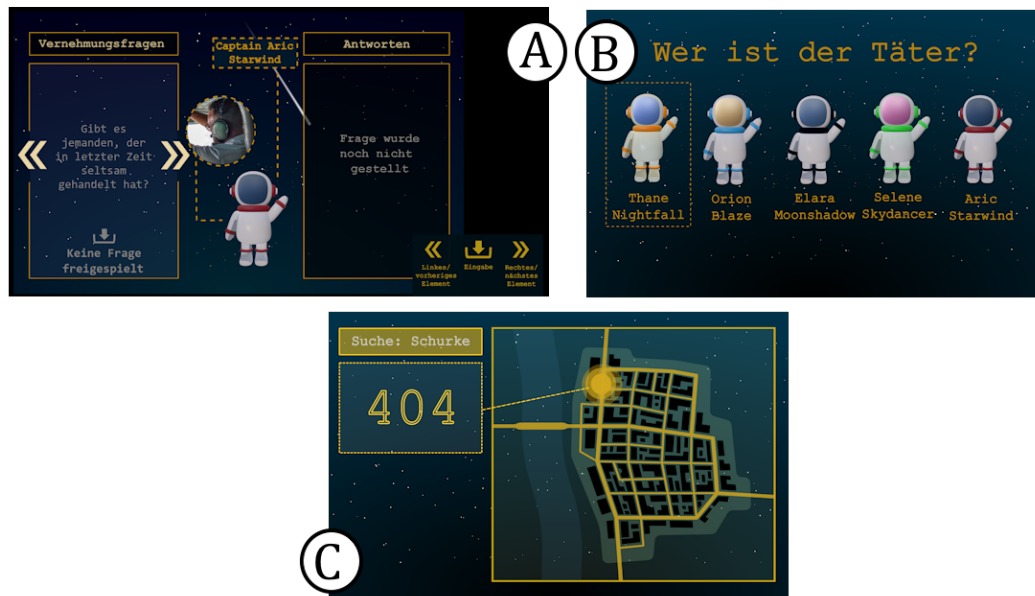


Abbildung 9.12: Individuell erstellte Oberflächen des Weltraumabenteuers. A zeigt die Oberfläche der Befragung in einem Zustand, in dem die gewählte Frage nicht beantwortet wurde und keine Fragen freigespielt sind. Unten rechts in A ist ein angepasstes Tutorial zu sehen. B zeigt die Wahl des Verdächtigen und C die Suche nach dem Geflohenen im ersten Suchschritt.

Das Feedbackverhalten beantworteter Fragen stimmt mit denen im Escape-Game überein. Selbiges trifft für das Verhalten des Spielstarts, eingebundener Videos und Abbildern zu. Eingebundene Texttutorials unterscheiden sich dadurch, dass keine zusätzliche Audioausgabe stattfindet. Die Begründung liegt darin, dass die Texttutorials eine Zusammenfassung der wichtigsten Erklärungen der Videos darstellen und keine neuen Informationen hinzukommen.

Wird das entworfene Spiel anhand der Persona Simon Schmitt überprüft, ist es vorstellbar, dass ihn die Zusammenarbeit mit dem Kommissar motiviert. Er kann sein gelerntes Wissen einsetzen, um bei einer guten Sache zu helfen – eine Situation die er aus dem Ehrenamt kennt. Durch die Verteilung der Verdächtigen auf die unterschiedlichen Geräteverbände muss er sich während des Spiels bewegen. Es kommt aber nicht darauf an besonders schnell zu sein. Dass der Kommissar an den Wissensfragen scheitert, nimmt ihm den Druck unbedingt alles sofort zu beantworten und er kann den Leistungsdruck, den er sonst im Studium empfindet, ausblenden.

Tabelle 9.7: Ablauf des Weltraumabenteuers. Der Begriff Weltraummusik beschreibt dabei Musik, die mit dem Thema Weltraum assoziiert ist.

Spielabschnitt	Raumatmosphäre	Geräteverbund A	Geräteverbund B bis F
1	Weißer Raumbelichtung, Weltraummusik	Spielstart	Schwarzer Bildschirm
2	Blaue Raumbelichtung	Video	Schwarzer Bildschirm
3	Blaue Raumbelichtung, Weltraummusik	Texttutorial	Schwarzer Bildschirm
4	Blaue Raumbelichtung mit Bewegungs-Effekt, Weltraummusik	Frage	Verdächtigenbefragung
5	Blaue Raumbelichtung mit Bewegungs-Effekt, Weltraummusik	Frage	Verdächtigenbefragung
6	Blaue Raumbelichtung mit Bewegungs-Effekt, Weltraummusik	Frage	Verdächtigenbefragung
7	Blaue Raumbelichtung mit Bewegungs-Effekt, Weltraummusik	Frage	Verdächtigenbefragung
8	Blaue Raumbelichtung mit Bewegungs-Effekt, Weltraummusik	Frage	Verdächtigenbefragung
9	Blaue Raumbelichtung mit Bewegungs-Effekt, Weltraummusik	Frage	Verdächtigenbefragung
10	Blaue Raumbelichtung mit Bewegungs-Effekt, Weltraummusik	Frage	Verdächtigenbefragung
11	Blaue Raumbelichtung mit Bewegungs-Effekt, Weltraummusik	Frage	Verdächtigenbefragung
12	Blaue Raumbelichtung mit Bewegungs-Effekt, Weltraummusik	Frage	Verdächtigenbefragung
13	Blaue Raumbelichtung mit Bewegungs-Effekt, Weltraummusik	Frage	Verdächtigenbefragung
14	Blaue Raumbelichtung	Video	Verdächtigenbefragung
15	Blaue Raumbelichtung, Weltraummusik	Texttutorial	Verdächtigenbefragung
16	Blaue Raumbelichtung mit Bewegungs-Effekt, Weltraummusik	Wahl des Verdächtige	Verdächtigenbefragung
17	Blaue Raumbelichtung	Video	Schwarzer Bildschirm
18	Blaue Raumbelichtung, Weltraummusik	Texttutorial	Schwarzer Bildschirm
19	Blaue Raumbelichtung mit Bewegungs-Effekt, Weltraummusik	Karte der Suchdrohne	Frage
20		Video	Schwarzer Bildschirm
21	Blaue Raumbelichtung, Weltraummusik	Texttutorial	Schwarzer Bildschirm
22	Blaue Raumbelichtung, Weltraummusik	Abbilder	Abbilder

## Gestaltung für den Spielertyp Player

Aufgrund der Ähnlichkeiten zwischen dem Spielerprofil des Players und des Socializers in der Eignung der Mechaniken, stimmen die beiden Spiele in großen Teilen überein. Die angesprochenen Mechaniken finden sich zu großen Anteilen im Profil Player wieder. Eine Ausnahme bilden hier *Guilds or Teams*, wobei die mit dem Spielertyp Socializer korrelierenden Mechaniken *Social Status*, *Social Discovery*, *Social Comparison* und *Sharing Knowledge* für dieses Profil relevant sind. Daher erscheint das Narrativ dennoch passend. Allerdings zeichnet sich das Profil des Players besonders dadurch aus, dass belohnende Mechaniken für das Profil relevant sind. Dies liegt an der positiven Ausprägung des Player-Spielertypen im Profil. Wie in Kapitel 3 bereits festgestellt, betrifft dies Mechaniken von struktureller Natur, sodass die Spiele inhaltlich nicht verändert werden müssen, um diese Mechaniken einzusetzen.

Aus diesen Gründen wurde für das Spielerprofil Player das Spiel so verändert, dass bei jeder korrekt beantworteten Frage Punkte vergeben werden. Es gibt fünf Punkte für eine korrekte Antwort im ersten, drei im zweiten und einen im dritten Versuch. Die Punkte werden aufsummiert und zum Abschluss des Spiels wird eine Bestenliste präsentiert. Diese fügt sich im Ablauf (siehe Tabelle 9.7) zwischen Spielabschnitt 21 und 22 ein. Die entsprechende Oberfläche ist Abbildung 9.13 zu entnehmen.

Name	Punkte
[PSEUDONYM]	75
Kommissar	44
Kommissario	38
Detective	37
Justus Jonas	22
Sherlock	14
Tim und Struppi	11

Abbildung 9.13: Oberfläche des Weltraumabenteuers für den Spielertyp Player, der die erzeugte Bestenliste zeigt. Das [Pseudonym] wird dabei durch das Pseudonym der Spielenden ersetzt.

Die Persona des Lino Martins braucht den Vergleich mit anderen. Die Tatsache, dass er den Kommissar bei seiner Arbeit unterstützt, genügt ihm nicht um sich zu motivieren. Das *Achievement* den richtigen Verdächtigen gewählt zu haben motiviert ihn etwas. Doch am besten gefällt ihm, dass er sich anschließend vor seinen Freunden mit den erreichten Punkten brüsten kann. Deswegen gibt er sich besondere Mühe bei der Beantwortung der

Fragen. Durch eine initiale korrekte Antwort kann er die höchste Punktzahl erreichen. Ist einer seiner Freunde besser als er, treibt ihn das an, das Spiel nochmal zu spielen.

### 9.3 Heuristische Evaluationen

Die ersten beiden Evaluation wurden als heuristische Evaluation gestaltet, um qualitatives Feedback von Experten einzuholen. Zunächst wurde eine Literaturrecherche durchgeführt, um für den Kontext geeignete Heuristik-Sammlungen zu identifizieren.

Die Literaturrecherche wurde in Form einer unsystematischen Schneeballrecherche durchgeführt. Ausgehend von den Arbeiten von Desurvire et al. [295] und Korhonen [296] konnten die in Tabelle 9.8 dargestellten Heuristik-Sammlungen identifiziert werden. Die ermittelten Ergebnisse stellen dabei keine vollumfängliche Liste verfügbarer Heuristik-Sammlungen dar.

Tabelle 9.8: Identifizierte Heuristik-Sammlungen in Bezug auf Spielbarkeit und Gebrauchstauglichkeit von Spielen. Zu entnehmen sind Fokus, Umfang, Validität sowie Zielgruppe der Evaluation.

Heuristik/ Publikation	Usability/ Playability	Fokus	Anzahl Heuristiken	Konzept/ Prototyp	Validiert	Expert*innen/ Nutzer*innen
Heuristics for Evaluating Playability (HEP) [295]	P	Video-, Computer-, und Brettspiele	43	K	Nicht validiert	E
Playability Heuristics for Educational Games (PHEG) [297]	P	Lernspiele	43	K+P	Experten	E+N
Heuristic Evaluation of User Interfaces [298]	U	Software Allgemein	10	K+P	Experten	E+N
Free-to-Play Heuristics [299]	P	Spiele	52	P	Empirisch	N
Usability Principles for Video Game Design [300]	U	Videospiele	10	P	Mixed Methods	E
Evaluating Playability of Mobile Games with the Expert Review Method [296]	P	Mobile Spiele	44	K+P	Mixed Methods	E
Playability in Action Videogames [301]	P	Aktionsspiele	11	P	Empirisch	N
Heuristics and Usability Guidelines for the Creation and Evaluation of Fun in Video Games [302]	U	Spiele	40	P	Experten	E
Usability Guidelines for Mobile Educational Games [303]	U	Mobile Lernspiele	5	K+P	Review	E
Building Blocks of Flow Experience [304]	P	Flow	22	P	Empirisch	E

Tabelle wird auf der nächsten Seite fortgesetzt

Tabelle 9.8: Identifizierte Heuristik-Sammlungen in Bezug auf Spielbarkeit und Gebrauchstauglichkeit von Spielen. Zu entnehmen sind Fokus, Umfang, Validität sowie Zielgruppe der Evaluation.

Heuristik/ Publikation	Usability/ Playability	Fokus	Anzahl Heuristiken	Konzept/ Prototyp	Validiert	Expert*innen/ Nutzer*innen
Playability Heuristics for Mobile Games [305]	U+P	Mobile Spiele	29	P	Experten	E
Playability Heuristics for Mobile Multi-Player Games [306]	P	Mobile multi-player games	8	P	Review	E
Heuristics for Usability in Games [307]	U	Video Spiele	21	K+P	Review	E
Heuristics for the Evaluation of Tabletop Games [308]	U+P	Tabletop Games	10	P	Experten	E
Towards Guidelines for Designing Augmented Toy Environments [309]	P	Mixed Reality/ Lernspiele	33	K+P	Empirisch	E
Usability Assessment Heuristics in New Genre Videogames [310]	U	Spiele neuer Genres	10	K+P	Mixed Methods	E
Usability Heuristics for Networked Multiplayer Games [311]	U	Vernetzte Multiplayer Games	10	K+P	Experten	E
HEEG: Heuristic Evaluation for Educational Games [312]	U + P	Lernspiel	36	P	Experten	E+N
Ten Heuristics to Evaluate the User Experience of Serious Games [313]	U + P	Serious Games	10	P	Empirisch	N
Exploring the Usability of Video Game Heuristics for Pervasive Game Development in Smart Home Environments [314]	U+P	Pervasive Games	19	P	Empirisch	E+N
Usability and Playability Heuristics for Evaluation of an Instructional Game [315]	U+P	Instructional Game	42	P	Empirisch	N
Heuristics Evaluation Strategy for Mobile Game-Based Learning [316]	U+P	Mobile Spiele	27	P	Empirisch	N
Designing Children's Digital Games on Nutrition with Playability Heuristics [317]	P	Spiele für Kinder	28	P	Empirisch	E
GameFlow [162]	P	Flow	36	P	Experten	E
Structured Expert Evaluation Method [318]	U+P	Spiele für Kinder	8	P	Experten	E
Developing Playability Heuristics Based on Nouns and Adjectives from Online Game Reviews [319]	P	Spiele	90	P	Review	E
Pervasive GameFlow: Identifying and Exploring the Mechanisms of Player Enjoyment in Pervasive Games [320]	P	GameFlow	47	P	Review	E+N

Tabelle wird auf der nächsten Seite fortgesetzt

Tabelle 9.8: Identifizierte Heuristik-Sammlungen in Bezug auf Spielbarkeit und Gebrauchstauglichkeit von Spielen. Zu entnehmen sind Fokus, Umfang, Validität sowie Zielgruppe der Evaluation.

Heuristik/ Publikation	Usability/ Playability	Fokus	Anzahl Heuristiken	Konzept/ Prototyp	Validiert	Expert*innen/ Nutzer*innen
A Heuristic Framework for Evaluating User Experience in Games [321]	U+P	Spiele	49	P	Review	E
Heuristics for Motion-Based Control in Games [322]	U	Motion-controlled Games	13	P	Review	E+N
PLAY: Principles of Game Playability [323]	P	Spiele	48	K+P	Empirisch	N

Die publizierten Heuristik-Sammlungen sind in Hinsicht der berichteten Messung, also Gebrauchstauglichkeit (engl. Usability) oder Spielbarkeit (engl. Playability) untersucht. In Tabelle 9.8 ist die Möglichkeit der Messung durch die Heuristik-Sammlung von Usability mit einem U und von Playability mit einem P markiert. Des Weiteren sind der Fokus bzw. die Ausrichtung der Heuristik-Sammlung, deren Umfang und die Art der Validierungsmethode berichtet. Es ist untersucht, ob die Heuristik-Sammlung sich an ein Spielkonzept oder an einen Prototypen richtet. Dies ist in Tabelle 9.8 mit einem K markiert, falls sie sich für Konzepte eignet und andernfalls mit einem P. Zuletzt ist dargelegt, ob die Evaluation mit Expert\*innen, in der Tabelle mit E markiert, oder an Nutzer\*innen richtet. Dies ist mit einem N markiert. Es zeigt sich eine große Auswahl von Heuristik-Sammlungen, die für verschiedene Untersuchungen geeignet sind. Wobei einige Instrumente auf anderen Heuristik-Sammlungen aufbauen, diese ergänzen oder Heuristiken austauschen. Häufiger referenziert werden beispielsweise die Arbeiten von Desurvire et al. [295] oder die Arbeit von Pinelle et al [300] (vgl. [314, 319, 296, 321]). Einige der Heuristik-Sammlungen richten sich an Spiele, die sich nicht mit dem Fokus dieser Arbeit überschneiden. Dies betrifft beispielsweise die Heuristik-Sammlungen, welche sich an Kinderspiele oder mobile Spiele richten.

Im Folgenden werden die beiden durchgeführten heuristischen Evaluationen beschrieben. Ziel dieser Evaluationen war es, potenzielle Einflussfaktoren durch eine unzureichende Spielqualität in der nachfolgenden summativen Evaluation zu minimieren. Zunächst erfolgte die Evaluation der Spielkonzepte, um sicherzustellen, dass diese von potenziellen Nutzenden als spielbar wahrgenommen werden. Hierzu wurde eine Sammlung von Heuristiken herangezogen, die sich auf Spielbarkeit fokussiert und sich auch für die Bewertung in frühen Entwicklungsphasen eignet. Eine detaillierte Beschreibung dieser ersten heuristischen Evaluation erfolgt im nachfolgenden Abschnitt. Im Anschluss daran wurden die Spielkonzepte

angepasst und als Spielbeschreibungen im Generator hinterlegt. Die daraus resultierenden Prototypen wurden einer weiteren heuristischen Evaluation unterzogen. Da die Durchführung der generierten Spiele auch die Interaktion mit Ein- und Ausgabegeräten umfasst, wurde zusätzlich zur Spielbarkeit auch die Gebrauchstauglichkeit bewertet. Hierfür kam eine Sammlung von Heuristiken zum Einsatz, die neben den genannten Aspekten auch den didaktischen Kontext berücksichtigt. Basierend auf den Ergebnissen wurden die Spiele erneut überarbeitet. Die Beschreibung der Evaluation der prototypischen Spiele schließt sich an den Abschnitt der ersten heuristischen Evaluation an. Beide Abschnitte enthalten sowohl Informationen über die jeweils eingesetzte Heuristik-Sammlung als auch die Begründung für deren Auswahl.

## Spielkonzepte

Die Spiele wurden vor der Umsetzung in einer formativen Evaluation mit Expert\*innen evaluiert. Dies dient dem Zweck, dass die Spiele vor der Umsetzung auf ihre Spielbarkeit überprüft werden. Dazu werden folgende Forschungsfragen adressiert:

1. Werden die automatisch generierten Spielkonzepte als spielbar wahrgenommen und Designprinzipien für Serious Games hinreichend erfüllt oder sind Mängel vorhanden, die vor der technischen Umsetzung behoben werden sollten?
2. Welche Änderungen müssen vorgenommen werden, um die Spielkonzepte so zu verbessern, dass diese sich als Serious Game eignen?

Damit das Konzept an die Expert\*innen angepasst ist, wurde zunächst der Spielertyp mittels des Spielertypen-Fragebogen nach Krath und von Korflesch [86] erfasst. Im Anschluss wird das Konzept mit Hilfe einer Powerpoint-Präsentation sowie den Grafiken und Audioelementen aus der Spielen und ihren Bedienoberflächen präsentiert. Die Konzepte umfassten eine Langform der Spiele, die für mehrere Übungen über ein Semester hinweg konzipiert wurden und sich insgesamt sechs aufeinander aufbauende Level erstreckten. Im Falle des Escaperooms erstreckte sich ein Level über zwei zu öffnende Türen und zehn Fragen. Das Weltraumabenteuer umfasste in den ersten drei Level die ausführliche Befragung der Astronauten und anschließend die Suche und Festnahme des Verdächtigen. Auch hier waren zehn Fragen für jedes Level geplant. Da es für die Evaluation der Wahrnehmung von Ambient Serious Games ausreicht, wurden die zweite formative Evaluation und die abschließende summative Evaluation mit einer gekürzten Fassung durchgeführt, welche die oben beschriebenen Spiele darstellen. Die Langform könnte beispielsweise in longitudinalen Studien

über Motivation und Lerneffekte verwendet werden. Alle evaluierten Aspekte finden sich in den gekürzten Versionen wieder. In einzelnen Sitzungen wurde das Konzept vorgestellt und etwaige Fragen erläutert. Zu Beginn des Versuchs wurden allen Expert\*innen je ein Spielkonzept vorgelegt, welches an den Spielertypen angepasst ist. Nach der Vorstellung des Konzepts hatten die Expert\*innen Zeit, das Spiel anhand der Heuristik-Sammlung zu beurteilen und inhaltliches Feedback zu den jeweiligen Designprinzipien zu geben. Dies erfolgte in digitaler Form als Lime-Survey Fragebogen, der auf dem Server des Instituts für Telematik gehostet wird. Während der Beurteilung stand die Studienleitung für Rückfragen zur Verfügung. Es handelte sich hierbei um eine angepasste Version der PLAY-Heuristiken [323] (siehe Anhang D). Diese Heuristik-Sammlung wurde gewählt, da sie die Spielbarkeit adressiert, in einer Studie validiert wurde und laut Angabe der Autoren durch Streichung angepasst werden kann [323]. So kann vermieden werden, dass einzelnen Heuristiken nicht passend erscheinen. Zudem ist das Instrument bereits zu Beginn der Konzeption einsetzbar. Alternativen zu diesem Instrument stellen HEP [295] und PHEG [297] dar, welche 43 Heuristiken umfassen und daher hohen Zeitaufwand für die Teilnehmenden bedeuten. Die verbleibenden in der Literaturrecherche erfassten Heuristik-Sammlungen befassen sich entweder mit einem spezifischen Genre oder bedürfen einem spielbaren Prototyp (vgl. Tabelle 9.8). Aufgrund der Notwendigkeit einer Spieldurchführung zur Bewertung der Subkategorien *Enduring Play, Challenge, Strategy and Pace* sowie *Players Perception of Control* der ersten Kategorie *Game Play* sowie der Subkategorien *Status and Score, Screen Layout, Navigation* und *Error Prevention* der zweiten Kategorie *Usability and Game Mechanics* entfallen 24 Heuristiken für die Evaluation des Konzepts (vgl. Anhang D). Zusätzlich zur qualitativen Einschätzung der Heuristik ist quantitative Bewertung die Umsetzung der Konzepte auf zwischen sehr gut, eher gut, neutral, eher nicht gut und nicht gut erhoben worden. Bewertet wurden alle Heuristiken einer Kategorie gemeinsam, so dass insgesamt 11 quantitative Ergebnisse in einer Durchführung erhoben wurden.

Es wurde ein Sample von 5-10 Expert\*innen (vgl. [324, 298, 325]) angestrebt. Dabei gelten folgende Einschlusskriterien:

- Masterabschluss der Medieninformatik, Informatik, Spiel-/Gamedesign oder vergleichbar.
- Erfahrung mit digitalen oder nicht digitalen Spielen. Es sollte im letzten halben Jahr nicht weniger als einmal im Monat gespielt worden sein.
- Ausreichend gutes Verständnis englischer sowie deutscher Sprache.

Personen mit Vorliegen einer psychischen oder physischen Beeinträchtigung hinsichtlich Sehkraft oder Gefährdung durch Licht- und Audioeffekte wurden ausgeschlossen. Die Expert\*innen werden im universitären Umfeld rekrutiert. Dazu wurden wissenschaftliche Mitarbeitende der Informatik-institute der Universität zu Lübeck schriftlich per Mail oder bei direktem Kontakt mündlich angefragt. Es wurde potenziellen Teilnehmenden das erstellte Informationsmaterial (siehe Anhang D) zugestellt, woraufhin sie sich bei der Studienleitung bei Interesse melden konnten. Die bereits erwähnten Informationen zur Vorbereitung wurden infolge der Studienteilnahme ebenfalls über E-Mail und Onlinefragebogen eingeholt.

Tabelle 9.9: Ergebnisse der quantitativen Erhebung.

Heuristik	Gut	Eher gut	Neutral	Eher nicht gut	Nicht Gut
Consistency in Game World	4	4	0	0	1
Goals	3	5	0	0	0
Emotional Connection	1	5	2	1	0
Coolness/Entertainment	4	2	3	0	0
Humor	2	3	0	1	0
Immersion	5	3	1	0	0
Documentation/Tutorial	5	2	1	0	0
Game Provides Feedback	5	3	1	0	0
Terminology	2	5	1	0	0
Burden On Player	6	1	1	0	0
Game Story Immersion	4	4	1	0	0

Insgesamt konnten neun Teilnehmende befragt werden und jedes Spielkonzept wurde wenigstens einmal präsentiert. Tabelle 9.9 zeigt die Ergebnisse des quantitativen Teils der Befragung. Es fällt auf, dass alle Teilnehmenden die Heuristiken als neutral bis gut einschätzen, abgesehen von einer/einem Teilnehmenden, der alle Heuristiken eher neutral oder negativ umgesetzt sieht.

Im Folgenden werden die inhaltlichen Anmerkungen zusammengefasst aufgelistet. Zu jedem der Aspekte konnte Feedback eingeholt werden, welche in der Diskussion der Arbeit im Kontext der quantitativen Ergebnisse diskutiert werden. Die ausführliche Liste der Anmerkungen ist im Anhang D zu finden.

**1: Consistency in Game World** Die Teilnehmenden merken an, dass der Spielverlauf linear ist und der Zustand deshalb gezwungenermaßen erhalten bleibt. Eine Person erwähnt die Protokolle gesondert und bewertet diese positiv.

**2: Goals** Die Teilnehmenden finden die Spielziele durch das Video zu Beginn ausreichend erklärt. Es wird jedoch eine Möglichkeit vermisst, besonders gutes Abschneiden durch Möglichkeiten zur individuellen Anpassung zu unterstützen. Eine Person bringt die Idee ein, den Avatar/Spielbegleiter durch gutes Abschneiden anpassbar zu machen. Eine Person bemerkt, dass die Fähigkeiten bzw. das Wissen zur Beantwortung durch das Erleben des Vorlesungsinhalts gegeben sein muss.

**3: Emotional Connection** Die Teilnehmer\*innen sehen die emotionale Verbindung hauptsächlich im Avatar des Spielbegleiters. Es wird vorgeschlagen diese menschlicher/emotionaler zu gestalten. Als Alternative schlägt ein anderer Teilnehmer\*innen aufgrund der grafischen Gestaltung vor, dem Astronauten eine Roboterstimme zu geben. Zwei Teilnehmer\*innen vermissen die Einbeziehung des Charakters des Spielenden, da dieser keinen Avatar besitzt, welcher ihn repräsentiert. Es wird vorgeschlagen, das Einführungsvideo zu kürzen.

**4: Coolness/Entertainment** Die Teilnehmer\*innen sehen unterschiedliche Faktoren, die das Entertainment begünstigen könnten. Beispielsweise (a) eine multimediale Aufarbeitung aller Charaktere im Spiel, nicht nur des Begleiters, (b) Sidequest für das Erwerben von verschiedenen Rewards oder (c) die Gefahr, dass die Beantwortung von Lernfragen als lästig empfunden werden könnte. Generell erscheint das Konzept eines Ambient Serious Games an sich den Coolness/Entertainment-Faktor aber zu begünstigen.

**5: Humor** Den Teilnehmer\*innen fiel es schwer, aufgrund der kurzen Präsentation diese Heuristik zu bewerten. Einige Teilnehmende merken jedoch an, dass die Spielfiguren bzw. der Spielbegleiter Potential hat humorvoll zu agieren.

**6: Immersion** Die Immersion wird durch die Kombination aus Licht- und Audioeffekten sowie Hintergrundmusik als ausreichend eingeschätzt, wobei die Grafik als (durch das Budget in der Qualität) eingeschränkt beurteilt bzw. vermutet wird. Weitere Einbindung von mehreren Videos erscheint manchen Teilnehmer\*innen erstrebenswert.

**7: Documentation/Tutorial** Ein Teilnehmer\*innen wünscht sich ein überspringbares Tutorial mit der Möglichkeit, diese Informationen anschließend abrufen zu können. Die Anleitung erschienen den Teilnehmer\*innen ausreichend, wobei mindestens einem Teilnehmer\*innen zur abschließenden Bewertung ein Spieldurchlauf notwendig erscheint. Es erscheint den Teilnehmer\*innen leichter, die Fragen zu beantworten, wenn Spielende mit den Übungen des implementierten LMS vertraut sind.

**8: Game Provides Feedback** Das Feedback scheint ausreichend. Es wird allerdings bemängelt, dass die Verknüpfung zwischen Spielelementen und Fragen nicht ausreichend ist. Ein Vorschlag ist, dass falsch beantworteten von Fragen auch in die Geschichte/grafische Effekte des Spiels zu integrieren.

**9: Terminology** Die Teilnehmer\*innen äußern teilweise Schwierigkeiten sich hier von der Heuristik „Goals“ abzugrenzen. Die Ziele werden als klar definiert bewertet. Es wird erneut der Wunsch nach Möglichkeiten der individuellen Anpassung des Spiels sowie der stärkeren Verknüpfung zwischen Spiel und Lerninhalt geäußert.

**10: Burden On Player** Das Spiel bestraft die Spieler laut den Teilnehmenden nicht unnötig. Die ambiente Interaktion wird als nicht zu schwierig eingeschätzt, wobei eine Spieldurchführung für die abschließende Beurteilung wünschenswert erscheint. Es wird erneut der Wunsch geäußert, die Tutorials überspringen zu können.

**11: Game Story Immersion** Die Teilnehmer\*innen bewerten die Story als ausreichend. Es wird erneut vorgeschlagen durch die multimediale Ausgestaltung aller Charaktere die Immersion zu stärken, oder den Spieler als Figur weiter in die Geschichte zu integrieren.

Werden die inhaltlichen Kommentare zum Konzept betrachtet, so ergeben sich Möglichkeiten das Konzept zu verbessern. Es wird zum Beispiel mehrfach erwähnt, dass Tutorialvideos zu langwierig erscheinen und überspringbar gemacht werden sollten. Diese Anpassung sollte auf jeden Fall geschehen, um das Interesse der Spieler nicht bereits zu Beginn zu verlieren. Des Weiteren wird klar, dass viele Heuristiken von der Gestaltung der Spielbegleiter und weiteren Charaktere abhängen. Abhängig von den Ressourcen, sollten diese detailreich gestaltet sein und einen festen Charakter haben, welcher zu entsprechendem Ausdruck und Handlungen der Figuren führt. Ein weiterer Punkt ist die stärkere Verknüpfung zwischen Lern- und Spielinhalt. Aufgrund der dynamischen Generierung des Spiels ausgehend von einer Spielskizze und einen unabhängig davon gestalteten LMS-Übung erscheint dies allerdings sehr schwierig umzusetzen. Es sollte hier die Möglichkeit geben, dass Dozierende Spiele auf einfache Art und Weise gestalten, die zum Inhalt ihrer Vorlesung passen. Dies erfordert allerdings ein Spiel für jedes Quiz und ist mit umfangreichem Ressourcenaufwand verbunden. Dieser Aspekt wird in der Diskussion dieser Arbeit erneut aufgegriffen. Die Änderungen an den Spielkonzepten werden im nächsten Abschnitt im Zuge der Beschreibung der Spiel-Implementierung aufgegriffen.

## *Anpassungen basierend auf den Ergebnissen der heuristischen Evaluation*

Bei der Implementierung der Spiele wurde darauf geachtet, den Charakteren humoristische oder identifizierbare Eigenschaften zu geben. Außerdem können Videos übersprungen werden und kurze Tutorialtexte zeigen die wichtigen Informationen nochmals an. Im Vergleich zu den in Abschnitt 9.2 vorgestellten Abläufen existierte zum Zeitpunkt der Evaluation lediglich ein Einführungsvideo. Die anderen Anweisungen wurden ausschließlich textuell übermittelt.

### **9.4 Heuristische Evaluation der generierten Spiele**

Ziel dieser Evaluation ist die Erfassung von Usability und Playability der spielbaren Prototypen, die auf den Konzepten beruhen, welche zuvor evaluiert wurden. Es stellen sich folgende Forschungsfragen:

1. Welche Probleme ergeben sich bei der Durchführung der Spiele mithilfe des Prototyps hinsichtlich der Gebrauchstauglichkeit und Spielbarkeit der Spiele?
2. Welche Änderungen müssen vorgenommen werden, um die Spiele so zu verbessern, dass diese im Rahmen der summativen Evaluation von Studierenden beurteilt werden können?

Es handelt sich bei der formativen Evaluation der generierten Spiele ebenfalls um eine heuristische Evaluation. Die Expert\*innen beurteilen in dieser Evaluation neben der Spielbarkeit vor allem die Gebrauchstauglichkeit der technischen Umsetzung. Zur Beurteilung des Prototyps wurde HEEG [312] gewählt, da diese Heuristik-Sammlung sowohl Elemente der Spielbarkeit als auch der Gebrauchstauglichkeit abdeckt. Zudem beinhaltet sie Elemente, die auf die Bildungselemente Bezug nehmen. Die meisten anderen in der Literaturrecherche identifizierten Heuristik-Sammlungen, welche sowohl Playability als auch Usability adressieren haben keinen Fokus auf den Bereich der Lernspiele, weshalb sie keine Alternative darstellen. Die einzige Ausnahme stellt dabei die Sammlung von Fitchat und Jordaan [313] dar, deren Fokus Serious Games darstellen. Die Heuristik-Sammlung richtet sich dabei aber auf die Nutzererfahrung und nicht explizit auf Usability und Playability. Des Weiteren ist sie lediglich mit Nutzern an einem Spiel getestet aber nicht durch weitere Experten evaluiert. Eine vollständige Liste der Heuristiken in HEEG ist Anhang E zu entnehmen.

Die akquirierten Expert\*innen erhalten in der Evaluation ein für sie generiertes Spiel, welches von ihnen durchgeführt wird. Jedes Spiel wird für den jeweiligen Spielertypen angepasst. Im Anschluss wird das Spiel, wie bei der zuvor erfolgten Evaluation, anhand der Heuristiken in einem online Fragebogen bewertet. Die Übungen behandeln Grundrechenaufgaben sowie zwei Lückentexte zu natürlichen Zahlen und Primzahlen. Dabei wurden alle implementierten Frageformen mehrmals verwendet.

Das angestrebte Sample entspricht dem der zuvor durchgeführten Evaluation. Es gelten allerdings andere Einschlusskriterien, da für diese Evaluation Expert\*innen aus dem Bereich der Medieninformatik gesucht werden. Diese haben sich im Laufe ihrer Ausbildung mit den Grundlagen der Gebrauchstauglichkeit vertraut gemacht. Diese lauten wie folgt:

- Aktuell Studierende der Medieninformatik oder Alumni des Studiengangs.
- Das Modul Grundlagen der Multimediatechnik ist bereits mit bestandener Prüfung abgeschlossen.
- Ausreichend gutes Verständnis englischer sowie deutscher Sprache.

Neben Personen mit vorliegen einer psychischen oder physischen Beeinträchtigung hinsichtlich Sehkraft oder Gefährdung durch Licht- und Audioeffekte sind auch Personen ausgeschlossen worden, die eine starke Beeinträchtigung des Bewegungsapparats haben, welche die Interaktion mit dem Spiel unmöglich macht.

Die Expert\*innen wurden im Studiengang der Medieninformatik rekrutiert. Dazu wurden Studierende des Bachelor- oder Masterstudiengangs Medieninformatik der Universität zu Lübeck schriftlich via Mail und Moodleforum für Studienaufrufe der Studierendenvertretung angefragt. Des Weiteren wurden Alumni des Studiengangs im universitären Umfeld via Mail akquiriert. Hierzu wurde das erstellte Informationsmaterial (siehe Anhang E) potenziellen Teilnehmenden zugestellt, woraufhin sie sich bei der Studienleitung bei Interesse melden konnten. Etwaige Nachfragen wurden persönlich oder schriftlich beantwortet. Die benötigten Informationen zum Spielertyp wurden infolge der Studienteilnahme ebenfalls über E-Mail und Onlinefragebogen eingeholt.

Es konnten 5 Expert\*innen akquiriert werden, wobei jede Spielform mindestens einmal durchlaufen wurde. Zusammengefasst liegen folgende Ergebnisse der Evaluation vor:

**1: Enduring Play** Die Aufgaben waren nach Auffassung der Teilnehmenden abwechslungsreich gestaltet, wobei die physische Aktivität zusätzliche Dynamik in das Spiel brachte. Obwohl sich manche Aufgaben inhaltlich ähnlich waren, fühlte es sich nicht wie eine Bestrafung an, wenn Fehler

gemacht wurden. Mathematische Aufgaben wiederholten sich, wurden aber durch den Wechsel des Spielortes aufgelockert. Insgesamt gab es keine spürbare Wiederholung oder Frustration, doch zu Beginn war den Teilnehmer\*innen nicht klar, wie viele Aufgaben gelöst werden müssen und ob dies direkt hintereinander geschehen muss.

**2: Challenge, Strategy and Pace** Die Aufgabenvielfalt sowie der Wechsel zwischen Aufgabenarten und physischer Aktivität verhinderten nach Einschätzung der Teilnehmer\*innen eine Ermüdung. Durch die Dynamik blieb das Spiel spannend. Physische Anforderungen waren moderat, sollten jedoch altersabhängig geprüft werden, um eine Überforderung zu vermeiden.

**3: Goals** Die Ziele wurden grundsätzlich klar kommuniziert. Nach bestimmten Aktionen, wie der Codeeingabe, entstand bei den Teilnehmenden jedoch kurzzeitig Verwirrung über das weitere Vorgehen. Das übergeordnete Ziel, den Dieb zu identifizieren, blieb stets nachvollziehbar. Die Einführungsszenen könnten laut Teilnehmer\*innen klarer strukturiert sein, da sie aktuell zu informationsreich sind und der Kontext verloren geht.

**4: Concentration** Die Konzentration wurde nach Angabe der Teilnehmenden gut unterstützt. Es gab kaum Ablenkungen bei der Aufgabenbearbeitung. Raumbeleuchtung und Musik förderten die Atmosphäre positiv. Allerdings war die Verbindung zwischen den Matheaufgaben und der Fragemöglichkeit beim Weltraumabenteuer nicht sofort ersichtlich. Dies führte bei den Teilnehmer\*innen zu einem Gefühl überflüssige Aufgaben durchführen zu müssen.

**5: Immersion** Musik und Licht trugen maßgeblich zur Immersion bei. Die Aufgabenarten und die räumliche Anordnung der Terminals unterstützten das Eintauchen in das Spielgeschehen. Die langen Einführungstexte empfanden die Teilnehmenden jedoch teilweise als störend. Eine Person vermisste auditives Feedback bei richtigen Antworten, welches aber gegeben war.

**6: Documentation/Tutorial** Die Spielmechanik war von Teilnehmer\*innen grundsätzlich einfach zu verstehen. Die Einführung könnte jedoch klarer strukturiert und weniger textlastig sein. Bei der Steuerung fielen kleinere Inkonsistenzen auf, zum Beispiel bei der Navigationsrichtung. Der Bezug der Aufgaben zum Spielziel war nicht immer sofort ersichtlich. Ebenso war den Teilnehmer\*innen nicht klar, dass es im Fall des Players Punkte waren, die nach der korrekten Beantwortung angezeigt wurden.

**7: Game Provides Feedback** Die Teilnehmenden empfanden grundlegendes Feedback im Spiel als vorhanden. Der Status, wie viele Fragen noch offen waren, wurde jedoch nicht immer klar dargestellt. Ebenso wurde eine Bewertung der Spieler\*innen hinsichtlich des Abschneidens im Spiel gewünscht.

**8: Screen Layout** Das Design wurde als konsistent und funktional empfunden, insbesondere bei der Gestaltung der Controller. Die Darstellung der Matheaufgaben wirkte allerdings minimalistisch und leicht losgelöst vom restlichen Spielstil. Der Befragungstext könnte den Teilnehmenden nach kompakter dargestellt werden.

**9: Navigation** Die Navigation im Spiel wurde als einfach und intuitiv empfunden. Allerdings gab es kleinere Inkonsistenzen, insbesondere bei der Richtung der Textnavigation bei der Befragung der Verdächtigen im Weltraumabenteuer.

**10: Error Prevention** Gerade zu Beginn wären kontextbezogene Erklärungen hilfreich gewesen. Kleine Fehlerquellen, wie Missverständnisse beim Aufgabenstart waren bei den Teilnehmer\*innen vorhanden. Hilfestellungen während des Spiels würden den Einstieg erleichtern. Zudem wurden Hilfestellungen beim Lösen der Türrätsel gewünscht.

**11: Control** Die Steuerung war den Teilnehmenden zufolge einfach und größtenteils konsistent. Es gab jedoch kleinere Inkonsistenzen zwischen der Controller-Bedienung und der Bedienoberfläche. Nach Fehlern war manchmal unklar, wie genau eine Eingabe zu korrigieren war.

**12: Supports Active Learning** Das Spiel erlaubte Teilnehmenden nach eine gewisse Exploration, was anfangs etwas verwirrend wirken konnte. Es testete mehr vorhandenes Wissen, als neues Wissen zu vermitteln. Die mathematischen Aufgaben forderten dabei das vorhandene Wissen der Spieler.

**13: Engenders Engagement** Die Rätsel und versteckten Informationen förderten die Neugier der Spieler. Der Schwierigkeitsgrad erschien angemessen und Exploration wurde belohnt.

**14: Appropriateness** Das Szenario passte gut zum Lerninhalt und erschien sinnvoll eingebettet. Als zusätzliches Lernangebot eignete es sich der Auffassung der Teilnehmendem nach gut, auch wenn die genaue Einbindung aufgrund der fiktiven Übungsaufgabe schwer zu beurteilen ist.

**15: Supports Reflection** Es gab im Spielverlauf keine gezielten Reflexionsphasen. Eine kurze Zusammenfassung oder ein Feedback zum Lernerfolg nach Abschluss der Aufgaben würde den Lernprozess der Ansicht der Teilnehmer\*innen nach unterstützen.

**16: Provides Equitable Experience** Einige Aufgaben erforderten spezifisches Vorwissen, beispielsweise zu Binärcodes oder Primzahlen. Dadurch waren nicht alle Aufgaben für alle Wissensstände gleich zugänglich. Eine adaptive Anpassung an den individuellen Kenntnisstand fehlte den Teilnehmer\*innen.

Eine vollständige Liste aller Antworten ist Anhang E zu entnehmen. Die Evaluation zeigt, dass die umgesetzten Lernspiele grundsätzlich als durchführbar und immersiv wahrgenommen werden. Es gibt jedoch einige Aspekte, die durch die Veränderung der Bedienoberflächen adressiert werden können. In erster Linie betrifft dies die Einführung in das Spiel sowie die eingebundenen Erklärungen. Die Bedienung der Spiele über die Arcade Button Boards hingegen erscheint einfach zu begreifen, mit Ausnahme der Befragungsoberflächen im Weltraumabenteuer. Im Folgenden werden alle Änderungen beschrieben, die zur finalen Gestaltung des Spiels führen, welche im Ablauf den Beschreibungen im Abschnitt 9.2 entspricht.

### *Anpassungen basierend auf den Ergebnissen der heuristischen Evaluation*

Zunächst wurden die bestehenden Einführungsvideos um weitere Video- oder Audiodateien ergänzt, um die Spielinhalte besser zu vermitteln. Die Einführungsvideos wurden überarbeitet, sodass der nächste Spielschritt erklärt wird. Im Fall des Weltraumabenteuers wurde die Gesamtanzahl der für die Befragung dienlichen Fragen im Video erwähnt. Ebenso wurde ergänzt, dass Spieler\*innen frei wählen können, in welcher Reihenfolge sie Übungsfragen beantworten oder Verdächtige befragen. Im Fall des Spielerprofils Player wurde die Information bezüglich der Punktevergabe ergänzt. Somit soll erreicht werden, dass Spieler\*innen genau darüber informiert sind, welche Aufgabe sie als nächstes lösen müssen und wie die Lösung der Übungsaufgaben mit denen des Spiels verbunden sind. Des Weiteren wurde durch die Einführung des Kriminaltechnikers in die Spielgeschichte (vgl. Abschnitt 9.2) versucht eine logische Erklärung zu finden, warum Übungsfragen beantwortet werden müssen, um die Befragung durchzuführen. Im Fall des Escaperoom-Spiels wurden Tipps eingeführt, die eingeblendet werden, sobald zwei Mal ein falscher Code eingegeben wurde. Die Spieler\*innen werden durch ein Texttutorial explizit darauf hingewiesen.

