

User-Centered Design-Process in VR

Weiterentwicklung und Usability-Testung des
Prototyps VR-GAIT für die Ganganalyse

Masterarbeit

Ausgeführt zum Zweck der Erlangung des akademischen Grades
Dipl.-Ing. für technisch-wissenschaftliche Berufe

am Masterstudiengang Interactive Technologies an der Fachhochschule
St. Pölten, **Masterklasse Mobile**

von:

Lydia Popp, BSc

51825183

Betreuerin: Dipl.-Ing. Stefanie Größbacher, BSc
Zweitbetreuer: FH-Prof. Priv.-Doz. Dr. Brian Horsak

St. Pölten, 11.05.2025

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre an Eides statt, dass

- ich die vorliegende Arbeit selbständig und ohne fremde Hilfe verfasst, keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe.
- ich mich bei der Erstellung der Arbeit an die Standards guter wissenschaftlicher Praxis gemäß dem Leitfaden zum Wissenschaftlichen Arbeiten der FH St. Pölten gehalten habe.
- ich die vorliegende Arbeit an keiner Hochschule zur Beurteilung oder in irgendeiner Form als Prüfungsarbeit vorgelegt oder veröffentlicht habe.

Über den Einsatz von Hilfsmitteln der generativen Künstlichen Intelligenz wie Chatbots, Bildgeneratoren, Programmieranwendungen, Paraphrasier- oder Übersetzungstools erkläre ich, dass

- im Zuge dieser Arbeit kein Hilfsmittel der generativen Künstlichen Intelligenz zum Einsatz gekommen ist.
- ich Hilfsmittel der generativen Künstlichen Intelligenz verwendet habe, um die Arbeit Korrektur zu lesen.
- ich Hilfsmittel der generativen Künstlichen Intelligenz verwendet habe, um Teile des Inhalts der Arbeit zu erstellen. Ich versichere, dass ich jeden generierten Inhalt mit der Originalquelle zitiert habe. Das genutzte Hilfsmittel der generativen Künstlichen Intelligenz ist an entsprechenden Stellen ausgewiesen.

Durch den Leitfaden zum Wissenschaftlichen Arbeiten der FH St. Pölten bin ich mir über die Konsequenzen einer wahrheitswidrigen Erklärung bewusst.

Für Sonja, Moritz und Lotte

Kurzfassung

In dieser Masterarbeit wurde ein bestehender VR-Prototyp zur beobachtenden Ganganalyse weiterentwickelt und anschließend getestet. Ziel war es, die Menüführung, die Interaktionen und den Prüfungsmodus so zu gestalten, dass Studierende möglichst einfach und intuitiv damit arbeiten können. Der neue Prototyp wurde im Rahmen eines User-Centered Design-Prozess entwickelt und von sieben Testpersonen getestet und bewertet.

Im Mittelpunkt standen vor allem die Fragen: Wie gut lässt sich die Anwendung bedienen? Ist die Navigation verständlich? Wie hilfreich ist der Prototyp für das Lernen? Die Evaluierung bestand aus einem Usability-Test mit Beobachtungen, einem standardisierten Fragebogen (SUS) sowie offenen und geschlossenen Fragen zur Nutzung und zu möglichen Verbesserungen.

Die Ergebnisse zeigen, dass der Prototyp insgesamt sehr gut ankam. Besonders das Avatar-Menü, die Fortschrittsanzeige und der strukturierte Ablauf im Prüfungsmodus wurden positiv hervorgehoben. Gleichzeitig gab es hilfreiche Hinweise für die Weiterentwicklung, zum Beispiel Tutorials zur Einführung, weiterführende Informationen zu den einzelnen Gangbildern und zusätzliche Feedbackmechanismen.

Die Arbeit zeigt, dass VR in der Ausbildung sinnvoll eingesetzt werden kann, vor allem dann, wenn Technik und Didaktik gut zusammenpassen. Der Prototyp bildet eine gute Grundlage für weitere Lernanwendungen im Bereich der Ganganalyse und hat Potenzial für den Einsatz in Lehre und Praxis.

Abstract

In this master's thesis, an existing VR prototype for observational gait analysis was further developed and subsequently tested. The aim was to design the menu navigation, interactions, and examination mode in a way that enables students to use the application as easily and intuitively as possible. The new prototype was developed within a user-centered design process and evaluated by seven participants.

The main focus was on the following questions: How well can the application be operated? Is the navigation intuitive? How helpful is the prototype for learning purposes? The evaluation included a usability test with observational data, a standardized questionnaire (SUS), as well as open and closed questions regarding use and potential improvements.

The results show that the prototype was generally well received, particularly the avatar menu, the progress indicator, and the structured process within the examination mode. At the same time, there were useful suggestions for further development, for example introductory tutorials, additional information on specific gait patterns and enhanced feedback mechanisms.

The thesis demonstrates that VR can be effectively used in clinical practice, especially when technology and didactics are well integrated. The prototype forms a good basis for further educational applications in the field of gait analysis and has potential for use in both academic and professional contexts.

Inhaltsverzeichnis

Eidesstattliche Erklärung	II
Kurzfassung	IV
Abstract	V
Inhaltsverzeichnis	VI
1 Einleitung	9
1.1 Hintergrund und Motivation	10
1.2 Methodik und Forschungsfragen	11
2 Theoretische Grundlagen	14
2.1 Beobachtende klinische Ganganalyse	14
2.1.1 Der Gangzyklus	15
2.1.2 Frühere Prototypen	17
2.2 Virtual Reality in der Lehre	20
2.2.1 Technische Grundlagen	21
2.2.2 Einsatzgebiete in der Bildung	23
2.3 Lerntheoretische Perspektiven auf VR	28
2.4 Didaktische Modelle	28
2.4.1 Behaviorismus	28
2.4.2 Kognitivismus	32
2.4.3 Konstruktivismus	34
2.4.4 Konnektivismus	37
2.5 Didaktische Gestaltungsprinzipien	39
2.5.1 Gamification	40
2.5.2 Digital Game-Based Learning	41
2.5.3 Serious Games	42
2.5.4 Virtuelle Räume	43
2.5.5 Storytelling	43
2.5.6 Belohnungssysteme (Rewards)	45
3 Methodik	47
3.1 Die 10 Heuristiken nach Nielsen	47
1. Sichtbarkeit des Systemstatus	47
3.2 Forschungsdesign	50
3.3 Usability-Test	51
3.3.1 Test-Setup und Durchführung	52

3.3.2	Fokusgruppe	53
3.3.3	Erhebungsinstrumente	53
3.4	Umsetzung des Prototyps VR-GAIT	54
3.4.1	Set-Up	55
3.4.2	Konzept	56
3.4.3	User Interface (UI) Design mit Float Grids UI-System	56
3.4.4	Farbschema	57
3.4.5	Keyboard	58
3.4.6	Menüs	58
3.4.7	Fragebogen	62
3.4.8	Teleportation	63
3.4.9	Grab Handle	64
3.4.10	Steuerung	64
3.4.11	Set-Up für die .exe Datei	65
3.4.12	Fazit	65
4	Ergebnisse	67
4.1	Beobachtungen bei der Testdurchführung	67
4.1.1	Aufgaben – Allgemeiner Überblick	68
4.1.2	Ergebnisse des System Usability Scale (SUS) Fragebogens	74
4.2	Ergebnisse der Usability-Befragung	77
4.2.1	Geschlossene Fragen	77
4.2.2	Offene Fragen	78
4.3	Bewertung der Features	80
4.4	Zusammenfassung der Ergebnisse	81
5	Diskussion	83
5.1	Interpretation der Ergebnisse	83
5.2	Anwendung in Praxis und Ausbildung	86
5.3	Weitere Features	89
5.4	Ausblick	91
6	Fazit	93
Literaturverzeichnis		95
Abbildungsverzeichnis		103
Tabellenverzeichnis		105
Anhang		106
A.	Testleitfaden	106
B.	Interviewleitfaden	107

C. Interview-Fragebogen	108
D. Muster Einverständniserklärung	114
E. Auswertungsprotokolle	115
F. Fragebogen Prüfungsmodus	155

1 Einleitung

Digitalisierung findet mittlerweile in allen gesellschaftlichen Bereichen in unterschiedlicher Ausprägung statt (Bertenrath et al., o. J.). Auch das Lernen wird dadurch zunehmend neu interpretiert, vieles davon findet bereits auf virtueller Ebene statt. Die Hintergründe dafür sind vielfältig, etwa aus Kostengründen, um Ausbildungen leistbarer zu gestalten, oder aufgrund des Mangels an Bildungseinrichtungen und Lehrpersonen, wodurch der Zugang zu Bildung überhaupt erst ermöglicht werden kann. Der offene Umgang mit Digitalisierung stellt die Weichen dafür, dass die Vielfalt an Möglichkeiten der Wissensaneignung und -vermittlung zum Einsatz kommen kann und angenommen wird. Lernende können mithilfe digitaler Tools interagieren, kommunizieren und individuelle Lernprozesse adaptieren.

In der Hochschulausbildung im Gesundheitswesen ist ein Lernen ohne Präsenzphasen nur in Teilbereichen möglich, da praktische Übungen und der Umgang mit Patient*innen nur begrenzt unmittelbar erfahrbar sind und damit verbundene Kompetenzen nicht im erforderlichen Ausmaß weiterentwickelbar sind (Kleditzsch, 2019). Durch die Digitalisierung erfährt die Hochschuldidaktik Vorgaben und Richtlinien, aus denen Lernprozesse abgeleitet und auf der geisteswissenschaftlichen Ebene kritisch beleuchtet werden müssen (Giercke-Ungermann & Handschuh, 2020, S. 114). Es ist wichtig, die Digitalisierung so zu gestalten, dass sowohl Lehrende als auch Lernende vom Wissenstransfer profitieren, in einer Form, die den Dialog und das individuelle Wahrnehmen der einzelnen Person zulässt und fördert. Es stellt sich nicht mehr die Frage, ob Unterricht in digitaler Form sinnstiftend ist, sondern wie dieser aufgebaut sein muss, um damit das gleiche Lernniveau bzw. denselben Lernerfolg zu erreichen. Hierfür werden digitale Innovationen benötigt, denn sie sind der eigentliche Schlüssel zur Digitalisierung (Fortmann & Kolocek, 2018). Ein möglicher Ansatz könnte der Einsatz von Virtual Reality sein.

Mit Virtual Reality können komplette Welten computergeneriert erschaffen werden, in die Lernende eintauchen und gleichzeitig mit der virtuellen Umgebung interagieren können (Kurubacak & Altinpulluk, 2017). Die erstellte Welt kann aufgrund der Interaktion mit Lernenden als so real wahrgenommen werden, dass der Übergang von der realen in die virtuelle Welt verschwimmt. Diese immersive Technologie eröffnet völlig neue didaktische Handlungsoptionen. Auch

Hochschulen versuchen zunehmend, diese innovativen Ansätze in die Lehre einzubinden, da sie dabei helfen, komplexere Sachverhalte zu erfassen und erlebbar zu machen (Müser & Fehling, 2021). Trotz dieser Möglichkeiten kommen sie jedoch derzeit in der Hochschullehre kaum zum Einsatz. Die bloße Verwendung digitaler Inhalte führt noch nicht zum gewünschten Lernerfolg, denn moderne Medientechnologien entfalten ihr didaktisches Potenzial nur dann, wenn die Rahmenbedingungen stimmen (Gutbrod, 2020; Hellriegel & Čubela, 2018).

1.1 Hintergrund und Motivation

Die Verbindung der Themenbereiche Gesundheit und Technologie spiegelt sich in aktuellen interdisziplinären Projekten wider. Die Ganganalyse ist ein wichtiger Bestandteil des Studieninhalts der Physiotherapie, denn das Verständnis des menschlichen Gangbildes erweist sich als Notwendigkeit, um die richtige Therapie für Patient*innen zu wählen (Mittlmeier & Rosenbaum, 2005). Vielfach können mit der Ganganalyse Aussagen in Bereichen getroffen werden, für die keine weiteren Diagnostikverfahren verfügbar sind. Dazu ist es für die Studierenden jedoch unerlässlich, innerhalb ihrer Ausbildung möglichst viele Gangbilder mit unterschiedlichen Pathologien und Problemstellungen kennenzulernen, zu sehen und zu analysieren. Auch findet das Aufzeichnen einer Ganganalyse in eigens dafür eingerichteten Laboren statt, welche häufig sehr kostenintensiv in der Anschaffung sind. In der Praxis lässt sich beides oft nicht im nötigen Ausmaß umsetzen, wie es notwendig wäre, um diese Kompetenzen ausreichend zu erwerben.

Wie wichtig die Ganganalyse ist, lernte ich bei meiner Tätigkeit bei Otto Bock, als ich mikrochipgesteuerte Unterschenkelprothesen wartete und instand setzte. Dort konnte ich erleben, wie innovative Technologien dazu beitragen, Menschen mit unterschiedlichsten körperlichen Beeinträchtigungen neue Lebensqualität zu ermöglichen. In der Forschung und Entwicklung dieser Produkte und in der Nachbetreuung der Patient*innen war auch die Ganganalyse von zentraler Bedeutung. Diese Arbeit knüpft daran an und untersucht, wie immersive Technologien wie Virtual Reality dabei eingesetzt werden können, um die Wissensvermittlung der klinisch beobachtenden Ganganalyse zu verbessern.

Einen wichtigen Ausgangspunkt bildet dabei die Lernsoftware GAIT Score (Lampel, 2013). Diese soll die Studierenden bei ihrem Lernprozess unterstützen und ihnen möglichst viele unterschiedliche Gangbilder zur Verfügung stellen. Das Forschungsprojekt wurde bereits 2012 an der Fachhochschule St. Pölten unter der Leitung von Brian Horsak und Kerstin Lampel gestartet. GAIT Score wurde in zwei Iterationsschritten weiterentwickelt. Mit dieser Software soll Studierenden ein Werkzeug an die Hand gegeben werden, das ihnen den Zugang zur Ganganalyse

erleichtert. Durch die große Anzahl an Videos innerhalb der Datenbank (GAIT Score - Forschung, 2013) wurde den Studierenden eine Vielzahl an unterschiedlichen Gangbildern zur Analyse und Diagnostik als Übungsmaterial zur Verfügung gestellt.

Im Rahmen der Masterarbeit *Virtual Humans für die Ganganalyse - Entwicklung eines VR-Prototyps für die Konfiguration von virtuellen Menschen für die Ganganalyse* (Hermann, 2023) wurde erstmals Virtual Reality eingesetzt. Die Patientenvideos wurden in Avatare transformiert und damit die Möglichkeiten zur Wissensvermittlung der klinisch beobachtenden Ganganalyse erweitert und auf eine völlig neue Stufe gestellt.

Die Masterarbeit knüpft hier mit der Weiterentwicklung des Prototyps Virtual Human an (Hermann, 2023). Die Funktionen sollen weiter ausgebaut, und die Nutzer*innenfreundlichkeit erhöht werden. Innerhalb der Arbeit soll herausgefunden werden, welche Potentiale sich aus der Verwendung von VR unter Zuhilfenahme von didaktischen Modellen und didaktischen Gestaltungsprinzipien wie Gamification, Storytelling und Belohnungssysteme ergeben.

Auch von Bedeutung sind die notwendigen Rahmenbedingungen und Herausforderungen, die der Einsatz von Virtual Reality mit sich bringt. Im Vordergrund steht dabei die didaktische Aufbereitung der Lerninhalte, um aufgrund der Fülle an zusätzlichen Informationen eine Überforderung der Studierenden zu vermeiden. Ebenso stellt sich die Frage, wie ein barrierefreier Zugang zur Software für weniger technikaffine Studierende ermöglicht werden kann.

1.2 Methodik und Forschungsfragen

Diese Arbeit untersucht, wie innovative Technologien wie Virtual Reality in der Ausbildung von Studierenden der Physiotherapie eingesetzt werden können, um die Wissensvermittlung der klinisch beobachteten Ganganalyse zu unterstützen. Dabei sollen auch die Möglichkeiten, die sich durch die didaktische Aufbereitung ergeben, sowie die Usability eines weiterentwickelten Prototyps in VR analysiert werden. Der Fokus liegt dabei auf der Benutzer*innenfreundlichkeit der Ausgestaltung der Bedienelemente. Das Feedback der Nutzer*innen soll Aufschluss darüber geben, wie zugänglich die Menüführung, die einzelnen Interaktionselemente und der Prüfungsmodus sind. Weiters wird der Einsatz von didaktischen Gestaltungsprinzipien, wie Gamification, Storytelling und Belohnungssysteme in Virtual Reality im theoretischen Teil behandelt, auch wenn

sie bislang nicht im Prototyp umgesetzt wurden. Sie werden in Kapitel 2.5 als mögliche Erweiterungen thematisiert.