Gestalterisch wurden ebenfalls Änderungen an den Bedienoberflächen vorgenommen. Dies betrifft unter anderem die in Abbildung 9.14 dargestellte Bedienoberfläche des Weltraumabenteuers, die zum einen wegen der Informationsfülle und zum anderen wegen der Navigationsrichtung kritisiert wurde. Die untereinander aufgelisteten Fragen zur Befragung der Verdächtigen wurde durch die Darstellung einer einzelnen Frage umgestaltet. Fragen können nun mittels einer veränderten horizontalen Navigation ausgewählt werden.

Des Weiteren ist durch ein eingeblendetes Symbol direkt erkennbar, ob eine weitere Frage an die Verdächtigen gestellt werden kann oder derzeit keine weitere Frage mehr freigespielt ist. Durch Wechseln der Frage wird auch die entsprechende Antwort ausgetauscht, insofern diese bereits gestellt wurde. Dies soll die kompaktere Darstellung der Befragungstexte adressieren. Um

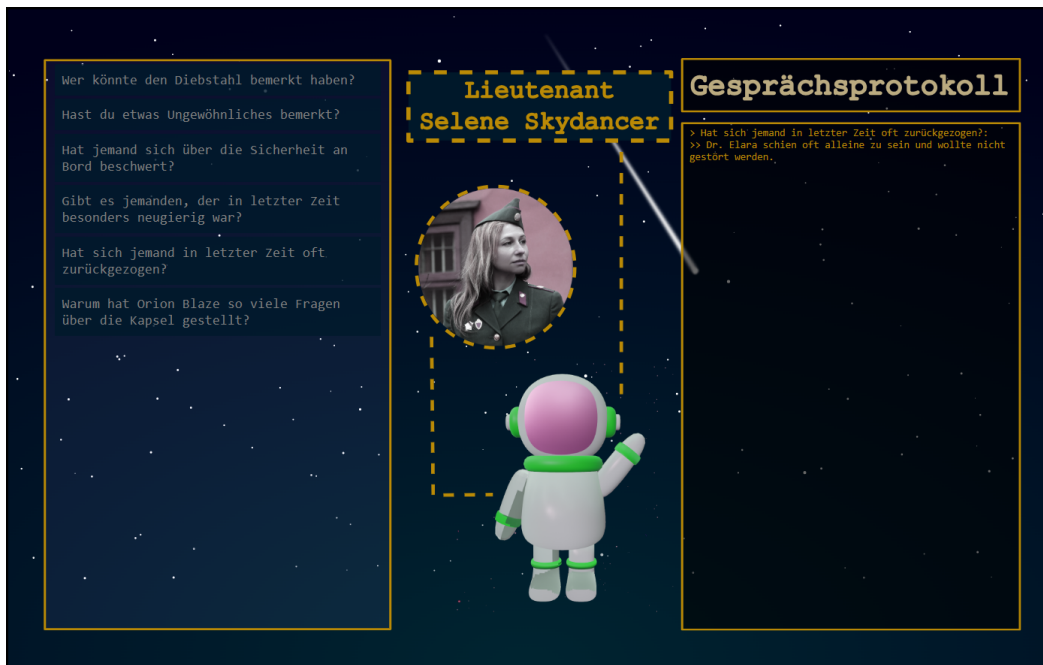


Abbildung 9.14: Die ursprüngliche Oberfläche des Weltraumabenteuers zur Befragung der Verdächtigen. Die überarbeitete Version ist Abbildung 9.12 zu finden.

die Übungsfragen dem Weltraumabenteurer anzupassen, wurde der Hintergrund bei diesem Spiel durch einen zu den anderen Oberflächen passenden ersetzt. Ebenso wurden bei den Fragen der Form Wahr/Falsch-Fragen und Zuordnungsfragen eine Überschrift eingefügt, welche die Gesamtanzahl sowie die aktuelle Nummer der Aussagen angibt, die zu beantworten sind. So sollen Unklarheiten bezüglich der Frageanzahl vermieden werden.

Die Dauer der eingeblendeten Tutorials zur Bedienung wurde von fünf auf zehn Sekunden erhöht und die Dauer der Anzeige von Korrektheit oder Inkorrektheit einer Antwort, sowie gegebenenfalls erreichter Punkte wurde auf zwei Sekunden verringert.

Die Evaluationsergebnisse bezüglich des Lerninhalts zeigen, dass die generierten Spiele zur Überprüfung von bereits gelerntem Wissen geeignet sein können. Allerdings ist es von Bedeutung, dass diese entsprechend vermittelt und nach dem Spiel eine Übertragung des Protokolls in das LMS nötig ist, um eine Reflektion zu ermöglichen.

## 9.5 Summative Evaluation der Spiele

Zur abschließenden Beurteilung der Spiele wurde eine Bewertung des Spiels durch Studierende durchgeführt. Die folgenden Forschungsfragen wurden dabei adressiert.

1. Wie wird die Güte der automatisch generierten Spiele von potenziellen Endnutzer\*innen wahrgenommen?
2. Welchen Effekt hat die Anpassung des Spiels an den Spielertypen auf die Bewertung der Spielqualität durch potenzielle Endnutzer\*innen?
3. Wie wird der technische Aufbau des Systems von Endnutzer\*innen wahrgenommen?

Zur Erfassung der Spielqualität wurde der GUESS-18 Fragebogen [326] eingesetzt. Dabei handelt es sich um eine Kurzversion des Fragebogens Game User Experience Satisfaction Scale (GUESS), der neun Dimensionen der Videospiele-Zufriedenheit erfasst [326]. Dieser liegt in einer deutschen Übersetzung vor, die innerhalb einer Studie mit Jugendlichen validiert wurde [327]. Die neun Dimensionen sind: (a) Gebrauchstauglichkeit und Spielbarkeit, (b) Narrativ, (c) Immersion, (d) Spaß, (e) kreative Freiheit, (f) auditive Ästhetik, (g) persönliches Leistungsempfinden, (h) soziale Vernetzung und (i) visuelle Ästhetik. Die Beantwortung erfolgt dabei als 7-Punkt-Likert-Skala [327]. Die Dimensionen *kreative Freiheit* und *soziale Vernetzung* erscheinen bei den verwendeten Spielentwürfen unpassend, wurden allerdings trotzdem präsentiert, um die Validierung des Fragebogens beizubehalten. Doch den Teilnehmenden wurde aufgrund dessen die Möglichkeit gegeben Items nicht zu beantworten. Aufgrund der anderen passenden Dimensionen und der Kürze des Fragebogens stellt er dennoch ein gutes Instrument zur Evaluation der Spiele dar.

Des Weiteren wurde die Wahrnehmung des technischen Aufbaus anhand eines eigens erstellten Fragebogens erfasst. Dieser befasst sich mit den folgenden Aspekten: (a) der Wahrnehmung als verteiltes bzw. einheitliches System, (b) der Reaktionszeit auf Eingaben und des Gesamtsystems, (c) der Steuerung der Nutzeraufmerksamkeit des Systems, (d) der Wahrnehmung des Systemzustands, (e) dem Einfluss der Bewegung auf den Spielfluss, (f) der Verzögerung von Feedback zu Eingaben und (g) das mentale Modell des Gesamtsystems. Dazu präsentiert das Instrument zwei gegensätzliche Aussagen zwischen denen die Teilnehmenden ihre Zustimmung einordnen sollen. Proband\*innen müssen dabei alle Items beantworten, um den Fragebogen zu beenden. Abschließend wurde nach weiteren Einsatzmöglichkeiten des Systems gefragt. Der eigens erstellte Fragebogen ist in Anhang F zu finden.

Es wurde ein Sample von mindestens 30 Teilnehmer\*innen angestrebt. Um den Einfluss der Anpassung des präsentierten Spiels auf den jeweiligen Spielertypen zu erfassen, wurden der Hälfte der Proband\*innen ein Spiel präsentiert, das nicht ihren Spielertyp adressiert. Aufgrund der Ähnlichkeit der Spiele für Player und Socializer wurde diesen Spieler\*innen das Escaperoom-Spiel präsentiert und Social-Achievern das Spiel für den Typ der Socializer (Weltraumabenteuer ohne Punktevergabe). Um die Anzahl an Proband\*innen sicherzustellen, die ein passendes Spiel bekommen haben, wurde nach 15 Teilnehmenden zur Kontrollgruppe (mit unpassendem Spiel) gewechselt. Nach Erreichung der Mindestteilnehmerzahl wurde nach jeweils zwei Teilnehmenden gewechselt. Dies begründet sich durch eine Pause zwischen den einzelnen Terminen nach zwei Spieldurchführungen. Zur Untersuchung der Unterschiede in Bezug auf die Spielwahrnehmung zwischen beiden Gruppen wird ein t-Test und bei Varianzungleichheit ein Welch-Test verwendet (vgl. [328]). Aufgrund der Stichprobengröße von mindestens 15 Proband\*innen wird eine annähernde Normalverteilung angenommen, weshalb der parametrische Test nicht ungeeignet scheint [329, 330, 331]. Zur Kompensation der ordinal erscheinenden Skalen wurde im Instrument lediglich der geringste und stärkste Punkt der Zustimmung beschriftet, sodass gleiche Abstände zwischen den Punkten naheliegend scheinen.

Die Akquise erfolgte auf drei verschiedenen Wegen. Zum einen wurde die Studie über das Moodleforum für Studienaufrufe der Studierendenvertretung beworben. Zum anderen wurden Studierende aus dem direkten universitären Umfeld persönlich via Mail eingeladen. Des Weiteren wurden diese gebeten, die Information auch an andere Studierende weiterzugeben. Die Studieninformation wurde über die Kanäle entsprechend verbreitet. Die jeweilige Einwilligungserklärung wurde direkt vor dem Versuch unterzeichnet, nachdem etwaige Fragen geklärt wurden. Eingeschlossen wurden alle Personen, die derzeit ein Studium absolvieren und dabei an der Universität zu Lübeck eingeschrieben sind oder dies zu einem vorherigen Studium waren. Dies dient der Sicherstellung, dass Studierende der Gruppe entsprechen, die für die Spielertypenanalyse herangezogen wurde. Honoriert wurde die Teilnahme gegebenenfalls mit Versuchspersonenstunden für Medieninformatik oder Psychologie.

Für die summative Evaluation wurde das Frontend des aLMS-Moduls insofern umgestaltet, dass Nutzer\*innen zunächst den Fragebogen bezüglich des Spielertyps beantworten müssen, bevor das Spielthema ausgewählt wird. Anschließend wird das Spiel für sie generiert. Zum Zweck der Anonymisierung wurden keine Pseudonyme für Spieler\*innen angelegt sondern UUIDs erzeugt. Im Fall der Verwendung der Bestenliste wird anstatt des Pseudonyms der Term *Sternenkommissar\*in (DU)* angezeigt. Diese Veränderung ermöglicht es, dass Proband\*innen an der Evaluation teilnehmen können, ohne Vorbereitungen treffen zu müssen. Dadurch wurde sich eine erfolg-

reichere Rekrutierung erhofft. Alle weiteren Aspekte des Versuchsaufbaus entsprechen dem der zweiten heuristischen Evaluation und der Anpassungen an den Spielen selbst (siehe Abschnitt 9.4).

### 9.5.1 Ergebnisse und Interpretation

Es konnten insgesamt 40 Teilnehmende akquiriert werden. Diese wurden zu gleichen Teilen auf die Experimentalgruppe mit dem passenden Spiel und die Kontrollgruppe mit einem nicht passenden Spiel verteilt. Die Experimentalgruppe besteht aus fünf Teilnehmenden des Typs Socializer, 14 des Typs Player und einem des Typs Social-Achiever. Die Zusammensetzung der Kontrollgruppe bestand ausschließlich aus Teilnehmenden des Typs Player oder Socializer. Die Verteilung der Spielertypen ist der Datenbank des Generators entnommen, die abbildet, welches Spiel wie häufig generiert wurde. Da die Kontrollgruppe ausschließlich als Social-Achiever aufgeführt ist, kann eine genauere Verteilung zwischen Player und Socializer nicht ermittelt werden.

Im Folgenden werden zunächst die Ergebnisse des GUESS-18 vorgestellt. Dabei wird eingangs das Ergebnis in Hinblick auf die Spielgüte betrachtet, ohne auf die Untersuchung signifikanter Unterschiede zwischen Gruppen einzugehen. Anschließend werden die Ergebnisse der Dimensionen genauer betrachtet, welche auf einen Unterschied hin untersucht wurden. Bezüglich der Items, bei denen ein Unterschied zwischen den Gruppen zu erwarten ist, werden die entsprechenden Hypothesen dargelegt und das Ergebnis des t-Test bzw. Welch-Test beschrieben. Alle Berechnungen wurde mit SPSS Version 30.0.0.0 (172) durchgeführt [332]. Fehlende Werte wurden in der Analyse ausgeschlossen.

Auf die Auswertung des GUESS-18 folgend, werden die Ergebnisse zur Wahrnehmung des technischen Aufbaus beschrieben, wobei keine Unterscheidung zwischen den Gruppen gemacht wird. Diese Ergebnisse werden ebenfalls direkt im Anschluss interpretiert. Die Freitextantworten zu weiteren Einsatzmöglichkeiten wurden von zwei Personen unabhängig induktiv geclustert (vgl. [333]). Nicht übereinstimmende Cluster wurden diskutiert und ein finales Cluster festgelegt. Die Reliabilität wurde nicht berechnet. Die Ergebnisse sind am Ende des Kapitels dargelegt.

Zur Auswertung des GUESS-18 werden den Skalen Werte von 1 bis 7 zugeordnet. Jede Dimension verfügt über zwei Items, deren Werte gemittelt und abschließend aufaddiert werden. Tabelle 9.10 zeigt die jeweiligen Mittelwerte mit der Anzahl gegebener Antworten und ihre Varianz für jedes Item über alle Proband\*innen hinweg unabhängig ihrer Gruppe. Des Weiteren ist der Mittelwert für jede Dimension zu entnehmen.

Tabelle 9.10: Mittelwerte mit Angabe der Anzahl  $n$  gegebener Antworten und der Varianz für jedes Item über alle Proband\*innen hinweg und in der Experimental- sowie der Kontrollgruppe. Des Weiteren ist der Mittelwert für jede Dimension zu entnehmen. Die Überschriften sind abgekürzt dargestellt. MW kürzt den Begriff Mittelwert ab, Var den Begriff Varianz, ExG die Experimentalgruppe, KonG die Kontrollgruppe, GES die gesamte Stichprobe und Dim den Begriff Dimension. Die mit \* markierte Gruppe stellt eine invertierte Skala dar. Hier werden die Antwortmöglichkeiten in umgekehrter Reihenfolge den Werten 1 bis 7 zugeschrieben.

Item	MW GES	VAR GES	MW ExG	VAR ExG	MW KonG	VAR KonG	MW Dim
Ich finde, das Spiel ist einfach zu steuern.	6,325 (n=40)	1,119	6,700 (n=20)	0,310	5,950 (n=20)	1,648	6,188
Ich finde das Menü im Spiel einfach zu bedienen.	6,050 (n=36)	1,548	6,600 (n=20)	0,540	5,875 (n=16)	1,734	
Die Geschichte des Spiels hat mich von Anfang an begeistert.	5,125 (n=40)	2,259	5,300 (n=20)	2,110	4,950 (n=20)	2,348	5,200
Ich mag die Geschichte des Spiels.	5,275 (n=40)	1,799	5,600 (n=20)	1,440	4,950 (n=20)	1,948	
Manchmal verliere ich die Zeit aus den Augen, während ich das Spiel spiele.	5,450 (n=40)	2,098	5,100 (n=20)	2,190	5,800 (n=20)	1,760	5,338
Ich vergesse, was in der Außenwelt passiert, während ich spiele.	5,225 (n=40)	2,124	4,950 (n=20)	2,848	5,500 (n=20)	1,250	
Ich finde, das Spiel macht Spaß.	5,950 (n=40)	1,348	6,050 (n=20)	0,848	5,850 (n=20)	1,828	5,538
Ich bin gelangweilt, während ich das Spiel spiele.*	5,125 (n=40)	1,109	4,800 (n=20)	1,660	5,450 (n=20)	0,348	
Ich finde, das Spiel erlaubt mir, etwas zu verändern.	3,450 (n=32)	1,548	3,300 (n=18)	1,810	3,600 (n=14)	1,240	3,688
Ich finde, ich kann kreativ sein, während ich das Spiel spiele.	3,925 (n=39)	2,719	3,500 (n=20)	2,450	4,350 (n=19)	2,628	
Ich mag die Soundeffekte im Spiel.	5,350 (n=40)	1,778	5,450 (n=20)	1,448	5,250 (n=20)	2,088	5,563
Ich finde, der Ton im Spiel (z.B. Soundeffekt und Musik) verbessert mein Spielerlebnis.	5,775 (n=40)	1,424	5,850 (n=20)	1,528	5,700 (n=20)	1,310	
Ich bin sehr konzentriert auf meine eigene Leistung, während ich das Spiel spiele.	5,625 (n=40)	1,434	5,450 (n=20)	1,448	5,800 (n=20)	1,360	5,625
Ich möchte in dem Spiel so gut wie möglich sein.	5,625 (n=40)	1,284	5,500 (n=20)	1,450	5,750 (n=20)	1,088	
Ich finde, das Spiel fördert die Kommunikation (z.B. reden, chatten) zwischen Spieler*innen.	3,325 (n=19)	1,919	2,417 (n=12)	1,910	2,857 (n=7)	4,694	3,650
Es gefällt mir, das Spiel mit anderen Spieler*innen zu spielen.	3,975 (n=10)	0,774	3,571 (n=7)	3,388	4,667 (n=3)	1,556	
Ich mag die Grafik des Spiels.	5,125 (n=40)	2,409	5,550 (n=20)	2,248	4,700 (n=20)	2,210	5,125
Ich finde, das Spiel sieht schön aus.	5,125 (n=40)	2,459	5,550 (n=20)	1,948	4,700 (n=20)	2,610	

Insgesamt zeigt sich, dass auf sieben der neun Dimensionen ein Wert über 4 erreicht werden konnte, was für Zustimmung in den einzelnen Skalen spricht. Die beiden Dimension mit Werten kleiner 4 stellen die der *kreativen Freiheit* und der *sozialen Vernetzung* dar. Dies liegt im Aufbau der Spiele

begründet, die als lineare Singleplayer-Spiele gestaltet sind. Für eine höhere Bewertung dieser Dimensionen wäre eine Umgestaltung möglich. Die Umsetzung der Spiele für einen einzelnen Spieler könnte eine Erklärung für die geringeren Antwortraten sein, da Spieler\*innen ihre Zustimmung zu den Items nicht einzuordnen wussten.

Die Spiele zeigen unabhängig der Gruppe, dass Studierende versuchen ein gutes Ergebnis zu erzielen, was sich in der Dimension *persönliches Leistungsempfinden* mit einem Mittelwert  $\bar{x} = 5,625$  zeigt. Die Unterschiede zwischen den Gruppen werden nicht näher betrachtet, da die Übungsinhalte aus Mathematikfragen bestehen, die nicht in Verbindung mit den Studiengängen der Teilnehmenden stehen. In Summe erreichen die Spiele eine Zufriedenheit von 45,913 von insgesamt 63 Punkten. Bereinigt man diese um die Dimensionen, die durch die Spiele nicht adressiert werden konnten, zeigt sich eine Summe von 38,575 von 49 Punkten, was einer positiven Bewertung der Spiele entspricht.

Insbesondere die durch HONU festgelegten Elemente sind in der Analyse der Ergebnisse interessant. In der folgenden Darstellung wird von der Übertragung der Likert-Skala auf den Wertebereich von 1 bis 7 abgesehen und ein Wertebereich von -3 bis 3 angeführt, um die geringe Zustimmung, eine neutrale Position und starke Zustimmung besser zu veranschaulichen.

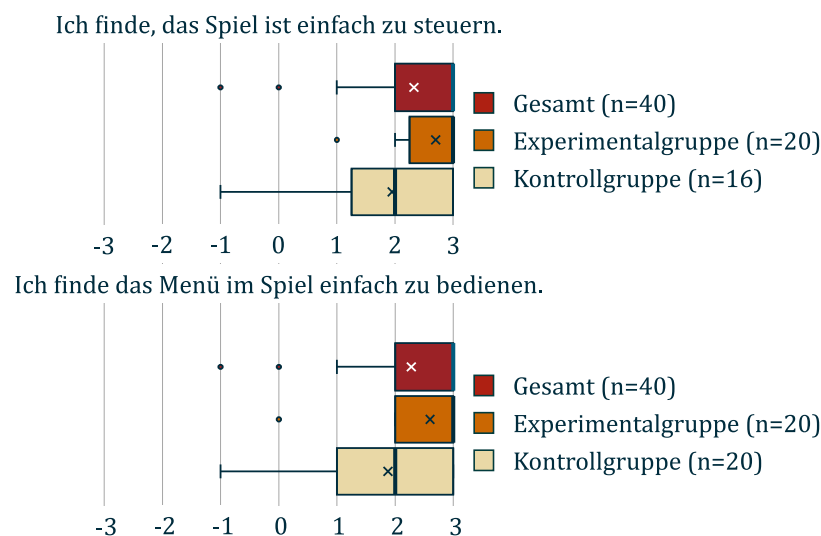


Abbildung 9.15: Ergebnisse der Untersuchung von Gebrauchstauglichkeit und Spielbarkeit anhand des GUESS-18. Der Wert -3 gibt die geringste Zustimmung und 3 die größte Zustimmung an. Der Mittelwert ist mit einem x gekennzeichnet, der Median durch einen vertikalen Strich und das erste bis dritte Quartil in einer Box dargestellt. Punkte außerhalb der Whisker zeigen Ausreißer an.

Es zeigt sich insgesamt eine positive Wahrnehmung der Steuerung und Bedienbarkeit des Menüs. Abbildung 9.15 zeigt das Ergebnis für die beiden Items der Dimension *Gebrauchstauglichkeit und Spielbarkeit*. Aufgrund

der Vorevaluation wird kein Unterschied zwischen den Gruppen erwartet und es existiert keine entsprechende Hypothese. Es zeigt sich, dass sowohl die Experimentalgruppe, als auch die Kontrollgruppe die Steuerung des Spiels einfach einschätzen und das Menü als einfach bedienbar empfunden wird. Es fällt auf, dass die Experimentalgruppe einen höheren Mittelwert (Steuerung  $\bar{x} = 2,70$  und Menüführung  $\bar{x} = 2,60$ ) als die Kontrollgruppe (Steuerung  $\bar{x} = 1,95$  und Menüführung  $\bar{x} = 1,88$ ) angibt und die Kontrollgruppe, in Bezug auf die Menüführung, eine höhere Varianz aufweist. Letzteres bestätigt sich durch den Levene-Test auf Varianzhomogenität mit  $F(1,38) = 6,510$  mit  $p = 0,015$  und  $F(1,38) = 4,85$  mit  $p = 0,34$ . Ein  $p > 0,05$  führt zur Ablehnung der Nullhypothese, welche von gleicher Varianz in beiden Gruppen ausgeht.

Da nicht davon auszugehen ist, dass die Mechaniken einen Einfluss auf die wahrgenommene Qualität der Steuerung nehmen, ist im Falle dieser Messung eher von einem Effekt durch Stichprobenverzerrung auszugehen. Da die Kohorte beider Gruppen mit Ausnahme einer Person dem Spielerprofil Player oder Socializer zuzuordnen ist, erhielt die Kontrollgruppe ausschließlich das Escaperoom-Spiel. Es ist daher naheliegend, dass die Steuerung des Spiels als weniger gebrauchstauglich wahrgenommen wird. Dies könnte sich darauf zurückführen lassen, dass die Codes zur Öffnung der Türen nach der Bestätigung im ersten Feld bei einer Korrektur vollständig neu ausgefüllt werden mussten und Fehler nicht korrigierbar waren. Ein weiterer Einfluss könnte eine unterschiedliche Interpretation des Begriffs *Menü* bei den Proband\*innen haben, die möglicherweise dazu geführt hat, dass vier Proband\*innen diese Frage nicht beantwortet haben. Unter *Menü* könnte beispielsweise sowohl die Navigation durch den Wechsel der Position im Raum und des Eingabegeräts verstanden werden oder die drei unterschiedlichen Eingabe-Buttons. Es zeigt sich dennoch, dass die eingebundenen Eingabegeräte in Verbindung mit den eingeblendeten Tutorials eine verständliche Bedienung der Spiele ermöglicht.

In Hinblick auf den Aufbau des Gesamtsystem und die Integration der Hintergrundbeleuchtung und Musik, welche durch HONU in alle Spiele integriert wird, erscheint die wahrgenommene Immersion unabhängig der Gruppen interessant. Der GUESS-18 befragt in Bezug auf diese Dimension die Zeitwahrnehmung und die Wahrnehmung der Außenwelt (vgl. Abbildung 9.16). Bezüglich der Zeitwahrnehmung zeigt sich ein Mittelwert  $\bar{x} = 1,45$  in der gesamten Untersuchung und  $\bar{x} = 1,10$  in der Experimentalgruppe bzw.  $\bar{x} = 1,80$  in der Kontrollgruppe. Bezüglich der Wahrnehmung der Außenwelt zeigt sich im Mittel  $\bar{x} = 1,225$  in der Gesamtpopulation und  $\bar{x} = 0,95$  in der Experimental- und  $\bar{x} = 1,50$  Kontrollgruppe.

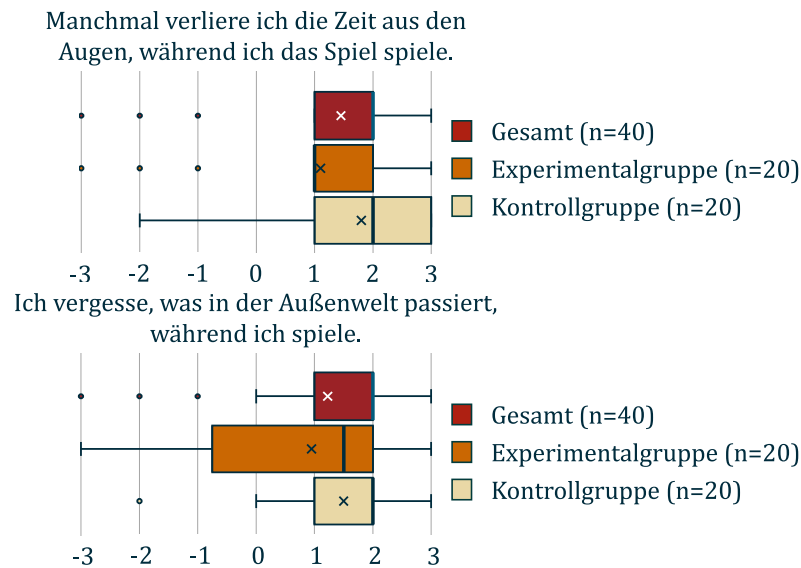


Abbildung 9.16: Ergebnisse der Untersuchung der Immersion anhand des GUESS-18. Der Wert -3 gibt die geringste Zustimmung und 3 die größte Zustimmung an. Der Mittelwert ist mit einem x gekennzeichnet, der Median durch einen vertikalen Strich und das erste bis dritte Quartil in einer Box dargestellt. Punkte außerhalb der Whisker zeigen Ausreißer an.

Es wird kein Unterschied hinsichtlich der Immersion zwischen den Gruppen erwartet. Dennoch fällt auf, dass die Experimentalgruppe das Spiel im Mittel weniger immersiv empfunden hat als die Kontrollgruppe. Eine Erklärung für diesen Unterschied könnte darin liegen, dass das Szenario der Spiele für die Typen Socializer und Player in Form des Weltraumabenteurers im universitären Kontext abstrakter erscheinen, als ein Escaperoom, der von einem Professor entwickelt wurde. In diesem Fall ist von einem Effekt durch Stichprobenverzerrung auszugehen. Unabhängig der Ursache sollte in einer weiteren Studie die Einflussfaktoren auf die Immersion näher untersucht werden, um HOLU diesbezüglich zu verbessern. Dennoch erscheinen die Spiele in einem gewissen Maße immersiv zu wirken, da beide Items einen Mittelwert  $\bar{x} > 0$  aufweisen.

Des Weiteren sieht HOLU Audioeffekte und Hintergrundmusik für die Spiele vor. Der GUESS-18 misst die auditive Ästhetik der Spiele. Die Ergebnisse sind in Abbildung 9.17 dargelegt. Es zeigt sich ein Mittelwert von  $\bar{x} = 1,350$  für die Audioeffekte und  $\bar{x} = 1,775$  für die auditiven Elemente im Bezug auf das Spielerlebnis.

Diese Items beziehen sich zwar auf die konkrete Ausgestaltung der Audiodateien. Dennoch erlauben die Ergebnisse die Annahmen dass die Hintergrundmusik und Audioeffekte positiv wahrgenommen werden, es aber weiterer Verbesserungen bedarf. Inwiefern diese die Qualität oder die Integration der Audiodateien durch HOLU betreffen, sollte genauer untersucht werden.

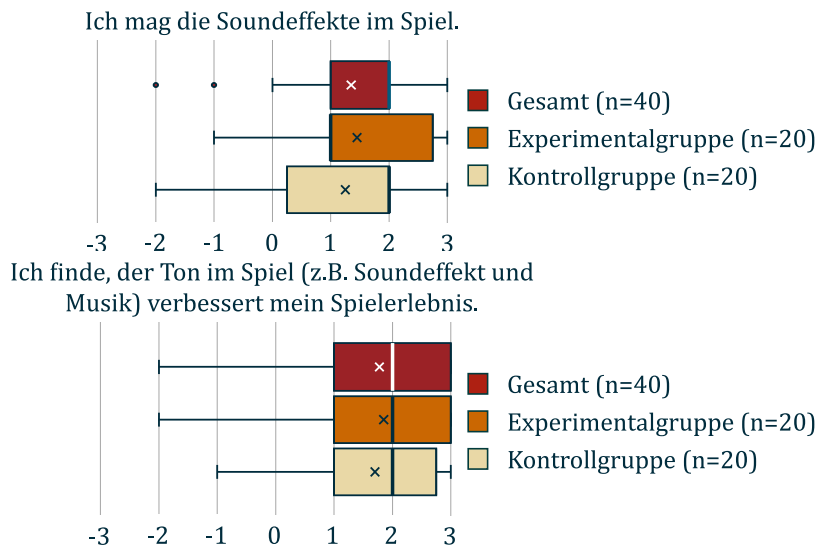


Abbildung 9.17: Ergebnisse der Untersuchung der auditiven Ästhetik anhand des GUESS-18. Der Wert -3 gibt die geringste Zustimmung und 3 die größte Zustimmung an. Der Mittelwert ist mit einem x gekennzeichnet, der Median durch einen vertikalen Strich und das erste bis dritte Quartil in einer Box dargestellt. Punkte außerhalb der Whisker zeigen Ausreißer an.

### Unterschiede zwischen Experimental- und Kontrollgruppe

In Bezug auf die Spielgeschichte lassen sich Unterschiede zwischen den Gruppen erwarten, da diese eng mit den jeweiligen Mechaniken verknüpft sind (vgl. 9.2). Aufgrund dessen wurden folgende Hypothesen in Bezug auf die Aussagen “Die Geschichte des Spiels hat mich von Anfang an begeistert” und “Ich mag die Geschichte des Spiels” aufgestellt:

**Nullhypothese  $H_0$ : Es gibt keinen Unterschied zwischen den Gruppen**

**Alternativhypothese  $H_1$ : Die Kontrollgruppe stimmt den Aussagen weniger stark zu als die Experimentalgruppe**

In Hinblick auf die gesamte Gruppe zeigt sich, dass die Spielgeschichte insgesamt positiv wahrgenommen wird (vgl. Abbildung 9.18). Ebenso zeigt sich ein Unterschied beider Mittelwerte in den Gruppen. Die Zustimmung zur ersten Aussage liegt im Mittel bei der Experimentalgruppe bei  $\bar{x} = 1,30$  und bei der Kontrollgruppe bei  $\bar{x} = 0,95$ . Die Zustimmung zur zweiten Aussage

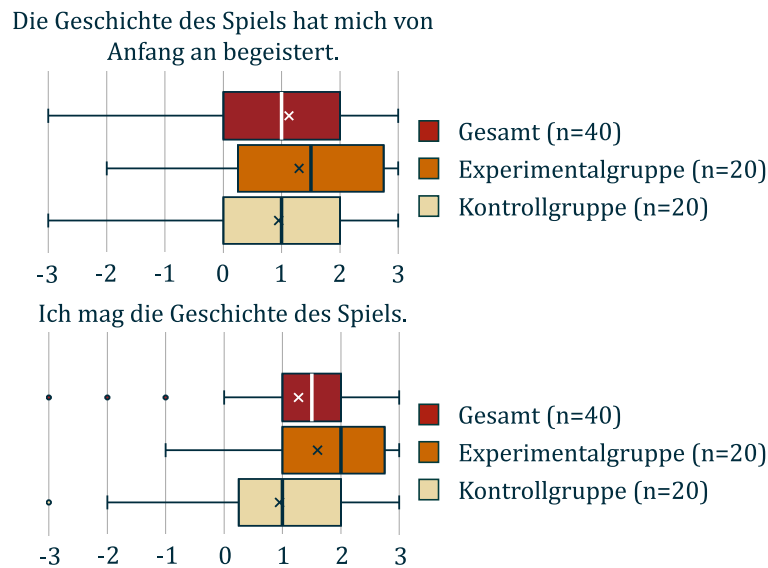


Abbildung 9.18: Ergebnisse der Untersuchung des Narrativ anhand des GUESS-18. Der Wert -3 gibt die geringste Zustimmung und 3 die größte Zustimmung an. Der Mittelwert ist mit einem x gekennzeichnet, der Median durch einen vertikalen Strich und das erste bis dritte Quartil in einer Box dargestellt. Punkte außerhalb der Whisker zeigen Ausreißer an.

liegt bei der Experimentalgruppe bei  $\bar{x} = 1,6$  und bei der Kontrollgruppe ebenfalls bei  $\bar{x} = 0,95$ . Der Levene-Test ergibt zu beiden Aussagen ein  $p > 0,91$  ( $F(1,38) = 0,10$  mit  $p = 0,919$  bzw.  $F(1,38) = 0,00$  mit  $p = 0,986$ ) weshalb von Varianzhomogenität auszugehen ist. Der einseitige t-Test zeigt in beiden Fällen keinen signifikanten Unterschied. Die Ergebnisse lauten dabei  $t(38) = 0,723$  mit  $p = 0,237$  und  $d = 0,229$  für die erste Aussage und  $t(38) = 1,539$  mit  $p = 0,066$  und  $d = 0,487$  für die zweite Aussage.

Auch wenn sich der Unterschied zwischen den Gruppen als nicht signifikant herausstellt, legt die Effektstärke Cohen's  $d$  zumindest einen kleinen Effekt nahe [334]. Das lässt die Vermutung zu, dass die Kontrollgruppe das Narrativ des Spiels weniger positiv wahrgenommen hat als die Experimentalgruppe. Dies könnte, wie die Ergebnisse der Dimension *Immersion*, auf die Stichprobenverzerrung zurückzuführen sein. Da die heuristischen Evaluationen allerdings keine Kritik am Narrativ selbst ergab, erscheint eine starke Verzerrung weniger wahrscheinlich, als bei der Dimension der Gebrauchstauglichkeit und Spielbarkeit. Eine weitere Untersuchung, mit einer größeren Stichprobengröße, könnte den durch die berechnete Effektstärke vermuteten Effekt als signifikanten Effekt zeigen. In dieser Untersuchung ist die Nullhypothese allerdings in beiden Fällen anzunehmen.

Ebenso ist in Bezug auf den Spaß am Spiel ist ein Unterschied zwischen den beiden Gruppen zu erwarten. Die Ergebnisse sind in Abbildung 9.19 abgebildet. Die entsprechenden Hypothesen lauten:

Nullhypothese  $H1_0$ : Es gibt keinen Unterschied zwischen den Gruppen

Alternativhypothese  $H1_1$ : Die Kontrollgruppe stimmt der Aussage "Ich finde, das Spiel macht Spaß." weniger stark zu als die Experimentalgruppe

Nullhypothese  $H2_0$ : Es gibt keinen Unterschied zwischen den Gruppen

Alternativhypothese  $H2_1$ : Die Experimentalgruppe stimmt der Aussage "Ich bin gelangweilt, während ich das Spiel spiele." weniger stark zu als die Kontrollgruppe

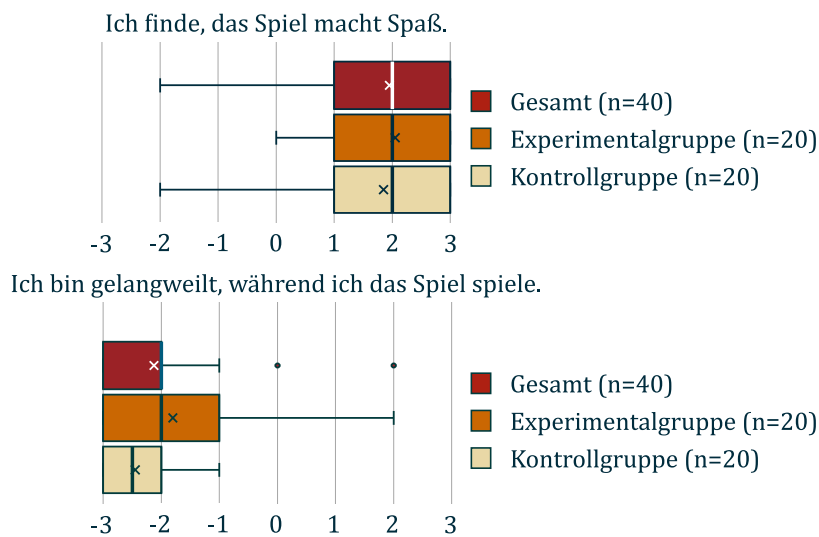


Abbildung 9.19: Ergebnisse der Untersuchung von Spaß anhand des GUESS-18. Der Wert -3 gibt die geringste Zustimmung und 3 die größte Zustimmung an. Der Mittelwert ist mit einem x gekennzeichnet, der Median durch einen vertikalen Strich und das erste bis dritte Quartil in einer Box dargestellt. Punkte außerhalb der Whisker zeigen Ausreißer an.

In Hinblick auf die gesamte Gruppe zeigt sich eine Zustimmung bezüglich empfundenem Spaß und wenig Zustimmung bezüglich wahrgenommener Langeweile (vgl. Abbildung 9.19). Bezüglich der Zustimmung zu empfundenem Spaß zeigt sich im gesamten Mittel  $\bar{x} = 1,95$ , in der Experimentalgruppe  $\bar{x} = 2,05$  und in der Kontrollgruppe  $\bar{x} = 1,85$ . Der einseitige t-Test, unter Varianzhomogenität mit  $F(1, 38) = 1,102$  mit  $p = 0,300$ , zeigt keinen signifikanten Unterschied  $t(38) = 0,533$  mit  $p = 0,299$  und  $d = 0,169$  zwischen den Gruppen.

Die Zustimmung zur zweiten Aussage liegt bei der Experimentalgruppe bei  $\bar{x} = -1,80$  und bei der Kontrollgruppe ebenfalls bei  $\bar{x} = -2,45$ . Der einseitige Welch-Test, der aufgrund von Varianzheterogenität,  $F(1,38) = 4,718$  mit  $p = 0,036$ , durchgeführt wurde, zeigt keinen signifikanten Unterschied in Richtung der Hypothese, da  $t(26,621) = 2,000$  mit  $p = 0,972$  und  $d = 0,632$ . Die Nullhypothese ist also in beiden Fällen anzunehmen.

Wie die anderen Unterschiede, ist dieses Ergebnis ebenfalls auf eine Stichprobenverzerrung zurückzuführen. Das Escaperoom-Spiel erlaubt beispielsweise die parallele Bearbeitung von zehn Matheaufgaben während das Weltraumabenteuer die Beantwortung der Aufgaben am selben Geräteverbund direkt hintereinander erwartet. Ebenso könnte das Fehlen sozialer Interaktion zu diesem Effekt führen, da diese aufgrund des Singleplayer-Designs nicht integriert sind (vgl. 9.2). Die Konsequenz der berichteten Ergebnisse sowie übergreifende Ursachen werden abschließend in der Diskussion reflektiert.

### *Wahrnehmung des technischen Aufbaus*

Die Evaluation der Wahrnehmung des technischen Aufbaus zeigte, dass die Komponenten als einheitliches System und in ihrer Reaktion als flüssig wahrgenommen werden. Im Folgenden werden die Antworten zu allen untersuchten Aussagen berichtet und interpretiert. Aufgrund der hohen Streuung wird neben dem Mittelwert auch der Median berichtet.

Bezüglich der Wahrnehmung als verteiltes bzw. einheitliches System gaben die Proband\*innen an, das System als ein gesamtes System wahrzunehmen anstatt im Raum verteilte Anwendungen. Der Mittelwert über alle Proband\*innen liegt bei  $\bar{x} = 2,050$  und der Median bei  $\hat{x} = 2$  (vgl. Abbildung 9.20). Da das Maximum bei 3 liegt, scheint das System dennoch in Teilen wahrgenommen zu werden. Dies könnte neben der Tatsache, dass es sich um ein verteiltes System handelt, in der räumlichen Verteilung gründen. Durch die klare räumliche Abgrenzung zwischen den Geräteverbänden können Komponenten voneinander abgegrenzt werden. Eine Möglichkeit, die Wahrnehmung als Gesamtsystem weiter zu stärken, wäre es den räumlichen Abstand zwischen den Verbänden zu verkleinern oder weitere Komponenten einzubinden, welche den physischen Abstand in der Wahrnehmung verringern. Die Einbindung von nicht als sinnhaft empfundenen Komponenten könnte allerdings zum Verlust der Immersion führen. Die Alternative eines verringerten physikalischen Abstands könnte sich ebenso negativ auswirken, da die Bewegung zwischen den Verbänden reduziert wird. Diese wird in der Befragung als förderlich für den Spielfluss eingeschätzt.

Der Mittelwert über alle Proband\*innen liegt bei  $\bar{x} = 1,60$  und der Median bei  $\hat{x} = 2$ . Da neben der Wahrnehmung als förderlich für den Spielfluss auch ein positiver Effekt auf die Lernfähigkeit während des Spielens zu vermuten ist (vgl. 4.2), sollte die Bewegungsfreiheit nicht eingeschränkt werden.

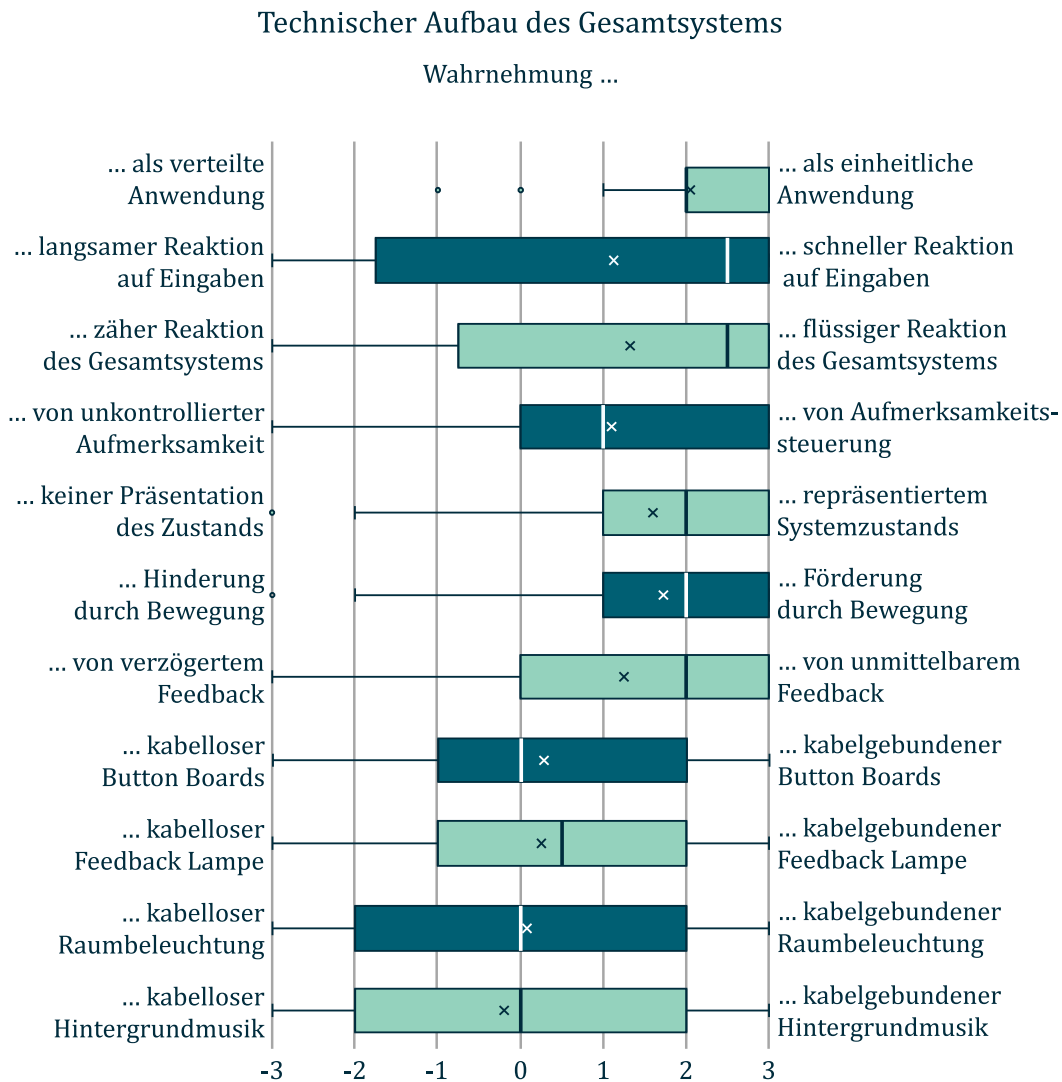


Abbildung 9.20: Wahrnehmung des technischen Aufbaus

Hinsichtlich der Reaktionszeit zeigen sich hohe Interquartilsabstände zwischen Quartil 1  $q_1$  und Quartil 3  $q_3$  (vgl. Abbildung 9.20), was auf eine hohe Streuung der Antworten hinweist. Die wahrgenommene Reaktion auf Eingaben beträgt im Mittel  $\bar{x} = 1,125$  und weist eine Varianz von  $\hat{v} = 6,009$  auf. Der Mittelwert der Wahrnehmung des Gesamtsystems als zäh bzw. flüssig beträgt  $\bar{x} = 1,325$  und weist eine Varianz von  $\hat{v} = 4,719$  auf. Die Mediane beider Items betragen  $\hat{x} = 2,5$ . Aufgrund dessen ist davon auszugehen, dass die Mehrheit der Teilnehmenden das System als schnell reagierend und flüssig empfunden hat. Die hohe Varianz in beiden Ergebnissen lässt

verschiedene Interpretationen zu. Zum einen sind die Eigenschaften *schnell*, *langsam*, *flüssig* und *zäh* subjektiv zu interpretieren, was dazu führen kann, dass Teilnehmende andere Erwartungen und Referenzgeschwindigkeiten festlegen und somit zu einer anderen Beurteilung kommen. Zum anderen ist es denkbar, dass die Reaktionszeiten aufgrund der Netzwerkkommunikation unterschiedlich ausfallen. Letzteres sollte für die weitere Realisierung von HONU nochmals überprüft werden, damit sichergestellt werden kann, dass die Reaktionszeiten des Systems die Immersion nicht negativ beeinflussen.

Die wahrgenommene Steuerung der Nutzeraufmerksamkeit des Systems, zeigt ebenfalls eine Verteilung der Antworten über alle Antwortoptionen. Der Mittelwert liegt bei  $\bar{x} = 1,1$ , was ungefähr dem Median von  $\hat{x} = 1$  entspricht. Da es sich bei der Anwendung um ein Spiel handelt, in dem Nutzer\*innen teilweise die Entscheidungsfreiheit gegeben wird, an welchem Geräteverbund sie das Spiel fortsetzen wollen (vgl. Tabellen 9.6 und 9.7), ist die gezielte Steuerung der Aufmerksamkeit nicht immer erwünscht. Das Ergebnis entspricht damit in etwa den Erwartungen. In einem anderen Anwendungskontext, wie beispielsweise dem Ablaufen von Stationen in einem aLMS, sollten Steuerungskomponenten eingesetzt werden, die Nutzende gezielt leiten. Dies könnte beispielsweise durch Lichtkomponenten realisiert werden. Im Kontext von Spielen hat hingegen der Systemzustand eine größere Bedeutung, da es den Spieler\*innen ermöglicht, Feedback einzuordnen. Der Fragebogen adressiert dabei die wahrgenommene multimediale Repräsentation des Systemzustands (vgl. Anhang F). Die Teilnehmenden berichten dabei die Wahrnehmung eines multimedial repräsentierten Zustands mit einem Mittelwert von  $\bar{x} = 1,725$  und einem Median von  $\hat{x} = 2$ . In Abbildung 9.20 zeigt sich, dass dabei jede Antwortmöglichkeit genutzt wurde. Es ist anzunehmen, dass die meisten Nutzer den Systemzustand wahrgenommen haben und Feedback einordnen konnten. Dennoch könnte die Präsentation hier verbessert werden. Beispielsweise könnte HONU in einem der Geräteverbünde den aktuellen Spielstand und Spielfortschritt dauerhaft visualisieren, damit dieser jederzeit von Spieler\*innen überprüft werden kann. Diese Maßnahme adressiert allerdings nicht die Wahrnehmung des Feedbacks als unmittelbar. Die Teilnehmenden geben mit einem Mittelwert von  $\bar{x} = 1,25$  und einem Median  $\hat{x} = 2$  von die unmittelbare Wahrnehmung von Feedback an. Hier ist ebenfalls die subjektiven Erwartungshaltung der technischen Latenzzeit gegenüberzustellen. Wünschenswert ist eine Wahrnehmung von unmittelbarem Feedback bei allen Teilnehmenden. Abbildung 9.20 zeigt, dass dies in der Referenzimplementierung nicht erreicht werden konnte. Sollte sich durch weitere Messung eine hohe Latenz feststellen lassen, müsste die Netzwerkkommunikation dahingehend angepasst werden. Da die stichprobenartige Überprüfung beim Aufbau des Systems keine wahrnehmbare Latenz zeigte, ist eine hohe Erwartungshaltung aller

dings nicht auszuschließen. Diese kann durch technische Mittel nicht direkt adressiert werden. Da die überwiegende Anzahl der Antworten im Bereich von unmittelbar wahrgenommenem Feedback liegt, könnte dies in diesem Fall vernachlässigt werden.

Über das mentale Modell des Gesamtsystems lässt sich kaum eine Aussage treffen, da die Antworten zu Kabelverbindungen Varianzen  $\hat{v} \geq 3,588$  aufweisen. Zudem liegt der Median bei drei der vier Verbindungen bei  $\hat{x} = 0$  und bei der Verbindung zwischen Oberfläche und Feedback Lampe bei  $\hat{x} = 0,5$  in Richtung einer kabelgebundenen Verbindung. Die Mittelwerte zeigen ähnliche Ergebnisse (vgl. Abbildung 9.20). Zu vermuten ist, dass die Teilnehmenden nicht in der Lage waren einzuschätzen, welche Verbindungen kabellos oder kabelgebunden waren. Diese Einschätzung könnte durch die Sichtbarkeit von Kabeln beispielsweise zwischen Button Boards und Kleincomputern beeinflusst sein. Es lässt sich durch die Varianz der Antworten interpretieren, dass die vollständige kabellose Verbindung aller Komponenten von den Proband\*innen nicht von kabelgebundenen Komponenten unterschieden werden kann, was auf eine funktionale Netzwerkverbindung zurückzuführen wäre. Dies stellt ein positives Ergebnis dar, da in diesem Fall die dynamische Verbindung von Geräten durch Reflection die Qualität der Kommunikation des Gesamtsystems nicht wahrnehmbar beeinflussen muss.

Tabelle 9.11: Geclusterte Ergebnisse der Freitextfrage zu weiteren Anwendungsgebieten des technischen Aufbaus

Hauptkategorie	Unterkategorie
Bildung	Einsatz in weiteren Bildungseinrichtungen (Schulen, Weiterbildung, etc.) Einsatz mit anderem Fachwissen/ in anderen Kursen Einsatz in der medizinischen Ausbildung
Therapie	Rehabilitation Training
Ausstellungen	Messen Museen
Teambuilding	
Prozessführung	Experimente
Unterhaltung	Videospiele

Abschließend wurden die Probanden gebeten, sich weitere Anwendungsfälle vorzustellen und diese zu nennen. Die induktiv geclusterten Antworten wurden in zwei Ebenen von Kategorien eingeteilt. Diese sind Tabelle 9.11 zu entnehmen. Die vollständigen Antworten befinden sich in Anhang F. Es fällt auf, dass sich viele Ideen mit der Vermittlung von Fakten- oder Prozesswissen befassen. Davon unterscheiden sich Vorschläge, reine Unterhaltungsspiele umzusetzen oder Teambuilding mit dem System durchzuführen.

Die Übertragung des technischen Aufbau des Systems in andere Domänen ist durchaus denkbar. Neben HONU kann hierfür insbesondere der `ReflectiveAppBuilder` verwendet werden, da manche Kontexte keine Übungsfragen benötigen und auch vom Aufbau der Geräteverbände abgewichen werden könnte. Inwiefern eine solche Übertragung ausgestaltet werden kann, wird im anschließenden Kapitel ausführlicher diskutiert.



## 10 Diskussion

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit der Forschungsfrage inwiefern Serious Games durch die Anwendung von Technologien aus dem Bereich des Ambient Computing in den Hochschulalltag integriert werden können. Dazu wurde eine umfangreiche Anforderungsanalyse durchgeführt. Es wurde betrachtet was unter dem Begriff Serious Games zu verstehen ist, welche Qualitätskriterien für diese Spiele gelten und mittels systematisierter Literaturrecherche der aktuelle Stand von Serious Games unter der Transformation zu Education 4.0 festgestellt. Die Ergebnisse zeigen, dass es bei den implementierten Spielen im Kontext am Einsatz innovativer Technologien und Nutzeranpassungen mangelt. Um letzteres zu adressieren wurde eine Benutzeranalyse durchgeführt. Durch die an die Stichprobengröße angepasste repräsentative Erhebung der Verteilung von Spielertypen unter den Studierenden konnten Cluster identifiziert werden, welche die Grundlage für Benutzerklassen bildeten. Mit einer Literaturrecherche im Bereich der Lernpsychologie sowie einer Kontextanalyse des universitären Umfelds konnten weitere Einflussfaktoren für die Gestaltung von Lernspielen in smarten Umgebungen in der Hochschullehre festgestellt werden. Diese mündeten in der Definition neuer Lernspiele in smarten Umgebungen, den Ambient Serious Games. Des Weiteren resultierte aus der Analyse ein Nutzerszenario, aus dem Anforderungen an diese Lernspiele abgeleitet werden konnten. Auf diese Weise konnten durch einen empirischen Ansatz Ambient Serious Games umfassend beschrieben werden. In Folge der beantworteten Forschungsfragen zu den oben genannten Aspekten konnte ein Konzept geschaffen werden, das die Generierung von Ambient Serious Games im universitären Kontext niederschwellig ermöglicht. Diesem Konzept liegt die Analyse zu geeigneten Technologien zu Grunde, welche teilweise ebenfalls durch eine systematisierte Recherche identifiziert werden konnte. Das entstandene Konzept zeigt, wie Zustände einzelner Spielteile aufeinander abgestimmt werden können, ohne eine zentrale Komponente zur Steuerung des Spiels zu benötigen. Des Weiteren können die Spiele dynamisch mit Ein- und Ausgabegeräten verbunden werden, was eine Anpassung an die universitäre Ausstattung ermöglicht. Teile des Konzept wurden in einer Referenzimplementierung realisiert, um eine ausführliche Evaluation des Generators und der generierten Spiele zu ermöglichen. Die Ergebnisse zeigen, dass HOLU in der Lage ist, in angemessener Zeit Lernspiele zu generieren, die auf Zufriedenheit seitens der Studierenden stößt.

Genauere Aspekte der Evaluation sowie die weitere Nutzung und Implementierung des Systems werden im Folgenden diskutiert.

Die Ergebnisse der summativen Evaluation zeigen, dass die evaluierten Spiele in den sieben adressierten Dimensionen positiv wahrgenommen werden. Ebenso zeigt sich, dass sich alle Spiele unabhängig der Anpassung an den Spielertypen eignen. In der Konsequenz bedeutet dies, dass HOLU in der Lage ist Spiele zu generieren, die zu einer Zufriedenheit der Studierenden mit dem ASG führt. Die technische Analyse zeigt akzeptable Prozesszeit seitens des Generators, der Spiele mit fünf Anwendungen bzw. Geräteverbänden und 20 Spielabschnitten in unter einer Sekunde generieren kann. Dies entspricht in etwa dem Umfang der Spiele, die für die summative Evaluation eingesetzt wurden. Sollten komplexere Spiele beschrieben werden, oder umfangreichere *HTML*-Seiten eingebunden werden, könnte möglicherweise die evaluierte Dauer überschritten werden. Sollte dies einen nicht akzeptablem Umfang erreichen, könnten Strategien zur abschnittswisen Generierung entwickelt werden. Ebenso könnte die Dauer durch die Integration der weiteren Module überschritten werden. Des Weiteren betrachtet die Messung nicht die Prozessdauer für die Vermittlung der Geräte. Hier müssten gegebenenfalls ebenfalls entsprechende Strategien eingesetzt werden, um die akzeptable Zeitspanne nicht zu überschreiten. Das derzeitig eingesetzte Verfahren ist probabilistischer Natur und daher von höherer Dauer als eine direkte Vermittlung zwischen Geräten, die durch den Generator als geeignet betrachtet werden. Diese Verbindungen würden in Generator-Teilmodul  $C_1$  (siehe Abbildung 7.12) festgelegt werden, welches nicht in der Referenzimplementierung umgesetzt ist. Welche Kriterien zur Vermittlung genutzt werden könnten gestaltet sich dabei als offene Forschungsfrage.

Gleichzeitig adressiert HOLU die folgenden der in Abschnitt 5.3 aufgestellten Anforderungen. Die Erfassung des Spielertyps adressiert Charaktereigenschaften des Nutzers und passt sich durch die Generierung des passenden Spiels daran. Die Spiele verfolgen das charakterisierende Ziel in Form der Durchführung einer Moodle-Übung, deren Aufgaben alle bearbeitet werden müssen, um das Spiel zu beenden. Videos und Einblendungen stellen Ingame-Tutorials dar, welche es Spieler\*innen ermöglichen das Spiel zu steuern, ohne weitere Anweisungen zu erhalten. Die Interaktionsobjekte werden durch Einblendung in Bedienoberflächen ausreichend erklärt. Neue Lernobjekte können in das Spiel integriert werden, unter der Voraussetzung, dass diese Objekte in das *Reflection-Framework* eingebunden sind. Durch HOLU konnten exemplarisch Spiele generiert werden, welche als spaßig empfunden wurden. Durch die Möglichkeit neue Spielbeschreibungen zu erstellen, können weitere Spiele gestaltet werden, die auf Lerninhalte abgestimmt sind. HOLU dabei so zu konfigurieren, dass Fragen direkt oder später wiederholt werden können, ermöglicht es die Lernfragen nicht initial korrekt beantworten zu müssen, was die Hürde des Spielerlebens mindern

könnte. Es erfolgt bei jeder Frage multimediales Feedback, was in einer summativen Evaluation exemplarischer Spiele von der Mehrheit der Proband\*innen als unmittelbar empfunden wurde. Dies geschieht automatisch bei der Generierung durch HONU und muss nicht in der Spielbeschreibung beachtet werden. Ebenso erfolgt die Einbindung von Audioeffekten und Hintergrundmusik automatisch. Sofern diese von Designer\*innen in der Spielbeschreibung hinterlegt werden. Durch die Einführung von studienbegleitenden Charakteren könnte eine emotionale Verbindung zum Spiel entstehen, sofern sie in die Spielbeschreibung integriert werden. Der in Kapitel 9 beschriebene Workflow zur Erstellung der Videos könnte automatisiert und in einem Editor integriert werden. Dabei könnten entsprechende Videos mittels KI automatisch erstellt werden. Alle weiteren, hier nicht aufgeführten, Anforderungen können durch weitere Referenzimplementierungen und geeignete Spielbeschreibungen mittels des vorgestellten Konzepts adressiert werden. Die bisherige Referenzimplementierung ist in dieser Hinsicht, jedoch limitiert.

Die abschließende Studie konnte keinen signifikanten Effekt bezüglich der Anpassung des Spiels an den Spielertypen feststellen. Dies kann auf unterschiedlichen Faktoren gründen. Da die Kontrollgruppe ausschließlich das Escaperoom-Spiel präsentiert bekam, ist ein Selection Bias anzunehmen. Eine weitere Ursache könnte in einer Veränderung der Spielertypenverteilung unter den Studierenden liegen. Des Weiteren ist es möglich, dass die Spiele die Mechaniken nicht in korrekter Art und Weise oder in einem unzureichenden Umfang einbinden und somit falsch oder unzureichend an die Profile angepasst wurden. Dies ist der Tatsache geschuldet, dass die Spiele von einem Laien gestaltet wurden, wobei dies im Kontext der Hochschullehre dem Regelfall entsprechen sollte. Einen Effekt hat sicherlich die Gestaltung der Spiele für jeweils einen einzigen Spieler, da auf soziale Interaktion verzichtet werden musste. Im Rahmen einer weiteren Evaluation sollte eine größere Stichprobe erhoben werden, um die Wahrscheinlichkeit Fehler erster oder zweiter Art zu verringern. Des Weiteren sollten Spiele für mehrere Spieler gestaltet und zur Auswahl gestellt werden. Um der Selbstbestimmungstheorie nach die Motivation der Studierenden zu steigern (vgl. Kapitel 2), sollte eine Auswahl von Spielen zu Verfügung gestellt werden.

Die Befragung zur Wahrnehmung des technischen Aufbaus, ergab überwiegend positive Ergebnisse. Das System wird zumeist als einheitlich wahrgenommen und die Reaktion und Feedbackzeiten scheinen angemessen. Dennoch war die Streuung der meisten Ergebnisse hoch, was auf Verbesserungspotenzial hinweisen könnte, welches bereits im vorherigen Kapitel diskutiert wurde. Da es sich im Vergleich zu den Instrumenten der anderen Evaluationen hierbei nicht um ein validiertes Instrument handelt, sind zudem auch Verzerrungen durch das Instrument selbst nicht auszuschließen.

Die Verwendung eines standardisierten Instruments würde die Sicherheit in der Zielsetzung der Befragung stärken, doch in einer Literaturrecherche konnte kein geeignetes Instrument identifiziert werden. Die Zielsetzung und der Aufbau sind sehr spezifisch, was die Verwendung eines allgemeinen validierten Instruments erschwert.

Dem Gesamtergebnis zufolge ist zu erwarten, dass ein Einsatz im Hochschulalltag von mittels HONU generierten Spiele den Studierenden Abwechslung im Lehralltag bieten kann. Somit können Vorteile der Serious Games durch das Framework von Dozierenden niederschwellig nutzbar werden. Durch die Ambient Serious Games können aktivierende Lehrmethoden ohne erheblichen Ressourcenaufwand integriert und dabei die Vorteile ambienter Lehre und Nutzeranpassung ausgeschöpft werden. Des Weiteren stellen Ambient Serious Games im Kontext von Education 4.0 eine Möglichkeit dar, individuell angepasste Lehrmethoden in Kombination mit bisher wenig eingesetzten Technologien anzubieten.

Die Spiele, welche im Rahmen der Evaluation implementiert wurden, können von Dozierenden direkt in den Lehrveranstaltungen genutzt werden, da sie vom Lehrinhalt unabhängige Narrative abbilden. Eine Voraussetzung hierfür ist allerdings die Verfügbarkeit von smarten Geräten, die in das Reflection-Framework eingebunden werden können sowie die ausreichende Netzabdeckung lokaler Netzwerke, welche für die Serious Games genutzt werden können. Für die implementierten Spiele wurden insgesamt 14 Kleinstrechner und sechs Rechner mit Displayfähigkeiten benötigt, weshalb davon auszugehen ist, dass die meisten Hochschulräumlichkeiten dies aktuell nicht abdecken können. Eine Lösung für die Verfügbarkeit von reflectionfähigen Geräten wäre die Umsetzung mobiler smarter Lernobjekte. Es ist vorstellbar, dass sich Dozierende an einer geeigneten Institution des universitären Umfelds Spieleskoffer ausleihen, welche die Durchführung von Spielen in den Hörsälen gestattet. Ein entsprechendes Szenario ist Anhang G zu entnehmen. Durch die dynamische Kopplung der Ein- und Ausgabegeräte, die Reflection und HONU mitbringen, können die Koffer für unterschiedliche Spiele verwendet werden. Beispielsweise könnten Arcade Button Boards mit Akkus ausgestattet werden und somit mobil verfügbar sein. Auch die Hintergrundbeleuchtung kann durch mobile Scheinwerfer ermöglicht werden und Musik und Audioeffekte könnten durch die in den Räumen verfügbare Audioanlage verbreitet werden. Es ist vom Spieldesign abhängig, wie viele Geräte für die Durchführung der Spiele notwendig sind. Es sind auch Spiele mit wenigen smarten Geräten denkbar.

## Limitationen der vorliegenden Arbeit

Die vorliegende Arbeit verfolgt einen empirischen Ansatz zur Definition des Begriffs Ambient Serious Games und der Anforderungen an selbige. Durch die Erhebung der Anforderungen aus der Spielertypen-Studie und den Literaturrecherchen ist es wahrscheinlich, dass weitere Forschung notwendig ist, um die erhobenen Anforderungen zu ergänzen und Ambient Serious Games weiter zu verbessern. Es kommt hinzu, dass nur Teile des Konzepts in der Referenzimplementierung umgesetzt wurden, weshalb in der Evaluation nicht alle Aspekte untersucht werden konnten. Dies betrifft insbesondere die Anpassung der Schwierigkeit zur Erhaltung des Flows, sowie die Anpassung an körperliche Fähigkeiten der Spieler\*innen. Die Implementierung weiterer Teile des Konzepts werfen neue Forschungsfragen auf und werden im nächsten Abschnitt dieses Kapitels weiter erläutert. Eine weitere Limitation stellt der Stichprobenumfang und das Studiendesign der summativen Evaluation dar – insbesondere, da von einer Stichprobenverzerrung auszugehen ist. Um die Effekte der Ambient Serious Games auf die Lernfähigkeit oder Effekte hinsichtlich der Nutzeranpassung genauer zu untersuchen, ist weitere Forschung nötig, die von psychologischer Seite begleitet werden sollte. Auch diese Aspekte werden im Folgenden diskutiert. Aus technischer Perspektive wären außerdem Studien zur dynamischen Kopplung von unterschiedlichen smarten Objekten und der Gebrauchstauglichkeit der daraus hervorgehenden Interaktionsmodelle interessant. Dies wurde aufgrund des Fokus auf die Entwicklung eines Generators für zufriedenstellende Lernspiele vorerst außer Acht gelassen, stellt aber einen aus der Perspektive der Mensch-Computer-Interaktion interessanten Aspekt dar. Allerdings bietet HONU eine technische Grundlage, auf derer eine solche Untersuchung durchgeführt werden könnte, ohne Anpassungen am Generator vorzunehmen.

## 10.1 Weitere Implementierung

Werden die implementierten Spiele mit der im Szenario Ambienter Lernraum skizzierten Vision verglichen, dann ist zu erkennen, dass diese das Potenzial möglicher Ausgestaltungen nicht vollumfänglich nutzen. Es bedarf weiterer Forschung und Entwicklung, das entworfene Konzept über einen Prototyp hinaus zu implementieren. Im Folgenden werden Ansatzpunkte skizziert, die HONU und Reflection bieten, um sich der Vision von Ambient Serious Games im Lehralltag weiter anzunähern.

Zunächst ist es notwendig Dozierenden einen Editor zu Verfügung zu stellen, der es ihnen ermöglicht, unterschiedliche Spiel ohne hohen Ressour-

cenbedarf umzusetzen. Dieser liegt nicht in implementierter Form vor, doch zum Zwecke der Evaluation wurden Spielbeschreibungen mittels Programmcode generiert und Bedienoberflächen und Templates händisch angelegt. Die im Konzept vorgestellten Teilmodule des Editors zeigen, dass dies der Entwicklung verschiedener Bedienoberflächen bedarf. Dozierende müssen in die Lage versetzt werden, Zustände zu kreieren und miteinander zu verknüpfen. Des Weiteren müssen Bedienoberflächen erstellt werden können, welche die notwendigen Marker enthalten und die Nutzereingaben müssen mit den entsprechenden Bedienoberflächen und Zustandswechseln verknüpfbar sein. Die Nutzung von generativer KI kann eingebunden werden, um eine kreative Inhaltserstellung zu unterstützen, wie die Implementierung der in der Evaluation verwendeten Spiele zeigt. Zudem äußern Lehrende Interesse daran, KI bei der Entwicklung von Serious Games einzusetzen [335]. Ob KI in der Lage ist Zustandsautomaten zu erstellen und mit Bedienoberflächen sinnvoll zu verknüpfen, stellt dabei eine weitere Forschungsfrage dar. Ebenso bedarf die Implementierung des Editors eine gebrauchstaugliche Lösung, welche mittels des Prozesses der menschenzentrierten Gestaltung [336] geschaffen werden könnte.

Ein weiterer Teil des Konzepts, welcher in dieser Arbeit nicht in der Referenzimplementierung umgesetzt ist, stellt die umfängliche Nutzeranpassung dar. Dies betrifft zum einen die körperlichen Fähigkeiten der Spieler\*innen und zum anderen ihren mentalen Zustand während des Spielens. Ersteres kann mit Funktionen des `Reflection-Framework` und `HOLU` umgesetzt werden. Sowohl `HOLU` als auch `Reflection` sehen auf konzeptioneller Ebene Nutzerprofile vor, welche die körperlichen Fähigkeiten der Nutzenden repräsentieren. Durch die dynamische Kopplung der smarten Geräte wäre es somit möglich, Geräteverbünde zu vermitteln, welche diese Eigenschaften adressieren. Des Weiteren ist es möglich smarten Geräten Positionsangaben zuzuweisen, welche genutzt werden können, um Spielteile im Raum gemäß der körperlichen Fähigkeiten auszuwählen. Derzeit sind diese Positionen als Pfade konzipiert, welche die räumlichen Positionen hierarchisch auflösen. Durch gedachte dreidimensionale Raster könnte so eine Distanz-Berechnung durchgeführt werden, um Höhe oder die Entfernung zwischen den Geräten so geeignet wie möglich auszuwählen. Eine Alternative stellt die Berechnung der Position durch Innenraum-Lokalisierung dar. Eine solche entsprechend optimierte Verteilung bedarf ebenfalls neuer Konzepte und weiterer Forschung, um Verbindungen in angemessener Zeit zu ermitteln. Hinsichtlich der Anpassung des Spiels an den mentalen Zustand der Spieler\*innen ergibt sich vor allem das Problem der Flowerkennung über räumliche Distanz hinweg. Die Messung der Herzartenvariabilität mittels Radar ist möglich, doch unter Bewegung der vermessenen Person gestaltet sich die Analyse des Signals als schwierig [337]. Für eine Messung wäre der Einsatz eines Wearables notwendig, was die Akzeptanz der Nut-

zer\*innen negativ beeinflussen könnte. Des Weiteren handelt es sich bei der Messung von Gesundheitsdaten um eine Erhebung sensibler Daten, was neben den personenbezogenen Daten, die durch das aLMS verwaltet werden, besondere Ansprüche an den Datenschutz stellt. Eine Alternative stellt die Anpassung des Spiels anhand von Reaktionszeit dar, was ebenfalls weiterer Forschung hinsichtlich relevanter Zeitabstände bedarf. Eine weitere Funktion des *Reflection-Framework* ist die bereits beschriebene Erzeugung von Tutorials. Die in der Referenzimplementierung eingebundenen Tutorials stellen eine statische Bedienoberfläche dar, da die evaluierten Geräteverbände aus identischen Eingabegeräten bestehen. Bei einer dynamischen Generierung stellt der *DescriptionMediator* auf Basis der Selbstbeschreibung HTML-Dateien zur Verfügung. Diese könnten von den jeweiligen Teilanwendung eingebunden werden. Die gerenderten Dateien stellen dabei ebenfalls interaktive Bedienoberflächen dar, sodass eine Anpassung an die Spieloberflächen notwendig ist. Inwiefern diese sich an den konkreten Spielen orientieren sollten und inwiefern Interaktionen bei der Bedienung des Tutorials gebrauchstauglich erscheinen, bedarf weiterer Untersuchungen.

## 10.2 Wissenschaftliche Grundlage

Die in dieser Arbeit entwickelten Lösungen können als Grundlage für die oben beschriebenen Forschungsvorhaben dienen. Ebenso ist eine Evaluation von Nutzerinteraktion oder lehrdidaktischer Wirkung auf Basis der erstellten Spiele denkbar. Die Implementierung des Prototyps stellt eine neue Form der Realisierung ambienter Lehrräume im universitären Kontext dar. Aus der Perspektive der Nutzerinteraktion ergeben sich neue Formen der Interaktion mit Lernspielen, da ambiente Umgebungen verschiedene Formen natürlicher Nutzerinteraktion ermöglichen und die dynamische Kopplung unterschiedliche Szenarien und Eingabegeräte erlaubt. Diese könnten innerhalb empirischer Studien genutzt werden, um neue Heuristiken im Kontext Ambienter Serious Games oder anderer Lehrszenarien durchzuführen. Das System bietet die Möglichkeit mit Hilfe des *ReflectiveAppBuilder* weitere ambiente Lehrräume zu schaffen und beispielsweise Lehrszenarien an unterschiedlichen interaktiven Stationen zu realisieren. Diese räumliche Interaktion in einer nicht augmentierten oder virtuellen Umgebung könnte neuer Gestaltungsrichtlinien bedürfen, welche nicht Fokus dieser Arbeit sind. Neben dem Forschungsfeld der Nutzerinteraktion bietet das Framework die Möglichkeit verschiedene Ambient Serious Games zu gestalten und auf ihre didaktische Wirksamkeit zu überprüfen. Die ausführliche Analyse der speziell für diese Form der Serious Games geltenden Anforderungen erlauben es, verschiedene technische Eigenschaften, beispielsweise die eingesetzte Hintergrundatmosphäre oder didaktische Spielelemente, wie die Bewegung

während des Spiels, hinsichtlich ihres Einflusses auf die Lernfähigkeit der Spieler\*innen zu erforschen. Durch longitudinale Studie, könnten Motivationseffekte, Adhärenz oder Wissenserwerb durch unterschiedlich gestaltete Spiele untersucht werden. Dies könnte Lernpsychologen die Möglichkeit bieten unter gleichen Voraussetzungen Lerneffekte zu erkennen. Insbesondere erscheint dies beim Einsatz der Spiele in realen Lehrveranstaltungen interessant. Auch an der Schnittstelle zwischen ambienter Interaktion und Lernpsychologie könnten entsprechende Messungen erfolgen, um weitere Erkenntnisse zur optimalen Gestaltung ambienter Lernräume zu gewinnen.

Darüber hinaus ist weitere Forschung bezüglich Spielmechaniken und Spielertypen vorstellbar. Auch wenn in dieser Studie kein Einfluss durch die Adaption der Spiele an die Spielertypen festgestellt werden konnte, kann durch weitere Studien die Ursache für das Ausbleiben des erwarteten Effekts untersucht werden. Des Weiteren könnte erforscht werden, welche Mechaniken in einem Mehrspieler-Szenario eingesetzt werden sollten, falls unterschiedliche Spielerprofile am Spiel beteiligt werden.

### 10.3 Übertragbarkeit

Wie zuvor bereits angedeutet und in der summativen Evaluation von Proband\*innen vorgeschlagen, gibt es verschiedene Ansätze, die vorgestellten Ergebnisse auf andere Einsatzgebiete zu übertragen. Naheliegender erscheint dabei die Übertragung der Spiele für einzelne Spieler auf Gruppen. Dies bietet den Vorteil, dass die Mechaniken, welche eine soziale Interaktion erfordern, besser adressiert werden können. Des Weiteren ist es wie bereits erwähnt denkbar das Framework auch für andere räumliche Anwendungen zu verwenden, die sich nicht auf Spiele oder Lehre beziehen. Neben ambienten Lernmanagementsystemen sind interaktive Ausstellungen in Museen oder öffentlichen Gebäuden denkbar. Die Fähigkeit des Systems aufeinander abgestimmte verschiedene Geräteverbünde im Raum zu bespielen, macht es möglich auch Wissen durch die gestalteten Oberflächen zu vermitteln und gegebenenfalls abzufragen.

Ebenso ist ein Wechsel der Zielgruppe möglich. Studierende gehören zu einer Altersgruppe, welche bereits mit Spielen verschiedener Art vertraut sind. Dies betrifft insbesondere Videospiele (vgl. 3.2). Es ist zu erwarten, dass dies Erwartungen an digitale Lernspiele mit sich bringt. Ambient Serious Games haben dabei den Vorteil der neuen räumlichen Erfahrung digitaler Spiele, dennoch vorstellbar dass ein höheres Niveau digitaler Medien erwartet wird. In anderen Altersgruppen beispielsweise unter Grundschulern könnte die Faszination für die räumlichen digitalen Spiele aufgrund der geringeren

Lebenserfahrung höher sein, was zu einer höheren Akzeptanz und damit zu anderen lernpsychologischen Effekten führen könnte. Die Fähigkeit des Generators, verschiedene Übungen eines LMS einzubinden, spielt dabei eine untergeordnete Rolle, da die Lehre in Grundschulen häufig nicht digital stattfindet [338]. Dennoch könnten ambiente Lernspiele durch die Anpassungsfähigkeiten des Konzepts auch im Kontext der Grundschulbildung eingesetzt und untersucht werden.



## Literaturverzeichnis

- [1] Wouters P, Nimwegen C, Oostendorp H, Spek E. A Meta-Analysis of the Cognitive and Motivational Effects of Serious Games. *Journal of Educational Psychology*. 2013 May;105:249. doi: <http://dx.doi.org/10.1037/a0031311>.
- [2] Deci EL, Ryan RM. Facilitating Optimal Motivation and Psychological Well-Being across Life's Domains. *Canadian Psychology / Psychologie canadienne*. 2008;49(1):14–23. doi: <http://dx.doi.org/10.1037/0708-5591.49.1.14>.
- [3] Backlund P, Hendrix M. Educational games - Are they worth the effort? A literature survey of the effectiveness of serious games. In: 2013 5th International Conference on Games and Virtual Worlds for Serious Applications. VS-GAMES '13; 2013. p. 1–8. doi: <http://dx.doi.org/10.1109/VS-GAMES.2013.6624226>.
- [4] Ullah M, Amin SU, Munsif M, Safaev U, Khan H, Khan S, et al. Serious Games in Science Education. A Systematic Literature Review. *Virtual Reality & Intelligent Hardware*. 2022 Jun;4(3):189–209. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.vrih.2022.02.001>.
- [5] Mourtzis D, Vlachou E, Dimitrakopoulos G, Zogopoulos V. Cyber-Physical Systems and Education 4.0 –The Teaching Factory 4.0 Concept. *Procedia Manufacturing*. 2018 Jan;23:129–134. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.promfg.2018.04.005>.
- [6] Miranda J, Navarrete C, Noguez J, Molina-Espinosa JM, Ramírez-Montoya MS, Navarro-Tuch SA, et al. The Core Components of Education 4.0 in Higher Education: Three Case Studies in Engineering Education. *Computers & Electrical Engineering*. 2021 Jul;93:107278. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.compeleceng.2021.107278>.
- [7] Antoniou EP, Arfaras G, Pandria N, Athanasiou A, Ntakakis G, Batsikos E, et al. Biosensor Real-Time Affective Analytics in Virtual and Mixed Reality Medical Education Serious Games: Cohort Study. *JMIR Serious Games*. 2020 Sep;8(3). doi: <http://dx.doi.org/10.2196/17823>.

- [8] Lampropoulos G, Keramopoulos E, Diamantaras K, Evangelidis G. Integrating Augmented Reality, Gamification, and Serious Games in Computer Science Education. *Education Sciences*. 2023;13(6). doi: <http://dx.doi.org/10.3390/educsci13060618>.
- [9] Tavangarian D, Lucke U. Pervasive University – A Technical Perspective Die Pervasive University aus technischer Perspektive. *it - Information Technology*. 2009 Jan;51:6–13. doi: <http://dx.doi.org/10.1524/itit.2009.0517>.
- [10] Olsevicova K, Mikulecky P. Learning management systems as an ambient intelligence playground. *International Journal of Web Based Communities*. 2008 Jan;4:348–358. doi: <http://dx.doi.org/10.1504/IJWBC.2008.019194>.
- [11] Olsevicova K, Mikulecky P. University Education as an Ambient Intelligence Scenario. In: *Proceedings of the 4th European Conference on e-Learning, ECEL '05; 2005*. p. 275–280.
- [12] Lucke U, Rensing C. A Survey on Pervasive Education. *Pervasive and Mobile Computing*. 2014 Oct;14:3–16. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.pmcj.2013.12.001>.
- [13] Burmeister D. *Selbstreflexive Geräteverbände in Smarten Umgebungen [Dissertation]*. Universität zu Lübeck; 2018.
- [14] Rahimi ID. Ambient Intelligence in Learning Management System (LMS). In: *Intelligent Computing. SAI '22; 2022*. p. 379–387. doi: [http://dx.doi.org/10.1007/978-3-031-10467-1\\_24](http://dx.doi.org/10.1007/978-3-031-10467-1_24).
- [15] Créde M, Roch SG, Kieszczynka UM. Class Attendance in College: A Meta-Analytic Review of the Relationship of Class Attendance With Grades and Student Characteristics. *Review of Educational Research*. 2010;80(2):272–295. doi: <http://dx.doi.org/10.3102/0034654310362998>.
- [16] Bochmann R. *Einsatz Didaktischer Methoden, Interaktionsverhalten Und Wirksamkeit Pädagogisch-Psychologischer Beratungen von Lehrenden an Deutschen Hochschulen. Eine Experimentelle Studie mit Messungen der Lehrqualität durch Fragebögen, Verhaltensanalysen und studentischen Veranstaltungsbesuch*. 1. Auflage. Chemnitz, Deutschland: Universitätsverlag Chemnitz; 2018.
- [17] Bochmann R, Roepke AL, Reiher M, Rindermann H. Mangelnde Anwesenheit in Vorlesungen: Eine fächerübergreifende Einschätzung von Studierenden in Deutschland. *Die Hochschullehre*. 2019;5:201–222.

- [18] Dale E. *Audiovisual Methods in Teaching*. Third Edition. Holt, Rinehart and Winston, Inc; 1969.
- [19] Abt CC. *Ernste Spiele: Lernen durch gespielte Wirklichkeit*. Köln, Deutschland: Kiepenheuer & Witsch; 1971.
- [20] Faiella F, Ricciardi M. Gamification and learning: a review of issues and research. *Journal of e-Learning and Knowledge Society*. 2015 Sep;11(3). doi: <http://dx.doi.org/10.20368/1971-8829/1072>.
- [21] Boeker M, Andel P, Vach W, Frankenschmidt A. Game-Based E-Learning Is More Effective than a Conventional Instructional Method: A Randomized Controlled Trial with Third-Year Medical Students. *PLoS ONE*. 2013 Dec;8(12):e82328. doi: <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0082328>.
- [22] Susi T, Johannesson M, Backlund P. *Serious Games – An Overview*; 2007. Verfügbar unter: <https://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:his:diva-1279> [Abgerufen am: 2025-06-06].
- [23] Cordova DI, Lepper MR. Intrinsic motivation and the process of learning: Beneficial effects of contextualization, personalization, and choice. *Journal of Educational Psychology*. 1996;88(4):715–730. doi: <http://dx.doi.org/https://doi.org/10.1037/0022-0663.88.4.715>.
- [24] Froiland JM, Worrell FC. Intrinsic Motivation, Learning Goals, Engagement, and Achievement in a Diverse High School. *Psychology in the Schools*. 2016;53(3):321–336. doi: <http://dx.doi.org/10.1002/pits.21901>.
- [25] Gaalen AEJV, Schönrock-Adema J, Renken RJ, Jaarsma ADC, Georgiadis JR. Identifying Player Types to Tailor Game-Based Learning Design to Learners: Cross-sectional Survey using Q Methodology. *JMIR Serious Games*. 2022 Apr;10(2):1–15. doi: <http://dx.doi.org/10.2196/30464>.
- [26] Kumar Basak S, Wotto M, Bélanger P. E-learning, M-learning and D-learning: Conceptual definition and comparative analysis. *E-Learning and Digital Media*. 2018 Jul;15(4):191–216. doi: <http://dx.doi.org/10.1177/2042753018785180>.
- [27] Cavus N. Distance Learning and Learning Management Systems. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*. 2015 Jun;191:872–877. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.04.611>.
- [28] Popplow A. Auswahl einer Lernplattform für wissenschaftliche Weiterbildung. *Zeitschrift Hochschule und Weiterbildung (ZHWB)*. 2018 Jun;p. 60–67. doi: <http://dx.doi.org/10.4119/zhwb-134>.