Um diese Ziele zu erreichen, werden unterschiedliche methodische Ansätze verwendet. Eine umfangreiche Literaturrecherche bildet die Grundlage für die didaktischen und technischen Rahmenbedingungen. Auf Basis dessen wird ein bestehender VR-Prototyp weiterentwickelt, um die einzelnen Funktionen und Elemente innerhalb eines Usability-Tests mithilfe der Testpersonen analysieren zu können. Fragebögen, Beobachtungen und Interviews sollen qualitative und quantitative Daten erheben, um die Benutzer*innenfreundlichkeit umfangreich bewerten zu können.

Folgende Forschungsfragen sollen innerhalb dieser Arbeit beantwortet werden:

1. Welche Anforderungen an Menüführung und Interaktion ergeben sich aus Sicht der Nutzer*innen für eine nutzer*innenfreundliche Gestaltung in der virtuellen Realität?

Diese Frage wird durch eine Kombination aus Literaturrecherche, Prototypentwicklung, Usability-Testung und Auswertung der erhobenen Daten beantwortet. Vorab wird recherchiert, um spezifische Herausforderungen und Lösungsansätze zu beleuchten. Nach Erstellung des Prototyps wird mit einer Fokusgruppe, bestehend aus sieben Personen mit unterschiedlichem beruflichem Hintergrund, getestet. Der Prototyp wurde dafür weiterentwickelt, um den Nutzer*innen während des Tests das Eintauchen in das VR-Erlebnis zu ermöglichen. So soll herausgefunden werden, wie benutzer*innenfreundlich die Benutzer*innenoberfläche aufbereitet wurde und um welche Features der VR-Prototyp noch erweitert werden könnte. Weiters wird die optische Gestaltung wie Farben und Symbole abgefragt. Mit dem Test, Fragebögen und Interviews werden wichtige Grundsteine für die Anpassung des Prototyps gelegt. Aufgrund der Ergebnisse kann das Design auf die Bedürfnisse der Nutzer*innen abgestimmt und in zukünftige Weiterentwicklungen einfließen.

2. Wie schätzen Nutzer*innen die Nutzer*innenfreundlichkeit von Menüführung und Interaktionselementen im weiterentwickelten VR-Prototyp ein?

Mithilfe der User-Tests des VR-Prototyps und der dabei zum Einsatz kommenden Fragebögen und Interviews soll diese Frage beantwortet werden. Die subjektiven Bewertungen werden mit dem standardisierten SUS-Fragebogen (System Usability Scale) nach Brooke (1996) erhoben. Dabei werden Rückmeldungen der Testpersonen zu Schwierigkeiten, Missverständnissen oder Verbesserungen berücksichtigt. Gleichzeitig kann mit dem Feedback der Nutzer*innen die Zugangsbarriere abgefragt werden.

3. Wie werden Funktionalität und Nutzer*innenfreundlichkeit des Prüfungsmodus im VR-Prototyp von den Nutzer*innen wahrgenommen?

Diese Frage wird im Zuge des Usability-Tests beantwortet. Testpersonen erhalten spezifische Aufgaben zum Prüfungsmodus. Dort werden die Fortschrittsanzeige und die Navigation innerhalb des Fragebogens getestet. So soll herausgefunden werden, ob sich die Nutzer*innen mit der Ausgestaltung der Menüführung im Prüfungsmodus intuitiv im virtuellen Raum bewegen können.

Während dieser Arbeit spielte der nutzer*innenzentrierte Designansatz (User-Centered Design, DIN EN ISO 9241-210:2019) eine wichtige Rolle. Gerade bei innovativen Technologien wie Virtual Reality ist es entscheidend die Bedürfnisse, Erwartungen und Erfahrungen der Nutzer*innen so früh wie möglich in den Entwicklungsprozess miteinzubinden. Dabei ist es wichtig, dass die Anwendung nicht nur technisch funktioniert, sondern für die Nutzer*innen auch verständlich und zugänglich ist. In der Physiotherapie-Ausbildung sollen komplexe Inhalte praxisnah vermittelt werden, da ist eine intuitive und klar strukturierte Lernumgebung besonders wichtig.

Neben den technischen und didaktischen Aspekten ist auch die Usability entscheidend, denn wenn sich die Nutzer*innen in der Anwendung zurechtfinden, dann können sie sich auch auf die Inhalte konzentrieren. Deshalb wurde bereits im Entstehungsprozess dieses Prototyps auf die Benutzer*innenfreundlichkeit geachtet. Dies betrifft unter anderem die Navigation, die optische Gestaltung und die didaktische Aufbereitung der Anwendung.

In dieser Arbeit wird darüber diskutiert, wie digitale Technologien in die Ausbildung von Gesundheitsberufen integriert werden können. Der Prototyp und seine Evaluierung wollen einen Beitrag dazu leisten.

2 Theoretische Grundlagen

In diesem Kapitel werden die theoretischen Grundlagen der Arbeit vorgestellt. Sie dienen als Basis für die Konzeption, Durchführung und Auswertung des Usability-Tests. Die beobachtende klinische Ganganalyse wird kurz in ihrer Rolle als zentrale Analysemethode in der Physiotherapie erläutert. Darauf aufbauend folgt eine Darstellung des menschlichen Gangzyklus sowie ein Überblick über die früheren digitalen Prototypen zur Ganganalyse innerhalb dieses Forschungsprojektes.

Anschließend werden die Grundlagen des didaktischen Einsatzes im Bildungsbereich, insbesondere in Hinblick auf Virtual Reality, beschrieben. Fokussiert wird dabei vor allem auf die Usability in digitalen Lernumgebungen, die für den weiterentwickelten Prototyp von Bedeutung sind.

Ergänzend dazu werden Lerntheorien und didaktische Modelle vorgestellt. Sie bilden die Grundlage für den pädagogischen Zusammenhang bei der Gestaltung des Prototyps und des Usability-Tests.

Abschließend werden drei didaktische Gestaltungsprinzipien wie Gamification, Storytelling und Belohnungssysteme, die zur Förderung der Motivation und des Lernerfolges eingesetzt werden können, thematisiert.

2.1 Beobachtende klinische Ganganalyse

Die beobachtende klinische Ganganalyse ermöglicht die Erfassung und Beurteilung der Mobilität von Patient*innen ohne technische Hilfsmittel. Objektiv und lösungsorientiert können so frühzeitig mögliche Schäden, Einschränkungen und Behinderungen von Patient*innen identifiziert und analysiert werden (Götz-Neumann, 2016, S. 105). Dies bildet die Basis zur Erhaltung, Verbesserung und Wiederherstellung des Bewegungsapparates. Im Studiengang Physiotherapie kommt der Analyse des menschlichen Gangbildes eine große Bedeutung zu, sowohl in der Diagnostik als auch in der Therapie, dem Überprüfen und Dokumentieren des Therapieerfolges (GAIT-Score II - Forschung, 2015). Dies ist für angehende Physiotherapeut*innen ein zentraler Bestandteil der Ausbildung. Die Schrittlänge, Schrittbreite, Dauer der Standphase sowie die Bewegungssymmetrie sind wichtige Parameter bei der Bewertung innerhalb der klinisch beobachtenden Ganganalyse (Mittlmeier & Rosenbaum, 2005, S. 615). Auffälligkeiten können auf muskuläre Schwächen, neurologische oder orthopädische Fehlstellungen hinweisen.

Laut Perry, zitiert nach Götz-Neumann (2016, S. 105), sollten alle in die Ganganalyse involvierten Personen, dazu zählen etwa Ärzt*innen, Physio- und Ergotherapeut*innen, Orthopädiemechaniker*innen und Ingenieur*innen, über die nötigen Fähigkeiten verfügen, um ein Gangbild sinnvoll auswerten zu können.