- [29] Mayer RE. Cognitive Theory of Multimedia Learning. In: Mayer R, (Editor). *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning*. Cambridge Handbooks in Psychology. Cambridge, UK: Cambridge University Press; 2005. p. 31–48. doi: <http://dx.doi.org/10.1017/CB09780511816819.004>.
- [30] Huizinga J. *Homo ludens: a study of the play-element in culture*. First beacon press paperback edition ed. Boston, Massachusetts, USA: Beacon Press; 1955.
- [31] Dempsey JV, Haynes LL, Lucassen BA, Casey MS. Forty Simple Computer Games and What They Could Mean to Educators. *Simulation & Gaming*. 2002 Jun;33(2):157–168. doi: <http://dx.doi.org/10.1177/1046878102332003>.
- [32] Myers D. In Search of a Minimalist Game. In: *Proceedings of DiGRA 2009 Conference: Breaking New Ground: Innovation in Games, Play, Practice and Theory*. DiGRA '09; 2009. p. 1–8.
- [33] Michael DR, Chen SL. *Serious Games: Games That Educate, Train, and Inform*. Muska & Lipman/Premier-Trade; 2005.
- [34] Göbel S, Caserman P, Hansen J, Bruder R, Abels S, Behrmann M, et al.. DIN SPEC 91380:2018-06 – Serious Games Metadata Format; 2018. Verfügbar unter: <https://www.beuth.de/de/technische-regel/din-spec-91380/289947896> [Abgerufen am: 2025-06-06].
- [35] Caserman P, Hoffmann K, Müller P, Schaub M, Straßburg K, Wiemeyer J, et al. Quality Criteria for Serious Games: Serious Part, Game Part, and Balance. *JMIR Serious Games*. 2020 Jul;8(3):e19037. doi: <http://dx.doi.org/10.2196/19037>.
- [36] Tolks D, Lampert C, Dadaczynski K, Maslon E, Paulus P, Sailer M. Spielerische Ansätze in Prävention und Gesundheitsförderung: Serious Games und Gamification Game-based approaches to prevention and health promotion: serious games and gamification. *Bundesgesundheitsblatt - Gesundheitsforschung - Gesundheitsschutz*. 2020 May;63:698–707. doi: <http://dx.doi.org/10.1007/s00103-020-03156-1>.
- [37] Ramírez-Montoya MS, Castillo-Martínez IM, Sanabria-Z J, Miranda J. Complex Thinking in the Framework of Education 4.0 and Open Innovation—A Systematic Literature Review. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*. 2022 Mar;8(1):4. doi: <http://dx.doi.org/10.3390/joitmc8010004>.

- [38] Tang S, Long M, Tong F, Wang Z, Zhang H, Sutton-Jones KL. A Comparative Study of Problem-Based Learning and Traditional Approaches in College English Classrooms: Analyzing Pedagogical Behaviors Via Classroom Observation. *Behavioral Sciences*. 2020 Jun;10(6):105. doi: <http://dx.doi.org/10.3390/bs10060105>.
- [39] Bonfield CA, Salter M, Longmuir A, Benson M, Adachi C. Transformation or evolution?: Education 4.0, teaching and learning in the digital age. *Higher Education Pedagogies*. 2020 Jan;5(1):223–246. doi: <http://dx.doi.org/10.1080/23752696.2020.1816847>.
- [40] Jisc. Horizons Report - Emerging Technologies and the Mental Health Challenge - Jisc; 2019. Verfügbar unter: <https://beta.jisc.ac.uk/reports/horizons-report-emerging-technologies-and-the-mental-health-challenge> [Abgerufen am: 2023-11-08].
- [41] Aziz Hussin A. Education 4.0 Made Simple: Ideas For Teaching. *International Journal of Education and Literacy Studies*. 2018;6(3):92. doi: <http://dx.doi.org/10.7575/aiac.ijels.v.6n.3p.92>.
- [42] Fisk P. Education 4.0 ... the Future of Learning Will Be Dramatically Different, in School and throughout Life.; 2017. Verfügbar unter: <https://www.peterfisk.com/2017/01/future-education-young-everyone-taught-together/> [Abgerufen am: 2023-11-06].
- [43] Costan E, Gonzales G, Gonzales R, Enriquez L, Costan F, Suladay D, et al. Education 4.0 in Developing Economies: A Systematic Literature Review of Implementation Barriers and Future Research Agenda. *Sustainability*. 2021;13:12763. doi: <http://dx.doi.org/10.3390/su132212763>.
- [44] Ouzzani M, Hammady H, Fedorowicz Z, Elmagarmid A. Rayyan—a web and mobile app for systematic reviews. *Systematic Reviews*. 2016 Dec;5(1):210. doi: <http://dx.doi.org/10.1186/s13643-016-0384-4>.
- [45] Gómez RL, Suárez AM. Gaming to Succeed in College: Protocol for a Scoping Review of Quantitative Studies on the Design and Use of Serious Games for Enhancing Teaching and Learning in Higher Education. *International Journal of Educational Research Open*. 2021 Jan;2:100021. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijedro.2020.100021>.
- [46] Haddaway NR, Page MJ, Pritchard CC, McGuinness LA. PRISMA2020: An R Package and Shiny App for Producing PRISMA 2020-Compliant Flow Diagrams, with Interactivity for Optimised Digital Transparency and Open Synthesis. *Campbell Systematic Reviews*. 2022 Jun;18(2). doi: <http://dx.doi.org/10.1002/c12.1230>.

- [47] Jaccard D, Suppan L, Sanchez E, Huguenin A, Laurent M. The co.LAB Generic Framework for Collaborative Design of Serious Games: Development Study. *JMIR Serious Games*. 2021 Jul;9(3). doi: <http://dx.doi.org/10.2196/28674>.
- [48] Antonova A, Bontchev B, Dankov Y. How University Students in “Informatics and Computer Sciences” would like to Use Video Games for Learning. In: *Proceedings of the 23rd International Conference on Computer Systems and Technologies. CompSysTech '22*; 2022. p. 130–135. doi: <http://dx.doi.org/10.1145/3546118.3546124>.
- [49] Baalsrud Hauge J, Söbke H, Bröker T, Lim T, Luccini MA, Kornevs M, et al. Current Competencies of Game Facilitators and Their Potential Optimization in Higher Education: Multimethod Study. *JMIR Serious Games*. 2021 May;9(2):e25481. doi: <http://dx.doi.org/10.2196/25481>.
- [50] Gorsic M, Clapp DJ, Darzi A, Novak D. A Brief Measure of Interpersonal Interaction for 2-Player Serious Games: Questionnaire Validation. *JMIR Serious Games*. 2019 Jul;7(3). doi: <http://dx.doi.org/10.2196/12788>.
- [51] Deniozou T, Dima M, Cox C. Designing a Game to Help Higher Education Students Develop Their Note-Taking Skills. In: *Proceedings of the Annual Symposium on Computer-Human Interaction in Play. CHI PLAY '20*; 2020. p. 181–192. doi: <http://dx.doi.org/10.1145/3410404.3414230>.
- [52] McGowan N, López-Serrano A, Burgos D. Serious Games and Soft Skills in Higher Education: A Case Study of the Design of Compete! *Electronics*. 2023;12(6). doi: <http://dx.doi.org/10.3390/electronics12061432>.
- [53] Løvgren DEH, Li J, Oyetoyan TD. A data-driven security game to facilitate information security education. In: *Proceedings of the 41st International Conference on Software Engineering: Companion Proceedings. ICSE '19*; 2019. p. 256–257. doi: <http://dx.doi.org/10.1109/ICSE-Companion.2019.00102>.
- [54] Ünlü K, Ardiç B, Tüzün E. CRSGame: a serious game for teaching code review. In: *Proceedings of the 28th ACM Joint Meeting on European Software Engineering Conference and Symposium on the Foundations of Software Engineering. ESEC/FSE '20*; 2020. p. 1561–1565. doi: <http://dx.doi.org/10.1145/3368089.3417932>.
- [55] Miljanovic MA, Bradbury JS. GidgetML: an adaptive serious game for enhancing first year programming labs. In: *Proceedings of the ACM/IEEE 42nd International Conference on Software Engineering*:

- Software Engineering Education and Training. ICSE-SEET '20; 2020. p. 184–192. doi: <http://dx.doi.org/10.1145/3377814.3381716>.
- [56] Malaise Y, Signer B. King's Scroll: An Educational Game to Practise Code Prediction. In: Proceedings of the 54th ACM Technical Symposium on Computer Science Education V. 2. SIGCSE '23; 2023. p. 1367. doi: <http://dx.doi.org/10.1145/3545947.3576311>.
- [57] Steghöfer JP, Burden H. One block on top of the other: using minetest to teach Scrum. In: Proceedings of the ACM/IEEE 44th International Conference on Software Engineering: Software Engineering Education and Training. ICSE-SEET '22; 2022. p. 176–186. doi: <http://dx.doi.org/10.1145/3510456.3514157>.
- [58] Espinha Gasiba T, Iosif AC, Suppan S, Lechner U, Pinto-Albuquerque M. Reflections on Training Next-Gen Industry Workforce on Secure Software Development. In: Proceedings of the 5th European Conference on Software Engineering Education. ECSEE '23; 2023. p. 1–10. doi: <http://dx.doi.org/10.1145/3593663.3593665>.
- [59] Zhao R, Aqlan F, Elliott LJ, Lum HC. Developing a virtual reality game for manufacturing education. In: Proceedings of the 14th International Conference on the Foundations of Digital Games. FDG '19; 2019. p. 1–4. doi: <http://dx.doi.org/10.1145/3337722.3341831>.
- [60] Cook-Chennault K, Villanueva Alarcón I, Jacob G. Usefulness of Digital Serious Games in Engineering for Diverse Undergraduate Students. *Education Sciences*. 2022;12(1). doi: <http://dx.doi.org/10.3390/educsci12010027>.
- [61] Ammouriova M, Bertolini M, Castaneda J, Juan AA, Neroni M. A Heuristic-Based Simulation for an Education Process to Learn about Optimization Applications in Logistics and Transportation. *Mathematics*. 2022;10(5). doi: <http://dx.doi.org/10.3390/math10050830>.
- [62] González-Campos JS, Arnedo-Moreno J, Sánchez-Navarro J. GTCards: A Video Game for Learning Geometric Transformations: A cards-based video game for learning geometric transformations in higher education. In: Ninth International Conference on Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality (TEEM'21). TEEM'21; 2021. p. 205–209. doi: <http://dx.doi.org/10.1145/3486011.3486445>.
- [63] Perrin J, Meeus A, Broseus J, Morieux PJ, Di Ceglie V, Gravoulet J, et al. A Serious Game About Hematology for Health Care Workers (SUPER HEMO): Development and Validation Study. *JMIR Serious Games*. 2023 Feb;11. doi: <http://dx.doi.org/10.2196/40350>.

- [64] Tan WJ, Ng BK, Mogali RS. An Exploratory Digital Board Game Approach to the Review and Reinforcement of Complex Medical Subjects Like Anatomical Education: Cross-sectional and Mixed Methods Study. *JMIR Serious Games*. 2022 Jan;10(1). doi: <http://dx.doi.org/10.2196/33282>.
- [65] Buijs-Spanjers RK, Hegge HH, Cnossen F, Jaarsma AD, de Rooij ES. Reasons to Engage in and Learning Experiences From Different Play Strategies in a Web-Based Serious Game on Delirium for Medical Students: Mixed Methods Design. *JMIR Serious Games*. 2020 Jul;8(3). doi: <http://dx.doi.org/10.2196/18479>.
- [66] Wong YHJ, Ko J, Nam S, Kwok T, Lam S, Cheuk J, et al. Virtual ER, a Serious Game for Interprofessional Education to Enhance Teamwork in Medical and Nursing Undergraduates: Development and Evaluation Study. *JMIR Serious Games*. 2022 Jul;10(3):e35269. doi: <http://dx.doi.org/10.2196/35269>.
- [67] Fens T, Dantuma-Wering CM, Taxis K. The Pharmacy Game-GIMMICS® a Simulation Game for Competency-Based Education. *Pharmacy*. 2020;8(4). doi: <http://dx.doi.org/10.3390/pharmacy8040198>.
- [68] Fens T, Hope DL, Crawshaw S, Tommelein E, Dantuma-Wering C, Verdel BM, et al. The International Pharmacy Game: A Comparison of Implementation in Seven Universities World-Wide. *Pharmacy*. 2021;9(3). doi: <http://dx.doi.org/10.3390/pharmacy9030125>.
- [69] Peña Miguel N, Corral Lage J, Mata Galindez A. Assessment of the Development of Professional Skills in University Students: Sustainability and Serious Games. *Sustainability*. 2020;12(3). doi: <http://dx.doi.org/10.3390/su12031014>.
- [70] Saitua-Iribar A, Corral-Lage J, Peña-Miguel N. Improving Knowledge about the Sustainable Development Goals through a Collaborative Learning Methodology and Serious Game. *Sustainability*. 2020;12(15). doi: <http://dx.doi.org/10.3390/su12156169>.
- [71] Buzady Z, Almeida F. FLIGBY—A Serious Game Tool to Enhance Motivation and Competencies in Entrepreneurship. *Informatics*. 2019;6(3). doi: <http://dx.doi.org/10.3390/informatics6030027>.
- [72] Gordillo A, López-Fernández D, Mayor J. Examining and Comparing the Effectiveness of Virtual Reality Serious Games and LEGO Serious Play for Learning Scrum. *Applied Sciences*. 2024 Jan;14(2):830. doi: <http://dx.doi.org/10.3390/app14020830>.

- [73] Billingslea II S. It's Just a Game, or Is It?: A Study of Racism in Game and Character Design. In: *Engaging with Videogames*. Leiden, Niederlande: Brill; 2014. p. 91 – 100. doi: [http://dx.doi.org/https://doi.org/10.1163/9781848882959\\_009](http://dx.doi.org/https://doi.org/10.1163/9781848882959_009).
- [74] Muriel D, Crawford G. *Video Games as Culture: Considering the Role and Importance of Video Games in Contemporary Society*. London, UK: Routledge; 2018.
- [75] Peck BM, Ketchum PR, Embrick DG. Racism and sexism in the gaming world: Reinforcing or changing stereotypes in computer games? *Journal of Media and Communication Studies*. 2011;3(6):212 – 220.
- [76] Mou Y, Peng W. Gender and Racial Stereotypes in Popular Video Games. In: Ferdig RE, (Editor). *Handbook of Research on Effective Electronic Gaming in Education*. Hershey, PA, USA: IGI Global; 2009. p. 922–937. doi: <http://dx.doi.org/10.4018/978-1-59904-808-6.ch053>.
- [77] Cote AC. Tits, Tokenism, and Trash-Talk: Overt Sexism in Game Culture. In: Cote AC, (Editor). *Gaming Sexism: Gender and Identity in the Era of Casual Video Games*. New York, USA: NYU Press; 2020. p. 0. doi: <http://dx.doi.org/10.18574/nyu/9781479838523.003.0003>.
- [78] Tompkins J, Martins N. Masculine Pleasures as Normalized Practices: Character Design in the Video Game Industry. *Games and Culture*. 2021 Jul;17:e25481. doi: <http://dx.doi.org/10.1177/15554120211034760>.
- [79] IEEE. IEEE Code of Ethics; 2023. Verfügbar unter: <https://www.ieee.org/about/corporate/governance/p7-8.html> [Abgerufen am: 2023-10-27].
- [80] Antidiskriminierungsstelle des Bundes. Diskriminierung an Hochschulen; 2023. Verfügbar unter: <https://www.antidiskriminierungsstelle.de/DE/ueber-diskriminierung/lebensbereiche/bildungsbereiche/hochschule/hochschule.html> [Abgerufen am: 2023-10-26].
- [81] Bartle R. Hearts, clubs, diamonds, spades: Players who suit MUDs. *Journal of MUD research*. 1996;1(1):19.
- [82] Tondello GF, Wehbe RR, Diamond L, Busch M, Marczewski A, Nacke LE. The Gamification User Types Hexad Scale. In: *Proceedings of the 2016 Annual Symposium on Computer-Human Interaction in Play. CHI PLAY '16*; 2016. p. 229–243. doi: <http://dx.doi.org/10.1145/2967934.2968082>.

- [83] Marczewski A. Even Ninja Monkeys Like to Play: Gamification, Game Thinking and Motivational Design. California, USA: CreateSpace Independent Publishing Platform; 2015.
- [84] Barata G, Gama S, Jorge JAP, Gonçalves DJV. Relating gaming habits with student performance in a gamified learning experience. In: Proceedings of the first ACM SIGCHI annual symposium on Computer-human interaction in play. CHI PLAY '14; 2014. p. 17–25. doi: <http://dx.doi.org/10.1145/2658537.2658692>.
- [85] Trojanek A, Fischer H, Heinz M. Auf die Typen kommt es an. Eine empirische Analyse studentischer Spielertypen. In: Workshop Gemeinschaften in Neuen Medien (GeNeMe) 2017. GeNeMe '17; 2017. p. 137–144.
- [86] Krath J, von Korflesch HFO. Player Types and Game Element Preferences: Investigating the Relationship with the Gamification User Types HEXAD Scale. In: HCI in Games: Experience Design and Game Mechanics. HCII '21; 2021. p. 219–238. doi: [http://dx.doi.org/10.1007/978-3-030-77277-2\\_18](http://dx.doi.org/10.1007/978-3-030-77277-2_18).
- [87] Gillessen-Kaesbach G, Münte T, Hartmann E, Fischer S. Universitätskennzahlen 2021; 2022. Verfügbar unter: [https://www.uni-luebeck.de/fileadmin/uz1\\_qm/PDF/Universitaetskennzahlen/Unikennzahlen2021\\_Web.pdf](https://www.uni-luebeck.de/fileadmin/uz1_qm/PDF/Universitaetskennzahlen/Unikennzahlen2021_Web.pdf) [Abgerufen am: 2023-03-24].
- [88] Israel GD. Determining sample size. PEOD. 2009 Jan;6:1–7.
- [89] Python Software Foundation. Python Release Python 3.10.0; 2025. Verfügbar unter: <https://www.python.org/downloads/release/python-3100/> [Abgerufen am: 2025-05-02].
- [90] Schell J. The Art of Game Design: A book of lenses. London, UK: Taylor & Francis; 2014.
- [91] Marczewski A. Even Ninja Monkeys Like to Play: Unicorn Edition. UK: Independently published; 2018.
- [92] Kapp KM. The Gamification of Learning and Instruction Fieldbook: Ideas into Practice. Chichester, UK: John Wiley & Sons; 2013.
- [93] Turulski AS. Studierende in Deutschland nach Alter 2021/2022; 2023. Verfügbar unter: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/1166109/umfrage/anzahl-der-studenten-an-deutschen-hochschulen-nach-alter/> [Abgerufen am: 2023-07-05].

- [94] van den Berg L, Kalmijn M, Leopold T. Leaving and Returning Home: A New Approach to Off-Time Transitions. *Journal of Marriage and Family*. 2019;81(3):679–695. doi: <http://dx.doi.org/10.1111/jomf.12550>.
- [95] Kroher M, Beuße M, Isleib S, Becker K, Gerdes F, Koopmann J, et al. Die Studierendenbefragung in Deutschland: 22. Sozialerhebung. Sozialerhebung des Bundesministeriums für Bildung und Forschung. 2023;14:4–144.
- [96] Multrus F, Majer S, Schmidt M, Bargel T. Studiensituation und studentische Orientierungen | Zusammenfassung zum 13. Studierenden-survey an Universitäten und Fachhochschulen. Sozialerhebung des Bundesministeriums für Bildung und Forschung. 2017;13:3–24.
- [97] Statista Research Department. Zufriedenheit von Studenten; 2008. Verfügbar unter: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/1440/umfrage/zufriedenheit-von-studenten/> [Abgerufen am: 2023-06-27].
- [98] Holm T, Hombrecher M, Quadbeck N, Harfenmeister N, Baron G. TK-CampusKompass. TK-CampusKompass -- TK-Studie zur Gesundheit und Mediennutzung von Studierende. 2015;p. 36.
- [99] Statista Research Department. Sport in Deutschland nach Häufigkeit bis 2021; 2023. Verfügbar unter: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/171911/umfrage/haeufigkeit-sport-treiben-in-der-freizeit/> [Abgerufen am: 2023-06-28].
- [100] Deutscher Olympischer Sportbund e V . Der Deutsche Olympische Sportbund; 2022. Verfügbar unter: <https://www.dosb.de/medienservice/statistiken> [Abgerufen am: 2023-06-28].
- [101] Pawlik W. Studenten in Deutschland - Häufigkeit des Ausgehens (Disco, Clubs) in der Freizeit 2021; 2022. Verfügbar unter: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/864868/umfrage/studenten-zur-haeufigkeit-des-ausgehens-in-discos-clubs-in-der-freizeit/> [Abgerufen am: 2023-06-28].
- [102] Wohlers K, Hombrecher M. Iss was, Deutschland -- TK-Ernährungsstudie 2017; 2017.
- [103] Pawlik W. Ernährung - Einstellungen von Studenten 2022; 2022. Verfügbar unter: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/865236/umfrage/umfrage-unter-studenten-in-deutschland-zu-ernaehrungseinstellungen/> [Abgerufen am: 2023-07-05].

- [104] Simonson J, Kelle N, Kausmann C, Karnick N, Arriagada C, Hagen C, et al. Freiwilliges Engagement in Deutschland. Fünftes Deutsches Freiwilligensurvey des Bundesministeriums für Familie, Senioren, Frauen und Jugend. 2021 Mar;1:1 – 57.
- [105] Tenzer F. Themenseite Gaming; 2022. Verfügbar unter: <https://de.statista.com/themen/1095/gaming/> [Abgerufen am: 2023-07-10].
- [106] Tenzer F. Computerspieler - Verteilung nach Bildungsgrad Deutschland 2021; 2022. Verfügbar unter: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/418967/umfrage/verteilung-der-computerspieler-in-deutschland-nach-bildungsgrad/> [Abgerufen am: 2023-07-10].
- [107] Tenzer F. Computerspiele - bevorzugte Gaming-Genres in Deutschland 2022; 2022. Verfügbar unter: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/315938/umfrage/umfrage-zu-den-bevorzugten-gaming-genres-in-deutschland/> [Abgerufen am: 2023-07-10].
- [108] Fischer K, Kauder B, Potrafke N. Beeinflusst das Studienfach die politische Einstellung von Studierenden? ifo Schnelldienst. 2016;15.
- [109] Statista Research Department. Gründe für einen Nebenjob bei Studenten; 2008. Verfügbar unter: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/1680/umfrage/gruende-fuer-einen-nebenjob-bei-studenten/> [Abgerufen am: 2023-06-27].
- [110] Statista Research Department. Finanzierung des Studiums; 2011. Verfügbar unter: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/201634/umfrage/umfrage-zur-finanzierung-des-studiums/> [Abgerufen am: 2023-07-05].
- [111] Statista Research Department. Häufigste Nebenjobs von Studenten; 2008. Verfügbar unter: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/1682/umfrage/haeufigste-nebenjobs-von-studenten/> [Abgerufen am: 2023-06-27].
- [112] Preim B, Dachzelt R. Interaktive Systeme. eXamen.press. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; 2015.
- [113] Wang P. This Person Does Not Exist; 2023. Verfügbar unter: <https://thispersondoesnotexist.com/> [Abgerufen am: 2023-06-28].
- [114] Universität zu Lübeck. Modulhandbuch: Universität zu Lübeck Studiengang Biophysik; 2023. Verfügbar unter: <https://www.uni-luebeck.de/studium/studiengaenge/biophysik/bachelor/modulhandbuch.html> [Abgerufen am: 2023-10-03].

- [115] Universität zu Lübeck. Modulhandbuch ab WS 2019/20: Universität zu Lübeck Studiengang Informatik; 2023. Verfügbar unter: <https://www.uni-luebeck.de/studium/studiengaenge/informatik/bachelor/modulhandbuch/modulhandbuch-ab-ws-201920.html> [Abgerufen am: 2023-10-03].
- [116] Universität zu Lübeck. Modulhandbuch: Universität zu Lübeck Studiengang IT-Sicherheit; 2023. Verfügbar unter: <https://www.uni-luebeck.de/studium/studiengaenge/it-sicherheit/bachelor/modulhandbuch.html> [Abgerufen am: 2023-10-03].
- [117] Universität zu Lübeck. Modulhandbuch ab WS2020: Universität zu Lübeck Studiengang Medieninformatik; 2023. Verfügbar unter: <https://www.uni-luebeck.de/studiengang-medieninformatik/bachelor/modulhandbuecher/modulhandbuch-ab-ws2020.html> [Abgerufen am: 2023-10-03].
- [118] Universität zu Lübeck. Modulhandbuch (ab WS 2018/19): Universität zu Lübeck Studiengang Medizinische Ernährungswissenschaften; 2023. Verfügbar unter: <https://www.uni-luebeck.de/studium/studiengaenge/medizinische-ernaehrungswissenschaft/bachelor/modulhandbuch/modulhandbuch-ab-ws-201819.html> [Abgerufen am: 2023-10-03].
- [119] Universität zu Lübeck. Modulhandbuch Bachelor Medizinische Informatik ab WS 2019/20: Universität zu Lübeck; 2023. Verfügbar unter: <https://www.uni-luebeck.de/studium/studiengaenge/medizinische-informatik/bachelor/modulhandbuecher/modulhandbuch-ab-ws-201920.html> [Abgerufen am: 2023-10-03].
- [120] Universität zu Lübeck. Modulhandbuch ab WS 2020/21: Universität zu Lübeck Studiengang Medizinische Ingerneurwissenschaften; 2023. Verfügbar unter: <https://www.uni-luebeck.de/studium/studiengaenge/medizinische-ingenieurwissenschaft/bachelor/modulhandbuecher/modulhandbuch-ab-ws-202021.html> [Abgerufen am: 2023-10-03].
- [121] Universität zu Lübeck. Modulhandbuch ab WS 2018/19: Universität zu Lübeck Studiengang Molekular Life Science; 2023. Verfügbar unter: <https://www.uni-luebeck.de/studium/studiengaenge/molecular-life-science/bachelor/modulhandbuch/modulhandbuch-ab-ws-201819.html> [Abgerufen am: 2023-10-03].

- [122] Universität zu Lübeck. Modulhandbuch ab 2016: Universität zu Lübeck Studiengang Mathematik in Medizin und Lebenswissenschaften; 2023. Verfügbar unter: <https://www.uni-luebeck.de/studium/studiengaenge/mathematik-in-medicin-und-lebenswissenschaften/bachelor/modulhandbuch-ab-2016.html> [Abgerufen am: 2023-10-03].
- [123] Universität zu Lübeck. Modulhandbuch (ab WS 2020/21): Universität zu Lübeck Studiengang Psychologie; 2023. Verfügbar unter: <https://www.uni-luebeck.de/studium/studiengaenge/psychologie/bachelor/modulhandbuch/modulhandbuch-ab-ws-202021.html> [Abgerufen am: 2023-10-03].
- [124] Universität zu Lübeck. Modulhandbuch (ab WS 2020/21): Universität zu Lübeck Studiengang Robotik und Autonome Systeme; 2023. Verfügbar unter: <https://www.uni-luebeck.de/studium/studiengaenge/robotik-und-autonome-systeme/bachelor/modulhandbuch-ab-ws-202021.html> [Abgerufen am: 2023-10-03].
- [125] Turnbull D, Luck J, Chugh R. Learning Content Management Systems. In: Tatnall A, (Editor). Encyclopedia of Education and Information Technologies. Cham, Schweiz: Springer International Publishing; 2020. p. 1051–1051. doi: [http://dx.doi.org/10.1007/978-3-030-10576-1\\_300397](http://dx.doi.org/10.1007/978-3-030-10576-1_300397).
- [126] LTD MP. Fragetypen – MoodleDocs; 2018. Verfügbar unter: <https://docs.moodle.org/311/de/Fragetypen> [Abgerufen am: 2021-11-15].
- [127] Ilias. DOCU: Dokumentation für Autoren; 2021. Verfügbar unter: [https://docu.ilias.de/ilias.php?ref\\_id=2221&obj\\_id=42809&cmd=layout&cmdClass=iLLMPresentationgui&cmdNode=eg&baseClass=iLLMPresentationGUI](https://docu.ilias.de/ilias.php?ref_id=2221&obj_id=42809&cmd=layout&cmdClass=iLLMPresentationgui&cmdNode=eg&baseClass=iLLMPresentationGUI) [Abgerufen am: 2021-11-15].
- [128] GmbH F. Test Fragetypen - OpenOlat 16.0 Benutzerhandbuch - OpenOlat Confluence; 2021. Verfügbar unter: <https://confluence.openolat.org/display/00160DE/Test+Fragetypen> [Abgerufen am: 2021-11-18].
- [129] Milius F. CLIX — Learning-Management-System für Unternehmen, Bildungsdienstleister und Hochschulen. Wirtschaftsinformatik. 2002 Apr;44(2):163–170. doi: <http://dx.doi.org/10.1007/BF03250834>.
- [130] 2i2L Sar. Adding questions to the test; 2021. Verfügbar unter: [https://docs.chamilo.org/teacher-guide/interactivity\\_tests/adding\\_questions\\_to\\_the\\_test](https://docs.chamilo.org/teacher-guide/interactivity_tests/adding_questions_to_the_test) [Abgerufen am: 2021-11-18].

- [131] Stud.IP e.V. und die Autor/-innen der Stud.IP-Dokumentation. Stud.IP-Nutzerdokumentation (deutsch): GestaltungAnlage; 2008. Verfügbar unter: <https://hilfe.studip.de/help/4.2/de/Vips/GestaltungAnlage> [Abgerufen am: 2021-11-18].
- [132] Blackboard Inc. Fragentypen | Blackboard-Hilfe; 2018. Verfügbar unter: [https://help.blackboard.com/de-de/Learn/Instructor/Ultra/Tests\\_Pools\\_Surveys/Question\\_Types](https://help.blackboard.com/de-de/Learn/Instructor/Ultra/Tests_Pools_Surveys/Question_Types) [Abgerufen am: 2021-11-16].
- [133] Klepsch M. Differenzierte Messung kognitiver Belastung beim Lernen im Rahmen von Instruktionsdesignfragestellungen [Dissertation]. Universität Ulm; 2020.
- [134] Chandler P, Sweller J. Cognitive Load Theory and the Format of Instruction. *Cognition and Instruction*. 1991;8(4):293–332. doi: [http://dx.doi.org/10.1207/s1532690xci0804\\_2](http://dx.doi.org/10.1207/s1532690xci0804_2).
- [135] Sweller J, van Merriënboer J.J.G., Paas F.G.W.C. Cognitive Architecture and Instructional Design. *Educational Psychology Review*. 1998 Sep;10(3):251–296. doi: <http://dx.doi.org/10.1023/A:1022193728205>.
- [136] Miller G.A. The magical number seven, plus or minus two: Some limits on our capacity for processing information. *Psychological Review*. 1956;63(2):81–97. doi: <http://dx.doi.org/10.1037/h0043158>.
- [137] Cowan N. The magical number 4 in short-term memory: a reconsideration of mental storage capacity. *The Behavioral and Brain Sciences*. 2001 Feb;24(1):87–114. doi: <http://dx.doi.org/10.1017/s0140525x01003922>.
- [138] Ginns P. Meta-analysis of the modality effect. *Learning and Instruction*. 2005 Aug;15(4):313–331. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.learninstruc.2005.07.001>.
- [139] Legge ELG, Madan CR, Ng ET, Caplan JB. Building a memory palace in minutes: Equivalent memory performance using virtual versus conventional environments with the Method of Loci. *Acta Psychologica*. 2012 Nov;141(3):380–390. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.actpsy.2012.09.002>.
- [140] Slamecka NJ, Graf P. The generation effect: Delineation of a phenomenon. *Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory*. 1978;4(6):592–604. doi: <http://dx.doi.org/10.1037/0278-7393.4.6.592>.

- [141] Davis B, Summers M. Applying Dale's Cone of Experience to increase learning and retention: A study of student learning in a foundational leadership course. 4. Abu Dhabi, Vereinigte Arabische Emirate: Hamad bin Khalifa University Press (HBKU Press); 2015.
- [142] Miller GE. The assessment of clinical skills/competence/performance. *Academic Medicine: Journal of the Association of American Medical Colleges*. 1990 Sep;65(9):63–67. doi: <http://dx.doi.org/10.1097/00001888-199009000-00045>.
- [143] Kolb DA. *Experiential Learning: Experience as the Source of Learning and Development*. Englewood Cliffs, NJ, USA: Prentice Hall; 1984.
- [144] Vester F. *Denken, Lernen, Vergessen. Was geht in unserem Kopf vor, wie lernt das Gehirn, und wann läßt es uns im Stich?* München, Deutschland: Deutscher Taschenbuch-Verlag; 1975.
- [145] Pashler H, McDaniel M, Rohrer D, Bjork R. Learning Styles: Concepts and Evidence. *Psychological Science in the Public Interest*. 2008 Dec;9(3):105–119. doi: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1539-6053.2009.01038.x>.
- [146] Aslaksen K, Lorås H. The Modality-Specific Learning Style Hypothesis: A Mini-Review. *Frontiers in Psychology*. 2018;9.
- [147] Bauer J, Asberger J. Was Lehrkräfte im Unterricht getrost ignorieren können: Lernstile von Lernenden. In: Steins G, Spinath B, Dutke S, Roth M, Limbourg M, (Editors). *Mythen, Fehlvorstellungen, Fehlkonzepte und Irrtümer in Schule und Unterricht. Psychologie in Bildung und Erziehung: Vom Wissen zum Handeln*. Wiesbaden, Deutschland: Springer Fachmedien; 2022. p. 157–179. doi: [http://dx.doi.org/10.1007/978-3-658-36260-7\\_8](http://dx.doi.org/10.1007/978-3-658-36260-7_8).
- [148] Koob JJ, Funk J. Kolb's Learning Style Inventory: Issues of Reliability and Validity. *Research on Social Work Practice*. 2002 Mar;12(2):293–308. doi: <http://dx.doi.org/10.1177/104973150201200206>.
- [149] Eckert M. Lernstile. In: Eckert M, (Editor). *Online-Lehre mit System: Wie man in der digitalen Lehre passgenaue Lernimpulse setzt und neue Lernerfahrungen ermöglicht*. essentials. Wiesbaden, Deutschland: Springer Fachmedien; 2020. p. 25–34. doi: [http://dx.doi.org/10.1007/978-3-658-32670-8\\_5](http://dx.doi.org/10.1007/978-3-658-32670-8_5).
- [150] Manolis C, Burns DJ, Assudani R, Chinta R. Assessing Experiential Learning Styles: A Methodological Reconstruction and Validation of the Kolb Learning Style Inventory. *Learning and Individual Differences*. 2013 Feb;23:44–52. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.lindif.2012.10.009>.

- [151] Hopkins R. David Kolb's Experiential Learning Machine. *Journal of Phenomenological Psychology*. 1993;24(1):46–62. doi: <http://dx.doi.org/10.1163/156916293X00035>.
- [152] Mughal F, Zafar A. Experiential Learning from a Constructivist Perspective: Reconceptualizing the Kolbian Cycle. *International Journal of Learning and Development*. 2011;1(2):27–37. doi: <http://dx.doi.org/10.5296/ijld.v1i2.1179>.
- [153] Bauer JEF, Trumpa S. Auswirkungen von Sitzzeiten bei Studierenden & Empfehlungen zur Gesundheitsförderung in der Hochschule. *die hochschullehre*. 2023;9(3/2023). doi: <http://dx.doi.org/10.3278/HSL2303W>.
- [154] Fuchs R, Klaperski S. Stressregulation durch Sport und Bewegung. In: Fuchs R, Gerber M, (Editors). *Handbuch Stressregulation und Sport*. Springer Reference Psychologie. Berlin, Heidelberg: Springer; 2018. p. 205–226. doi: [http://dx.doi.org/10.1007/978-3-662-49322-9\\_9](http://dx.doi.org/10.1007/978-3-662-49322-9_9).
- [155] Keating XD, Castelli D, Ayers SF. Association of weekly strength exercise frequency and academic performance among students at a large university in the United States. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2013 Jul;27(7):1988–1993. doi: <http://dx.doi.org/10.1519/JSC.0b013e318276bb4c>.
- [156] Winter B, Breitenstein C, Mooren FC, Voelker K, Fobker M, Lechtermann A, et al. High impact running improves learning. *Neurobiology of Learning and Memory*. 2007 May;87(4):597–609. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.nlm.2006.11.003>.
- [157] Tyng CM, Amin HU, Saad MNM, Malik AS. The Influences of Emotion on Learning and Memory. *Frontiers in Psychology*. 2017;8.
- [158] Picard RW. *Affective Computing*. Cambridge, Mass, USA: MIT Press; 1997.
- [159] Kowalska M, Wróbel M. Basic Emotions. In: Zeigler-Hill V, Shackelford TK, (Editors). *Encyclopedia of Personality and Individual Differences*. Cham, Schweiz: Springer International Publishing; 2017. p. 1–6. doi: [http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-28099-8\\_495-1](http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-28099-8_495-1).
- [160] Ekman P, Friesen WV. *Facial Action Coding System*. California, USA: Consulting Psychologists Press; 1978.
- [161] Brave S, Nass C. Emotion in Human-Computer Interaction. In: Jacko JA, (Editor). *The Human-Computer Interaction Handbook: Fundamentals, Evolving Technologies and Emerging Applications*. L. Erlbaum Associates Inc.; 2002. p. 81–96.

- [162] Sweetser P, Wyeth P. GameFlow: a model for evaluating player enjoyment in games. *Computers in Entertainment*. 2005 Jul;3(3):3. doi: <http://dx.doi.org/10.1145/1077246.1077253>.
- [163] Engeser S, Rheinberg F, Vollmeyer R, Bischoff J. Motivation, Flow-Erleben und Lernleistung in Universitären Lernsettings. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*. 2005;19(3):159–172. doi: <http://dx.doi.org/10.1024/1010-0652.19.3.159>.
- [164] Peifer C, Tan J. The Psychophysiology of Flow Experience. In: Peifer C, Engeser S, (Editors). *Advances in Flow Research*. Cham: Springer International Publishing; 2021. p. 191–230. doi: [http://dx.doi.org/10.1007/978-3-030-53468-4\\_8](http://dx.doi.org/10.1007/978-3-030-53468-4_8).
- [165] Csikszentmihalyi M. *Beyond Boredom and Anxiety*. Hoboken, NJ, USA: Jossey-Bass Publishers; 1975.
- [166] Sweetser P, Johnson D, Wyeth P, Anwar A, Meng Y, Ozdowska A. GameFlow in Different Game Genres and Platforms. *Computers in Entertainment*. 2017 Apr;15(3):1–24. doi: <http://dx.doi.org/10.1145/3034780>.
- [167] Hugentobler U. *Messen von Flow mit EEG in Computerspielen [Dissertation]*. University of Zurich; 2011.
- [168] Weiser M. The Computer for the 21st Century. *ACM SIGMOBILE mobile computing and communications review*. 1999;3(3):3–11.
- [169] Streitz N. Designing for People in Ambient Intelligence Environments. In: *Developing Ambient Intelligence*; 2008. p. 47–54. doi: [http://dx.doi.org/10.1007/978-2-287-78544-3\\_5](http://dx.doi.org/10.1007/978-2-287-78544-3_5).
- [170] Hansmann U, Merk L, Nicklous MS, Stober T. *Pervasive Computing: The Mobile World*. Berlin, Heidelberg, Deutschland: Springer Science & Business Media; 2003.
- [171] Augusto JC, Callaghan V, Cook D, Kameas A, Satoh I. "Intelligent Environments: A Manifesto". *Human-centric Computing and Information Sciences*. 2013;3(1):12. doi: <http://dx.doi.org/10.1186/2192-1962-3-12>.
- [172] Mattern F. Pervasive/Ubiquitous Computing. *Informatik-Spektrum*. 2001;24(3):145–147.
- [173] Ronzani D. The Battle of Concepts: Ubiquitous Computing, Pervasive Computing and Ambient Intelligence in Mass Media. *Ubiquitous Computing and Communication Journal*. 2009;4(2):9–19.

- [174] Zelkha E, Epstein B, Birrell S, Dodsworth C. From Devices to Ambient Intelligence. In: Digital Living Room Conference (June 1998); 1998. p. 82–100.
- [175] Aarts EHL, Encarnação JL. True Visions: The Emergence of Ambient Intelligence. Berlin, Heidelberg, Deutschland: Springer; 2006.
- [176] Wachs JP, Kölsch M, Stern H, Edan Y. Vision-based Hand-gesture Applications. *Commun ACM*. 2011;54(2):60–71.
- [177] Krueger MW. Artificial Reality. Reading, MA, USA: Addison-Wesley; 1983.
- [178] Ishii H. Tangible Bits: Beyond Pixels. In: Proceedings of the 2nd International Conference on Tangible and Embedded Interaction. TEI '08; 2008. p. xv–xxv. doi: <http://dx.doi.org/10.1145/1347390.1347392>.
- [179] Vertegaal R, Poupyrev I. Introduction. *Communications of the ACM*. 2008;51(6):26–30. doi: <http://dx.doi.org/10.1145/1349026.1349033>.
- [180] Schmidt A, Kranz M, Holleis P. Interacting with the Ubiquitous Computer: Towards Embedding Interaction. In: Proceedings of the 2005 Joint Conference on Smart Objects and Ambient Intelligence: Innovative Context-Aware Services: Usages and Technologies. sOc-EUSAI '05; 2005. p. 147–152. doi: <http://dx.doi.org/10.1145/1107548.1107588>.
- [181] Kranz M, Holleis P, Schmidt A. Embedded Interaction: Interacting with the Internet of Things. *IEEE Internet Computing*. 2010;14(2):46–53.
- [182] Montola M. Exploring the edge of the magic circle: Defining pervasive games. In: Proceedings of the Digital Arts & Culture 2005 Conference: Digital Experience: Design, Aesthetics, Practice. DAC '05; 2005. p. 103–106.
- [183] Eyles M, Eglin R. Ambient Games, Revealing a Route to a World Where Work is Play? *International Journal of Computer Games Technology*. 2008 Mar;2008:e176056. doi: <http://dx.doi.org/10.1155/2008/176056>.
- [184] Mittmann G, Barnard A, Krammer I, Martins D, Dias J. LINA - A Social Augmented Reality Game around Mental Health, Supporting Real-world Connection and Sense of Belonging for Early Adolescents. *Proceedings of the ACM on Human-Computer Interaction*. 2022 Oct;6(CHI PLAY):1–21. doi: <http://dx.doi.org/10.1145/3549505>.

- [185] Stoldt F, Brandl LC, Schrader A. Pervasive Serious Game for Exam Preparation: Exploring the Motivational Effects of Game Narratives. In: Serious Games. JCSG '23; 2023. p. 439–446. doi: [http://dx.doi.org/10.1007/978-3-031-44751-8\\_40](http://dx.doi.org/10.1007/978-3-031-44751-8_40).
- [186] Echeverri D. Searching for Us: A Pervasive Tangible Narrative About Friendship. In: Designing Interactive Systems Conference. DIS '24 Companion; 2024. p. 284–288. doi: <http://dx.doi.org/10.1145/3656156.3665423>.
- [187] Mahendran S, Nallathambi B, Mahalakshmi T, Saravanan K, Viswanth M. Intelligent Room Allocation Using Smart IoT Devices. In: 2024 4th International Conference on Pervasive Computing and Social Networking. ICPCSN '24; 2024. p. 724–729. doi: <http://dx.doi.org/10.1109/ICPCSN62568.2024.00121>.
- [188] Zhang X, Ren X. CATER: A Framework for the Automated Layout of Transactional Pages. In: The Sixth IEEE International Conference on Computer and Information Technology. CIT'06; 2006. p. 32–32. doi: <http://dx.doi.org/10.1109/CIT.2006.60>.
- [189] Achilleos A, Yang K, Georgalas N. A Model Driven Approach to Generate Service Creation Environments. In: IEEE GLOBECOM 2008 - 2008 IEEE Global Telecommunications Conference. GLOCOM '08; 2008. p. 1–6. doi: <http://dx.doi.org/10.1109/GLOCOM.2008.ECP.325>.
- [190] Liao K, Kisuule P, Ehrlinger J, Dai J. Autogeneration of Database Applications from XML Metadata for Web-Based Data Entry. In: 2009 Eighth IEEE/ACIS International Conference on Computer and Information Science; 2009. p. 718–723. doi: <http://dx.doi.org/10.1109/ICIS.2009.148>.
- [191] Tran V, Vanderdonckt J, Kolp M, Faulkner S. Generating User Interface from Task, User and Domain Models. In: 2009 Second International Conference on Advances in Human-Oriented and Personalized Mechanisms, Technologies, and Services. CENTRIC '09; 2009. p. 19–26. doi: <http://dx.doi.org/10.1109/CENTRIC.2009.24>.
- [192] Peissner M, Häbe D, Janssen D, Sellner T. MyUI: Generating Accessible User Interfaces from Multimodal Design Patterns. In: Proceedings of the 4th ACM SIGCHI Symposium on Engineering Interactive Computing Systems. EICS '12; 2012. p. 81–90. doi: <http://dx.doi.org/10.1145/2305484.2305500>.
- [193] Radosevic D, Orehovacki T, Magdalenic I. Towards software autogeneration. In: 2012 Proceedings of the 35th International Convention. MIPRO '12; 2012. p. 1076–1081.

- [194] Lachgar M, Abdali A. Generating Android Graphical User Interfaces Using an MDA Approach. In: 2014 Third IEEE International Colloquium in Information Science and Technology. CIST '14; 2014. p. 80–85. doi: <http://dx.doi.org/10.1109/CIST.2014.7016598>.
- [195] Usman M, Iqbal MZ, Khan MU. A Model-Driven Approach to Generate Mobile Applications for Multiple Platforms. In: 2014 21st Asia-Pacific Software Engineering Conference. APSEC '14; 2014. p. 111–118. doi: <http://dx.doi.org/10.1109/APSEC.2014.26>.
- [196] Foust G, Järvi J, Parent S. Generating Reactive Programs for Graphical User Interfaces from Multi-Way Dataflow Constraint Systems. ACM SIGPLAN Notices. 2015 Oct;51(3):121–130. doi: <http://dx.doi.org/10.1145/2936314.2814207>.
- [197] Roubi S, Erramdani M, Mbarki S. A Model Driven Approach to Generate Graphical User Interfaces for Rich Internet Applications Using Interaction Flow Modeling Language. In: 2015 15th International Conference on Intelligent Systems Design and Applications. ISDA '15; 2015. p. 272–276. doi: <http://dx.doi.org/10.1109/ISDA.2015.7489237>.
- [198] Roubi S, Erramdani M, Mbarki S. Extending Graphical Part of the Interaction Flow Modeling Language to Generate Rich Internet Graphical User Interfaces:. In: Proceedings of the 4th International Conference on Model-Driven Engineering and Software Development. MODELSWARD '16; 2016. p. 161–167. doi: <http://dx.doi.org/10.5220/0005650601610167>.
- [199] Roubi S, Erramdani M, Mbarki S. Modeling and Generating Graphical User Interface for MVC Rich Internet Application Using a Model Driven Approach. In: 2016 International Conference on Information Technology for Organizations Development. IT4OD '16; 2016. p. 1–6. doi: <http://dx.doi.org/10.1109/IT4OD.2016.7479249>.
- [200] Alaa M, Bolock AE, Abas M, Abdennadher S, Herbert C. AppGen: A Framework for Automatic Generation of Data Collection Apps. In: Proceedings of the 35th Annual ACM Symposium on Applied Computing. SAC'20; 2020. p. 1906–1913. doi: <http://dx.doi.org/10.1145/3341105.3373989>.
- [201] Arefin M, Hossen KM, Khan R. Pic2code: Generating HTML Code from Handwritten Picture. In: 2023 26th International Conference on Computer and Information Technology. ICCIT '23; 2023. p. 1–6. doi: <http://dx.doi.org/10.1109/ICCIT60459.2023.10441098>.
- [202] Cheng R, Barik T, Leung A, Hohman F, Nichols J. BISCUIT: Scaffolding LLM-Generated Code with Ephemeral UIs in Computational Notebooks; 2024. doi: <http://dx.doi.org/10.48550/arXiv.2404.07387>.

- [203] Liang Y. SmartGenerator4UI: A Web Interface Element Recognition and HTML Generation System Based on Deep Learning and Image Processing. In: Proceedings of the 2nd ACM Workshop on Secure and Trustworthy Deep Learning Systems. SecTL '24; 2024. p. 8–15. doi: <http://dx.doi.org/10.1145/3665451.3665528>.
- [204] Zarras AV, Mamalis G, Papamichail A, Kollias P, Vassiliadis P. And the Tool Created a GUI That Was Impure and Without Form: Anti-Patterns in Automatically Generated GUIs. In: Proceedings of the 23rd European Conference on Pattern Languages of Programs. EuroPLoP '18; 2018. p. 1–8. doi: <http://dx.doi.org/10.1145/3282308.3282333>.
- [205] McNaughton M, Cutumisu M, Szafron D, Schaeffer J, Redford J, Parker D. Scriptease: Generating Scripting Code for Computer Role-Playing Games. In: Proceedings. 19th International Conference on Automated Software Engineering, 2004. ASE '04; 2004. p. 386–387. doi: <http://dx.doi.org/10.1109/ASE.2004.1342770>.
- [206] Gao H, Li Y. An Autogenerating Test Paper Method Based on Latent Semantic Analysis and Genetic Algorithm. In: 2009 International Workshop on Intelligent Systems and Applications. IWISA '09; 2009. p. 1–4. doi: <http://dx.doi.org/10.1109/IWISA.2009.5072709>.
- [207] Wu X, Song Y. Research on Intelligent Auto-Generating Test Paper Based on Improved Genetic Algorithms. In: 2009 International Conference on Computational Intelligence and Software Engineering. CISE '09; 2009. p. 1–4. doi: <http://dx.doi.org/10.1109/CISE.2009.5366125>.
- [208] Liu S, Chen Q, Yan S, Xu C, Lu H. Snap & Play: Auto-Generated Personalized Find-the-Difference Game. *ACM Transactions on Intelligent Systems and Technology*. 2014 Dec;5(4):65:1–65:18. doi: <http://dx.doi.org/10.1145/2668109>.
- [209] Wei DH, Yang S, Zhang S, Zhao H. Evaluation of an auto-generated data structures and algorithms visualization approach at tri-state colleges. In: 2015 International Conference on Collaboration Technologies and Systems. CTS '15; 2015. p. 183–189. doi: <http://dx.doi.org/10.1109/CTS.2015.7210419>.
- [210] Nuthong S, Witosurapot S. Enabling fine granularity of difficulty ranking measure for automatic quiz generation. In: 2017 9th International Conference on Information Technology and Electrical Engineering. ICITEE '17; 2017. p. 1–6. doi: <http://dx.doi.org/10.1109/ICITEED.2017.8250492>.

- [211] Brown JA, Lutfullin B, Oreshin P, Pyatkin I. Levels for Hotline Miami 2: Wrong Number Using Procedural Content Generations. *Computers*. 2018 Jun;7(2):22. doi: <http://dx.doi.org/10.3390/computers7020022>.
- [212] Tharaniya sairaj R, Balasundaram SR. Improving the Cognitive Levels of Automatic Generated Questions using Neuro-Fuzzy Approach in e-Assessment. In: 2020 IEEE 5th International Conference on Computing Communication and Automation. ICCCA '20; 2020. p. 454–458. doi: <http://dx.doi.org/10.1109/ICCCA49541.2020.9250716>.
- [213] Lazaridis L, Fragulis GF. Creating a Newer and Improved Procedural Content Generation (PCG) Algorithm with Minimal Human Intervention for Computer Gaming Development. *Computers*. 2024 Nov;13(11):304. doi: <http://dx.doi.org/10.3390/computers13110304>.
- [214] John H. Genetic algorithms. *Scientific american*. 1992;267(1):44–50.
- [215] Chowdhary KR. Natural Language Processing. In: Chowdhary KR, (Editor). *Fundamentals of Artificial Intelligence*. New Delhi, Indien: Springer India; 2020. p. 603–649. doi: [http://dx.doi.org/10.1007/978-81-322-3972-7\\_19](http://dx.doi.org/10.1007/978-81-322-3972-7_19).
- [216] Chen CLP, Zhang CY, Chen L, Gan M. Fuzzy Restricted Boltzmann Machine for the Enhancement of Deep Learning. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*. 2015 Dec;23(6):2163–2173. doi: <http://dx.doi.org/10.1109/TFUZZ.2015.2406889>.
- [217] Zhang S. An Auto-Generation Approach to Create Visualization Teaching Materials for Data Structures and Algorithms in MS-PPT Format. *International Journal of Information and Education Technology*. 2015;5(9):714–718. doi: <http://dx.doi.org/10.7763/IJIET.2015.V5.598>.
- [218] Saha BK. Generative Artificial Intelligence for Industry: Opportunities, Challenges, and Impact. In: 2024 International Conference on Artificial Intelligence in Information and Communication. ICAIIC '24; 2024. p. 081–086. doi: <http://dx.doi.org/10.1109/ICAIIC60209.2024.10463245>.
- [219] Corso V, Mariani L, Micucci D, Riganelli O. Generating Java Methods: An Empirical Assessment of Four AI-based Code Assistants. In: 2024 IEEE/ACM 32nd International Conference on Program Comprehension. ICPC '24; 2024. p. 13–23.

- [220] Idrisov B, Schlippe T. Program Code Generation with Generative AIs. *Algorithms*. 2024 Feb;17(2):62. doi: <http://dx.doi.org/10.3390/a17020062>.
- [221] Billiris G, Gill A, Oppermann I, Niazi M. Towards the Development of a Copyright Risk Checker Tool for Generative Artificial Intelligence Systems. *Digit Gov: Res Pract*. 2024 Dec;5(4). doi: <http://dx.doi.org/10.1145/3703459>.
- [222] Al-kfairy M, Mustafa D, Kshetri N, Insiew M, Alfandi O. Ethical Challenges and Solutions of Generative AI: An Interdisciplinary Perspective. *Informatics*. 2024;11(58). doi: <http://dx.doi.org/10.3390/informatics11030058>.
- [223] Abbes F, Bennani S, Maalel A. Generative AI and Gamification for Personalized Learning: Literature Review and Future Challenges. *SN Computer Science*. 2024 Dec;5(8):1154. doi: <http://dx.doi.org/10.1007/s42979-024-03491-z>.
- [224] Pozdniakov S, Brazil J, Abdi S, Bakharia A, Sadiq S, Gašević D, et al. Large Language Models Meet User Interfaces: The Case of Provisioning Feedback. *Computers and Education: Artificial Intelligence*. 2024 Dec;7:100289. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.caeai.2024.100289>.
- [225] Castillo Valdivieso PÁ, Aguilar-Luzón MdC, et al. The use of chatbot as an element of tutorial action in university teaching. (Preprint). 2021;. doi: <http://dx.doi.org/10.30827/Digibug.69299>.
- [226] Kim HY. More than Tools: Emergence of Meaning through Technology Enriched Interactions in Classrooms. *International Journal of Educational Research*. 2020 Jan;100:101543. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijer.2020.101543>.
- [227] Gong L. How Social Is Social Responses to Computers? The Function of the Degree of Anthropomorphism in Computer Representations. *Computers in Human Behavior*. 2008 Jul;24(4):1494–1509. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.chb.2007.05.007>.
- [228] Agarwal R, Wadhwa M. Review of State-of-the-Art Design Techniques for Chatbots. *SN Computer Science*. 2020 Jul;1. doi: <http://dx.doi.org/10.1007/s42979-020-00255-3>.
- [229] Albayrak N, Özdemir A, Zeydan E. An Overview of Artificial Intelligence Based Chatbots and an Example Chatbot Application. In: 2018 26th Signal Processing and Communications Applications Conference. SIU '18; 2018. p. 1–4. doi: <http://dx.doi.org/10.1109/SIU.2018.8404430>.

- [230] Clarizia F, Colace F, Lombardi M, Pascale F, Santaniello D. Chatbot: An Education Support System for Student. In: *Cyberspace Safety and Security*. CSS '18; 2018. p. 291–302. doi: [http://dx.doi.org/10.1007/978-3-030-01689-0\\_23](http://dx.doi.org/10.1007/978-3-030-01689-0_23).
- [231] Hwang GJ, Chang CY. A Review of Opportunities and Challenges of Chatbots in Education. *Interactive Learning Environments*. 2021 Jul; doi: <http://dx.doi.org/10.1080/10494820.2021.1952615>.
- [232] Okonkwo CW, Ade-Ibijola A. Chatbots Applications in Education: A Systematic Review. *Computers and Education: Artificial Intelligence*. 2021 Jan;2:100033. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.caeai.2021.100033>.
- [233] Wollny S, Schneider J, Di Mitri D, Weidlich J, Rittberger M, Drachsler H. Are We There Yet? - A Systematic Literature Review on Chatbots in Education. *Frontiers in Artificial Intelligence*. 2021;4.
- [234] Han A, Cai Z. Design Implications of Generative AI Systems for Visual Storytelling for Young Learners. In: *Proceedings of the 22nd Annual ACM Interaction Design and Children Conference*. IDC '23; 2023. p. 470–474. doi: <http://dx.doi.org/10.1145/3585088.3593867>.
- [235] Midjourney. Midjourney; 2025. Verfügbar unter: <https://www.midjourney.com> [Abgerufen am: 2025-05-02].
- [236] OpenAI. DALL-E 3; 2025. Verfügbar unter: <https://openai.com/index/dall-e-3/> [Abgerufen am: 2025-05-02].
- [237] Lee YH, Lin TH. The Feasibility Study of AI Image Generator as Shape Convergent Thinking Tool. In: *Artificial Intelligence in HCI*. AI-HCI '23; 2023. p. 575–589. doi: [http://dx.doi.org/10.1007/978-3-031-35891-3\\_36](http://dx.doi.org/10.1007/978-3-031-35891-3_36).
- [238] Chiou LY, Hung PK, Liang RH, Wang CT. Designing with AI: An Exploration of Co-Ideation with Image Generators. In: *Proceedings of the 2023 ACM Designing Interactive Systems Conference*. DIS '23; 2023. p. 1941–1954. doi: <http://dx.doi.org/10.1145/3563657.3596001>.
- [239] Meehan JR. TALE-SPIN, an Interactive Program That Writes Stories. In: *Proceedings of the 5th International Joint Conference on Artificial Intelligence - Volume 1*. IJCAI'77; 1977. p. 91–98.
- [240] Pemberton L. A Modular Approach to Story Generation. In: Somers H, McGee Wood M, (Editors). *Fourth Conference of the European Chapter of the Association for Computational Linguistics*; 1989. p. 217 – 224.

- [241] Concepción E, Gervás P, Méndez G. Evolving the INES Story Generation System: From Single to Multiple Plot Lines. In: International Conference on Innovative Computing and Cloud Computing. ICC '19; 2019. p. 220 – 227.
- [242] Laclaustra I, Ledesma J, Méndez G, Gervás P. Kill the Dragon and Rescue the Princess: Designing a Plan-Based Multi-agent Story Generator. In: Proceedings of the ICC. ICC '14; 2014. p. 347 — 350. doi: <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.1.1480.2804>.
- [243] Méndez G, Gervás P, León C. A Model of Character Affinity for Agent-Based Story Generation. In: 9th International Conference on Knowledge, Information and Creativity Support Systems. KICSS '14; 2014. p. 1–8. doi: <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.1.3839.5766>.
- [244] Méndez G, Gervás P, León C. On the Use of Character Affinities for Story Plot Generation. In: Knowledge, Information and Creativity Support Systems. KICSS '16; 2016. p. 211–225. doi: [http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-27478-2\\_15](http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-27478-2_15).
- [245] Fay MP. Driving Story Generation with Learnable Character Models [Dissertation]. Massachusetts Institute of Technology; 2014.
- [246] Taveekitworachai P, Abdullah F, Gursesli MC, Dewantoro MF, Chen S, Lanata A, et al. Breaking Bad: Unraveling Influences and Risks of User Inputs to ChatGPT for Game Story Generation. In: Interactive Storytelling. ICIDS '23; 2023. p. 285–296. doi: [http://dx.doi.org/10.1007/978-3-031-47658-7\\_27](http://dx.doi.org/10.1007/978-3-031-47658-7_27).
- [247] Chen Z, Zhou E, Eaton K, Peng X, Riedl M. Ambient Adventures: Teaching ChatGPT on Developing Complex Stories; 2023. doi: <http://dx.doi.org/10.48550/arXiv.2308.01734>.
- [248] Umbraško A, Drury R. Applying ChatGPT in AI-based Dynamic Video Game Narrative Generation System [Masterarbeit]. Chalmers University of Technology, University of Gothenburg; 2023.
- [249] Li Y, Lee T, Qian Y. Analysis and Modeling of F0 Contours for Cantonese Text-to-Speech. *ACM Transactions on Asian Language Information Processing*. 2004 Sep;3(3):169–180. doi: <http://dx.doi.org/10.1145/1037811.1037813>.
- [250] Liang MS, Yang RC, Chiang YC, Lyu DC, Lyu RY. A Taiwanese Text-to-Speech System with Applications to Language Learning. In: IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies, 2004. Proceedings. ICALT '04; 2004. p. 91–95. doi: <http://dx.doi.org/10.1109/ICALT.2004.1357381>.

- [251] Kaur N, Singh P. Conventional and Contemporary Approaches Used in Text to Speech Synthesis: A Review. *Artificial Intelligence Review*. 2023 Jul;56(7):5837–5880. doi: <http://dx.doi.org/10.1007/s10462-022-10315-0>.
- [252] Zhang C, Zhang C, Zheng S, Zhang M, Qamar M, Bae SH, et al. A survey on audio diffusion models: Text to speech synthesis and enhancement in generative ai. *arXiv preprint arXiv:230313336*. 2023;. doi: <http://dx.doi.org/10.48550/arXiv.2303.13336>.
- [253] Shen J, Pang R, Weiss RJ, Schuster M, Jaitly N, Yang Z, et al. Natural TTS Synthesis by Conditioning WaveNet on Mel Spectrogram Predictions. (Preprint). 2018 Feb;1712.05884. doi: <http://dx.doi.org/10.48550/arXiv.1712.05884>.
- [254] Saito Y, Takamichi S, Saruwatari H. Vocoder-Free Text-to-Speech Synthesis Incorporating Generative Adversarial Networks Using Low-/Multi-Frequency STFT Amplitude Spectra. *Computer Speech & Language*. 2019 Nov;58:347–363. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.csl.2019.05.008>.
- [255] Humble N. Play my Thesis: Opportunities and Limitations of Building Serious Games With AI. In: *Proceedings of the International Conference on AI Research. ICAIR '24; 2024*. p. 165—174. doi: <http://dx.doi.org/10.34190/icair.4.1.3130>.
- [256] Madakam S, Ramaswamy R, Tripathi S. Internet of Things (IoT): A Literature Review. *Journal of Computer and Communications*. 2015 May;3(5):164–173. doi: <http://dx.doi.org/10.4236/jcc.2015.35021>.
- [257] Kordts B. *Selbstreflexive Smarte Umgebungen Im Intensivkontext [Dissertation]*. Universität zu Lübeck; 2023.
- [258] Delcourt K, Adreit F, Arcangeli JP, Hacid K, Trouilhet S, Younes W. Automatic and Intelligent Composition of Pervasive Applications - Demonstration. In: *19th IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications. PerCom '21; 2021*. p. 1–3.
- [259] Davidyuk O, Milara IS, Gilman E, Rieki J. An Overview of Interactive Application Composition Approaches. *Open Computer Science*. 2015 Jan;5(1):79–95. doi: <http://dx.doi.org/10.1515/comp-2015-0007>.
- [260] Goumopoulos C, Mavrommati I. A Framework for Pervasive Computing Applications Based on Smart Objects and End User Development. *Journal of Systems and Software*. 2020;162:110496. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jss.2019.110496>.

- [261] Kordts B, Gerlach B, Schrader A. Self-Organizing and Self-Explaining Pervasive Environments by Connecting Smart Objects and Applications. *Technologies*. 2022 Feb;10(1):15. doi: <http://dx.doi.org/10.3390/technologies10010015>.
- [262] Stavropoulos TG, Vrakas D, Vlahavas I. A Survey of Service Composition in Ambient Intelligence Environments. *Artificial Intelligence Review*. 2011 Oct;40(3):247–270. doi: <http://dx.doi.org/10.1007/s10462-011-9283-1>.
- [263] Bellavista P, Corradi A, Foschini L, Monti S. Improved Adaptation and Survivability via Dynamic Service Composition of Ubiquitous Computing Middleware. *IEEE Access*. 2018;6:33604–33620. doi: <http://dx.doi.org/10.1109/ACCESS.2018.2842683>.
- [264] Koussaifi M, Trouilhet S, Arcangeli JP, Bruel JM. Ambient Intelligence Users in the Loop: Towards a Model-Driven Approach. In: *Software Technologies: Applications and Foundations. STAF '18*; 2018. p. 558–572. doi: [http://dx.doi.org/10.1007/978-3-030-04771-9\\_42](http://dx.doi.org/10.1007/978-3-030-04771-9_42).
- [265] Delcourt K, Trouilhet S, Arcangeli JP, Adreit F. The Human in Interactive Machine Learning: Analysis and Perspectives for Ambient Intelligence. *Journal of Artificial Intelligence Research*. 2024 Oct;81:263–305. doi: <http://dx.doi.org/10.1613/jair.1.15665>.
- [266] Altakrouri B. *Ambient Assisted Living with Dynamic Interaction Ensembles [Dissertation]*. Universität zu Lübeck; 2014.
- [267] Altakrouri B, Schrader A. Towards dynamic natural interaction ensembles. In: *The 26th BCS Conference on Human Computer Interaction. BCS-HCI '12*; 2012. p. 1–4.
- [268] Drechsler R, Luth C, Fey G, Guneyasu T. Towards Self-Explaining Digital Systems: A Design Methodology for the Next Generation. In: *2018 IEEE 3rd International Verification and Security Workshop. IVSW '18*; 2018. p. 1–6. doi: <http://dx.doi.org/10.1109/IVSW.2018.8494900>.
- [269] Autexier S, Drechsler R. Towards Self-explaining Intelligent Environments. In: *2018 7th International Conference on Reliability, Infocom Technologies and Optimization (Trends and Future Directions). ICRITO '18*; 2018. p. 1–6. doi: <http://dx.doi.org/10.1109/ICRITO.2018.8748460>.
- [270] Manoel E, Nielson MJ, Salahshour A, KVL SS, Sudarshanan S. *Problem Determination Using Self-Managing Autonomic Technology*. New York, USA: IBM International Technical Support Organization; 2005.

- [271] IBM. An architectural blueprint for autonomic computing (White Paper); 2003. IBM White paper.
- [272] Kephart JO, Chess DM. The Vision of Autonomic Computing. *Computer*. 2003;36(1):41–50. doi: <http://dx.doi.org/10.1109/MC.2003.1160055>.
- [273] Müller-Schloer C, von der Malsburg C, Würt RP. Aktuelles Schlagwort: Organic Computing. *Informatik-Spektrum*. 2004;27(4):332–336.
- [274] Poslad S. Autonomous Systems and Artificial Life. In: *Autonomous Systems and Artificial Life*. John Wiley & Sons; 2009. p. 317–341.
- [275] Poslad S. *Ubiquitous Computing: Smart Devices, Environments and Interactions*. Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons; 2009.
- [276] Fähndrich J, Ahrndt S, Albayrak S. Self-Explaining Agents. *Jurnal Teknologi (Science & Engineering)*. 2013;63(3):53–64.
- [277] Burmeister D, Burmann F, Schrader A. The Smart Object Description Language: Modeling Interaction Capabilities for Self-Reflection. In: *2017 IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications Workshops. PerCom Workshops '17*; 2017. p. 503–508. doi: <http://dx.doi.org/10.1109/PERCOMW.2017.7917614>.
- [278] Google. Angular – Einführung in Angular-Konzepte; 2025. Verfügbar unter: <https://v17.angular.io/guide/architecture> [Abgerufen am: 2025-03-27].
- [279] Raschka S, Mirjalili V. *Python Machine Learning: Machine Learning and Deep Learning with Python, Scikit-Learn, and TensorFlow 2*. 3rd ed. Birmingham, UK: Packt Publishing; 2020.
- [280] Hao J, Ho TK. Machine Learning Made Easy: A Review of Scikit-learn Package in Python Programming Language. *Journal of Educational and Behavioral Statistics*. 2019 Jun;44(3):348–361. doi: <http://dx.doi.org/10.3102/1076998619832248>.
- [281] scikit-learn developers. 2.3. Clustering; 2024. Verfügbar unter: <https://scikit-learn.org/stable/modules/clustering.html> [Abgerufen am: 2024-03-06].
- [282] OpenJS Foundation. Express - Node.js Web Application Framework; 2025. Verfügbar unter: <https://expressjs.com/> [Abgerufen am: 2025-04-07].
- [283] OpenJS Foundation. Node.js — Run JavaScript Everywhere; 2025. Verfügbar unter: <https://nodejs.org/en> [Abgerufen am: 2025-04-07].

- [284] Broadcom. Spring Boot; 2025. Verfügbar unter: <https://spring.io/projects/spring-boot> [Abgerufen am: 2025-05-02].
- [285] Sam. Moppletop/YeeLight-API; 2023. Verfügbar unter: <https://github.com/moppletop/YeeLight-API> [Abgerufen am: 2025-05-02].
- [286] Bruggisser F. Cansik/Artnet4j; 2025. Verfügbar unter: <https://github.com/cansik/artnet4j/blob/master/src/main/java/ch/bildspur/artnet/ArtNet.java> [Abgerufen am: 2025-05-02].
- [287] GitHub I. Jinput/Jinput; 2025. Verfügbar unter: <https://jinput.github.io/jinput/> [Abgerufen am: 2025-05-02].
- [288] Ollama. Llama2:7b; 2024. Verfügbar unter: <https://ollama.com/11ama2:7b> [Abgerufen am: 2025-05-02].
- [289] Marcondes FS, Gala A, Magalhães R, Perez de Britto F, Durães D, Novais P. Using Ollama. In: Marcondes FS, Gala A, Magalhães R, Perez de Britto F, Durães D, Novais P, (Editors). Natural Language Analytics with Generative Large-Language Models: A Practical Approach with Ollama and Open-Source LLMs. Cham, Schweiz: Springer Nature Switzerland; 2025. p. 23–35. doi: [http://dx.doi.org/10.1007/978-3-031-76631-2\\_3](http://dx.doi.org/10.1007/978-3-031-76631-2_3).
- [290] Claypool M, Liu S, Kuwahara A, Scovell J, Gregg M, Galbiati F, et al. Waiting to Play - Measuring Game Load Times and Their Effects on Player Quality of Experience. In: Proceedings of the 19th International Conference on the Foundations of Digital Games. FDG '24; 2024. p. 1–11. doi: <http://dx.doi.org/10.1145/3649921.3649937>.
- [291] Kosukhina M. IntelliJ IDEA 2023.3.6 Is Out! | The IntelliJ IDEA Blog; 2024. Verfügbar unter: <https://blog.jetbrains.com/idea/2024/03/intellij-idea-2023-3-6/> [Abgerufen am: 2025-05-20].
- [292] OpenAI. ChatGPT (GPT-4.5); 2025. Verfügbar unter: <https://chat.openai.com> [Abgerufen am: 2025-05-02].
- [293] AI S. Bark; 2025. Verfügbar unter: <https://github.com/suno-ai/bark> [Abgerufen am: 2025-05-30].
- [294] Technologies U. Echtzeit-Entwicklungsplattform von Unity | 3D, 2D, VR- und AR-Engine; 2025. Verfügbar unter: <https://unity.com> [Abgerufen am: 2025-05-02].
- [295] Desurvire H, Caplan M, Toth JA. Using Heuristics to Evaluate the Playability of Games. In: CHI '04 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems. CHI '04; 2004. p. 1509–1512. doi: <http://dx.doi.org/10.1145/985921.986102>.

- [296] Korhonen H. Evaluating Playability of Mobile Games with the Expert Review Method [Dissertation]. Tampere University Press; 2016.
- [297] Mohamed H, Jaafar A. Development and Potential Analysis of Heuristic Evaluation for Educational Computer Game (PHEG). In: 5th International Conference on Computer Sciences and Convergence Information Technology. ICCIT 2010; 2010. p. 222–227. doi: <http://dx.doi.org/10.1109/ICCIT.2010.5711061>.
- [298] Nielsen J, Molich R. Heuristic Evaluation of User Interfaces. In: Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems. CHI '90; 1990. p. 249–256. doi: <http://dx.doi.org/10.1145/97243.97281>.
- [299] Paavilainen J, Korhonen H, Koskinen E, Alha K. Heuristic Evaluation of Playability: Examples from Social Games Research and Free-to-Play Heuristics. In: Drachen A, Mirza-Babaei P, Nacke L, (Editors). Games User Research. Oxford, UK: Oxford University Press; 2018. p. 0. doi: <http://dx.doi.org/10.1093/oso/9780198794844.003.0015>.
- [300] Pinelle D, Wong N, Stach T. Heuristic Evaluation for Games: Usability Principles for Video Game Design. In: Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems. CHI '06; 2008. p. 1453–1462. doi: <http://dx.doi.org/10.1145/1357054.1357282>.
- [301] Fabricatore C, N Miguel, and Rosas R. Playability in Action Videogames: A Qualitative Design Model. *Human-Computer Interaction*. 2002 Dec;17(4):311–368. doi: [http://dx.doi.org/10.1207/S15327051HCI1704\\_1](http://dx.doi.org/10.1207/S15327051HCI1704_1).
- [302] Federoff MA. Heuristics and Usability Guidelines for the Creation and Evaluation of Fun in Video Games [Masterarbeit]. Indiana University Bloomington; 2002.
- [303] Thomas S, Schott G, Kambouri M. Designing for learning or designing for fun? Setting usability guidelines for mobile educational games. *Learning with mobile devices: A book of papers*. 2004;p. 173–181.
- [304] Kiili K. On Educational Game Design: Building Blocks of Flow Experience. Tampere, Finland: Tampere University of Technology; 2005.
- [305] Korhonen H, Koivisto EMI. Playability Heuristics for Mobile Games. In: Proceedings of the 8th Conference on Human-computer Interaction with Mobile Devices and Services. MobileHCI '06; 2006. p. 9–16. doi: <http://dx.doi.org/10.1145/1152215.1152218>.

- [306] Korhonen H, Koivisto EMI. Playability Heuristics for Mobile Multi-Player Games. In: Proceedings of the 2nd International Conference on Digital Interactive Media in Entertainment and Arts. DIMEA '07; 2007. p. 28–35. doi: <http://dx.doi.org/10.1145/1306813.1306828>.
- [307] Schaffer N. Heuristics for Usability in Games (White Paper); 2007.
- [308] Köffel C, Haller M. Heuristics for the evaluation of tabletop games. In: Evaluating User Experiences in Games, Workshop at the 2008 Conference on Human Factors in Computing Systems. vol. 8 of CHI '08; 2008. p. 1–4.
- [309] Hinske S, Langheinrich M, Lampe M. Towards Guidelines for Designing Augmented Toy Environments. In: Proceedings of the 7th ACM Conference on Designing Interactive Systems. DIS '08; 2008. p. 78–87. doi: <http://dx.doi.org/10.1145/1394445.1394454>.
- [310] Papaloukas S, Patriarcheas K, Xenos M. Usability Assessment Heuristics in New Genre Videogames. In: 2009 13th Panhellenic Conference on Informatics. PCI '09; 2009. p. 202–206. doi: <http://dx.doi.org/10.1109/PCI.2009.14>.
- [311] Pinelle D, Wong N, Stach T, Gutwin C. Usability Heuristics for Networked Multiplayer Games. In: Proceedings of the 2009 ACM International Conference on Supporting Group Work. GROUP '09; 2009. p. 169–178. doi: <http://dx.doi.org/10.1145/1531674.1531700>.
- [312] Barbosa MB, Rêgo M, de Medeiros I. Heeg: Heuristic evaluation for educational games. In: SBC – Proceedings of SBGames 2015. SBGames '15; 2015. p. 224 – 227.
- [313] Fitchat L, Jordaan DB. Ten Heuristics to evaluate the User Experience of Serious Games. *International Journal of Social Sciences and Humanity Studies*. 2016 Dec;8(2):209–225.
- [314] Röcker C, Haar M. Exploring the usability of video game heuristics for pervasive game development in smart home environments. In: Proceedings of the 3rd International Workshop on Pervasive Gaming Applications. PerGames '06; 2006. p. 124–131.
- [315] Tan JL, Goh DHL, Ang RP, Huan VS. Usability and playability heuristics for evaluation of an instructional game. In: eLearn: World Conference on EdTech. eLEARN '10; 2010. p. 363–373.
- [316] Zaibon SB, Shiratuddin N. Heuristics Evaluation Strategy for Mobile Game-Based Learning. In: Proceedings of the 2010 6th IEEE International Conference on Wireless, Mobile, and Ubiquitous Technologies in Education. WMUTE '10; 2010. p. 127–131. doi: <http://dx.doi.org/10.1109/WMUTE.2010.27>.

- [317] Khanana K, Law ELC. Designing Children's Digital Games on Nutrition with Playability Heuristics. In: CHI '13 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems; 2013. p. 1071–1076. doi: <http://dx.doi.org/10.1145/2468356.2468548>.
- [318] Baauw E, Bekker MM, Barendregt W. A Structured Expert Evaluation Method for the Evaluation of Children's Computer Games. In: Costabile MF, Paternò F, (Editors). Human-Computer Interaction - INTERACT 2005. INTERACT '05; 2005. p. 457–469. doi: [http://dx.doi.org/10.1007/11555261\\_38](http://dx.doi.org/10.1007/11555261_38).
- [319] Zhu M, Zhao F, Fang X, Moser C. Developing Playability Heuristics Based On Nouns And Adjectives From Online Game Reviews. International Journal of Human-Computer Interaction. 2016 Nov;33. doi: <http://dx.doi.org/10.1080/10447318.2016.1240283>.
- [320] Jegers K. Pervasive GameFlow : Identifying and Exploring the Mechanisms of Player Enjoyment in Pervasive Games [Dissertation]. Umeå Universitet, Inst för Informatik; 2009.
- [321] Hochleitner C, Hochleitner W, Graf C, Tscheligi M. A Heuristic Framework for Evaluating User Experience in Games. In: Bernhaupt R, (Editor). Game User Experience Evaluation. Cham, Schweiz: Springer International Publishing; 2015. p. 187–206. doi: [http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-15985-0\\_9](http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-15985-0_9).
- [322] Hara M, Ovaska S. Heuristics for Motion-Based Control in Games. In: Proceedings of the 8th Nordic Conference on Human-Computer Interaction: Fun, Fast, Foundational. NordiCHI '14; 2014. p. 697–706. doi: <http://dx.doi.org/10.1145/2639189.2639246>.
- [323] Desurvire H, Wiberg C. Game Usability Heuristics (PLAY) for Evaluating and Designing Better Games: The Next Iteration. In: Ozok AA, Zaphiris P, (Editors). Online Communities and Social Computing. OCSC '09; 2009. p. 557–566. doi: [http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-02774-1\\_60](http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-02774-1_60).
- [324] Korhonen H. The Explanatory Power of Playability Heuristics. In: Proceedings of the 8th International Conference on Advances in Computer Entertainment Technology. ACE '11; 2011. p. 1–8. doi: <http://dx.doi.org/10.1145/2071423.2071473>.
- [325] Yáñez-Gómez R, Cascado-Caballero D, Sevillano JL. Academic Methods for Usability Evaluation of Serious Games: A Systematic Review. Multimedia Tools and Applications. 2017 Feb;76(4):5755–5784. doi: <http://dx.doi.org/10.1007/s11042-016-3845-9>.

- [326] Keebler JR, Shelstad WJ, Smith DC, Chaparro BS, Phan MH. Validation of the GUESS-18: A Short Version of the Game User Experience Satisfaction Scale (GUESS). *Journal of Usability Studies*. 2020 Nov;16(1):49–62.
- [327] Mittmann G, Zehetner V, Krammer I, Schrank B. Translation, Adaptation and Validation of the German Version of the Game User Experience Satisfaction Scale (GUESS-GA-18) for Adolescents. *Behaviour & Information Technology*. 2023;0(0):1–15. doi: <http://dx.doi.org/10.1080/0144929X.2023.2212807>.
- [328] Weiß C. *Basiswissen Medizinische Statistik*. Springer-Lehrbuch. Berlin, Heidelberg, Deutschland: Springer Berlin Heidelberg; 2019.
- [329] Norman G. Likert Scales, Levels of Measurement and the “Laws” of Statistics. *Advances in Health Sciences Education*. 2010 Dec;15(5):625–632. doi: <http://dx.doi.org/10.1007/s10459-010-9222-y>.
- [330] Boneau CA. The Effects of Violations of Assumptions Underlying the t Test. *Psychological Bulletin*. 1960;57(1):49–64. doi: <http://dx.doi.org/10.1037/h0041412>.
- [331] Mircioiu C, Atkinson J. A Comparison of Parametric and Non-Parametric Methods Applied to a Likert Scale. *Pharmacy*. 2017 Jun;5(2):26. doi: <http://dx.doi.org/10.3390/pharmacy5020026>.
- [332] GmbH ID. IBM SPSS Statistics; 2024. Verfügbar unter: <https://www.ibm.com/de-de/products/spss-statistics> [Abgerufen am: 2025-05-20].
- [333] Mayring P. June. Qualitative content analysis [28 paragraphs]. In: *Forum Qualitative Sozialforschung/Forum: Qualitative Social Research [Online Journal]*. vol. 1; 2000. p. 2–00.
- [334] Cohen J. *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*. 2nd ed. Hillsdale, NJ, USA: Erlbaum; 1988.
- [335] Horn F, Göbel S. AI as a Co-creator: A Survey on AI Support for Educational Game Authoring Tools. In: Plass JL, Ochoa X, (Editors). *Serious Games. JCSG '24*; 2025. p. 3–18. doi: [http://dx.doi.org/10.1007/978-3-031-74138-8\\_1](http://dx.doi.org/10.1007/978-3-031-74138-8_1).
- [336] Normenausschuss Ergonomie. *DIN EN ISO 9241-210: Ergonomie der Mensch-System-Interaktion-Teil 210: Prozess zur Gestaltung gebrauchstauglicher interaktiver Systeme (ISO 9241-210: 2010)*; Deutsche Fassung EN ISO 9241-210: 2010. DIN Deutsches Institut für Normung e V, Berlin. 2011;.

- [337] Gouveia C, Albuquerque DF, Pinho P, Vieira J. Bio-Radar Cardiac Signal Model Used for HRV Assessment and Evaluation Using Adaptive Filtering. *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*. 2022;71:1–10. doi: <http://dx.doi.org/10.1109/TIM.2022.3190035>.
- [338] Bürger N, Haselmann S, Baumgart J, Prinz G, Girnat B, Meisert A, et al. Jenseits von Professionswissen: Eine systematische Überblicksarbeit zu einstellungs- und motivationsbezogenen Einflussfaktoren auf die Nutzung digitaler Technologien im Unterricht. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*. 2021 Oct;24(5):1087–1112. doi: <http://dx.doi.org/10.1007/s11618-021-01050-3>.
- [339] The Apache Software Foundation. About the Apache HTTP Server Project - The Apache HTTP Server Project; 2025. Verfügbar unter: [https://httpd.apache.org/ABOUT\\_APACHE.html](https://httpd.apache.org/ABOUT_APACHE.html) [Abgerufen am: 2025-05-20].
- [340] Ullenboom C. Java ist auch eine Insel: Programmieren lernen mit dem Standardwerk für Java-Entwickler, aktuell zu Java 8. Bonn, Deutschland: Galileo Computing; 2014.
- [341] W3Schools. CSS Tutorial; 2025. Verfügbar unter: <https://www.w3schools.com/css/> [Abgerufen am: 2025-05-20].
- [342] W3Schools. HTML Tutorial; 2025. Verfügbar unter: <https://www.w3schools.com/html/default.asp> [Abgerufen am: 2025-05-20].
- [343] W3Schools. JavaScript Introduction; 2025. Verfügbar unter: [https://www.w3schools.com/js/js\\_intro.asp](https://www.w3schools.com/js/js_intro.asp) [Abgerufen am: 2025-05-20].
- [344] W3Schools. JSON Introduction; 2025. Verfügbar unter: [https://www.w3schools.com/js/js\\_json\\_intro.asp](https://www.w3schools.com/js/js_json_intro.asp) [Abgerufen am: 2025-05-20].
- [345] Schema J. JSON Schema; 2025. Verfügbar unter: <https://json-schema.org/> [Abgerufen am: 2025-05-20].
- [346] Tarnum Java SRL. Guide to JAXB | Baeldung; 2016. Verfügbar unter: <https://www.baeldung.com/jaxb> [Abgerufen am: 2025-05-20].
- [347] Freed N, Klensin JC, Hansen T. Media Type Specifications and Registration Procedures. Internet Engineering Task Force; 2013. RFC 6838. doi: <http://dx.doi.org/10.17487/RFC6838>.
- [348] Group PGD. PostgreSQL; 2022. Verfügbar unter: <https://www.postgresql.org/> [Abgerufen am: 2022-05-09].
- [349] Allaire J. Macromedia Flash MX-A next-generation rich client. Macromedia white paper. 2002;p. 1–2.

- [350] The Apache Software Foundation. Apache Tomcat® - Welcome!; 2025. Verfügbar unter: <https://tomcat.apache.org/> [Abgerufen am: 2025-05-20].
- [351] W3Schools. TypeScript Introduction; 2025. Verfügbar unter: [https://www.w3schools.com/typescript/typescript\\_intro.php](https://www.w3schools.com/typescript/typescript_intro.php) [Abgerufen am: 2025-05-20].
- [352] Wende A. Klassifikation Und Bewertung von Frameworks Für Die Entwicklung von Web-Anwendungen [Diplomarbeit]. Universität Leipzig Institut für Informatik; 2005.
- [353] SELFHTML. WebSockets/Einführung – SELFHTML-Wiki; 2025. Verfügbar unter: <https://wiki.selfhtml.org/wiki/WebSockets/Einf%C3%BChrung> [Abgerufen am: 2025-05-20].
- [354] W3Schools. XML Tutorial; 2025. Verfügbar unter: <https://www.w3schools.com/xml/default.asp> [Abgerufen am: 2025-05-20].
- [355] Wendzel S. Grundlagen der Netzwerktechnik. In: Wendzel S, (Editor). IT-Sicherheit für TCP/IP- und IoT-Netzwerke: Grundlagen, Konzepte, Protokolle, Härtung. Wiesbaden, Deutschland: Springer Fachmedien; 2021. p. 7–84. doi: [http://dx.doi.org/10.1007/978-3-658-33423-9\\_2](http://dx.doi.org/10.1007/978-3-658-33423-9_2).
- [356] Miller BA, Nixon T, Tai C, Wood MD. Home Networking with Universal Plug and Play. IEEE Communications Magazine. 2001 Dec;39(12):104–109. doi: <http://dx.doi.org/10.1109/35.968819>.
- [357] Bojinov V. RESTful Web API Design with Node.js. Birmingham, UK: Packt Publishing Ltd; 2016.