Die beobachtende klinische Ganganalyse bildet eine wichtige Grundlage für Entscheidungen in der Therapie und Rehabilitation. Zusätzlich ermöglicht sie die Feststellung von Defiziten und Therapieerfolgen. Der im folgenden Abschnitt beschriebene standardisierte Gangzyklus dient dabei als Orientierung.

2.1.1 Der Gangzyklus

Um Abweichungen im Gangbild zu erkennen und gezielt einzuordnen, ist ein grundlegendes Verständnis des menschlichen Gangzyklus unerlässlich. Ein Gangzyklus beschreibt den Bewegungsablauf eines Schrittes, der in seine einzelnen Phasen unterteilt wird. Dadurch können normale von pathologischen Gangbildern unterschieden werden. Dies setzt jedoch die präzise Kenntnis der einzelnen Gangphasen voraus.

Aufgrund mangelnder Diagnostikverfahren erschuf Dr. Jacqueline Perry bereits in den 1960er Jahren mit der beobachtenden Ganganalyse (Abbildung 1) ein Konzept, mit dem funktionelle Beeinträchtigungen im Gangbild zu beobachten und Abweichungen festzustellen sind (Götz-Neumann, 2016, S. 104). Der Gangzyklus nach Jacqueline Perry wird in die Schwung- und die Standphase unterteilt (Perry & Burnfield, 2010, S. 93). Diese gliedern sich in folgende acht spezifische Unterphasen:

Standphase

Anfangskontakt (Initial Contact – IC)

Beim Anfangskontakt ist die Hüfte gebeugt, das Knie gestreckt und der Knöchel ist bis zur Neutralstellung zur Rückseite hin geflext. Der Bodenkontakt erfolgt mit der Ferse (Perry & Burnfield, 2010, S. 93).

Belastungsübernahme (Loading Response – LR)

Mit der Belastungsübernahme beginnt die Übertragung des Körpergewichts auf die vordere Extremität. Die Ferse wird als Wippe verwendet und dadurch das Knie zur Stoßdämpfung gebeugt. Ein kurzer Abwärtsbogen im Bereich des Sprunggelenks dämpft den Fersenaufprall, die Abrollbewegung bleibt jedoch bis zum Ende der Phase bestehen (Perry & Burnfield, 2010, S. 93).

Mittlere Standphase

In der mittleren Standphase bewegt sich in der ersten Hälfte das Bein durch eine Aufwärtsbewegung im Sprunggelenk über den belasteten Fuß hinweg, während sich Knie und Hüfte zunehmend strecken. Das andere Bein befindet sich

gleichzeitig in der mittleren Phase des Schwungabschnitts (Perry & Burnfield, 2010, S. 93).

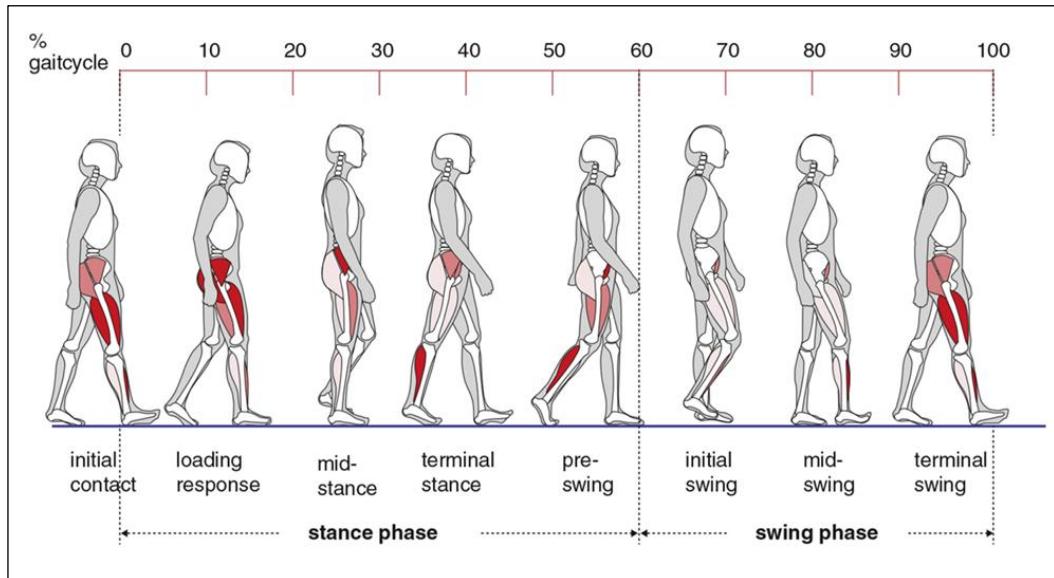


Abbildung 1. Ein kompletter Gangzyklus mit allen acht Teilphasen nach Dr. Jacquelin Perry basierend auf Deckers und Beckers (2017).

Standphasenende

In der zweiten Hälfte der Phase hebt sich die Ferse vom Boden, und das Bein rollt über den vorderen Teil des Fußes ab. Das Knie beendet seine Streckung und beginnt sich wieder leicht zu beugen. Durch die verstärkte Streckung in der Hüfte und das weitere Anheben der Ferse wird das Bein nach hinten geführt. Gleichzeitig schließt das andere Bein seine Schwungbewegung ab und bereitet sich auf den nächsten Bodenkontakt vor (Perry & Burnfield, 2010, S. 93).

Schwungphasenvorbereitung

Die Belastung der beiden Beine wird jeweils durch den Bodenkontakt des anderen Beins eingeleitet. Das Bein in der Schwungphase reagiert auf die erste Gewichtsverlagerung mit einer stärkeren Abwärtsbewegung im Sprunggelenk, einer Beugung im Knie und einer reduzierten Streckung in der Hüfte. Das andere Bein befindet sich zu diesem Zeitpunkt in der Phase der ersten Belastungsaufnahme (Perry & Burnfield, 2010, S. 93).

Schwungphasenbeginn

Eine verstärkte Beugung im Knie hebt den Fuß in der Schwungphase an, um ein Hängenbleiben der Zehen zu vermeiden, während eine Beugung in der Hüfte das Bein nach vorne schwingt. Dabei ist die Aufwärtsbewegung im Sprunggelenk noch nicht abgeschlossen, das Standbein befindet sich zu diesem Zeitpunkt in der früheren mittleren Standphase (Perry & Burnfield, 2010, S. 93).

Mittlere Schwungphase

Die Vorwärtsbewegung des Beins vor die Körpergewichtslinie erfolgt durch eine verstärkte Beugung in der Hüfte. Das Knie kann sich dabei unter dem Einfluss der Schwerkraft langsam strecken, während das Sprunggelenk weiter nach oben bewegt wird, bis es sich in einer neutralen Position befindet. Das Standbein befindet sich zu diesem Zeitpunkt in der späten mittleren Standphase (Perry & Burnfield, 2010, S. 93).

Schwungphasenende

Das Nach-vorne-Führen des Beins wird durch eine Streckung im Knie abgeschlossen. Die Hüfte senkt sich leicht ab und befindet sich in einer Beugestellung von etwa 20 Grad. Das Sprunggelenk bleibt in einer aufgerichteten bis neutralen Position. Das Standbein befindet sich in der abschließenden Standphase (Perry & Burnfield, 2010, S. 93).

Um die Kompetenz der Ganganalyse in der physiotherapeutischen Ausbildung gezielt zu fördern und innovativ zu gestalten, wurden an der Fachhochschule St. Pölten bereits drei digitale Anwendungen entwickelt. Diese dienen als Grundlage für die Entwicklung des Prototyps, der im Rahmen dieser Arbeit entstanden ist (Lampel, 2013; Hermann, 2023).

2.1.2 Frühere Prototypen

Im Studiengang Physiotherapie ist die Analyse des menschlichen Gangbildes von großer Bedeutung, sowohl in der Diagnostik als auch in der Therapie. Das Überprüfen und Dokumentieren des Therapieerfolgs ist ein weiterer zentraler Bestandteil der Ganganalyse. Dazu ist es für die Studierenden unerlässlich, möglichst viele unterschiedliche Gangbilder zu beobachten und zu analysieren. Dies lässt sich jedoch im Studienalltag häufig nicht in jenem Ausmaß integrieren, das notwendig wäre, um die dafür erforderlichen Kompetenzen umfassend zu erwerben. Aus diesem Grund wird an der Fachhochschule St. Pölten daran geforscht, eine digitale Lernsoftware zu entwickeln, die die Ganganalyse auch ohne Patient*innenkontakt ermöglicht.