# Glossar

Im Folgenden werden Begriffe erläutert, die im Rahmen der Referenzimplementierung relevant erscheinen. Da es sich um Fachbegriffe oder framework-spezifische Begriffe handelt, sind diese kurz erklärt, um gegebenenfalls die Verständlichkeit der Arbeit zu verbessern.

## Begriffe aus dem Bereich des HONU-Framework

**AmbientApp** Eine Java-Klasse, die eine gesamte ambient-basierte Anwendung beschreibt, bestehend aus Metainformationen und einzelnen Kapiteln.

**AmbientAppChapter** Ein Abschnitt der AmbientApp, der JavaScript-, HTML- und CSS-Informationen sowie Zustandsinformationen enthält.

**AppBuilder** Zentrale Controller-Komponente des Framework, die die Spielbeschreibung verarbeitet und Teilanwendungen erzeugt.

**AppChapter** Synonym zu `AmbientAppChapter`, manchmal verkürzt dargestellt.

**AppInformationService** Service zur Analyse von Zuständen, insbesondere zur Erkennung von Zustandswechseln dritter Ordnung und zur Ermittlung von `ContentType`-Informationen.

**ChapterIndex** Index zur eindeutigen Referenzierung eines `AmbientAppChapter`, insbesondere zur Steuerung von Zustandswechseln.

**ContentType** Gibt den Typ des dargestellten Inhalts an, zum Beispiel, ob es sich um einen Übungszustand handelt.

**DeviceOutput** Abstrakte Oberklasse zur Repräsentation der Bedienoberfläche, aus der zum Beispiel `MediaOutput` oder `QuestionOutput` abgeleitet sind.

**DeviceOutputJSCodeGenerationService** Service zur Ergänzung von JavaScript-Code aus der Bedienoberfläche für den jeweiligen Zustand.

- DisseminatedContentState** Beschreibt den derzeit aktiven Zustand, der beim Wechsel verlassen wird und gegebenenfalls weitere Zustandswechsel auslöst.
- DisseminatedCustomizedState** Zu sendender Zustandswechsel dritter Ordnung, der in der Selbstbeschreibung definiert ist.
- DisseminatedSpecialFunctionGroups** Zu sendender Zustandswechsel zweiter Ordnung mit übergebenem Parameter in der Selbstbeschreibung.
- ExtractHTMLCodeHelper** Helfer-Klasse, die HTML-Code aus den Bedienoberflächen des Editors extrahiert.
- GameBuilder** Komponente, die eine Spielbeschreibung in ein Spielobjekt überführt.
- HasInteractionOutput** Ein Attribut des Objekts `AmbientAppChapter`. Gibt an, ob ein Kapitel einer Anwendung (`AppChapter`) eine Interaktion durch ein Eingabegerät erfordert oder nicht.
- HOLU** Ein Framework zur automatisierten Generierung interaktiver, verteilter Lernspiele. Es steuert über den zentralen Controller `AppBuilder` die Transformation einer strukturierten Spielbeschreibung in mehrere webbasierte Teilanwendungen. HOLU integriert verschiedene Services wie den `GameBuilder` zur Erzeugung von Selbstbeschreibungen und Zustandsautomaten gemäß dem Reflection-Framework.
- JSInjectionService** Service, der JavaScript zur Unterstützung des Reflection-Frameworks in die Anwendungen einfügt.
- Level** Teil der Spielbeschreibung, das einer Moodle-Übung entspricht.
- LevelPart** Ein Abschnitt eines Levels, der einen bestimmten Zustand innerhalb der App repräsentiert.
- LevelPartAction** Gibt an, ob ein Zustand verlassen oder beibehalten wird.
- LevelPartEvent** Repräsentiert Ereignisse in einem `LevelPart`, zum Beispiel Feedbackaktionen.
- LevelPartIndex** Index, um die Reihenfolge der `AmbientAppChapter` in einer App festzulegen.
- LevelPartWrapper** Bündelt mehrere `LevelParts` und ordnet diese einem Zeitpunkt und Lichtsetting zu.
- MediaOutput** Spezifischer `DeviceOutput`, der Medieninhalte wie Videos, HTML oder Text umfasst.

- OrchestratedContentState** Zustandswechsel erster Ordnung in Reaktion auf externe Zustandsänderungen.
- OrchestratedSpecialMappings** Zustandswechsel zweiter Ordnung mit zusätzlichen Parametern.
- OrchestrationGenerationService** Service zur automatisierten Zuweisung von Zuständen in der Selbstbeschreibung.
- PromptOutput** Spezifischer DeviceOutput, bei dem Inhalte mittels KI generiert werden.
- QuestionOutput** Spezifischer DeviceOutput, der Übungsfragen darstellt.
- ReflectiveAppBuilder** Bibliothek zur Erzeugung ambienter Anwendungen. Wird vom AppBuilder eingebunden.
- Reward** Wird typischerweise am Ende eines Levels oder Spiels als Ergebnis erfolgreicher Interaktion vergeben. Strukturelle Mechaniken mit dem Spielobjekt verknüpft, werden in das Spiel integriert und zum Beispiel im Leaderboard durch das Pseudonym angezeigt.
- SelfDescriptionGenerationService** Service zur finalen Generierung der XML-Selbstbeschreibung.
- Virtual Device Daemon** Bindeglied zwischen Anwendung und Reflection-Framework, über das Kommunikation und Steuerung erfolgen.

## Begriffe aus dem Bereich des Reflection-Framework

- App-Management** Beschreibt die Fähigkeit von Reflection, dass Geräte des Frameworks fähig sind Anwendungen auf dem sich selbst zu starten und zu beenden.
- AppManager** Beschreibt die Fähigkeit eines smarten Geräts Anwendungen auf diesem zu starten und zu beenden.
- DescriptionMediator** Vermittler des Reflection-Framework. Er vermittelt Anwendungen und smarte Geräte zu Verbänden. Nach dem Verbindungsaufbau spielt er für die Kommunikation keine weitere Rolle [13].
- Devices-Abschnitt** In der SODL bezeichnet ein Device eine Anwendung oder ein konkretes Gerät (zum Beispiel Lautsprecher, Touchscreen). Ein Device-XML-Tag enthält den Titel der Anwendung und beschreibt deren wesentliche Komponenten [13].

**Orchestration** Beschreibt die Fähigkeit, dass Geräte sich untereinander abstimmen können und Zustandswechsel logisch mit den Zuständen anderer Geräte verkettet werden können.

**OrchestrateState** Ein Teil der Selbstbeschreibung eines smarten Geräts, der beschreibt, welche Zustände zu einem Zustandswechsel des Geräts führen

**OrchestrationMapping** XML-Element des **Orchestration**-Abschnitts, der Selbstbeschreibung. Beschreibt den Ablauf eines orchestrierten Zustandswechsels, bei dem Parameter zwischen ambienten Geräten übertragen werden.

**Orchestration-Abschnitt** In diesem Abschnitt der SODL wird definiert, wie externe Zustandsänderungen – etwa durch andere ambient Apps – interne Zustandswechsel innerhalb einer Komponente auslösen und welche Auswirkungen dies auf den internen Zustand hat.

**Reflection** Kurzform von **Reflection-Framework**.

**Reflection-Framework** Java-Framework zur Implementierung selbstbeschreibender und selbstorganisierender Systeme, das auf Reflexion basiert [13].

**Smart Object Library** Eine Java-basierte Bibliothek zur Integration smarter Objekte in das Framework. Sie ermöglicht diesen Objekten Selbstklärung, übernimmt die Netzwerkkommunikation, verarbeitet eingehende sowie ausgehende Nachrichten und unterstützt Interaktionen über Invocations [13].

**SmartObjectBuilder** Eine Komponente der **Smart Object Library**, die auf dem Erbauer-Entwurfsmuster basiert. Der **SmartObjectBuilder** ermöglicht eine strukturierte und flexible Erstellung, Konfiguration und Initialisierung smarter Objekte im Framework [257].

**SODL** Beschreibungssprache, die Zustände, Aufgaben und Geräte einer Anwendung beschreibt [277].

**TaskAnalysis-Abschnitt** In der SODL beschreibt dieser Abschnitt, wie und in welchem Umfang Ausgabegeräte (zum Beispiel Lampen) durch das System gesteuert werden können. Enthält Informationen über konkrete Aufgaben und ihre semantische Bedeutung [261].

**VirtualDeviceDaemon** Bestandteil des **Reflection-Frameworks**, der Kommunikation zwischen virtuellen Geräten ermöglicht [261].

## Begriffe aus dem Bereich der Webentwicklung

**Angular** Ein Open-Source-Webframework von Google zur Entwicklung dynamischer Single-Page-Webanwendungen mit *TypeScript*. Es bietet Komponentenstruktur, Zwei-Wege-Datenbindung, Routing, Dependency Injection und ein CLI für effiziente Entwicklung [278].

**Webserver** Der in dieser Arbeit verwendete, Apache HTTP Server ist ein weit verbreiteter Open-Source-Webserver, der HTTP-Anfragen verarbeitet und Webinhalte bereitstellt [339]

**Array** Eine geordnete Sammlung von Elementen, die unter einem gemeinsamen Variablennamen gespeichert werden [340].

**CSS** Eine Stylesheet-Sprache, die das Layout und das Design von Webseiten beschreibt [341].

**Express.js** Ein minimales und flexibles Webframework für Node.js zur Erstellung von Webanwendungen und APIs [282].

**HTML** Die Standard-Auszeichnungssprache zur Strukturierung und Darstellung von Inhalten im Web. HTML-Dokumente bestehen aus Tags, die verschiedene Bestandteile wie Überschriften, Absätze, Links, Bilder oder Formulare beschreiben. Zentrale Elemente sind das *Body*-Tag zur Darstellung des sichtbaren Inhalts, das *Style*-Tag zur Einbindung von CSS-Regeln sowie das *Script*-Tag zur Einbettung von JavaScript für interaktive Funktionen [342].

**Java** Eine objektorientierte Programmiersprache, die plattformunabhängig ist und häufig für die Entwicklung von Web-, Desktop- und mobilen Anwendungen sowie serverseitigen Diensten eingesetzt wird [340].

**JavaScript** Eine weit verbreitete Skriptsprache, die hauptsächlich in Webanwendungen zur Umsetzung interaktiver und dynamischer Inhalte auf Webseiten verwendet wird. Sie läuft im Browser, kann aber auch serverseitig zum Beispiel mit *Node.js* eingesetzt werden [343, 283].

**JSON** Ein leichtgewichtiges Datenformat, das häufig zur Datenübertragung zwischen Client und Server verwendet wird [344].

**JSON-Schema** Ein deklaratives Format zur Definition der Struktur und Validierung von JSON-Daten. Es ermöglicht die Festlegung von Regeln, welche die Datenstruktur, Datentypen und mögliche Werte für JSON-Dokumente beschreiben, um sicherzustellen, dass die Daten konsistent und korrekt sind [345].

- JAXB** Eine Java-Technologie, die es ermöglicht, XML und Java zu koppeln. JAXB umfasst eine Laufzeit-API und Tools, die das Arbeiten mit XML-Dokumenten vereinfachen [346].
- Nächste-Nachbarn-Klassifikation** Ein Klassifikationsalgorithmus, der Objekte basierend auf den Klassen der nächsten Nachbarn im Merkmalsraum zuordnet [281].
- Map** Eine Sammlung von Schlüssel-Wert-Paaren, die als Datenstruktur verwendet wird, um eine Zuordnung zwischen Werten zu ermöglichen [340].
- MIME-Type** Ein Standard zur Identifikation von Dateiformaten und deren Inhaltstypen, oft verwendet, um Medieninhalte (zum Beispiel Videos oder Audiodateien) zu klassifizieren [347].
- Node.js** Eine Plattform zur Ausführung von JavaScript-Code außerhalb des Browsers, insbesondere auf Servern [282].
- PostgreSQL** Ein objektrelationales Open-Source-Datenbankmanagementsystem, das für seine Stabilität, Erweiterbarkeit und die Unterstützung komplexer Abfragen bekannt ist [348].
- Python** Eine skript-basierte Programmiersprache, die wegen ihrer umfangreichen Bibliotheken besonders im Bereich Machine Learning und Datenanalyse verwendet wird [279].
- Rich Internet Application** Eine Webanwendung mit erweiterten Interaktionsmöglichkeiten [349].
- SciKitLearn** Eine populäre Python-Bibliothek für maschinelles Lernen, die Werkzeuge für Klassifikation, Regression, Clustering sowie zur Modellbewertung und -auswahl bereitstellt [281].
- Spring-Boot** Ein Java-basiertes Framework zur vereinfachten Entwicklung von eigenständig lauffähigen, produktionsreifen Spring-Anwendungen mit minimaler Konfiguration [284].
- Tomcat** Ein Java-basierter Webserver und Servlet-Container, der Webanwendungen ausführt und REST-Schnittstellen bereitstellen kann [350].
- TypeScript** Eine Variante von *JavaScript*, die zusätzliche Syntax für statische Typisierung enthält [351].
- Webframework** Ein Framework zur vereinfachten Erstellung und Strukturierung von Webanwendungen [352].
- WebSocket** Ein Kommunikationsprotokoll, das eine bidirektionale, dauerhafte Verbindung zwischen einem Client (zum Beispiel einem Webbrowser) und einem Server ermöglicht [353].

**XML** Eine textbasierte Auszeichnungssprache, die zur Darstellung hierarchisch strukturierter Daten dient [354].

## Begriffe aus dem Bereich der Netzwerkcommunication

**HTTP** Ein Protokoll zur Übertragung von Informationen im World Wide Web. Es definiert, wie Nachrichten formatiert und übertragen werden, sowie welche Aktionen Webserver und Clients als Reaktion durchführen sollen [355].

**Invocation** Der Begriff *Invoke* bezieht sich im Kontext von UPnP auf die Anweisung, eine Aktion oder ein Ereignis auf einem UPnP-Gerät auszulösen [356]

**IP-Adresse** Eindeutige Kennung, die jedem Gerät in einem IP-basierten Netzwerk zugewiesen wird, um es eindeutig zu identifizieren und die Kommunikation zwischen Geräten zu ermöglichen [355].

**Multicast** Ein Übertragungsverfahren in IP-basierten Netzwerken, bei dem Daten effizient von einem Sender an eine ausgewählte Gruppe von Empfängern gesendet werden. Es erlaubt die Verteilung von Datenpaketen nur an Teilnehmer, die sich für eine bestimmte Multicast-Gruppe registriert haben [355].

**POST-Request** Ein HTTP-Request-Typ, der verwendet wird, um Daten an einen Server zu senden [355].

**Request Body** Der Datenbereich eines HTTP-Requests, der die zu sendenden Inhalte enthält. Beim POST-Request werden hier die standardisierten Fragebogendaten übertragen [357].

**REST** Ein Architekturstil zur Kommunikation zwischen verteilten Systemen, häufig über HTTP. Ein *RESTful-Service* stellt Ressourcen über standardisierte HTTP-Methoden wie GET, POST, PUT und DELETE bereit. Diese Dienste sind zustandslos, skalierbar und nutzen URIs zur eindeutigen Identifikation von Ressourcen. REST wird häufig zur Kommunikation zwischen Client und Server in verteilten Systemen eingesetzt [357].

**SSDP** Ein Netzwerkprotokoll, welches zur Suche nach UPnP -Geräten im lokalen Netzwerk dient [356].

- TCP** Ein Transportprotokoll der Transportschicht, das in IP-basierten Netzwerken verwendet wird. TCP stellt eine zuverlässige, geordnete und fehlerfreie Datenübertragung zwischen zwei Endpunkten sicher [355].
- UDP** Ein Transportprotokoll, das schnelle, aber unzuverlässige Datenübertragung in IP-Netzwerken ermöglicht. Im Gegensatz zu *TCP* garantiert UDP weder die Zustellung noch die Reihenfolge der Daten, noch führt es eine Fehlerkorrektur durch [355].
- UPnP** Ein herstellerunabhängiges Protokoll zur Steuerung von Geräten über IP-Netzwerke, das den Betrieb mit oder ohne zentrale Steuerungseinheit ermöglicht. UPnP verwendet zu Kommunikation unter anderem *UDP*, *HTTP*, *TCP* und *SOAP* [356].

## Abkürzungsverzeichnis

<b>aLMS</b>	Ambientes Lernmanagementsystem . . . . .	61
<b>AR</b>	Augmented Reality . . . . .	20
<b>ASG</b>	Ambient Serious Game . . . . .	63
<b>CLT</b>	Cognitive Load Theory . . . . .	51
<b>CSS</b>	Cascading Style Sheet . . . . .	137
<b>EEG</b>	Elektroenzephalogramm . . . . .	56
<b>GUESS</b>	Game User Experience Satisfaction Scale . . . . .	197
<b>GUI</b>	Graphical User Interface . . . . .	3
<b>HOLU</b>	HOLU-Framework . . . . .	140
<b>HTML</b>	Hypertext Markup Language . . . . .	81
<b>IoT</b>	Internet of Things . . . . .	1
<b>IP</b>	Internet Protocol . . . . .	154
<b>JAXB</b>	Java Architecture for XML Binding . . . . .	153
<b>JSON</b>	JavaScript Object Notation . . . . .	138
<b>HTTP</b>	Hypertext Transfer Protocol . . . . .	139
<b>KI</b>	Künstliche Intelligenz . . . . .	xii
<b>LLM</b>	Large Language Model . . . . .	84
<b>LMS</b>	Lernmanagementsystem . . . . .	46
<b>MINT</b>	Medizin Informatik Naturwissenschaft Technik . . . . .	45
<b>NLP</b>	Natural Language Processing . . . . .	82
<b>NUI</b>	Natural User Interface . . . . .	60
<b>OUI</b>	Organic User Interface . . . . .	60
<b>PCA</b>	Principal Component Analysis . . . . .	30
<b>REST</b>	RESTful-Service . . . . .	139
<b>SOAP</b>	Simple Object Access Protocol . . . . .	91
<b>SODL</b>	Smart Object Description Language . . . . .	94
<b>SSDP</b>	Simple Service Discovery Protocol . . . . .	153
<b>SG</b>	Serious Game . . . . .	12
<b>TCP</b>	Transmission Control Protocol . . . . .	153
<b>TTS</b>	Text-to-Speech . . . . .	87
<b>TUI</b>	Tangible User Interface . . . . .	60
<b>UDP</b>	User Datagram Protocol . . . . .	154
<b>UML</b>	Unified Modelling Language . . . . .	81
<b>UPnP</b>	Universal Plug and Play . . . . .	91
<b>UUID</b>	Universally Unique Identifier . . . . .	147
<b>VR</b>	Virtual Reality . . . . .	20

<b>XML</b>	Extensible Markup Language . . . . .	81
<b>XPs</b>	Erfahrungspunkte . . . . .	27

## Abbildungsverzeichnis

2.1	Eingeschlossene und ausgeschlossene Artikel. . . . .	17
3.1	Erstes Spielerprofil in den verschiedenen Disziplinen . . . . .	31
3.2	Zweites Spielerprofil in den verschiedenen Disziplinen . . . . .	32
3.3	Drittes Spielerprofil in den verschiedenen Disziplinen . . . . .	33
3.4	Mechaniken für das Profil Social-Achiever . . . . .	36
3.5	Mechaniken für das Profil Player . . . . .	36
3.6	Mechaniken für das Profil Socializer . . . . .	37
3.7	Bild der fiktiven Studentin Samira Baumann. . . . .	41
3.8	Bild des fiktiven Studenten Lino Martins. . . . .	42
3.9	Bild des fiktiven Studenten Simon Schmitt. . . . .	43
4.1	Millers Pyramide . . . . .	52
4.2	Lernstilmodell nach Kolb . . . . .	53
5.1	Venn-Diagramm von Ambient Serious Games . . . . .	63
6.1	Eingeschlossene und ausgeschlossene Artikel. . . . .	79
7.1	Ablauf der Spielvorbereitung. . . . .	99
7.2	Ablauf der Spieldurchführung. . . . .	102
7.3	Ablauf der Spielnachbereitung. . . . .	103
7.4	Architektur des aLMS-Moduls. . . . .	107
7.5	Zustandsänderung erster Ordnung. . . . .	111
7.6	Zustandsänderungen erster und zweiter Ordnung. . . . .	111
7.7	Verknüpfungen zwischen Code und Zustand. . . . .	112
7.8	Zustandsänderungen aller Ordnungen. . . . .	113
7.9	Zustandsänderungen erster Ordnung. . . . .	114
7.10	Zustandsänderungen zweiter Ordnung. . . . .	115
7.11	Zustandsänderungen dritter Ordnung. . . . .	116
7.12	Spiel-Modul mit samt seinen Teilmodulen. . . . .	117
7.13	Generierung ohne Blockzustand . . . . .	118
7.14	Generierung mit Blockzustand. . . . .	118
7.15	Architektur des Raummoduls. . . . .	126
7.16	Teilmodule des KI-Moduls. . . . .	127
7.17	Schnittstellen des Flow-Moduls. . . . .	129
7.18	Datenverarbeitung in den Modulen. . . . .	131

8.1	Gesamtbild aller Module. . . . .	136
8.2	Benutzungsworkflow des aLMS . . . . .	137
8.3	Nachrichtenfluss des aLMS-Moduls. . . . .	139
8.4	Aufbau des Spielmoduls. . . . .	141
8.5	Die Klassen AmbientApp und AmbientAppChapter. . . . .	142
8.6	Die Services des ReflectiveAppBuilder. . . . .	144
8.7	Das Datenmodell der Spielbeschreibung. . . . .	145
8.8	Das Datenmodell der Übungsfragen. . . . .	147
8.9	Arcade Button Board . . . . .	155
9.1	Prozessdauer von passiven Zuständen . . . . .	166
9.2	Prozessdauer von narrativen Zuständen . . . . .	167
9.3	Prozessdauer von Übungszuständen . . . . .	168
9.4	Prozessdauer gemischter Zustände über Spielabschnitte . . . . .	169
9.5	Prozessdauer gemischter Zustände innerhalb von Spielabschnitten . . . . .	170
9.6	Räumlicher Aufbau der Spiele . . . . .	171
9.7	Charakter des Escaperooms . . . . .	175
9.8	Aufgeblendete Tutorials . . . . .	176
9.9	Darstellung einer Multiple Choice Frage . . . . .	176
9.10	Türen des Escaperooms . . . . .	177
9.11	Charakter des Socializer Spiels . . . . .	179
9.12	Oberflächen des Weltraumabenteuers . . . . .	180
9.13	Bestenliste des Weltraumabenteuers . . . . .	182
9.14	Ursprüngliche Darstellung der Befragungsoberfläche . . . . .	196
9.15	GUESS-18 - Gebrauchstauglichkeit und Spielbarkeit . . . . .	201
9.16	GUESS-18 - Immersion . . . . .	203
9.17	GUESS-18 - Auditive Ästhetik . . . . .	204
9.18	GUESS-18 - Narrativ . . . . .	205
9.19	GUESS-18 - Spaß . . . . .	206
9.20	Evaluationsergebnisse zur Wahrnehmung des technischen Aufbaus . . . . .	208

# Tabellenverzeichnis

2.1	Übersicht über die in den Ergebnissen vertretenen Spiele Publikationen. Die Begriffe Einzel- und Mehrspieler*innen wurde aus Gründen der Übersichtlichkeit in der Tabelle abgekürzt.	18
3.1	Beschreibung der Studienrichtungs- und der Geschlechterverteilung der Stichprobe . . . . .	30
3.2	Vergleich der Algorithmen. . . . .	31
3.3	Vergleich der Geschlechterverteilung in den Clustern . . . . .	33
4.1	Übersicht über verschiedene Fragetypen und ihr Vorkommen in den jeweiligen LMS . . . . .	48
6.1	Ergebnisse der Kategorie Codegenerierung, sortiert nach dem Jahr der Veröffentlichung. . . . .	80
6.2	Ergebnisse der Kategorie Inhaltsgenerierung, sortiert nach dem Jahr der Veröffentlichung. . . . .	82
9.1	Prozessdauer von passiven Zuständen . . . . .	166
9.2	Prozessdauer von narrativen Zuständen . . . . .	167
9.3	Prozessdauer von Übungszuständen . . . . .	168
9.4	Prozessdauer gemischter Zustände über Spielabschnitte . . . . .	169
9.5	Prozessdauer gemischter Zustände innerhalb von Spielabschnitten . . . . .	170
9.6	Ablauf des Escaperoom Spiels . . . . .	175
9.7	Ablauf des Weltraumabenteuers. . . . .	181
9.8	Vergleich identifizierter Heuristik-Sammlungen. . . . .	183
9.8	Vergleich identifizierter Heuristik-Sammlungen. . . . .	184
9.8	Vergleich identifizierter Heuristik-Sammlungen. . . . .	185
9.9	Ergebnisse der quantitativen Erhebung. . . . .	188
9.10	Ergebnisse des GUESS-18 . . . . .	200
9.11	Weitere Anwendungsgebiete . . . . .	210



## Quellcodeverzeichnis

8.1	Multiplechoice-Frage im JSON-Format bei der Übertragung von Adapter zum Spielemodul . . . . .	140
8.2	OrchestrationMapping in der Selbstbeschreibung einer Anwendung . . . . .	143
8.3	Zustandsgruppe welche durch das in 8.2 abgebildete Mapping manipuliert wird. . . . .	143
8.4	HTML-Template für die Einbindung eines Videos. Zu sehen ist der Quellcode inklusive aller Marker die durch den Generator ersetzt werden und mit ## gekennzeichnet sind. Zudem ist die <i>onload</i> -Funktion dargestellt, die als auszulösende Funktion dem <i>OrchestratedContentState</i> zugewiesen wird.	148
8.5	Beispiel einer <i>loggerConfig.xml</i> mit einer Übungsfrage . . . .	151
8.6	Auszug aus der Selbstbeschreibung eines Arcade Button Boards für das <i>AlphabeticLevel</i> des Eingabe-Button. Die zugehörigen <i>PhysicalLevels</i> wird zwecks Übersichtlichkeit nur angedeutet.	158
8.7	Auszug aus der Selbstbeschreibung einer Spiel-Teilanwendung für das <i>SemanticLevel</i> und das <i>LexicalLevel</i> des Eingabe-Button. . . . .	158
8.8	Auszug aus der <i>app.html</i> welcher die Verarbeitung eines Button-Klick auf den Eingabebutton zeigt. . . . .	158
8.9	Auszug aus der Selbstbeschreibung einer Spiel-Teilanwendung für die Orchestrierung zwischen den Anwendungen mittels <i>OrchestrateStates</i> bei der die Auslöser <i>ODER</i> verknüpft sind. Bei einer <i>UND</i> -Verknüpfung ist das <i>&lt;OnAny&gt;</i> -Tag durch ein <i>&lt;OnAll&gt;</i> -Tag ersetzt. . . . .	159
8.10	Auszug aus der <i>app.html</i> welcher die Verarbeitung einer Orchestrierung zeigt . . . . .	160
9.1	Auszug aus der Kommunikation mit ChatGPT 3.5, welcher beispielhaft den Prompt für einen Willkommenstext für einen Escaperoom zeigt . . . . .	172
9.2	Auszug aus der Kommunikation mit ChatGPT 3.5, welcher beispielhaft die erzeugte Antwort eines Willkommenstextes für einen Escaperoom zeigt . . . . .	173



# Anhang



## A Ergebnisdaten der Spielertypenanalyse

Die im Zuge der Spielertypenanalyse erhobenen Daten werden im Folgenden tabellarisch in Zahlen dargelegt.

Tabelle A.1: Ergebnisse des K-Means-Clustering mit PCA, angegeben mit Standardableitung (std) und Varianz (var) aller Teilnehmenden.

Cluster		Player	Disruptor	Achiever	Socializer	Philanthropist	Free Spirit
1 (n=137)	Mean	-1.202	-0.798	0.538	-0.012	0.807	0.667
	Std	0.216	0.567	0.467	0.588	0.373	0.340
	Var	0.465	0.753	0.683	0.767	0.611	0.583
2 (n=134)	Mean	0.648	-1.065	0.774	-1.014	0.167	0.490
	Std	0.316	0.599	0.355	0.342	0.523	0.434
	Var	0.562	0.774	0.596	0.584	0.723	0.659
3 (n=260)	Mean	0.131	-1.839	0.323	0.596	0.800	-0.011
	Std	0.317	0.124	0.309	0.239	0.191	0.327
	Var	0.563	0.352	0.556	0.489	0.437	0.572

Tabelle A.2: Ergebnisse des K-Means-Clustering mit PCA, angegeben mit Standardableitung (std) und Varianz (var) der MG-Studierenden.

Cluster		Player	Disruptor	Achiever	Socializer	Philanthropist	Free Spirit
1 (n=44)	Mean	-1.235	-0.841	0.586	0.012	0.821	0.657
	Std	0.147	0.464	0.364	0.652	0.374	0.372
	Var	0.384	0.681	0.604	0.808	0.612	0.610
2 (n=43)	Mean	0.731	-1.147	0.748	-1.026	0.276	0.419
	Std	0.270	0.502	0.363	0.378	0.450	0.378
	Var	0.520	0.708	0.602	0.615	0.671	0.615
3 (n=103)	Mean	0.122	-1.868	0.324	0.642	0.752	0.028
	Std	0.286	0.145	0.304	0.240	0.182	0.271
	Var	0.535	0.381	0.551	0.489	0.426	0.521

Tabelle A.3: Ergebnisse des K-Means-Clustering mit PCA, angegeben mit Standardableitung (std) und Varianz (var) der ItM-Studierenden.

Cluster		Player	Disruptor	Achiever	Socializer	Philanthropist	Free Spirit
1 (n=39)	Mean	-1.144	-0.903	0.523	-0.003	0.800	0.726
	Std	0.234	0.436	0.403	0.598	0.501	0.326
	Var	0.484	0.660	0.635	0.773	0.708	0.571
2 (n=33)	Mean	0.662	-1.116	0.910	-0.890	0.009	0.424
	Std	0.371	0.565	0.268	0.404	0.464	0.522
	Var	0.609	0.751	0.518	0.636	0.681	0.722
3 (n=49)	Mean	0.113	-1.821	0.362	0.549	0.927	-0.131
	Std	0.343	0.083	0.237	0.263	0.150	0.315
	Var	0.586	0.288	0.486	0.512	0.387	0.561

Tabelle A.4: Ergebnisse des K-Means-Clustering mit PCA, angegeben mit Standardabweichung (std) und Varianz (var) der NP-Studierenden.

Cluster		Player	Disruptor	Achiever	Socializer	Philanthropist	Free Spirit
1	Mean	-1.228	-0.745	0.389	-0.089	0.920	0.752
	Std	0.306	0.600	0.570	0.592	0.169	0.215
	(n=28) Var	0.553	0.775	0.755	0.769	0.412	0.464
2	Mean	0.576	-0.988	0.736	-1.088	0.294	0.470
	Std	0.372	0.714	0.445	0.226	0.363	0.646
	(n=26) Var	0.610	0.845	0.667	0.475	0.603	0.804
3	Mean	0.055	-1.790	0.223	0.596	0.840	0.076
	Std	0.370	0.120	0.383	0.285	0.183	0.362
	(n=57) Var	0.608	0.347	0.619	0.534	0.428	0.602

Tabelle A.5: Ergebnisse des K-Means-Clustering mit PCA, angegeben mit Standardabweichung (std) und Varianz (var) der T-Studierenden.

Cluster		Player	Disruptor	Achiever	Socializer	Philanthropist	Free Spirit
1	Mean	-1.205	-0.628	0.642	0.017	0.671	0.502
	Std	0.227	0.921	0.644	0.522	0.407	0.440
	(n=26) Var	0.476	0.960	0.802	0.722	0.638	0.664
2	Mean	0.581	-0.966	0.698	-1.065	0.081	0.670
	Std	0.286	0.706	0.370	0.330	0.798	0.246
	(n=32) Var	0.535	0.840	0.608	0.574	0.894	0.496
3	Mean	0.253	-1.854	0.396	0.546	0.728	-0.070
	Std	0.292	0.127	0.305	0.169	0.243	0.401
	(n=51) Var	0.540	0.356	0.552	0.412	0.493	0.634

## B Interviewleitfaden und Transkripte

In Tabelle B.1 ist der Interviewleitfaden der semistrukturierten Studierendeninterviews abgebildet. Darauf folgend finden sich die Transkripte aller vier Interviews.

Tabelle B.1: Interviewleitfaden der semistrukturierten Interviews mit Studierenden.

Erzählgegenstand/ angesprochener Themenbereich	Interviewfragen ( gegebenenfalls mit Unterfragen)	Zusätzliche Fragen/ Aufrechterhaltungsfragen
Einleitung	Im Rahmen meiner Dissertation beschäftige ich mit der Verbesserung von Übungen, die Vorlesungen ergänzen. Was genau das bedeutet erläutere ich später. Zunächst geht es mir darum einen Eindruck zu bekommen, wie Übungen von Studierenden wahrgenommen und durchgeführt werden. Dazu möchte ich Ihnen ein paar Fragen stellen.	
Aktueller Stand der Übungssituation und Vorerfahrungen	An welche Übungen erinnern Sie sich noch? Wie waren diese Übungen gestaltet?	Gab es Übungsblätter oder Moodle-Übungen, die besprochen wurden? Gingen die Übungen über den Inhalt dieser Übungen hinaus?
Eindrücke und Meinung zu Übungserfahrungen	Was war gut oder schlecht an diesen Übungen?	Welche Methoden/Ereignisse haben Sie in Erinnerung? Sind diese Erinnerungen positiv oder negativ im Gedächtnis geblieben?
Motivation	Was hat Sie motiviert an Übungen oder Moodle Tests teilzunehmen?	Was unterscheidet Übungen, bei denen Sie motivierter waren von denen, die sie weniger begeistert haben? War es hilfreich für die Motivation den Zusammenhang der Fragen mit der Vorlesung/dem Fach nochmal aufzuzeigen? Helfen Übungen bei der Vor-/Nachbereitung?
Meinung zu Spielen	Ich beschäftige mich in meiner Arbeit mit dem Gedanken aus jeder beliebigen Moodle-Übung ein Spiel zu generieren. Dabei soll es nicht um Computerspiele gehen, sondern um Spiele, die im Raum gespielt werden. Wie zum Beispiel ein Escape Room oder ein Wii-Spiel bei dem die Wissensfragen aus der Vorlesung behandelt werden. Können Sie sich vorstellen Übungen als Spiel durchzuführen?	Denken Sie, dass sie Spiele über mehrere Übungen hinweg motivieren könnten? Denken Sie, dass sie Spiele eher motivieren würden? Spielen Sie im Alltag?
Gestaltung von Spielen	Wie sollten Spiele gestaltet sein, damit Sie eine alternative zu Übungen darstellen?	Sollen Lernspiele ihren normalen Spielgewohnheiten entsprechen?
Bewertung durch Spiele	Wie stehen Sie dazu, dass die Ergebnisse des Spiels in Bezug auf die Fachliche Korrektheit anstatt einer Übungsbewertung gezählt wird?	Würden Sie Spiele zur Selbstreflektion nutzen?



## C Audio- und Videoskripte

Die folgenden Texte wurden mittels der TTS-Engine Bark zu Audiodateien verarbeitet. In Eckigen Klammern werden dabei nicht sprachliche Laute angegeben, die den Texten einen natürlicheren Klang geben sollen. In Blockschrift gefasste Worte werden besonders betont und Gedankenstriche geben eine kurze Pause an. Durch die Nachbearbeitung der Audio- und Videodateien entsprechen die Texte nicht exakt den im Spiel integrierten Texten. Die in das Spiel integrierten Texte gehen aber nicht über die Skripte hinaus.

### *Escaperoom Spiel*

Das Escaperoom-Spiel umfasst zwei Videos und drei Audiodateien, wobei in der Nummerierung nicht zwischen den beiden Formen unterschieden wird.

#### *Video 1 – Einführung*

[clears throat] Ich bin Professor Dr. Victor von Rätselstein, der GENIAL-verrückte Wissenschaftler hinter diesem wundervollen und teuflischen Escaperoom. Mein Labor besteht aus 3 einzigartigen Räumen, jeder in einer anderen Farbe gestaltet, die eure Geister gleichermaßen herausfordern werden.[laughs] Ihr fragt euch sicher, warum ihr hier seid. Nun – ich habe dieses Labyrinth erschaffen, um junge, vielversprechende Wissenschaftler wie euch auf die Probe zu stellen. Jeder Raum birgt Rätsel, die nur mit SCHARFEM Verstand gelöst werden können.

Euer Ziel ist es, die Codes zu finden, die die Türen zu den nächsten Räumen öffnen.[gasps] Betretet nun den ersten Raum, nehmt die Herausforderung an und beweist, dass ihr WAHRLICH würdig seid, meine Nachfolger zu werden.

Mögen eure Geister hell und eure Nerven stark sein! [sighs] Viel Glück – und möge die Wissenschaft stets mit euch sein!

Dein Professor Dr. Victor von Rätselstein

### *Audio 2 – Chat (Raum der Wahrheit)*

Willkommen – im Raum der Wahrheit! Ah, wie wunderbar, du hast den grünen Raum erreicht – [laughs] Dieser Raum offenbart seine Geheimnisse nicht jedem, der bloß nach Antworten sucht.[sighs] Manchmal ist es nicht die Lösung, die fehlt – sondern die Suche nach der richtigen Information.

Nicht alles, was glänzt, will gefunden werden – manch Wahrheit schlummert STILL, bis sie mit den rechten Worten geweckt wird. [clears throat] Stelle also nicht irgendeine Frage. Fordere die WAHRHEIT. Die EINE, die das Rätsel zum Reden bringt, die das Schloss in deinem Verstand dreht – und die Tür zur Erkenntnis aufstößt.

### *Audio 3 – Binärrätsel (Zahlenraum)*

Willkommen – in der Welt der ZAHLEN! [laughs] Ah, du hast den blauen Raum betreten, und nun erwartet dich eine neue Herausforderung – Eine, die dein mathematisches Genie auf die Probe stellen wird. Bevor du weitergehen kannst, musst du ein Rätsel lösen, das die Grenzen zwischen zwei Welten der Zahlen verwischt – [sighs] Nutze dein Wissen über das Binärsystem und finde die jeweiligen Dezimalwerte. Gib die Ergebnisse in der richtigen Reihenfolge ein, und das Tor wird sich öffnen. Möge die Kraft der ZAHLEN mit dir sein!

### *Audio 4 – Periodensystem (Raum der Elemente)*

Willkommen im Raum der ELEMENTE! [gasps] Ah, tapferer Abenteurer, du hast den roten Raum betreten. Fühlst du die Hitze – die Leidenschaft, die von diesen Wänden ausgeht? Doch sei GEWARNT, in dieser feurigen Umgebung verbirgt sich ein Rätsel – Ein Rätsel, das nur von einem wahren Meister der Elemente gelöst werden kann. Auf der Tür findest du den Schlüssel zum nächsten Schritt. Du musst das Periodensystem der Elemente STUDIEREN, um das Geheimnis dieses Raumes zu lüften. Doch sei VORSICHTIG – nicht alle Zahlen sind dein Freund. Doppelt vorkommende Zahlen können dich in die Irre führen – und dürfen keinesfalls verwendet werden. [sighs] Finde die EINZIGARTIGEN Zahlen, die dir den Weg weisen. Nur die EINMALIGEN, die UNVERWECHSELBAREN werden dir den Pfad zur Freiheit eröffnen

## *Video 5 – Abschluss*

[laughter] Du hast es GESCHAFFT! Mit Scharfsinn, Geduld und unermüdlichem Geist hast du ALLE Herausforderungen gemeistert – und die Rätsel meines Labors gelöst. Deine Reise durch die FARBENFROHEN Räume, die kniffligen Rätsel und die verworrenen Geheimnisse hat dich bis HIERHER geführt. [sighs] Möge dein Erfolg dich immer daran erinnern, dass mit MUT, INTELLIGENZ und AUSDAUER jedes Rätsel gelöst werden kann.

Herzlichen Glückwunsch, großartiger Sieger! Dein Professor Dr. Victor von Rätselstein

## *Weltraumabenteurer*

Die folgenden Skripte wurden innerhalb des Weltraumabenteurers verwendet. Der in kursiver Schrift hervorgehobene Text wird nur im Spiel für das Profil Player verwendet.

### *Video 1 – Einführung und erste Aufgabe*

Ah, du musst meine Freiwillige Helferin sein. Gut, dass du da bist – [sighs] unser neues System überfordert mich etwas. Ich erkläre dir kurz die Ausgangslage.

Irgendwer auf diesem Planeten hat der ForschungscREW eine Samenkapsel gestohlen. Die Kapsel ist notwendig, um auf diesem Planeten ein Ökosystem aufzubauen und ihn bewohnbar zu machen. Es ist also von HÖCHSTER Priorität, die Kapsel zu finden. Ich vermute, es war ein Mitglied der Crew. Jemand anderes war zur Zeit des Diebstahls nicht hier. Lass mich dir die beteiligten Astronauten vorstellen: Captain Aric Starwind – Der Kommandant der Mission. Dr. Elara Moonshadow – Die Wissenschaftlerin der Mission. Commander Thane Nightfall – Der Sicherheitschef. Lieutenant Selene Skydancer – Die Kommunikations- und Überwachungsoffizierin, Navigator Orion Blaze – Der Navigator der Mission.

Alle diese Astronauten sind hochqualifiziert und haben bisher hervorragende Arbeit geleistet. Doch nun steht EINER von ihnen im Verdacht, die Kapsel gestohlen zu haben. Wir müssen ihre Aussagen und Verhaltensweisen genau untersuchen, um den Täter zu finden.

Dir und mir stehen hochmoderne Terminals zur Verfügung, die wir nutzen können, um die gescannten Aussagen der Astronauten zu analysieren. Ich habe bereits alle Crewmitglieder gescannt, und ihre Aussagen gespeichert.

[sighs] Leider ist unser Kriminaltechniker ein ewiger Besserwisser und lässt mich nur damit arbeiten, wenn ich seine Wissensfragen beantworten kann. Ein paar Fragen konnte ich bereits beantworten, doch – mir ist das allmählich alles zu schwer und ich brauche deine Hilfe. Du musst für mich insgesamt 10 Wissensfragen beantworten, um 10 weitere Fragen an die Astronauten auszuwerten.

Die Reihenfolge ist dabei beliebig. Du kannst zuerst alle Wissensfragen bearbeiten – oder im Wechsel die Befragung auswerten. *Sammle mit jeder korrekten Antwort Punkte, um dich mit anderen Spielern zu vergleichen.* [laughs] Ich zähle auf deine Hilfe und deine technischen Fähigkeiten, um die Hinweise zu analysieren und die Wahrheit ans Licht zu bringen.

[sighs] Gemeinsam werden wir den Schuldigen entlarven. Bist du bereit?

### *Video 2 – Verdächtigen bestimmen*

Durch deine Arbeit und die Terminals konnten wir viele wertvolle Informationen gewinnen, die uns geholfen haben, die Beziehungen und möglichen Motive innerhalb der Crew zu verstehen.

Alle Informationen sind nun offengelegt, und wir sind bereit, einen Verdächtigen zu identifizieren. Deshalb möchte ich dich jetzt fragen: Wen sollten wir deiner Meinung nach als Verdächtigen betrachten? Basierend auf den gesammelten Informationen und den Beziehungen innerhalb der Crew – wen sollten wir GENAUER unter die Lupe nehmen?

### *Video 3 – Flucht*

[gasps] Oh nein! Das war Thane Nightfall! Nun ist er verschwunden. Er scheint der Täter zu sein. Schnell, wir müssen hinterher! Doch mit meiner alten Klapperkiste haben wir keine Chance – Am besten wir nutzen die Suchdrohne. [laughs] Du hast ja bereits gezeigt, dass du mit den Wissensfragen meines übereifrigen Kriminaltechnikers klarkommst.

Beantworte die Fragen an den Terminals, um die Suchdrohne zu steuern, Thane zu finden – und den Fall abzuschließen!

### *Video 4 – Abschluss*

[laughter] Wir haben es geschafft! Die Kapsel ist sicher zurück bei der Forschungscrew, und der Fall ist GELÖST. Auf dem Rückflug hat Thane alles gestanden.

Er arbeitet im Geheimen für eine Organisation, die ein besonderes Interesse an den Inhalten der Samenkapsel hat. Ihr Plan war es, die Kapsel auf einem anderen Planeten zu nutzen und die gewonnenen Pflanzen dort TEUER zu verkaufen.

Thane hat sich aufgrund seiner Spielschulden von ihnen beeinflussen lassen – und sah in dem Geld der Organisation eine Möglichkeit, seine Probleme zu lösen. Dank deiner unermüdlichen Hilfe und deinem FACHWISSEN konnten wir diesen komplizierten Fall lösen. Ohne dich wäre das nicht möglich gewesen. [sighs]

Ich bedanke mich noch einmal herzlich bei dir für deine hervorragende Arbeit und dein Engagement. Ich wünsche dir alles Gute für die Zukunft. Mögen deine weiteren Abenteuer genauso erfolgreich sein wie dieses. Auf Wiedersehen – und nochmals vielen Dank!



## D Heuristische Evaluation der Spielkonzepte

Im folgenden sind die Studieninformationen, die Einwilligungserklärung, das Instrument und die vollständige Liste aller Ergebnisse dargestellt.

### *Informationsschreiben und Einwilligung*

#### **Heuristischen Evaluation von Spielkonzepten**

**Studienleiter: Prof. Dr. -Ing. Andreas Schrader**

Leiter der Ambient Computing Arbeitsgruppe

**Studiendurchführende: Lea Brandl, M.Sc.**

Wissenschaftliche Mitarbeiterin

Institut für Telematik

Ratzeburger Allee 160

23562 Lübeck

17.05.2024

#### **Information und Einwilligungserklärung zum Forschungsvorhaben:**

#### **Heuristischen Evaluation von Spielkonzepten**

#### **Information**

Sehr geehrte Interessentin, sehr geehrter Interessent,

wir möchten Sie fragen, ob Sie an einer wissenschaftlichen Studie teilnehmen möchten. In dieser Information finden Sie alles Wesentliche zu der Studie.

Bei uns sollen 5-10 Teilnehmer in die Studie eingeschlossen werden.

Diese Studie wird vom Institut für Telematik Universität zu Lübeck geplant und durchgeführt.

Unsere Einrichtung finanziert die Studie selbst.

Sie wurde von einer unabhängigen Ethikkommission geprüft. Im Rahmen der Beratung wurden keine Einwände gegen die Durchführung dieser Studie erhoben.

Ihre Teilnahme an dieser Studie ist freiwillig. Sie können auch im Verlauf jederzeit die Teilnahme beenden. Sie müssen dies nicht begründen. Es entstehen für Sie dadurch auch keine Nachteile.

Bitte lesen Sie diese Information sorgfältig durch. Der Studienleiter wird mit Ihnen über die Studie sprechen und Ihre Fragen beantworten.

### Warum wird diese Studie durchgeführt?

Im Rahmen meiner Dissertation beschäftige ich mich mit Ambienten Serious Games für die Hochschullehre. Darunter werden Spiele verstanden, die ein ernsthaftes charakterisierendes Ziel verfolgen. Sie befinden sich eingebettet in eine mit Rechnern angereicherte Umgebung, die nur teilweise von den Spielenden mental wahrgenommen wird. Dennoch steht das Spiel als solches im Fokus, welches ein Regelwerk sowie ein definiertes Ziel umfasst. Ambient beschreibt in diesem Fall den Einsatz von smarter Umgebung, deren technische Komponenten für die Nutzenden mental nicht wahrnehmbar sind.

Prototypisch wird ein System geschaffen, das automatisiert ambiente Lernspiele generiert, die sich den Spielertypen und Vorlesungsinhalten anpassen. Das System ist selbständig in der Lage Übungen, welche in einem Lernmanagementsystem vorliegen, in Spiele zu konvertieren, die vom Studierenden im Vorfeld ausgewählt werden.

Ziel dieser Evaluation ist es, die automatisch generierten Spiele in Hinsicht auf die Spielbarkeit zu evaluieren, bevor diese technisch und räumlich umgesetzt werden. Die Evaluation bezieht sich ausdrücklich nicht auf die technische Umsetzung von Interaktionen oder Medienpräsentation. Die Spiele werden in einer Konzeptform präsentiert, wobei beispielsweise Spielregeln, Spielverlauf und Spielgeschichte präsentiert werden. Die Konzepte sollen anhand der vorliegenden Daumenregeln bewertet werden. Es ist jederzeit möglich Rückfragen zu den Konzepten zu stellen.

### Wie ist der Ablauf der Studie?

Zunächst füllen Sie einen Fragebogen aus, der Ihre Vorlieben für Spiele beschreibt und nennen mir ein Thema, zu dem das Spiel gestaltet werden soll. Dies kann schriftlich auf elektronischem oder analogem Weg geschehen.

Auf Grundlage Ihrer Antworten werde ich mit Hilfe des entwickelnden Systems ein passendes Spielkonzept für Sie generieren.

Anschließend treffen wir uns zur Bewertung des Spielkonzepts. Ich präsentiere Ihnen das Spielkonzept und gebe Ihnen eine Liste mit Daumenregeln, anhand derer Sie das Konzept bewerten. Ihre Anmerkungen können Sie in einem Online-Tool eingeben. Planen Sie etwa 45 Minuten für diesen Termin ein.

Nach Beendigung dieses Termins ist die Studie für Sie abgeschlossen.

### Gibt es einen persönlichen Nutzen durch die Teilnahme an der Studie?

Es ist kein persönlicher Nutzen durch die Teilnahme an der Studie zu erwarten. Die Ergebnisse der Studie können jedoch vielleicht in Zukunft für andere Menschen hilfreich sein.

### Welche Risiken sind mit einer Teilnahme an der Studie verbunden?

Abgesehen von datenschutzrechtlichen Risiken ist die Teilnahme an der Studie mit keinen Risiken verbunden. Mehr dazu findet sich unter "Information zum Datenschutz".

### Was wird von den Teilnehmern erwartet?

Der Fokus dieser Bewertungsmethode liegt auf dem Aufdecken der Designprobleme der Spielanwendung. Es ist jedoch hilfreich, auf gutes Design oder sinnvolle Elemente des Konzepts hingewiesen zu werden, die Ihnen auffallen. Bitte schreiben Sie jedes Detail, das Ihnen erwähnenswert erscheint, in das entsprechende Eintragefeld. Sie können bei dieser Evaluation keine falschen Antworten geben. Sie dürfen während der Evaluation gern (über das Konzept) sprechen, wenn Sie möchten.

### Ist es möglich, im Verlauf aus der Studie auszusteigen?

Die Teilnahme an der Studie ist freiwillig und die Einwilligung kann jederzeit im Verlauf der Studie widerrufen werden.

Ein Ausschluss geschieht, wenn durch andere Teilnehmende eine insgesamt mehr unterschiedliche Spielvorlieben an der Untersuchung teilnehmen können. Ein Ausschluss aus der Studie ist auch möglich, wenn dies organisatorische Gründe notwendig machen.

### Information zum Datenschutz

In dieser Studie ist Lea Brandl, wissenschaftliche Mitarbeiterin des Instituts für Telematik für die Datenverarbeitung verantwortlich.

Rechtsgrundlage für die Verarbeitung Ihrer Daten ist Ihre persönliche Einwilligung (Art. 6 Abs. 1 lit. a, Art. 9 Abs. 2 lit. a DSGVO). Ihre Daten werden zu jeder Zeit vertraulich behandelt.

Die Daten werden ausschließlich zum Zweck dieser Studie erhoben und nur im Rahmen dieser Studie verwendet.

Alle Daten, durch die Sie unmittelbar identifiziert werden könnten, z. B. Ihr Name oder Ihr Geburtsdatum, werden gelöscht bzw. so verändert, dass praktisch niemand, auch die Studienleiter nicht, herausfinden können, zu wem die Daten gehören (anonymisiert).

Die Daten werden auf einem Server des Instituts für Telematik gespeichert und spätestens am 31.10.2025 nach Ende der Studie gelöscht.

Wir übermitteln die erfassten Daten weder an andere Einrichtungen in Deutschland, der EU, noch an ein Drittland außerhalb der EU oder an eine internationale Organisation.

Die Forschungsdaten können für wissenschaftliche Veröffentlichungen genutzt und/oder in wissenschaftlichen Datenbanken anderen Forschern zeitlich unbegrenzt zur Verfügung gestellt werden. Die Daten werden dabei in einer Form genutzt, die keinen Rückschluss auf die einzelnen Studienteilnehmer ermöglicht (anonymisiert).

Die Einwilligung zur Verarbeitung Ihrer Daten ist freiwillig. Sie können jederzeit die Einwilligung ohne Angabe von Gründen und ohne Nachteile für Sie widerrufen. Danach werden keine Daten mehr erhoben. Die Rechtmäßigkeit der aufgrund der Einwilligung bis zum Widerruf erfolgten Verarbeitung wird hiervon nicht berührt.

Sie haben das Recht, Auskunft über die Sie betreffenden Daten zu erhalten, auch in Form einer unentgeltlichen Kopie. Darüber hinaus können Sie die Berichtigung oder Löschung Ihrer Daten verlangen. Sobald Ihre Daten anonymisiert sind, ist allerdings eine Zuordnung zu Ihrer Person nicht mehr möglich und die Daten können nicht mehr eingesehen, berichtigt oder gelöscht werden.

Wenden Sie sich in diesen Fällen an:

Lea Brandl, M.Sc.  
Wissenschaftliche Mitarbeiterin  
Institut für Telematik  
Ratzeburger Allee 160  
23562 Lübeck  
Tel: +49 451 3101 6421  
E-Mail: lea.brandl@uni-luebeck.de



## *Heuristiken des PLAY [323]*

### Category I: Game Play

#### (A) Heuristic: Enduring Play

- A1. The players finds the game fun, with no repetitive or boring tasks
- A2. The players should not experience being penalized repetitively for the same failure.
- A3. The players should not lose any hard won possessions.
- A4. Gameplay is long and enduring and keeps the players' interest.
- A5. Any fatigue or boredom was minimized by varying activities and pacing during the game play.

#### (B) Heuristic: Challenge, Strategy and Pace

- B1. Challenge, strategy and pace are in balance.
- B2. The game is paced to apply pressure without frustrating the players. The difficulty level varies so the players experience greater challenges as they develop mastery.
- B3. Easy to learn, harder to master.
- B4. Challenges are positive game experiences, rather than negative experiences, resulting in wanting to play more, rather than quitting.
- B5. AI is balanced with the players' play.
- B6. The AI is tough enough that the players have to try different tactics against it

#### (C) Heuristic: Consistency in Game World

- C1. The game world reacts to the player and remembers their passage through it.
- C2. Changes the player make in the game world are persistent and noticeable if they back-track to where they have been before.

#### (D) Heuristic: Goals

- D1. The game goals are clear. The game provides clear goals, presents overriding goals early as well as short term goals throughout game play.

D2. The skills needed to attain goals are taught early enough to play or use later, or right before the new skill is needed.

D3. The game gives rewards that immerse the player more deeply in the game by increasing their capabilities, capacity or for example, expanding their ability to customize.

(E) Heuristic: Variety of Players and Game Styles

E1. The game supports a variety of game styles.

E2. The game is balanced with multiple ways to win.

E3. The first ten minutes of play and player actions are painfully obvious and should result in immediate and positive feedback for all types of players.

E4. The game had different AI settings so that it was challenging to all levels of players, whether novice or expert players.

(F) Heuristic: Players Perception of Control

F1. Players feel in control.

F2. The player's have a sense of control and influence onto the game world.

Category 2: Coolness/Entertainment/Humor/Emotional Immersion

(A) Heuristic: Emotional Connection

A1. There is an emotional connection between the player and the game world as well as with their avatar''.

(B) Heuristic: Coolness/Entertainment

B1. The game offers something different in terms of attracting and retaining the players' interest.

(C) Heuristic: Humor

C1. The game uses humor well.

(D) Heuristic: Immersion

D1. The game utilizes visceral, audio and visual content to further the players' immersion in the game.

Category 3: Usability & Game Mechanics

(A) Heuristic: Documentation/Tutorial

A1. Player does not need to read the manual or documentation to play.

A2. Player does not need to access the tutorial in order to play.

(B) Heuristic: Status and Score

B1. Game controls are consistent within the game and follow standard conventions.

B2. Status score Indicators are seamless, obvious, available and do not interfere with game play.

B3. Controls are intuitive, and mapped in a natural way; they are customizable and default to industry standard settings.

B4. Consistency shortens the learning curve by following the trends set by the gaming industry to meet users' expectations. If no industry standard exists, perform usability/playability research to ascertain the best mapping for the majority of intended players.

(C) Heuristic: Game Provides Feedback

C1. Game provides feedback and reacts in a consistent, immediate, challenging and exciting way to the players' actions.

C2. Provide appropriate audio/visual/visceral feedback (music, sound effects, controller vibration).

(D) Heuristic: Terminology

D1. The game goals are clear. The game provides clear goals, presents overriding goals early as well as short term goals throughout game play.

D2. The skills needed to attain goals are taught early enough to play or use later, or right before the new skill is needed.

D3. The game gives rewards that immerse the player more deeply in the game by increasing their capabilities, capacity or, for example, expanding their ability to customize.

(E) Heuristic: Burden On Player

E1. The game does not put an unnecessary burden on the player.

E2. Player is given controls that are basic enough to learn quickly, yet expandable for advanced options for advanced players.

(F) Heuristic: Screen Layout

F1. Screen layout is efficient, integrated, and visually pleasing.

F2. The player experiences the user interface as consistent (in controller, color, typographic, dialogue and user interface design).

F3. The players experience the user interface/HUD as a part of the game.

F4. Art is recognizable to the player and speaks to its function.

(G) Heuristic: Navigation

G1. Navigation is consistent, logical and minimalist.

(H) Heuristic: Error Prevention

H1. Player error is avoided.

H2. Player interruption is supported, so that players can easily turn the game on and off and be able to save the games in different states.

H3. Upon turning on the game, the player has enough information to begin play.

H4. Players should be given context sensitive help while playing so that they are not stuck and need to rely on a manual for help.

H5. All levels of players are able to play and get involved quickly and easily with tutorials, and/or progressive or adjustable difficulty levels.

(I) Heuristic: Game Story Immersion

I.1 Game story encourages immersion (If game has story component).

*Ergebnisse der Befragung mittels der gekürzten Version des PLAY [323]*

Im folgenden werden die originären Antworten zur heuristischen Evaluation aufgelistet. Wurde auf einen bestimmten Aspekt verwiesen wurde dieser kursiv dargestellt. Der Wortlaut wurde belassen, die Rechtschreibung wurde korrigiert.

## *Consistency in Game World*

- Die Idee mit dem Protokoll finde ich gut!
- Backtracking beschreibt das Zurückgehen innerhalb der Spielwelt, was in linear ablaufenden Spielen eher nicht gegeben ist.
- Ist der linear, gibt also keinen “wirklichen” Zustand
- Der “Open Schlauch” reicht nicht für Einfluss auf den Handlungsverlauf.

## *Goals*

- *[The game goals are clear. The game provides clear goals, presents overriding goals early as well as short term goals throughout game play.]* ja
- *[The skills needed to attain goals are taught early enough to play or use later, or right before the new skill is needed.]* durch Tutorials ja
- *[The game gives rewards that immerse the player more deeply in the game by increasing their capabilities, capacity or for example, expanding their ability to customize.]* eher nicht, keine Power Ups z.B.
- Rewards wäre dann vermutlich nur der Fortschritt des Spiels. Evt. könnte man da noch mehr ambiente “Rewards” machen, wenn etwas besonders gut erfüllt wurde
- Handlungsstrang scheint fest vorgegeben zu sein. Sämtliche erhaltenen Belohnungen bspw. in Form von Tokens als Gutscheine zur Befragung von Verdächtigen oder Tokens zum Tanken des Raumschiffs sind notwendig, um das Spiel abzuschließen. Freie Gestaltung bezüglich gewünschten Fertigkeiten sind so weit zu erkennen noch nicht integriert.
- Die Rewards erhalten Spieler aktuell pro Level durch das Beantworten der Fragen. Diese bilden damit eine Art “Währung”, die Spielern pro Level für ihre Interaktion mit der Spielwelt zur Verfügung steht. Um die Immersion zu erhöhen, sollte diese symbolische Währung immer in die Spielgeschichte (Narrativ) eingebunden sein. In Level 4 ist dies gut umgesetzt, da hier die Rewards innerhalb der Story als “Anzahl der Tankstellen” für das Raumschiff dargestellt werden. Solche äquivalenten Darstellungen der Währung sollten in allen Leveln erfolgen, um ihr auch innerhalb der Geschichte einen “Wert” zu geben. - Neben den normalen Rewards, die man aus Aufgaben/Fragen erhält, die beliebig oft wiederholt werden können, könnte man noch zusätzliche Rewards

für Spieler vergeben, die besonders gut sind (z.B. ein Level ohne Fehler abschließen) Diese müssen auch keine Vorteile im Spiel bringen sondern könnten nur kosmetischer Natur sein (Beispiel: besondere Farbe des Raumschiffs). Dies könnte als zusätzliche Motivation zur Vorbereitung auf die einzelnen Level dienen (Anreiz besonders gut abzuschneiden)

- *[The game goals are clear. The game provides clear goals, presents overriding goals early as well as short term goals throughout game play.]* Spielziele sind aus der Präsentation klar, die Beantwortung der Fragen um spielen zu können und die Wahl des Verdächtigen als konkretes Spielelement.
- *[The skills needed to attain goals are taught early enough to play or use later, or right before the new skill is needed.]* Kann ich nicht bewerten.
- *[The game gives rewards that immerse the player more deeply in the game by increasing their capabilities, capacity or for example, expanding their ability to customize.]* Achievements motivieren mich nicht. Die Story kann gut umgesetzt motivieren, kann ich jedoch so nicht bewerten.
- die Story am Anfang (Verdächtigen fassen und Samenkapsel zurückbringen) macht das Ziel des Spiels zum frühestmöglichen Zeitpunkt sehr deutlich
- die Skills, die man benötigt, um das Spiel zu spielen/zu schaffen, müssen in einem anderen Kontext vermittelt werden (Vorlesung) - hier kann das Spiel selbst nicht helfen

### *Emotional Connection*

- Die Briefing-/Debriefing Videos bieten viel Potenzial dafür
- gut ausgestaltete Charaktere und bedeutungsvoller Story-Aufhänger
- niedlicher Avatar, evtl.. könnte man noch eine emotionale Komponente reinbringen, indem man den noch retten muss
- Die eigene Persönlichkeit ist im selbst gespielten Charakter nicht berücksichtigt. Die Immersion in die Spielwelt wird jedoch auditiv und visuell gestützt. Ebenso sorgt der begleitende Charakter dafür, das Narrativ anschaulich zu beschreiben und die Spielwelt zu erklären.
- Der virtuelle Agent (Astronaut) der durch Animationen und Sprachausgabe das aktuelle Level erklärt, hat großes Potenzial eine emotionale Verbindung zu Spieler aufzubauen. Dazu darf er in der Spielgeschichte auch gern "menschlicher" in seiner Rolle als Space-Detektiv

wirken. Er könnte kleine witzige Anekdoten (Mischung aus typischen Detektiv Stories und Sci-Fi Elementen) zu den Aufgaben erzählen oder kauzige aber liebenswerte Charaktereigenschaften haben, die aus seinem Job resultieren (ist er noch ganz neu, oder arbeitet gerade an seinem ersten Fall, dann ist er vielleicht noch nervös und versucht das zu überspielen, oder ist er schon ewig lang im Geschäft und begegnet dem Spieler mit trockenem Humor und Sarkasmus)

- Kein Avatar vorhanden. Emotionale Verbindung ist sehr abstrakt. Die Figuren sind grobe Animationen, kombiniert mit Bildern. Persönliche Beziehung erfordert mehr Nachvollziehbarkeit der Motivationen, Motive und Eigenschaften der Charaktere, eine Menschlichkeit muss erkannt werden.
- ich finde den kleinen Astronauten sehr süß und akzeptiere ihn deshalb von Anfang an als meinen Sidekick (möchte gern mit ihm zusammenarbeiten)
- der Avatar wäre noch "glaubwürdiger", wenn er z. B. eine eher computer-/robotermäßige Stimme hätte, das zu seinem Robotergesicht passt (also auch ohne die Atempausen, die ja nur ein Mensch machen würde)
- man würde sich noch mehr mit der Crew identifizieren, wenn es bspw. eine auf dem Bildschirm sichtbare Liste der Namen + Astronautavatar gäbe, nachdem sie in der Einleitung vorgestellt wurden.
- Die Vorstellung der einzelnen Tatverdächtigen ist relativ lang, dadurch fiel es mir zwischendurch schwer der Beschreibung und den Fakten noch zu folgen. Vielleicht würde sich das beim Spielen der Befragung noch ändern.
- Die Bindung zum Kommissar war aber vorhanden.

### *Coolness/Entertainment*

- Die Abwechslung für die Gründe für das Beantworten der Fragen ist gut. Wenn es möglich ist, fände ich einen dynamisch generierten Bezug zum Frageinhalt/Fragetyp sinnvoll, ansonsten könnte das Beantworten der Fragen immer zum lästigen Teil des Spiels werden.
- Die Verdächtigen verfügen jeweils über eine eigene Persönlichkeit, die näher beschrieben wird. Die Persönlichkeit der Verdächtigen wird zudem gestützt durch ein Profilbild. Wünschenswert wäre auch noch eine Audiospur im Dialog mit Verdächtigen. Videosequenzen für die Reise durch den Weltraum könnten die Immersion in die Spielwelt eventuell auch noch verstärken.

- Neben der klaren Zielvorgabe gibt es ansonsten keine optionalen Dinge, die verfolgt werden können bspw. Sidequests für verschiedene Rewards oder Ähnliches.
- Das ambiente Szenario ist noch sehr offen für Neues, die Spielidee selbst ist jedoch nichts Neues oder die Art und Weise der Lernprüfung.
- Auf jeden Fall! Das Spiel an sich ist ja im Vergleich zu einer Übung schon “something different” in sich.

### *Humor*

- In dem kurzen Intro nichts wahrgenommen
- Charaktere agieren humorvoll
- Schwierig zu beantworten, da genauer Wortlaut noch unklar
- Der begleitende Charakter wirkt durch seine verplante Persönlichkeit und Ausschweifungen sympathisch und humorvoll. Auch die visuelle Aufbereitung der Spielwelt sorgt für ein lockeres Lernumfeld.
- Auch hier ist vor allem über den virtuellen Agenten (Astronauten), der die Level erklärt, viel Potenzial in der Darstellung seines Charakters vorhanden (Siehe Heuristik zur emotionalen Bindung). Außerdem sollte sich das Spiel in einzelnen Aspekten nicht ganz ernst nehmen. Auch hier könnte man wieder Elemente aus alten Detektivgeschichten mit Elementen aus der Science Fiction mischen, um komische Situationen darzustellen, die aber innerhalb der dargestellten Welt eine Daseinsberechtigung haben (z.B Fingerabdrücke finden, obwohl eigentlich alle Astronautenanzüge tragen)
- Das Intro war eher ungewollt witzig durch die Vertonung des Roboters.
- Kann ich so schwer etwas zu sagen. Ich würde aber denken, dass die Darstellungsform der kleinen Astronauten das Potential für humoristische Spielabläufe bietet. Schon allein, weil sie so niedlich sind.

### *Immersion*

- gesprochene Charaktere, Hintergrundmusik, Videos vom Kommissar
- Grafik könnte etwas besser sein beim Professor
- Sinne werden gut angesprochen, verschiedene Orte und auch Audio

- Das Ambiente wird durch Licht und Ton gestützt. Eventuell könnten Projektionen an Wänden noch für mehr Immersion sorgen, um das Setting des Raumschiffs noch deutlicher zu machen. Zudem könnten Dialoge mit Verdächtigen noch über eine Audiospur verfügen, um die Intensität / Dramatik der Befragung zu verstärken.
- Ideen für Atmosphäre scheinen angemessen, sind in ihrer Qualität jedoch aufgrund des Aufwandes/Budgets beschränkt (anzunehmen).
- Das vorgestellte Umgebungslicht-Konzept in Kombination mit Hintergrundmusik würde ich als Immersion fördernd einstufen. Ich könnte mir vorstellen, dass die Immersion noch weiter gesteigert werden könnte, wenn eine richtig oder falsch beantwortete Fragen nicht nur eine Lampe über der entsprechenden Station grün/rot färbt, sondern das “wabernde, blaue Umgebungslicht” im ganzen Raum für einen kurzen Moment in grün/rot-waberndes Licht switched. Immersion fördernd ist sicher auch der Aufbau verschiedener, verteilter Stationen, um “mit verschiedenen Crewmitgliedern zu sprechen” (Level 1-3).
- Hängt natürlich stark von den verwendeten ambienten Systemen ab

### *Documentation/Tutorial*

- just in time Tutorials
- Mach Professor skipbar und regeln abrufbar
- intuitiv und selbsterklärend, durch Guide kein Lesen notwendig
- Der begleitende Charakter unterstützt sowohl bei der Erklärung der Interaktionen als auch bei der Erklärung des Spielziels und der Spielwelt. Sollten erneut Fragen aufkommen, ist er jedoch nicht mehr zugreifbar.
- Ganz ohne Tutorial wird das Spiel vermutlich nicht auskommen, da man zumindest im ersten Level den allgemeinen Game Loop (Beantwortung von Fragen zum Lösen von Aufgaben) erklärt bekommen muss, in späteren Leveln ist dies allerdings nicht mehr nötig, da sich an dieser grundlegenden Mechanik nichts ändert.
- Ist nicht zu beantworten, da ich die Anwendung nicht aktiv selbst testen konnte, die Spielstruktur scheint jedenfalls klar.
- Wenn man Moodle kennt und mit eTests vertraut ist, kann man auch das Spiel ohne weitere Spielmechanik-Erklärungen spielen.

## *Game Provides Feedback*

- reagiert alles sofort (multimodal)
- direktes Feedback durch Anzeigen, Sound und Licht
- Deutliches Feedback bei Beantwortung der Fragen auf visueller und auditiver Ebene. Im Lückentext wird jedoch nur das Gesamtergebnis zurückgegeben, aber nicht welche Antwort konkret falsch wahr.
- Direktes Feedback zur Beantwortung der Fragen durch Ton, Farbe auf Bildschirm ist vorhanden, eventuell könnte man auch kurzzeitig die ambiente Beleuchtung passend zum Feedback darstellen.
- [*Game provides feedback and reacts in a consistent, immediate, challenging and exciting way to the players' actions.*] Das Problem ist, dass der Lern- und der Spielpart nicht wirklich miteinander verknüpft sind. Der Lernpart selbst ist nur eine Hürde um den Spielpart zu erreichen. Das Voranschreiten der Story kann jedoch motivieren, weitere Tests zu absolvieren. Dies ist jedoch nicht immersiv.
- [*Provide appropriate audio/visual/visceral feedback (music, sound effects, controller vibration).*] Einfache Atmosphäre scheint vorhanden zu sein.
- Sound und visuelle Effekte geben einfaches und universell verständliches direktes Feedback zu Eingaben
- ich bin unsicher, welche Effekte das falsche Beantworten von Fragenblöcke auf die Motivation der Spieler\*innen hat und könnte mir vorstellen, dass das reine "die Frage wieder hinten anstellen" nicht sehr "exciting" ist. Evtl. braucht es hier auch visuelle in-game Effekte wie das Zittern des Raumschiffes bei der Verfolgungsjagd oder ein irritiertes Gesicht eines kleinen Astronauten, den man gerade befragen will... etc.

## *Terminology*

- Ich bin mir nicht sicher, inwieweit ich das Gefühl haben werde, meine Fähigkeiten im Hinblick auf den Spielteil erweitert zu haben.
- siehe vorher
- Die Langzeit- und Einzelziele sind durch die Detektivgeschichte gut erklärt, es gibt aktuell aber noch keine Möglichkeit für Spieler etwas im Spiel zu "customizen" was nicht am Ende zum linearen Story-Verlauf beiträgt. Besonders gut/schnell erledigte Aufgaben könnten kleine Boni für gute Spieler freischalten, die rein kosmetisch sind

(sich nicht auf den Spielablauf auswirken) aber trotzdem einen Anreiz bieten. Beispiel: Freischaltung von Detektiv-Outfit (Hut, Coat, Space-Pfeife) für den Agenten (Astronaut), der die Aufgaben erklärt.

- Frage nicht von der "Heuristic: Goals" zu unterscheiden
- *[The game goals are clear. The game provides clear goals, presents overriding goals early as well as short term goals throughout game play.]* Spielziele sind aus der Präsentation klar, die Beantwortung der Fragen um spielen zu können und die Wahl des Verdächtigen als konkretes Spielelement.
- *[The skills needed to attain goals are taught early enough to play or use later, or right before the new skill is needed.]* Kann ich nicht bewerten.
- *[The game gives rewards that immerse the player more deeply in the game by increasing their capabilities, capacity or, for example, expanding their ability to customize.]* Achievements motivieren mich nicht. Die Story kann gut umgesetzt motivieren, kann ich jedoch so nicht bewerten.
- Das Spielziel wird direkt in der Einleitung klar definiert. Die Skills, um dieses Ziel zu erreichen, erlangt man (im besten Fall) in der Vorlesung und im Eigenstudium - hier hat das Spiel keinen Einfluss drauf. Es könnte Spieler\*innen weiter motivieren oder mehr eintauchen lassen, wenn die Crewmitglieder bei falsch beantworteten Fragen mit Hilfen oder guten Tipps reagieren. Außerdem ist es sicher hilfreich für die Immersion, wenn die Fragen (MMT-Bezug) nicht nur Mittel zum Zweck sind, sondern Spielende auch das Gefühl haben, die Fragen und Antworten haben einen Bezug zum Spiel. So sollte z. B. eine Frage zur Fourier-Transformation dem Mechaniker des Raumschiffes auch tatsächlich helfen, irgendetwas zu reparieren und nicht einfach dazu führen, dass das Raumschiff jetzt auftanken kann (denn Fourier hat ja nichts mit Tanken zu tun)... eine Passung der Frage und dessen, was passiert, wäre wichtig. *[The game goals are clear. The game provides clear goals, presents overriding goals early as well as short term goals throughout game play.]* und *[The skills needed to attain goals are taught early enough to play or use later, or right before the new skill is needed.]* sind gut, *[The game gives rewards that immerse the player more deeply in the game by increasing their capabilities, capacity or, for example, expanding their ability to customize.]* könnte noch stärker ausgeprägt sein. Die Fähigkeiten des Spielers im Spiel verbessern sich soweit ich sehe nicht

## *Burden On Player*

- *[The game does not put an unnecessary burden on the player.]* no burden, *[Player is given controls that are basic enough to learn quickly, yet expandable for advanced options for advanced players.]* Mehrere Interaktionen gleichzeitig
- Ich bin von Langsamkeit des Professors geburdened
- Gerade noch schwierig zu sagen, aber da keine eigenen Entscheidungen getroffen werden müssen, denke ich, dass die Antwort passt
- Freie Bewegung im Raum ist eine natürliche Bewegung im Spiel. Beantwortung der Fragen als Lückentext oder Ja/Nein Beantwortung ist gut verständlich.
- *[The game does not put an unnecessary burden on the player.]* Die Steuerung kann eine sehr große Last sein, wenn sie Umstände bedeutet.
- *[Player is given controls that are basic enough to learn quickly, yet expandable for advanced options for advanced players.]* Ist zu hoffen.
- Kann ich schwer beantworten, denn ich weiß nicht, ob Moodle eTest Shortcuts erlauben. Also die Spielmechanik kennen Spielende ja schon, weil sie Moodle kennen und “nur Fragen beantworten müssen” - das ist also einfach und verlangt niemandem mehr ab als nötig. Ein Shortcuts, der ins Spiel eingebaut werden sollte, ist die Möglichkeit, das vor jeder Übung gezeigte Einführungsvideo mit dem kleinen Astronauten bei Bedarf zu skippen.
- Hängt auch stark von den ambienten Systemen ab

## *Game Story Immersion*

- die Leute reden dich direkt an und du bist eine Person in der Spielwelt
- Immersion der Spielgeschichte könnte noch verstärkt werden, wenn die Interaktion mit Verdächtigen noch lebhafter wird. Beispielsweise ebenfalls durch animierte Avatare oder Audio-Dialoge. Videosequenzen bei der Verfolgung oder eine abschließende Sequenz nach Lösung des Spielziels könnten Immersion ebenfalls verstärken.
- Siehe vorherige Anmerkungen zum Charakter des Detektiv-Astronauten und der Empfehlung zu einer Story, die sich selbst nicht zu ernst nimmt.

- Stark davon abhängig, ob sie interessant geschrieben ist und ich ein Interesse habe diese zu verfolgen. Die grundlegende Idee ist zumindest solide.
- Kommt wahrscheinlich ganz auf die Person an, ob sie Spiele generell mag, ob das Spielkonzept auf den Spielertyp passt und in welchem Gemütszustand man gerade ist. Das mir vorgestellte Spielkonzept hat für Immersion gesorgt und passt zu der Art von Spielen, die ich gern spiele. Ich hätte mich noch mehr mit der Crew identifizieren können, wenn eine sichtbare Liste aller vorgestellter Crew-Mitglieder (evtl. mit Astronaut-Avatar) wäre gut gewesen, um die Namen und Aufgaben nicht direkt wieder zu vergessen. Evtl. hätte die Liste am Ende dann noch um mich und meine Aufgabe ergänzt werden können, obwohl ich ja nicht Teil des Teams werde, aber Teil des Spiel und potentiell auch der Crew des Spaceshuttles bin.

## E Heuristische Evaluation des Prototypen

Im folgenden sind die Studieninformationen, die Einwilligungserklärung, das Instrument und die vollständige Liste aller Ergebnisse dargestellt.

### *Informationsschreiben und Einwilligung*

#### **Heuristischen Evaluation von Lernspielen**

**Studienleiter: Prof. Dr. -Ing. Andreas Schrader**

Leiter der Ambient Computing Arbeitsgruppe

**Studiendurchführende: Lea Brandl, M.Sc.**

Wissenschaftliche Mitarbeiterin

Institut für Telematik

Ratzeburger Allee 160

23562 Lübeck

17.05.2024

#### **Information und Einwilligungserklärung zum Forschungsvorhaben: Evaluation automatisiert generierter adaptiver Ambient Serious Games zur eigenständigen Lernzielkontrolle des Fachs Grundlagen der Multimediatechnik**

Sehr geehrte Interessentin, sehr geehrter Interessent,

wir möchten Sie fragen, ob Sie an einer wissenschaftlichen Studie teilnehmen möchten. In dieser Information finden Sie alles Wesentliche zu der Studie.

Bei uns sollen 5-10 Teilnehmer in die Studie eingeschlossen werden.

Diese Studie wird vom Institut für Telematik Universität zu Lübeck geplant und durchgeführt.

Unsere Einrichtung finanziert die Studie selbst.

Sie wurde von einer unabhängigen Ethikkommission geprüft. Im Rahmen der Beratung wurden keine Einwände gegen die Durchführung dieser Studie erhoben.

Ihre Teilnahme an dieser Studie ist freiwillig. Sie können auch im Verlauf jederzeit die Teilnahme beenden. Sie müssen dies nicht begründen. Es entstehen für Sie dadurch auch keine Nachteile.

Bitte lesen Sie diese Information sorgfältig durch. Der Studienleiter wird mit Ihnen über die Studie sprechen und Ihre Fragen beantworten.

### Warum wird diese Studie durchgeführt?

Im Rahmen meiner Dissertation beschäftige ich mich mit Ambienten Serious Games für die Hochschullehre. Darunter werden Spiele verstanden, die ein ernsthaftes charakterisierendes Ziel verfolgen. Sie befinden sich eingebettet in eine mit Rechnern angereicherte Umgebung, die nur teilweise von den Spielenden mental wahrgenommen wird. Dennoch steht das Spiel als solches im Fokus, welches ein Regelwerk sowie ein definiertes Ziel umfasst. Ambient beschreibt in diesem Fall den Einsatz von smarter Umgebung, deren technische Komponenten für die Nutzenden mental nicht wahrnehmbar sind.

Prototypisch wird ein System geschaffen, das automatisiert ambiante Lernspiele generiert, die sich den Spielertypen und Vorlesungsinhalten anpassen. Das System ist selbständig in der Lage, Übungen, welche in einem Lernmanagementsystem vorliegen, in Spiele zu konvertieren, die vom Studierenden im Vorfeld ausgewählt werden.

Ziel dieser Evaluation ist es, die automatisch generierten Spiele in Hinsicht auf die Gebrauchstauglichkeit und Spielbarkeit der technisch und räumlich umgesetzten Spiele zu evaluieren. Dazu werden die Spiele, welche sich über einen zeitlichen Rahmen von 10 bis 15 Minuten erstrecken, durchgespielt. Während des Spiels kann es zum Einsatz von Licht- und/oder Soundeffekten kommen.

### Wie ist der Ablauf der Studie?

Zunächst füllen Sie einen Fragebogen aus, der Ihre Vorlieben für Spiele beschreibt. Dies kann schriftlich, auf elektronischem oder analogem Weg geschehen.

Auf Grundlage Ihrer Antworten werde ich mithilfe des entwickelten Systems ein passendes Spiel für Sie generieren.

Anschließend treffen wir uns zur Bewertung des Spiels. Sie spielen das generierte Spiel einmal vollständig durch, dies umfasst max. 15 Minuten.

Anschließend gebe ich Ihnen eine Liste mit Daumenregeln, anhand derer Sie das Konzept bewerten. Ihre Anmerkungen können Sie in einem Online-Tool eingeben. Planen Sie insgesamt (Spiel und Bewertung) etwa 45 Minuten für diesen Termin ein.

Nach Beendigung dieses Termins ist die Studie für Sie abgeschlossen.

### Gibt es einen persönlichen Nutzen durch die Teilnahme an der Studie?

Falls Sie aktuell Versuchspersonenpunkte für MedieninformatikerInnen sammeln, können diese auf Ihren Wunsch hin eingetragen werden. Für Ihre Teilnahme gibt es einen VP-Punkt.

### Welche Risiken sind mit einer Teilnahme an der Studie verbunden?

Abgesehen von datenschutzrechtlichen Risiken ist die Teilnahme an der Studie mit keinen Risiken verbunden. Mehr dazu findet sich unter "Information zum Datenschutz".

### Gibt es eine Aufwandsentschädigung?

Gegebenenfalls. 1 VP.

Bei Abbruch wird der Versuchspunkt auf die aufgewendete Zeit reduziert. Beispielsweise 0,5 VP bei einer halben Stunde.

#### Was wird von den Teilnehmern erwartet?

Der Fokus dieser Bewertungsmethode liegt auf dem Aufdecken der Designprobleme der Spielanwendung. Es ist jedoch hilfreich, auf gutes Design oder sinnvolle Elemente des Konzepts hingewiesen zu werden, die Ihnen auffallen. Bitte schreiben Sie jedes Detail, das Ihnen erwähnenswert erscheint, in das entsprechende Eintragefeld. Sie können bei dieser Evaluation keine falschen Antworten geben.

#### Ist es möglich, im Verlauf aus der Studie auszusteigen?

Die Teilnahme an der Studie ist freiwillig und die Einwilligung kann jederzeit im Verlauf der Studie widerrufen werden.

Ein Ausschluss geschieht, wenn durch andere Teilnehmende eine insgesamt mehr unterschiedliche Spielvorlieben an der Untersuchung teilnehmen können. Ein Ausschluss aus der Studie ist auch möglich, wenn dies organisatorische Gründe notwendig machen.

#### Information zum Datenschutz

In dieser Studie ist die Universität zu Lübeck, vertreten durch die Präsidentin für die Datenverarbeitung verantwortlich.

Rechtsgrundlage für die Verarbeitung Ihrer Daten ist Ihre persönliche Einwilligung (Art. 6 Abs. 1 lit. a, Art. 9 Abs. 2 lit. a DSGVO). Ihre Daten werden zu jeder Zeit vertraulich behandelt.

Die Daten werden ausschließlich zum Zweck dieser Studie erhoben und nur im Rahmen dieser Studie verwendet.

Sollten Sie die Anrechnung von einem VP wünschen wird Ihre studentische E-Mail-Adresse zu diesem Zweck erfragt. Dieser wird auf einem Blatt Papier eingetragen und im Büro von Frau Brandl in einem Schrank eingeschlossen. Nach Abschluss der Studie, spätestens aber zum 30.10.2024 werden die VP in den Moodlekurs eingetragen und das Blatt wird vernichtet. In Zusammenhang mit ihren Antworten innerhalb des Versuchs werden keine personenbezogenen Daten erhoben.

Die Studiendaten werden auf einem Server des Instituts für Telematik gespeichert und spätestens am 31.10.2025 nach Ende der Studie gelöscht.

Wir übermitteln die erfassten Daten weder an andere Einrichtungen in Deutschland, der EU, noch an ein Drittland außerhalb der EU oder an eine internationale Organisation.

Die Forschungsdaten können für wissenschaftliche Veröffentlichungen genutzt und/oder in wissenschaftlichen Datenbanken anderen Forschern zeitlich unbegrenzt zur Verfügung gestellt werden. Die Daten werden dabei in einer Form genutzt, die keinen Rückschluss auf die einzelnen Studienteilnehmer ermöglicht (anonymisiert).

Die Einwilligung zur Verarbeitung Ihrer Daten ist freiwillig. Sie können jederzeit die Einwilligung ohne Angabe von Gründen und ohne Nachteile für Sie widerrufen. Danach werden keine Daten

mehr erhoben. Die Rechtmäßigkeit der aufgrund der Einwilligung bis zum Widerruf erfolgten Verarbeitung wird hiervon nicht berührt.

Sie haben das Recht, Auskunft über die Sie betreffenden Daten zu erhalten, auch in Form einer unentgeltlichen Kopie. Darüber hinaus können Sie die Berichtigung oder Löschung Ihrer Daten verlangen. Sobald Ihre Daten anonymisiert sind, ist allerdings eine Zuordnung zu Ihrer Person nicht mehr möglich und die Daten können nicht mehr eingesehen, berichtigt oder gelöscht werden.