Im Jahr 2013 entstand im Rahmen der Masterarbeit *Mediendidaktische Konzeption und Anwendungsorientierte Evaluation einer Lernsoftware für die klinisch beobachtende Ganganalyse in der Physiotherapie* von Katrin Lampel eine frühe digitale Lösung zur Unterstützung der Ganganalyse (Lampel, 2013). Diese gilt als der Vorläufer des heutigen Prototyps. Der folgende Abschnitt wirft einen Blick auf die früheren digitalen Ansätze, die als Basis für den im Rahmen dieser Arbeit eingesetzten Prototyp zur Usability-Testung dienen.

2.1.2.1 GAIT Score

GAIT Score hatte als interdisziplinäres Forschungsprojekt das Ziel, Studierenden und Fachkräften der Physiotherapie ein interaktives Werkzeug zur Verfügung zu stellen, um die Analyse von Gangbildern systematisch zu erlernen und zu üben (GAIT Score – Forschung, 2013). Mithilfe der Software konnten die Nutzer*innen verschiedene Gangmuster analysieren und ihre Beobachtungen mit Expertenbewertungen vergleichen (Abbildung 2).

Die Funktionen des Prototyps umfassten bereits folgende Bereiche:

- Videoanalyse: Bereitstellung von Videoaufnahmen des Gangbilds aus frontaler (von vorne) und sagittaler (von der Seite) Perspektive
- Interaktive Bewertung: Möglichkeit zur Definition von Gangphasen und zur Bewertung von Gangpathologien
- Feedbacksystem: Automatischer Vergleich der Nutzerbewertungen mit einem Pool von Experteneinschätzungen zur Selbstkontrolle und Lernfortschrittsmessung

2.1.2.2 GAIT Score II

Mit GAIT Score II wurde die Weiterentwicklung von GAIT Score vorangetrieben (GAIT Score II – Forschung, 2015). Im Fokus stand dabei der Ausbau zu einem High-Level-Prototyp, der für den Einsatz in der Lehre geeignet ist.

Besonders folgende Bereiche wurden optimiert:

- Benutzeroberfläche: Verbesserung der Usability für eine intuitive Bedienung
- Patient*innenbeispiele: Erweiterung der Fallbeispiele aus den Bereichen Orthopädie, Traumatologie und Neurologie
- Technische Funktionalität: Integration von Tools wie Zeitlupenwiedergabe und digitalen Bewertungsformularen

Ein zentrales Element der Software war die Bereitstellung hochauflösender Videoaufnahmen, in denen verschiedene Gangbilder aus unterschiedlichen Perspektiven dargestellt wurden. Nutzer*innen konnten die einzelnen Gangphasen definieren und pathologische Gangmuster bewerten. Anschließend verglichen sie ihre Erkenntnisse mit Expertenmeinungen. Dieses unmittelbare Feedback unterstützte den Lernprozess wesentlich.

Für diese Masterarbeit bieten beide Prototypen eine solide Grundlage, um Themen wie digitale Lernmethoden in der Physiotherapie, die Entwicklung interaktiver Lehrmittel oder die Integration von Feedbackmechanismen in

Bildungssoftware zu untersuchen. Die Kombination aus technischer Umsetzung und pädagogischem Ansatz eröffnet vielfältige Perspektiven für den Einsatz digitaler Medien in der physiotherapeutischen Ausbildung.

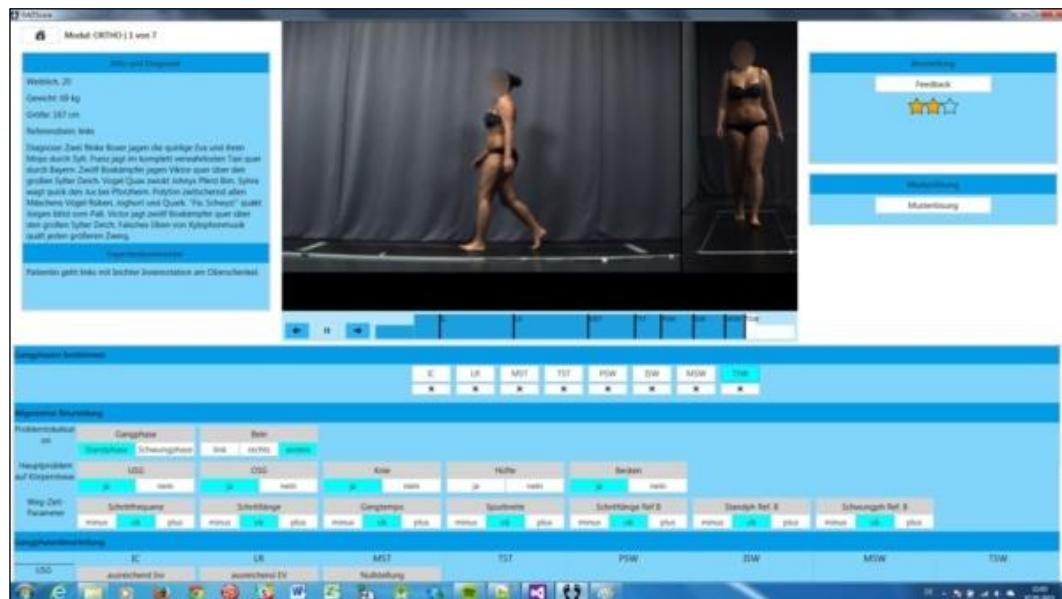


Abbildung 2. Mit GAIT Score konnten Gangbilder mithilfe von Patient*innenvideos beobachtet und analysiert werden. Screenshot der Benutzeroberfläche von GAIT Score (GAIT Score – Forschung, 2013).

2.1.2.3 Virtual Human

Mit dem Prototyp Virtual Human entstand im Rahmen der Masterarbeit *Virtual Humans für die Ganganalyse – Entwicklung eines VR-Prototyps für die Konfiguration von virtuellen Menschen für die Ganganalyse* die unmittelbare Grundlage für den aktuellen Prototyp (Hermann, 2023). Mit Virtual Human wurde in diesem Entwicklungsschritt erstmals Virtual Reality eingesetzt und ermöglichte dadurch eine neue Ebene der Interaktion und Immersion. Diese zusätzliche Dimension erlaubte ein tieferes Eintauchen in den Analyseprozess.

Der Fokus lag darauf, eine Anwendung in VR zu realisieren und vorrangig Avatare zu erzeugen, die das menschliche Gangbild möglichst realistisch wiedergeben (Hermann, 2023). Lernende sollten so die Möglichkeit erhalten, anhand realistisch animierter Avatare eine Ganganalyse durchzuführen.

Eine Teleportationsfunktion ermöglichte es zudem, die Gangbilder aus frei wählbaren Perspektiven zu beobachten. Damit war ein solider Grundstein für die Weiterentwicklung des Prototyps gelegt, mit dem Fokus auf der gezielten Verbesserung der Benutzer*innenfreundlichkeit. Die vier Avatare wurden mit jeweils drei unterschiedlichen Darstellungsoptionen ausgestattet. Sie ermöglichten eine anschauliche Beobachtung der Gangmuster aus unterschiedlichen

Blickwinkeln. Die Fortbewegung per Teleportation erwies sich als nutzerfreundlich, da sich die Nutzer*innen in einem definierten Bereich bewegen konnten, ohne die Orientierung zu verlieren.

Funktionsübersicht

- Entwicklung innerhalb der Unity-Entwicklungsumgebung
- Optimiert für das VR-Headset Meta Quest 2
- Avatarbasierte Gangbildsimulation mittels vier realitätsnaher menschlicher Avatare in drei unterschiedlichen Darstellungsoptionen
- Natürliches Gangbild durch die Avatare sehr gut nachempfunden
- Über Teleportation konnten die Charaktere aus verschiedenen Perspektiven beobachtet werden
- Der Avatar konnte in vier verschiedenen Geschwindigkeiten gehen
- Einzelne Gangbilder waren unabhängig vom Avatar auswählbar
- Die Navigation erfolgte über die Controller

Verbesserungspotenziale

Aufgrund des umfangreichen Projekts und des Schwerpunkts auf der Avatarentwicklung ergaben sich im Bereich der Benutzerführung einige Optimierungsmöglichkeiten. Die Menüstruktur war komplex, nicht intuitiv und erforderte für jede Funktion den Einsatz verschiedener Tasten beider Controller. Dadurch wurde der Zugang zu den einzelnen Menüs erschwert, was die intuitive Bedienbarkeit einschränkte, den Arbeitsfluss unterbrach und die kognitive Belastung erhöhte. Das Menü konnte als Tafel eingeblendet werden, war jedoch sehr groß und in seiner Darstellung und unübersichtlich. Die Auswahl der Avatare und der unterschiedlichen Gangbilder war für die Nutzer*innen schwer auffindbar.

Der Prototyp bildete für die Weiterentwicklung eine solide Grundlage: Die Avatare waren realitätsgerecht umgesetzt, und auch die technische Umsetzung funktionierte weitgehend stabil. Um die Software für die Nutzer*innen zugänglicher und gebrauchstauglicher zu gestalten, lag der Fokus in der Weiterentwicklung vorrangig auf der Optimierung der Menüführung und des optischen Erscheinungsbildes. Diese Erkenntnisse bildeten die Ausgangsbasis für die nutzerzentrierte Weiterentwicklung im Rahmen dieser Masterarbeit.

2.2 Virtual Reality in der Lehre

Der Begriff Virtual Reality wurde erstmals 1982 vom australischen Autor Damien Broderick in seinem Science-Fiction-Roman *The Judas Mandala* verwendet und fünf Jahre später in das *Oxford English Dictionary* aufgenommen (WeAreVR, o. J.).

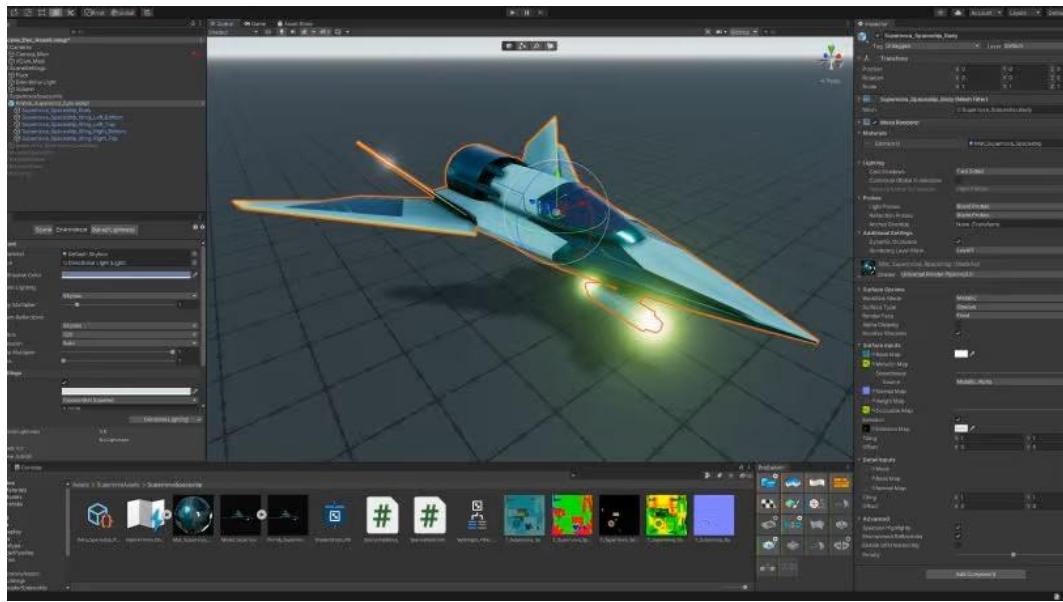


Abbildung 3. zeigt die Benutzeroberfläche des Unity-Editors mit typischen Elementen zur Erstellung von VR-Projekten. Unity wurde im Rahmen der Prototypenentwicklung eingesetzt (Entwickler-Tools & Ressourcen, o. J.).

Unter Virtual Reality wird eine künstlich geschaffene Welt verstanden, in die Benutzer*innen vollständig eintauchen können (VirtualSpeech, 2024). Ziel ist es, durch sensorische Reize, etwa visuelle, auditive oder haptische, eine Umgebung zu erzeugen, die vom Gehirn als real wahrgenommen wird. Der sogenannte „Presence“-Effekt spielt hierbei eine zentrale Rolle: Er beschreibt das Gefühl, tatsächlich in der virtuellen Welt anwesend zu sein und bildet die Grundlage für immersive Lernerfahrungen in Bildung und Therapie (Slater & Sanchez-Vives, 2016). Die Nutzer*innen sollen überzeugt werden, sich an einem anderen Ort zu befinden (Parisi, 2016, S. 2). Dies geschieht durch gezielte Beeinflussung jener Hirnareale, die für die Bewegungswahrnehmung zuständig sind.

2.2.1 Technische Grundlagen

Im Folgenden wird auf die wesentlichen Komponenten eingegangen, die für die Umsetzung eines Projekts in Virtual Reality benötigt werden und das Eintauchen in ein VR-Erlebnis ermöglichen. Die Darstellung orientiert sich an den eingesetzten Komponenten bei der Weiterentwicklung von VR-GAIT (Abbildung 4). Dazu zählen eine Game Engine, ein VR-Headset, die Meta-Quest-App und ein PC. In diesem Abschnitt werden jedoch nur die ersten beiden Komponenten näher erläutert.

Game Engine

Eine Game Engine ist eine Softwareplattform, die Entwicklerinnen Werkzeuge und Funktionen zur Erstellung multimedialer 2D- und 3D-Anwendungen bereitstellt (Bongartz, 2023). Unity gilt als benutzerfreundlich und ist durch eine große

Community und den integrierten Asset Store besonders zugänglich. In der Entwicklungsumgebung können Nutzerinnen eigene Skripte programmieren oder bestehende Pakete individuell anpassen (Korgel, 2018). Im Unity-Editor (Abbildung 3) lassen sich unter anderem Animationen, Benutzereinstellungen und Interaktionslogiken definieren. Unity eignet sich dadurch auch für Einsteiger*innen und Studierende. Der Prototyp Virtual Human wurde bereits in Unity entwickelt, weshalb auch für die Weiterentwicklung auf diese Game Engine zurückgegriffen wurde (Hermann, 2023).

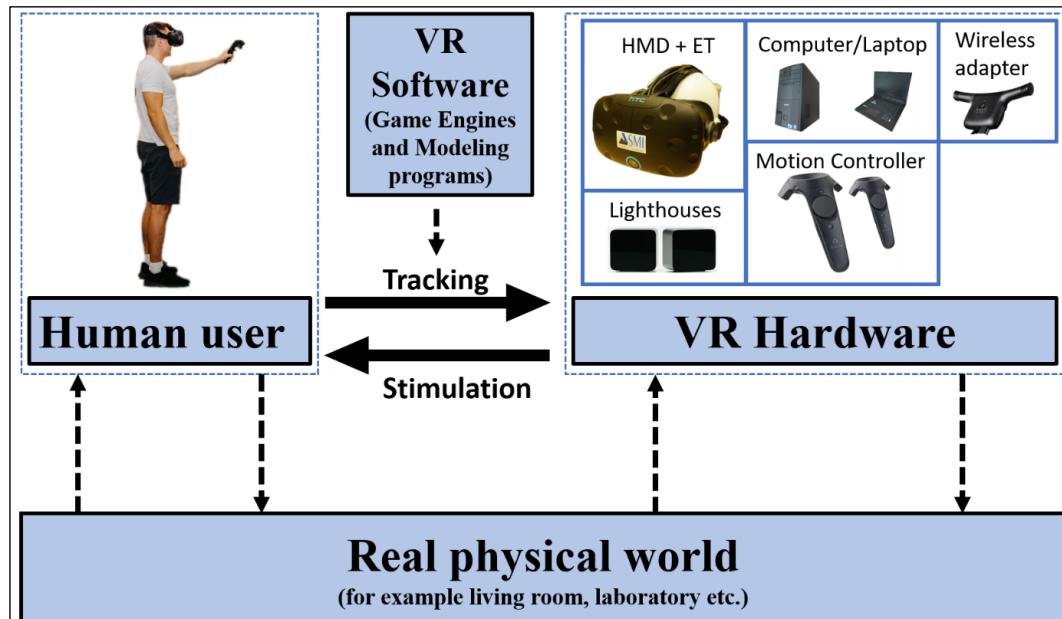


Abbildung 4. Zentrale technische Komponenten zur Entwicklung von Virtual-Reality-Anwendungen. Gezeigt werden unter anderem eine Game Engine und ein Headset (Pastel, 2021).