Wenden Sie sich in diesen Fällen an:

Lea Brandl, M.Sc.  
Wissenschaftliche Mitarbeiterin  
Institut für Telematik  
Ratzeburger Allee 160  
23562 Lübeck  
Tel: +49 451 3101 6421  
E-Mail: [lea.brandl@uni-luebeck.de](mailto:lea.brandl@uni-luebeck.de)

Oder an den Datenschutzbeauftragten der Universität

Marc Elwischger  
x-tention Informationstechnologie GmbH  
Margot-Becke-Ring 37  
69124 Heidelberg  
Tel.: +49 451 3101 1903  
E-Mail: [datenschutz@uni-luebeck.de](mailto:datenschutz@uni-luebeck.de)

Sie haben das Recht, sich bei jeder Datenschutzaufsichtsbehörde zu beschweren. Eine Liste der Aufsichtsbehörden in Deutschland finden Sie unter:

[https://www.bfdi.bund.de/DE/Infothek/Anschriften\\_Links/anschriften\\_links-node.html](https://www.bfdi.bund.de/DE/Infothek/Anschriften_Links/anschriften_links-node.html)

Die für Sie zuständige Aufsichtsbehörde erreichen Sie unter:

Unabhängiges Landeszentrum für Datenschutz Schleswig-Holstein  
Postfach 71 16  
24171 Kiel  
oder  
Holstenstraße 98  
24103 Kiel  
Telefon: 04 31/988-12 00  
E-Mail: [mail@datenschutzzentrum.de](mailto:mail@datenschutzzentrum.de)

## Information und Einwilligungserklärung zum Forschungsvorhaben: Evaluation automatisiert generierter adaptiver Ambient Serious Games zur eigenständigen Lernzielkontrolle des Fachs Grundlagen der Multimediatechnik

Ich habe die schriftliche Information und Einwilligungserklärung zu der oben genannten Studie erhalten und gelesen. Ich wurde ausführlich schriftlich und mündlich über den Zweck und den Verlauf der Studie, den Nutzen und die Risiken der Teilnahme, die Rechte und Pflichten aufgeklärt. Ich hatte Gelegenheit Fragen zu stellen. Diese wurden zufriedenstellend und vollständig beantwortet. Zusätzlich zur schriftlichen Information wurden folgende Punkte besprochen:

---

---

Ich wurde darauf hingewiesen, dass meine Teilnahme freiwillig ist und ich das Recht habe, meine Einwilligung jederzeit ohne Angabe von Gründen zu widerrufen, ohne dass mir dadurch Nachteile entstehen.

### Einwilligung zur Datenverarbeitung

Die Verarbeitung und Nutzung der personenbezogenen Daten für die oben genannte Studie erfolgt ausschließlich wie in dem Abschnitt "Information zum Datenschutz" beschrieben.

**Ich willige hiermit freiwillig in die Teilnahme an der oben genannten Studie und in die beschriebene Verarbeitung meiner personenbezogenen Daten ein.**

---

Name der teilnehmenden Person in Druckbuchstaben

---

Ort, Datum

Unterschrift der **teilnehmenden Person**

---

Name der aufklärenden Person in Druckbuchstaben

---

Ort, Datum

Unterschrift der **aufklärenden Person**

## Heuristiken des HEEG [312]

Category	Heuristic	Criteria
Game Play	Enduring Play	The players find the game fun, with no repetitive or boring tasks. Player should not experience being penalized repetitively for the same failure.
	Challenge, Strategy and Pace	Player's fatigue is minimized by varying activities and pacing during game play.
	Goals	The game goals are clear. The game provides clear goals, presents overriding goals early as well as short term goals throughout game play.
Enjoyment	Immersion	Game should react in a consistent, challenging, and exciting way to the player's actions (e.g., appropriate music with music with the action). The game utilizes visceral, audio and visual content to further the players' immersion in the game.
	Concentration	Games should provide a lot of stimuli from different sources. Games must provide stimuli that are worth attending to. Games should quickly grab the players' attention and maintain their focus throughout the game.
		Players shouldn't be burdened with tasks that don't feel important. Players should not be distracted from tasks that they want or need to concentrate on.
Usability & Game Mechanics	Documentation/Tutorial	Player does not need to read the manual, tutorial, or documentation to play. Player is given controls that are basic enough to learn quickly, yet expandable as player attain for new goals and challenges. Learning the game should not be boring, but be part of the fun.
	Game Provides Feedback	A player should always be able to identify their score/status and goal in the game. Game provides feedback and reacts in a consistent, immediate, challenging and exciting way to the players' actions. Providing appropriate audio/visual/visceral feedback (music, sound effects).
	Screen Layout	Screen layout is visually pleasing (in controller, color, typographic, dialogue and user interface design). Player experiences the user interface as consistent, efficient and integrated (menu as a part of the game).
	Navigation	Player experiences the user interface/HUD navigation as logical and minimalist.
	Error Prevention	Player error is avoided. Upon turning on the game, the player has enough information to begin. Players should be given context sensitive help while playing so that they are not stuck and need to rely on a manual for help.
	Control	All levels of players are able to play and get involved quickly and easily with tutorials, and/or progressive or adjustable difficulty levels.
		Players should feel a sense of control over the game interface and input devices. Game controls are consistent within the game and follow standard conventions.

Tabelle wird auf der nächsten Seite fortgesetzt

Category	Heuristic	Criteria
Educational Design	Supports active learning	Encourages exploration, problem solving, and enquiry.
	Engenders engagement	Game goals align with learning goals.
		Stimulates curiosity.
	Appropriateness	Appropriate challenge.
		Provides control over the learning environment.
		Fits with curriculum and assessment.
	Supports reflection	Personally relevant for students.
		Opportunities for reflection and debriefing on learning.
	Provides equitable experience	Highlights process of learning.
		Accounts for differing prior knowledge.
		Provides equal opportunities to participate.

### *Ergebnisse der Befragung mittels HEEG [312]*

Im folgenden werden die originären Antworten zur heuristischen Evaluation aufgelistet. Der Wortlaut wurde belassen, die Rechtschreibung wurde korrigiert.

#### *Enduring Play*

- Die Aufgaben waren abwechslungsreich und der Physische Aspekt hat zusätzlich Abwechslung reingebracht, das Spiel hat Spaß gemacht
- Wiederholend nicht, jedoch sind die Aufgaben ähnlich. Keine Bestrafung wahrgenommen.
- "The calculation task are repetitive but do not boring. This is because they have an externalized reward (being able to ask another question). Also, changing the physical location by walking from screen to screen breaks up the monotony of the tasks.
- I did not experience penalty (probably because I made no calculation mistakes?)
- Matheaufgaben waren repetitiv, teilweise habe ich auch die gleichen Fragen beantwortet. Für die Kürze des Spiels ist das aber in Ordnung. Hinweise bei falschen Angaben wären gut gewesen (bei den abschließenden Rätseln). Bei den Matherätseln wurden die Rätsel dann (glaube ich) ausgetauscht. Damit wäre die Heuristik teilerfüllt.

- Bei dem ersten Spiel war nicht klar, dass die Aufgaben nicht sofort gelöst werden müssen. Wenn alle Aufgaben sofort nach einander gelöst werden erscheint es sehr viel auf einmal, mit wenig Abwechslung.

### *Challenge, Strategy and Pace*

- Verschiedene Aufgaben, verschiedene Codes, Rumlaufen und physische Aktivität haben viel Abwechslung reingebracht, ich habe mich nicht fatigued gefühlt
- Würde ich zustimmen, alleine durch die tatsächliche Bewegung entsteht Dynamik.
- Again by, switching the physical locations and also by alternating between two different task types (calculations and suspect interviews) the monotony is broken up, which lowers player fatigue. Furthermore, no physically exhausting activities are required.
- Das ist durch das Herumlaufen und durch die in den Raum verteilten Controllern und Bildschirmen gut erfüllt. Bei älteren oder eingeschränkten Spieler:innen müsste man nochmal genauer schauen.
- Siehe Antwort zu Enduring Play. Ansonsten war für die kurze Zeitspanne des Spiels genug Abwechslung vorhanden.

### *Goals*

- Insbesondere nach den Codeeingaben hab kurz gebraucht um zu merken, dass ich nun weggehen und Matheaufgaben lösen soll. Auch beim 2. Mal.
- Ja, es ist alles sehr verständlich strukturiert.
- Both levels of goals are clearly communicated. The overriding goal of identifying the thief is made very clear through the narrative given in the beginning and stays clear while working on the short term goals of the game. In case of the suspect interview, this is because the overriding goal is directly connected to the task. In case of the calculation, the tasks are abstract enough not to distract from the overriding goal.
- Diese Heuristik ist erfüllt. Hinweistexte und Aufgaben sind klar gestellt.

- Die Intro-Szene hatte sehr viele Informationen in denen der Kontext verloren gegangen ist, welches Verbrechen der Täter begangen haben soll und wofür er gesucht wird.

### *Concentration*

- Keine Ablenkungen wahrgenommen, wenn man angefangen hat ist man in einem guten "Fluss" .
- The game delivers a plethora of stimuli in visual, auditory and (passive) haptic form. Some of these are relevant for the tasks and help differentiate task elements (e.g., different characters have different locations in the room as well as their own terminal to interact with them). Other Stimuli distract from the task, as they serve primarily atmospheric purposes (e.g. the blue spotlights, the music). The connection between the calculation task and the ability to ask questions is not made clear within the game's narrative, which could make them feel unnecessary.
- Diese Heuristik ist erfüllt. Insbesondere auch durch den ambienten Einsatz von Licht und Ton gab es keine Ablenkungen.
- Feedback durch Beleuchtung war sehr gut.

### *Immersion*

- Lichtshow & Musik hatte wichtige Ambience hinzugefügt, Einführung vom Wissenschaftler & lustig geschriebene Texte waren mir nicht so wichtig und haben eher gestört
- Die Hintergrundmusik trägt zur Atmosphäre bei. Man könnte evtl. noch bei den richtigen Fragen Feedback Geräusche einbauen
- The music and ambient light (while not relevant for the tasks) helps to connect to the presented scenario. Especially the use of multiple terminals and different positions in the physical space helped to immerse into the narrative (characters having fixed positions → consistency, terminals having different functionalities throughout the game → challenging, exciting because unpredictable)
- Diese Heuristik ist erfüllt, insbesondere auch durch den Einsatz des ambienten Raums.

- Spiel war immersiv und anregend. Besonders das Zusammenfügen der Informationen, um herauszufinden wer der Täter ist, war immersiv und unterhaltsam. Musik war atmosphärisch, aber nicht überfordernd.

### *Documentation/ Tutorial*

- Spielmechaniken waren klar, obwohl sie nicht erklärt wurden. Die Einführung vom Wissenschaftler hätte man kürzer bzw. inhaltsvoller gestalten können
- Es ist schon hilfreich eine Einführung zu haben um was es geht, jedoch würde man es ohne auch verstehen.
- The game is not self-explanatory. Especially at the start. The starting sequence does a good job of communicating narrative and goal of the game, but this does not mean that the player knows how to interact with which (physical) UI element immediately. Once you understand the basic mechanics however, the game routine is fairly easy and consistent. I suggest incorporating a short tutorial on how to interact with the UI into the starting cinematic (even if this bears the risk of breaking the immersion, it might be worth it to circumvent a more severe break later)
- Die Steuerung ist sehr Basic, aber teilweise passt das Mapping der Steuerung nicht zu der im Spiel präsentierten UI (bspw. statt oben und unten drückt der Spieler links und rechts). Zunächst war für mich unklar, wann eine Aufgabe an einem Bildschirm abgeschlossen ist. Ein Hinweis wäre hier noch sinnvoll gewesen. Diese Heuristik ist damit teilweise erfüllt.
- Es war unklar, wofür die Matheaufgaben am Anfang gelöst werden sollen. Die angezeigte "+5" gab nicht genügend Informationen. Auch im Nachhinein würde ich vermuten, dass die +5 für fünf weitere stellbare Fragen steht.

### *Game Provides Feedback*

- Mir war nicht bewusst, wie "gut" ich bin. Ich wusste lediglich, ob ich etwas richtig oder falsch gemacht habe
- Wie bereits erwähnt, evtl. noch Feedbacksounds einbauen. Vielleicht wurden diese auch von mir nicht wahrgenommen.

- It was not immediately understandable that asking questions was disabled in the beginning and that this function had to be “earned” through the calculation tasks. Otherwise, the game had mostly appropriate and understandable feedback
- Diese Heuristik ist erfüllt. Es gab (abgesehen von der Kette an mathematischen Aufgaben) klares Feedback, welche Aufgaben erfüllt waren, an welcher Stelle Fehler gemacht wurden und wie sie behoben wurden.
- Anzahl verbleibender stellbarer Fragen war nicht einsehbar. Es konnte nachvollzogen werden, wenn man weiß, dass man insgesamt 10 Fragen bekommt, aber nicht ohne diese Info.

### *Screen Layout*

- Keine Auffälligkeiten bzgl. des Designs
- The design of the calculation task does not really feel visually connected to the rest of the game. The rest of the game has an elaborate and consistent design that suits its narrative. However, the suspect interview sometimes felt a bit like a “wall of text” . Maybe this could be broken up by using some kind of emoji-style indicators making it possible for characters to express emotion
- Diese Heuristik ist erfüllt. Insbesondere das Controller-Design ist ansprechend und gut handhabbar. Vermutlich auch mindestens mit leichten motorischen Einschränkungen. Die visuellen Anzeigen der mathematischen Aufgaben sind minimalistisch, aber erfüllen den Zweck. Die Startanimation/das Startvideo liefert eine gute Erklärung.
- Bildschirmlayouts konnten nachvollzogen werden und die Interaktion war klar.

### *Navigation*

- Hier eventuell Tipps/Hinweise einbauen, falls man nicht weiterkommt.
- The only risk for error that I see is Players not being sure what to do in certain situations (e.g. at the beginning of the game). Maybe a call to action could be made after the player had been inactive for a certain amount of time

- Diese Heuristik ist erfüllt. gegebenenfalls sollten weitere Hilfen in das Spiel integriert werden, die beim Steckenbleiben unterstützend wirken können.
- Anfangs war unklar, dass nicht alle Matheaufgaben sofort gelöst werden sollen. Ich war dazu verleitet zunächst alle Aufgaben zu lösen, bevor ich mich genauer im Raum umgesehen habe.
- Bei der Frage nach Primzahlen wurde trotz richtiger Eingabe ein Fehler ausgegeben.

### *Control*

- Input waren teilweise inkonsistent. Beim Lückentext konnte ich anfangs nicht nach links gehen (um ans Ende zu kommen), ich konnte aber weiter nach Rechts (um an den Anfang zu kommen) und danach wieder nach links. Zumindest hab ich das so wahrgenommen
- Ja
- Game controls were minimalistic and understandable. They match established colour conventons (red, green, yellow) although these have their downsides they should be clear to most users
- Diese Heuristik ist teilweise erfüllt. Der Controller ist gut und einfach nutzbar. Das Mapping von Controller und UI ist teilweise nicht ganz klar. An einigen Stellen ist nicht ganz klar, welches Interface-Element ausgewählt ist - vor allem wenn die erste Eingabe falsch war (zum Beispiel beim Binär-Rätsel).
- Steuerung war simpel und eindeutig.

### *Supports active learning*

- This might be connected to personality, but the possibility for exploration in this game sometimes led to insecurity on how to act appropriately (e.g. when the game started, there was the possibility to “explore” the different characters by going to their terminals, however this might feel overwhelming to some players). Maybe an example interaction in the beginning might facilitate the exploration process and spark motivation
- Schwierig zu sagen, weil ich die Lernziele nicht kenne.

- Grundlegendes Mathematik-Wissen wird getestet. Ich glaube nicht, dass durch das Spiel neues Mathematik-Wissen erlernt wird, sondern vielmehr bestehendes Wissen auf eine unterhaltsame Art abgefragt wird

### *Engenders engagement*

- Ja. Ich kann mir vorstellen, dass sogar die Neugierde und Herausforderung das Rätsel an sich zu lösen motivieren könnte sich tatsächlich mit dem Lerninhalt auseinanderzusetzen.
- The “hidden information” within the game definetly stimulates curiosity, the challenge does not feel to hard or to easy. The learning environment felt controllabe almost all of the time.
- Ohne die Zielgruppe genau zu kennen, schwierig zu beantworten. Aber durch die unterschiedlichen angesprochenen Modalitäten und den Einsatz unterschiedlicher Medien, wird zumindest versucht, dieser Heuristik beizukommen.
- Schwierigkeitsgrad erschien angemessen und ließ Exploration zu.

### *Appropriateness*

- The scenario does seem appropriate for the leaning content provided
- Auch das ist schwierig zu sagen. Tendenziell sehe ich diese Heuristik als erfüllt an, weil Lernende evtl mit diesem Lernwerkzeug als Zusatzangebot noch eine weitere gute Möglichkeit haben, zu lernen. Zum eigentlichen Inhalt kann ich aber wenig sagen.

### *Supports reflection*

- Through the reoccurring types of tasks there is time for reflecting, before reencountering them
- Diese Heuristik sehe ich als nicht erfüllt an, weil keine reflexiven Methoden eingesetzt wurden. Helfen könnte evtl. eine Zusammenfassung des Lernerfolgs in einem Outro.
- Bei Fragengruppen wurde nicht klar, welche der Fragen falsch beantwortet wurden.

### *Provides equitable experience*

- Tasks waren basierend auf simplen Mathekenntnissen, gegebenenfalls wären hier einige Spieler überfordert. 2. Code hat Vorwissen über Binärcode erfordert, was auch nicht jeder kann.
- On a certain level of math-knowledge (I assume University-Student-Level) it seems that equal opportunities are provided
- Diese Heuristik sehe ich als nicht erfüllt an, weil unterschiedliche Wissensstände bei dem Spiel nicht berücksichtigt wurden. Wenn dieses Spiel als zusätzliches Lernangebot eingesetzt wird und alle Lernenden theoretisch den gleichen Wissensstand haben, sieht das gegebenenfalls anders aus.
- Schwierigkeitsgrad von einzelnen Aufgaben variierte deutlich. Beispielsweise erscheint wissen über Primzahlen anzugeben deutlich schwerer als z. B. "73-2" zu rechnen. Schwierigkeitsgrad wird jedoch nicht reduziert bei Fehlversuchen, was zu Frustration führen kann.

## F Summative Evaluation des Prototypen

Im folgenden sind die Studieninformationen, die Einwilligungserklärung und die vollständige Liste aller Antworten der Freitextfrage dargestellt.

### *Informationsschreiben und Einwilligung*

#### **Studie zur Evaluation räumlicher Lernspiele**

**Studienleiter: Prof. Dr. -Ing. Andreas Schrader**

Leiter der Ambient Computing Arbeitsgruppe

**Studiendurchführende: Lea Brandl, M.Sc.**

Wissenschaftliche Mitarbeiterin

Institut für Telematik

Ratzeburger Allee 160

23562 Lübeck

07.04.2025

#### **Information und Einwilligungserklärung zum Forschungsvorhaben: Evaluation automatisiert generierter adaptiver Ambient Serious Games**

Sehr geehrte Interessentin, sehr geehrter Interessent,

wir möchten Sie fragen, ob Sie an einer wissenschaftlichen Studie teilnehmen möchten. In dieser Information finden Sie alles Wesentliche zu der Studie.

Diese Studie wird von Institut für Telematik Universität zu Lübeck geplant und durchgeführt.

Unsere Einrichtung finanziert die Studie selbst.

Ihre Teilnahme an dieser Studie ist freiwillig. Sie können auch im Verlauf jederzeit die Teilnahme beenden. Sie müssen dies nicht begründen. Es entstehen für Sie dadurch auch keine Nachteile.

Bitte lesen Sie diese Information sorgfältig durch. Der Studienleiter wird mit Ihnen über die Studie sprechen und Ihre Fragen beantworten.

#### **Warum wird diese Studie durchgeführt?**

Im Rahmen meiner Dissertation beschäftige ich mich mit Ambienten Serious Games für die Hochschullehre. Darunter werden Spiele verstanden, die ein ernsthaftes charakterisierendes Ziel verfolgen. Sie befinden sich eingebettet in eine mit Rechnern angereicherte Umgebung, die nur teilweise von den Spielenden mental wahrgenommen wird. Dennoch steht das Spiel als solches im Fokus, welches ein Regelwerk sowie ein definiertes Ziel umfasst. Ambient beschreibt in diesem Fall den Einsatz von smarterer Umgebung, deren technische Komponenten für die

Nutzenden mental nicht wahrnehmbar sind.

Prototypisch wird ein System geschaffen, das automatisiert ambiante Lernspiele generiert, die sich den Spielertypen und Vorlesungsinhalten anpassen. Das System ist selbständig in der Lage, Übungen, welche in einem Lernmanagementsystem (z.B.: Moodle) vorliegen, in Spiele zu konvertieren, die vom Studierenden im Vorfeld ausgewählt werden.

Ziel dieser Evaluation ist es, die automatisch generierten Spiele in Hinsicht auf die Spielbarkeit, Gebrauchstauglichkeit, sowie räumliche und Motivationswahrnehmung der technisch und räumlich umgesetzten Spiele zu evaluieren. Dazu werden die Spiele, welche sich über einen zeitlichen Rahmen von 15 bis 20 Minuten erstrecken, durchgespielt.

#### Wie ist der Ablauf der Studie?

Die Studie wird für den einzelnen Teilnehmer voraussichtlich etwa 30 Minuten, maximal 40 Minuten dauern.

Über eine Terminbuchung ist es möglich, sich für die Spielteilnahme anzumelden. Haben Sie sich für ein Spiel angemeldet, kommen Sie zum gebuchten Termin zum COPICOH-Healthlab (Raum 54). Das Labor befindet sich im zweiten Stock des Gebäude 64. Es liegt im ersten Raum des Rundbogens auf der Hofseite, wenn man den Gang von der Seite der Uniklinik betritt.

Zunächst füllen Sie einen Fragebogen aus, der Ihre Vorlieben für Spiele beschreibt. Auf Grundlage dieser Angaben werden Spiele für Sie angepasst.

Anschließend können Sie an einem Spiel teilnehmen und dieses bewerten. Sie spielen das Spiel komplett durch. Achten Sie darauf alles gründlich zu lesen.

Sobald Sie das Spiel beendet haben, bekommen Sie einen digitalen Fragebogen. Sie füllen diesen Fragebogen aus und senden ihn ab.

Der Termin ist damit für Sie beendet.

#### Gibt es einen persönlichen Nutzen durch die Teilnahme an der Studie?

Für jede Spielteilnahme mindestens ein halber Medieninformatik-VP vergeben werden, falls Sie Medieninformatik studieren und dies gewünscht wird.

Für jede Spielteilnahme mindestens ein halber Psychologie-VP vergeben werden, falls Sie Psychologie studieren und dies gewünscht wird.

#### Welche Risiken sind mit einer Teilnahme an der Studie verbunden?

Abgesehen von datenschutzrechtlichen Risiken ist die Teilnahme an der Studie mit keinen Risiken verbunden. Mehr dazu findet sich unter "Information zum Datenschutz".

#### Gibt es eine Aufwandsentschädigung?

Gegebenenfalls bis zu 1 VP.

Bei Abbruch werden die Versuchspunkte auf die aufgewendete Zeit reduziert. Beispielsweise 0,5 VP bei einer halben Stunde.

#### Information zum Datenschutz

In dieser Studie ist die Universität zu Lübeck, vertreten durch die Präsidentin für die Datenverarbeitung verantwortlich.

Rechtsgrundlage für die Verarbeitung Ihrer Daten ist Ihre persönliche Einwilligung (Art. 6 Abs. 1 lit. a, Art. 9 Abs. 2 lit. a DSGVO). Ihre Daten werden zu jeder Zeit vertraulich behandelt.

Die Daten werden ausschließlich zum Zweck dieser Studie erhoben und nur im Rahmen dieser Studie verwendet.

Sollten Sie die Anrechnung von einem Medieninformatik-VP wünschen wird Ihre studentische E-Mail-Adresse zu diesem Zweck erfragt. Diese wird auf einem Blatt Papier eingetragen und im Büro von Frau Brandl in einem Schrank eingeschlossen. Nach Abschluss der Studie, spätestens aber zum 01.06.2025 werden die VP eingetragen und das Blatt wird vernichtet. In Zusammenhang mit ihren Antworten innerhalb des Versuchs werden keine personenbezogenen Daten erhoben.

Die Daten werden auf einem Server des Instituts für Telematik gespeichert und spätestens am 31.10.2025 nach Ende der Studie gelöscht.

Wir übermitteln die erfassten Daten weder an andere Einrichtungen in Deutschland, der EU, noch an ein Drittland außerhalb der EU oder an eine internationale Organisation.

Die Forschungsdaten können für wissenschaftliche Veröffentlichungen genutzt und/oder in wissenschaftlichen Datenbanken anderen Forschern zeitlich unbegrenzt zur Verfügung gestellt werden. Die Daten werden dabei in einer Form genutzt, die keinen Rückschluss auf die einzelnen Studienteilnehmer ermöglicht (anonymisiert).

Die Einwilligung zur Verarbeitung Ihrer Daten ist freiwillig. Sie können jederzeit die Einwilligung ohne Angabe von Gründen und ohne Nachteile für Sie widerrufen. Danach werden keine Daten mehr erhoben. Die Rechtmäßigkeit der aufgrund der Einwilligung bis zum Widerruf erfolgten Verarbeitung wird hiervon nicht berührt.

Sie können im Fall des Widerrufs die Löschung der erhobenen Daten verlangen. Wenn Sie dem zum Zeitpunkt Ihres Widerrufs zustimmen, können die Daten anonymisiert (ohne Zuordnung zu einer Person) weiterverwendet werden.

Sie haben das Recht, Auskunft über die Sie betreffenden Daten zu erhalten, auch in Form einer unentgeltlichen Kopie. Darüber hinaus können Sie die Berichtigung, Sperrung, Einschränkung der Verarbeitung oder Löschung sowie gegebenenfalls eine Übertragung der Daten verlangen.

Wenden Sie sich in diesen Fällen an:

Lea Brandl, M.Sc.  
Wissenschaftliche Mitarbeiterin  
Institut für Telematik  
Ratzeburger Allee 160  
23562 Lübeck  
Tel: +49 451 3101 6421  
E-Mail: [lea.brandl@uni-luebeck.de](mailto:lea.brandl@uni-luebeck.de)

Oder an den Datenschutzbeauftragten der Universität

Marc Elwischger  
x-tention Informationstechnologie GmbH  
Margot-Becke-Ring 37  
69124 Heidelberg  
Tel.: +49 451 3101 1903  
E-Mail: [datenschutz@uni-luebeck.de](mailto:datenschutz@uni-luebeck.de)

Sie haben das Recht, sich bei jeder Datenschutzaufsichtsbehörde zu beschweren. Eine Liste der Aufsichtsbehörden in Deutschland finden Sie unter:

[https://www.bfdi.bund.de/DE/Infothek/Anschriften\\_Links/anschriften\\_links-node.html](https://www.bfdi.bund.de/DE/Infothek/Anschriften_Links/anschriften_links-node.html)

Die für Sie zuständige Aufsichtsbehörde erreichen Sie unter:

Unabhängiges Landeszentrum für Datenschutz Schleswig-Holstein  
Postfach 71 16  
24171 Kiel  
oder  
Holstenstraße 98  
24103 Kiel  
Telefon: 04 31/988-12 00  
E-Mail: [mail@datenschutzzentrum.de](mailto:mail@datenschutzzentrum.de)

## Information und Einwilligungserklärung zum Forschungsvorhaben: Studie zur Evaluation räumlicher Lernspiele

### Einwilligungserklärung

Ich habe die schriftliche Information und Einwilligungserklärung zu der oben genannten Studie erhalten und gelesen. Ich wurde ausführlich schriftlich und mündlich über den Zweck und den Verlauf der Studie, den Nutzen und die Risiken der Teilnahme, die Rechte und Pflichten aufgeklärt. Ich hatte Gelegenheit Fragen zu stellen. Diese wurden zufriedenstellend und vollständig beantwortet. Zusätzlich zur schriftlichen Information wurden folgende Punkte besprochen:

---

---

Ich wurde darauf hingewiesen, dass meine Teilnahme freiwillig ist und ich das Recht habe, meine Einwilligung jederzeit ohne Angabe von Gründen zu widerrufen, ohne dass mir dadurch Nachteile entstehen.

#### Einwilligung zur Datenverarbeitung

Die Verarbeitung und Nutzung der personenbezogenen Daten für die oben genannte Studie erfolgt ausschließlich wie in dem Abschnitt "Information zum Datenschutz" beschrieben.

**Ich willige hiermit freiwillig in die Teilnahme an der oben genannten Studie und in die beschriebene Verarbeitung meiner Daten ein.**

---

Name der teilnehmenden Person in Druckbuchstaben

---

Ort, Datum

Unterschrift der **teilnehmenden Person**

---

Name der aufklärenden Person in Druckbuchstaben

---

Ort, Datum

Unterschrift der **aufklärenden Person**

## Eigens erstellter Fragebogen zur Wahrnehmung des technischen Aufbaus

### Fragebogen Technische Wahrnehmung

	---	--	-	-/+	+	++	+++	
Das System fühlt sich nicht an wie eine einheitliche Anwendung	0	0	0	0	0	0	0	Das System fühlt sich an wie eine einheitliche Anwendung
Die Stationen des Systems reagieren langsam auf Eingaben	0	0	0	0	0	0	0	Die Stationen des Systems reagieren schnell auf Eingaben
Das Gesamtsystem reagiert zäh auf Eingaben, d.h. ich muss warten, bis andere Stationen auf Eingaben reagieren	0	0	0	0	0	0	0	Das Gesamtsystem reagiert flüssig auf Eingaben, d.h. ich muss nicht warten, bis andere Stationen auf Eingaben reagieren
Das Gesamtsystem lenkt den Fokus nicht auf die Stationen, die im Moment gerade wichtig sind.	0	0	0	0	0	0	0	Das Gesamtsystem lenkt den Fokus auf die Stationen, die im Moment gerade wichtig sind.
Die Bewegung während der Bedienung der Anwendung verhindert, dass ich im Fluss bleibe	0	0	0	0	0	0	0	Die Bewegung während der Bedienung der Anwendung fördert, dass ich im Fluss bleibe
Der Einsatz von Feedback per Tonausgaben, Lichteffekten und grafischen Darstellungen fördert mein Verständnis vom Systemzustand nicht	0	0	0	0	0	0	0	Der Einsatz von Feedback per Tonausgaben, Lichteffekten und grafischen Darstellungen fördert mein Verständnis vom Systemzustand
Das durch das System gegebene Feedback fühlt sich verzögert an	0	0	0	0	0	0	0	Das durch das System gegebene Feedback fühlt sich unmittelbar an
	---	--	-	-/+	+	++	+++	

	---	--	-	-/+	+	++	+++	
Es fühlt sich an, als ob es keine kabelgebundene Verbindung zwischen dem Button Board und der grafischen Oberfläche der Station gibt	0	0	0	0	0	0	0	Es fühlt sich an, als ob es eine kabelgebundene Verbindung zwischen dem Button Board und der grafischen Oberfläche der Station gibt
Es fühlt sich an, als ob es keine kabelgebundene Verbindung zwischen der Feedback-Lampe und der grafischen Oberfläche der Station gibt	0	0	0	0	0	0	0	Es fühlt sich an, als ob es eine kabelgebundene Verbindung zwischen der Feedback-Lampe und der grafischen Oberfläche der Station gibt
Es fühlt sich an, als ob es keine kabelgebundene Verbindung zwischen der Anwendung und der Raumbelichtung gibt	0	0	0	0	0	0	0	Es fühlt sich an, als ob es eine kabelgebundene Verbindung zwischen der Anwendung und der Raumbelichtung gibt
Es fühlt sich an, als ob es keine kabelgebundene Verbindung zwischen der Anwendung und der Anlage für Hintergrundmusik gibt	0	0	0	0	0	0	0	Es fühlt sich an, als ob es eine kabelgebundene Verbindung zwischen der Anwendung und der Anlage für Hintergrundmusik gibt
	---	--	-	-/+	+	++	+++	

Können Sie sich den Einsatz eines vergleichbaren Systems mit Stationen in anderen Anwendungsgebieten vorstellen? Geben Sie bitte konkrete Beispielanwendungen und das zugehörige Anwendungsgebiet an.

---



---



---



---



---

## *Ergebnisse der Freitextfrage zur Weiterverwendung des technischen Aufbaus*

Im folgenden werden die originären Antworten aufgelistet. Der Wortlaut wurde belassen, die Rechtschreibung wurde korrigiert.

- Ja, ich kann mir das vorstellen. Statt den Matheaufgaben, könnte man auch Vokabeln lernen/wiederholen z.B. für die Schule
- Ausstellungen, bzw. immersive Projekt Vorstellungen, da ein Gefühl entsteht, geographisch innerhalb des Systems zu stehen.
- Bei Experimenten, wo eine genau Reihenfolge notwendig ist. Dadurch folgt man den Arbeitsschritten und baut unwahrscheinlicher Fehler.
- Ja, das Szenario kann gleich bleiben und die Aufgaben die man lösen muss können an unterschiedliche Bereiche angepasst werden. Da kommt vieles in Frage. Deutschaufgaben, Aufgaben aus der Informatik...
- Ja das ist vorstellbar, zum Beispiel in jeglichen Kontexten bei denen Fragen mit ja oder nein, oder Rechnungen beantwortet werden können. Also schulische, universitäre Anwendungen. Vielleicht auch bei Fortbildungen oder ähnlichen Systemen.
- Ich kann mir vorstellen, dass Grundschulkindern so viel lieber die Rechtschreibung oder Mathematik lernen, als im Frontalunterricht.
- Hat mich an das Umherlaufen in Overcooked erinnert. Wäre bestimmt Witz sich mit Freunden IRL im Weg stehen zu können. Ich könnte es mir auch für Arbeitsaufgaben vorstellen wo ein Ort einer dedizierten Teilaufgabe zugeordnet wird.
- Schulunterricht zum besseren Lernen
- In einem Museum oder generell in der Schule
- Simulation von "realen" Übungssituation, z.B. Simulation einer Notfallsituation, eines Stationsalltags oder Therapiesituation, die z.B. besonders herausfordernd sind. Als Erweiterung von Osce-Prüfungen
- Ja sehr z.B. Störungen versuchen herauszufinden, die und die Symptomatik und was das für Störung(en) sein könnten oder auch Exit-Game das stellt ich mir sehr cool vor
- Ja in Bildungseinrichtungen und Museen usw.
- Teambuilding-Projekte, ähnlichen Aufbau vom Escaperoom her
- z.B. Notfallsituationen realistisch durchleben

- Reha/ Training (in jeder Station unterschiedliche Übungen, bis man alle erreicht. Kommunikation/ Kennenlernen von Personen/ Gruppen: Gruppenarbeit
- In Schulen für weitere Schulfächer. In Museen für "Zeitreisen"durch die Geschichte.
- Nachhilfe für Kinder in Kleingruppen oder allein
- Museum, Physikexperimente zum lösen eines Rätsels
- Museen - Aufgaben an unterschiedlichen Ausstellungsstücken, beliebige Anwendungsgebiete (Geschichte, Mathematik, Biologie - alles mit Wissens- oder Fähigkeitenabfrage). Escape Rooms, aber das ist ja eigentlich schon der momentane Kontext.
- Vokabeln lernen
- Ja, in allen möglichen Lehr- und Lernsituationen. Vermutlich besonders in Situationen, in denen Situational Awareness eine Rolle spielt, zb beim Lernen von der richtigen Priorisierung von Aufgaben. (Zb Ausbildung zum Verhalten in Notsituationen?)
- Medizinische Einweisungen in Kliniken (bspw. in neue Medizintechnik für Mitarbeiter).
- Geografie: Erkennen von Umrissen, Zuordnung von Bildern/Daten. Statistik: Grafiken erkennen, Diagramme zuordnen, Mathematische Formeln bestimmen
- So was wie Escape Rooms, also auch Unterhaltung sozusagen
- Kochspiel oder Reparatur-/Craftingspiel bei dem verschiedene Komponenten an verschiedenen Orten be-/verarbeitet werden müssen. Kochen (Schneiden dann mixen dann kochen . . . ), Waffen modifizieren, Roboter bauen etc.
- Spontan fällt mir leider nichts ein. . .



## G Szenario für ein mobiles Multiuser Ambient Serious Game

Das folgende Szenario skizziert die Vision eines mobilen Ambient Serious Game, welches durch die Weiterentwicklung von HONU und die Ausstattung der Universität mit smarten Geräten und Netzwerken aus dem Reflection Kontext im universitären Alltag implementiert werden könnte.

Katharina Mayer ist wissenschaftliche Mitarbeiterin am Institut für Signalverarbeitung. Sie gibt neben anderen Veranstaltungen auch eine Vorlesung zum Thema Signalverarbeitung in der Medizin. Zum Modul gehört nicht nur eine Vorlesung, sondern auch eine Übung, die sie selbst betreut. Während der Coronapandemie hat sie ihre Veranstaltung auf eine Online-Veranstaltung umgestellt. Die Vorlesung hat sie als Podcasts aufbereitet und die Übungen hat sie in Form Online Übungen im LMS der Universität angelegt. Da sie ihren Stoff möglichst eingängig vermitteln möchte, hat sie die Podcasts kurz gestaltet und viele kurze Übungen angelegt. Je eine Übung zu einem Podcast.

Nach der Pandemie findet ihre Vorlesung wieder in Präsenz statt. Das Konzept der kurzen Lehreinheit mit anschließender Übung hat sie beibehalten. Die Übungen machen die Studierenden in Einzelarbeit an ihren Laptops oder Smartphones. Doch leider kommen nicht sehr viele Studierende zu den Vorlesungen. Um die Veranstaltung für die Studierenden attraktiver zu gestalten, überlegt sie, auf ein Angebot der Universität zurückzugreifen und die Übungen nicht mehr als Online-Übung, sondern als Spiel zu gestalten. Dazu leiht sie sich bei der Servicestelle für Technik einen Spielekoffer aus und nimmt diesen mit in den Hörsaal.

Im Hörsaal angekommen öffnet sie den Koffer. Im Deckel findet sie eine Anleitung sowie einen QR-Code und eine Zahlenreihe. Nun startet sie gemäß der Anleitung, ihren Rechner und öffnet den Browser. Dort loggt sie sich im LMS der Universität ein und sucht ihren Kurs und die darin befindliche Übung heraus. Mit einem Klick auf das richtige Icon kann sie nun die Übung als mobiles Multiplayer-Spiel starten. Dazu muss sie zunächst bestätigen, dass der Computer den richtigen Raum erfasst hat. Im nächsten Schritt zeigt das System an, welche öffentlich zugänglichen Geräte im Raum gefunden wurden und ob eine stabile Verbindung besteht. Der Laptop, an dem sie arbeitet, hat einen Beamer, Audioboxen und eine Kamera identifiziert. Die Verbindungsanzeige zeigt zunächst einen Ladekreis an und bestätigt dann mit einem Häkchen-Symbol, dass die Verbindungen

zum Beamer und den Boxen erfolgreich hergestellt wurden. Die Kamera kann nicht stabil verbunden werden. Katharina hat nun die Möglichkeit erneut zu versuchen eine stabile Verbindung herzustellen oder die Kamera zu ignorieren. Sie entscheidet sich für Letzteres und kommt jetzt auf eine Seite an dem sie entweder den Zahlencode aus dem Koffer eingeben oder den QR-Code scannen muss. Nachdem sie den Code eingegeben hat, kann sie zwischen drei verschiedenen Spielen auswählen. Da es sich um einen Vorlesungsblock nach der Mittagspause handelt, entscheidet sie sich für ein Bewegungsquiz. Nach den Anweisungen des LMS verteilt sie inzwischen die Buzzer, welche sich im Koffer befunden haben, im Raum. Es befinden sich noch andere Gegenstände im Koffer, die sie aber nicht benötigt. Sobald sie einen Buzzer aus dem Koffer nimmt, blinkt ein LED-Band um den Koffer kurz auf. Daher weiß Katharina, dass alle Buzzer funktionieren und voll geladen sind. Nach etwa fünf Minuten ist das Spiel aufgebaut. Kurz darauf beginnt die Vorlesung. Die Studierenden betreten den Hörsaal und setzen sich. Wie immer sind die vorderen Reihen im Saal unbesetzt.

Katharina beginnt mit der Vorlesung. In der ersten halben Stunde erklärt sie die Auswertung von Messsignalen mithilfe der Mustererkennung. Dabei werden mehrere Messkurven automatisch analysiert, indem Muster in mehreren Kurven erkannt werden. Nach dieser kurzen Vorlesungseinheit ist eine Übung geplant, die nun als Spiel stattfindet. Katharina startet aus dem LMS heraus das Spiel. Auf dem bereits verbundenen Beamer werden Anweisungen an die Spieler angezeigt. Über die Soundboxen ist eine Hintergrundmusik zu hören. Zunächst sollen sich die Studierenden frei im Raum verteilen. Die erste Aufgabe ist eine Multiple-Choice-Aufgabe mit mehr als einer richtigen Antwort. Auf der Projektionsfläche sind mehrere Messkurven angezeigt. Darunter befinden sich farbige Felder, in welchen mögliche Muster angezeigt sind. Die Studierenden sollen jetzt schnellstmöglich den Buzzer betätigen, der die Farbe eines richtigen Musters anzeigt. Mit jeder Frage ändern sich die Farben der Buzzer zufällig. Je schneller die Studierenden bei der Beantwortung sind, umso mehr Punkte können erreicht werden. Bei einer korrekten Antwort ertönt ein positiv assoziierter Sound, bei einer falschen ein negativer. Die Studierenden arbeiten gemeinsam im Team, um möglichst schnell zu antworten. Sie geben sich gegenseitig Hinweise, wer am nächsten zur jeweiligen Farbe steht. In der nächsten Runde sollen Begriffe einander zugeordnet werden. Dazu müssen jeweils zwei Buttons zueinander gebracht werden. Auf den Buzzern erscheinen nun Aussagen oder Begriffe. Die Begriffe müssen nun zu den richtigen Aussagen getragen werden. Eine Bewertung erfolgt, sobald alle Buzzer mit einem anderen zusammen gruppiert wurden. Je mehr Buzzer richtig zugeordnet sind, umso mehr Punkte wurden erreicht. In diesen zwei Runden erreichen die Studierenden 23847 Punkte. In einem Highscore können sie sehen, dass sie die zweitbeste Punktzahl erreicht haben. Die Übung ist inzwischen zu Ende und Katharina fährt

nach der 15-minütigen Spielpause mit der Vorlesung fort. Es braucht kurze Zeit, bis wieder Ruhe im Hörsaal einkehrt. Doch im Anschluss an das Spiel sind die Studierenden wieder aufgeweckter und können sich gut auf den neuen Stoff konzentrieren.

Nach der Vorlesung baut Katharina das System ab. Dazu muss sie lediglich die Buzzer zurück in den Koffer legen und sich wie gewohnt im LMS abmelden. Katharina ist sehr zufrieden mit ihrer Vorlesung. Sie hat das Gefühl, dass die Studierenden aktiver an der Vorlesung teilgenommen haben und Spaß am Lehrstoff bzw. am Lernspiel hatten. Nach der Vorlesung haben sie sich gewünscht in einer anderen Vorlesung das Spiel zu wiederholen, um ihren Highscore zu überbieten. Katharina ist gespannt, ob die Studierenden in der nächsten Woche genauso engagiert teilnehmen. Aufgrund des positiven Eindrucks kann sie sich vorstellen, erneut ein Spiel statt einer Übung in die Vorlesung einzubauen.