Headset

Die VR-Brille Meta Quest 3S (Abbildung 5) ist ein kabelloses, eigenständig nutzbares Headset, das ohne Verbindung zu einem externen Computer betrieben werden kann. Dadurch wird maximale Bewegungsfreiheit innerhalb virtueller Umgebungen ermöglicht (Metamandrill, 2024). Eine ergonomisch geformte Halterung sorgt für sicheren Sitz und erhöht den Tragekomfort, besonders bei längeren Lerneinheiten oder Simulationen.

Ein zentrales Feature ist die sogenannte Passthrough-Funktion, mit der die reale Umgebung durch integrierte Kameras auf das Display übertragen wird (Meta Quest 3S, o. J.). Nutzer*innen können so auch bei aufgesetztem Headset mit ihrer Umgebung interagieren, etwa, um am PC-Eingaben vorzunehmen, ohne die Brille abnehmen zu müssen.



Abbildung 5. Die VR-Brille Meta Quest 3S mit 128 GB Speicher als Beispiel eines kabellosen Headsets für immersive Anwendungen. Dieses Headset kam in der Weiterentwicklung von VR-GAIT zum Einsatz (Yakout, o. J.).

2.2.2 Einsatzgebiete in der Bildung

In den letzten Jahren hat sich Virtual Reality zunehmend als interessante Möglichkeit für die Gestaltung moderner Lernumgebungen etabliert (Radianti et al., 2020; Jensen & Konradsen, 2018). Immer mehr Bildungseinrichtungen befassen sich mit der Frage, wie sich VR sinnvoll in Lehr- und Lernprozesse integrieren lässt (Freina & Ott, 2015). Die Technologie bietet neue Wege, Wissen erfahrbar zu machen und komplexe Inhalte auf verständliche und anschauliche Weise zu vermitteln.

Gerade in Schulen, Hochschulen und in der beruflichen Aus- und Weiterbildung wird das Potenzial von VR genutzt, um bestehende didaktische Konzepte zu erweitern (Niedermeier & Müller-Kreiner, 2019; Universität Konstanz, o. J.). Die Bandbreite an Anwendungsmöglichkeiten ist groß: Sie reicht von virtuellen Laboren über realitätsnahe Simulationen bis hin zu vollständig interaktiven Lernszenarien. Besonders in der medizinischen Ausbildung, aber auch in anderen gesundheitsbezogenen Studiengängen, ermöglicht VR ein praxisnahes Üben – ohne Risiko für reale Patient*innen. Dieser Abschnitt gibt einen Überblick über typische Einsatzgebiete von Virtual Reality in der Bildung und zeigt, welche Chancen diese Technologie bietet, um das Lernen noch anschaulicher, motivierender und nachhaltiger zu gestalten.

Die folgenden Abschnitte stellen drei ausgewählte Praxisbeispiele für den Einsatz von Virtual Reality in Bildung und Gesundheitswesen vor. Sie verdeutlichen, wie VR-Technologien bereits konkret in unterschiedlichen Lernszenarien zur Anwendung kommen.

2.2.2.1 ClassVR – Virtual und Augmented Reality im Klassenzimmer

Der Einsatz von AR und VR im Klassenzimmer ist nach wie vor eine Seltenheit. Dies ist nicht nur eine Folge der damit verbundenen hohen Kosten für die Hard- und Software, sondern es mangelt auch an Lerninhalten, die für Schüler*innen auch geeignet sind. Der Gebrauch von immersiven Technologien setzt häufig ein Vorwissen oder eine technische Affinität voraus. Nur wenige Pädagog*innen verfügen über Kenntnisse in diesem Bereich, oder haben Berührungsängste und Unsicherheiten im Umgang mit dieser Technik.



Abbildung 6. Das vollständig integrierte Headset und der VR-Cube von ClassVR (ClassVR, o.J.).

ClassVR wurde 2014 entwickelt und 2017 erstmals präsentiert (ClassVR, o.J.) und bietet auf seiner Plattform von Bildungsexperten erstellte Lerninhalte für Schüler*Innen und Pädagog*innen in AR und VR an. Diese Inhalte sind auf die jeweiligen Lehrpläne abgestimmt und für eine Vielzahl von Themenbereichen verfügbar. Dadurch erhalten Lehrer*innen die Möglichkeit ihren Schüler*innen bereits aufbereiteten Unterrichtsstoff in einer völlig neuen Form näherzubringen oder können bereits erlerntes Wissen vertiefen.

Ein vollständig integriertes VR-Headset und ein VR-Cube (Abbildung 6) ermöglichen das Erleben von Welten und 3D-Objekten, zu denen die Schüler*innen für gewöhnlich keinen Zugang innerhalb des Unterrichts haben. Im Zuge eines Abonnements wird unter anderem eine große Bibliothek mit Lerninhalten, strukturierte Unterrichtsplänen und ein Austausch mit der Community geboten. Lehrende und Lernende können bereits vorhandenen Content nutzen oder selbst erstellte Inhalte auf der Plattform hochladen und teilen und somit zu einer Erweiterung der Ressourcen beitragen. Durch den Einsatz

dieser immersiven Technologien können Pädagog*innen den Unterricht interessanter gestalten, den Unterrichtsstoff für Schüler*innen visualisieren und so auch komplexe Inhalte verständlich und altersgerecht vermitteln.

2.2.2.2 TK-RescueMeVR – Virtual Reality-Wiederbelebungstraining

Mehr als 70.000 Menschen in Deutschland erleiden einen Herz-Kreislaufstillstand außerhalb einer medizinischen Einrichtung und nur etwa 10% überleben diesen (Techniker Krankenkasse, 2019). Bereits in einem Zeitraum von drei bis fünf Minuten trägt das menschliche Gehirn irreversible Schäden davon und bis zum Eintreffen des Rettungsdienstes dauert es etwa doppelt so lange. Dadurch ist der Betroffene auf die Hilfe Anwesender in seinem direkten Umfeld angewiesen (mobfish GmbH, o. J.).



Abbildung 7. Mit TK-RescueMeVR sollen Ersthelfer*innen bei der Wiederbelebung von Patienten mit einem Herz-Kreislaufstillstand angeleitet und unterstützt werden (mobfish GmbH, o. J.).

Im medizinischen Notfall richtig zu reagieren, erhöht die Überlebenschancen des Betroffenen erheblich. Es ist jederzeit möglich, Zeuge eines Vorfalls zu werden und das Anwenden der richtigen Erste-Hilfe-Maßnahmen wird erforderlich. Dieses Wissen muss erlernt und geübt werden, um im Ernstfall die notwendigen Schritte setzen zu können. Laut Forsa-Umfrage (12/2019 von 1.002 Befragten über 18 Jahre in Deutschland) im Auftrag der Techniker Krankenkasse traut sich in etwa jeder Vierte nicht zu, Erste Hilfe zu leisten (Techniker Krankenkasse, 2019). Etwa 93% der Befragten gaben an, einen Kurs besucht zu haben, bei knapp einem Viertel lag dieser jedoch schon mehr als 20 Jahre zurück.

Vor diesem Hintergrund hat die Deutsche Techniker Krankenkasse zusammen mit dem GRC (German Resuscitation Council) eine Wiederbelebungs-App auf der Basis von virtueller Realität entwickelt. Diese ist für das Smartphone erhältlich und

wird kostenlos zur Verfügung gestellt, um die Zugangsbarriere so gering wie möglich zu halten. Ziel ist es, die Quote der Laienreanimation zu erhöhen, welche die Überlebensrate um das Dreifache anhebt, um dadurch mehr Menschenleben zu retten.

TK-RescueMeVR wurde am World Restart a Heart Day im Oktober 2020 der Öffentlichkeit zugänglich gemacht (German Resuscitation Council, o. J.). Der Zugang erfolgt über das Herunterladen der App im Apple Store oder Google Play Store auf das Smartphone. Das Verwenden einer teuren VR-Brille ist nicht notwendig, es kann auch eine kostengünstige Cardboard-Brille verwendet werden, wodurch noch mehr Interessierte erreicht werden sollen.

In einer virtuellen Umgebung (Abbildung 7) unter realen Bedingungen werden die Benutzer*innen in eine Notfallsituation versetzt, in welcher jede Sekunde zählt, und lernen innerhalb des interaktiven Videos die Herzdruckmassage. Diese Simulation dauert etwa zehn Minuten und soll bereits erworbenes Wissen auffrischen und kann jederzeit zur Übung genutzt werden. Durch den Einsatz von Gamification soll der Lerneffekt zusätzlich erhöht werden. Zusätzlich wurde Wiederbelebungstraining auch ohne VR-Brille auf einer eigens dafür eingerichteten Homepage ermöglicht.

2.2.2.3 Options – Emotionale Intelligenz mit Virtual Reality

Um die Straßen New Yorks für Jugendliche sicherer zu gestalten, hat das New York Police Department (NYPD) in Zusammenarbeit mit der New York City Police Foundation und Street Smarts VR ein innovatives Projekt realisiert (New York City Police Department, 2019). Das Projekt Options soll Jugendliche dabei unterstützen, die richtigen Entscheidungen bei Herausforderungen im Alltag auf den Straßen New Yorks zu treffen. Es basiert auf modernen Technologien und der intensiven Grundlagenarbeit der Nachbarschaftspolizei.

Als das NYPD seine Strategie änderte (New York City Police Department, 2019), um weitere Fortschritte in der Verbrechensbekämpfung zu erzielen, wurde eine Nachbarschaftspolizei ins Leben gerufen und damit begonnen, sogenannte Neighborhood Coordination Officers (NCOs), einzusetzen. Diese NCOs haben, anders als Streifenpolizist*innen, direkten Kontakt zu den Anwohner*innen in dem ihnen zugewiesenen Viertel, um die Sicherheit und den Schutz der Nachbarschaft zu gewährleisten. Durch den ständigen persönlichen Kontakt, der täglichen Präsenz und die direkte Unterstützung bei Anliegen der Anwohner*innen haben die NCOs das Vertrauen der Bevölkerung gewonnen und so viele hilfreiche Informationen, Hinweise und Beweise sammeln können, die sonst möglicherweise nicht gesehen worden wären. Dadurch können sie schnell auf aktuelle Vorfälle reagieren. Um dieses erfolgreiche Konzept zur Verbrechensbekämpfung um eine weitere kreative Problemlösung zu ergänzen, stützt sich *Options* auf die moderne

Technologie von Virtual Reality. Jugendliche sollen mit diesem Programm (Abbildung 8) ihre emotionale Intelligenz fördern, indem sie auf reale Situationen vorbereitet werden. Der Fokus liegt dabei besonders auf der Deeskalation.



*Abbildung 8. Jugendliche arbeiten mit Beamt*innen des NYPD zusammen und lernen den Umgang mit Gefahrensituationen (Neighborhood Policing—NYPD. (o. J.).*

Innerhalb der virtuellen Realität ist es möglich, gefährliche Szenarien, denen Jugendliche häufig ausgesetzt sind, durch Simulationen realistisch und eindrucksvoll zu erleben. So sollen junge Menschen lernen können, wie sie mit Begegnungen umgehen können, in denen sie gefragt werden, ob sie einer Bande beitreten wollen oder dazu aufgefordert werden kriminelle Handlungen auszuführen. Das richtige Verhalten bei einer Polizeikontrolle kann geübt, und ein Perspektivenwechsel vorgenommen werden, indem die Teilnehmer*innen eine Polizeikontrolle aus der Sicht der Polizist*innen durchführen können. So sollen die jungen Menschen lernen, dass positive Interaktionen einen sinnvollen Beitrag dazu leisten in ihrem eigenen Interesse zu agieren. Dieser Kompetenzerwerb ist für das weitere Leben der Jugendlichen bedeutsam und essenziell. Zielgruppe des insgesamt dreistündigen Programms sind Schüler*innen ab der Sekundarstufe und das Programm kann von Schulen, religiösen Gemeinschaften und gemeinschaftsbasierten Gruppen in Anspruch genommen werden.

Über 100 Beamt*innen in 20 verschiedenen Abteilungen betreuen diese Initiative, an der bereits 300 junge New Yorker teilgenommen haben. Durch die engmaschige Zusammenarbeit zwischen Polizei und Gemeinde konnte 2018 ein Rekordtiefstand bei der Kriminalitätsrate erreicht werden.

2.3 Lerntheoretische Perspektiven auf VR

Der Einsatz von Virtual Reality (VR) in der Bildung eröffnet völlig neue Möglichkeiten des Lehrens und Lernens. Um das Potenzial dieser Technologie im didaktischen Sinne zu nutzen, erscheint eine Betrachtung der Lerntheorien sinnvoll. So entsteht ein Verständnis dafür, wie Virtual Reality aktuelle Lernprozesse beeinflussen kann.

Die folgenden Abschnitte beleuchten lerntheoretische Ansätze, die als Grundlage für die pädagogische Aufbereitung von VR-basierten Lernumgebungen dienen. In diesem Kapitel werden grundlegende Lerntheorien vorgestellt, die aufzeigen sollen, welchen Einfluss Virtual Reality auf diese hat.

2.4 Didaktische Modelle

In diesem Kapitel werden zentrale lerntheoretische Grundlagen und didaktische Modelle vorgestellt. Innovative Technologien rücken in der Bildung und der Aufbereitung von Lernmaterialien immer mehr in den Mittelpunkt. Sie helfen dabei, Lehr- und Lernsituationen im Zusammenhang mit diesen neuen Technologien zu planen, umzusetzen und zu reflektieren (Mandl & Reinmann, 2002). Anhand der vier zentralen Theorien Behaviorismus, Kognitivismus, Konstruktivismus und Konnektivismus wird aufgezeigt, welche unterschiedlichen Gestaltungsmöglichkeiten sich innerhalb der Wissensvermittlung ergeben. Dafür dienen die didaktischen Modelle als theoretische Grundlage. Im Folgenden werden ausgewählte Modelle vorgestellt und für den Einsatz neuer Medien in der Lehre erläutert.

2.4.1 Behaviorismus

Dem Behaviorismus liegen die Forschungen des Physiologen und Nobelpreisträgers Iwan Pawlow zugrunde. Seine Experimente mit dem Pawlowschen Hund (Abbildung 9) folgen dem Prinzip der klassischen Konditionierung, bei der durch von außen zugeführte Reize bestimmte Reaktionen hervorgerufen werden und diese zum Aneignen neuer konditionierter Reflexe führen (Lehner, 2009).

Der Begriff des Behaviorismus wurde maßgeblich durch Watson (1913) geprägt, der forderte, dass sich die Psychologie ausschließlich mit beobachtbarem Verhalten befassen solle. Im Gegensatz dazu entwickelte Skinner (1953) das Konzept der operanten Konditionierung, da er die klassische Konditionierung als nicht ausreichend betrachtete, um Lernprozesse vollständig zu erklären (Guy, 2013). Er vertrat die Meinung, dass die klassische Konditionierung nicht

weitreichend genug war, da die einwirkenden Reize an sich keine aufschlussreiche Rückmeldung über den Lernerfolg vermittelten.

Für Skinner (1953) können die früheren Formulierungen die Aneignung von Verhalten nur erklären, wenn die Reaktion von einem spezifischen Reiz ausgelöst wurde. Aus seiner Sicht waren die meisten menschlichen Reaktionen nicht auf klar festgelegte Reize zurückzuführen und diese allein konnten keinen ausreichenden Aufschluss über das Lernen geben. Er unterschied zwischen respondentem, auf Reize reagierendem Verhalten, und operantem, auf die Umwelt einwirkendem Verhalten. Die klassische Konditionierung (Tabelle 1) nannte er „Typ-S-Konditionierung“ (stimulus = Reiz). Sein Modell, die operante Konditionierung, nannte er „Typ-R-Konditionierung“ (Verstärkung).

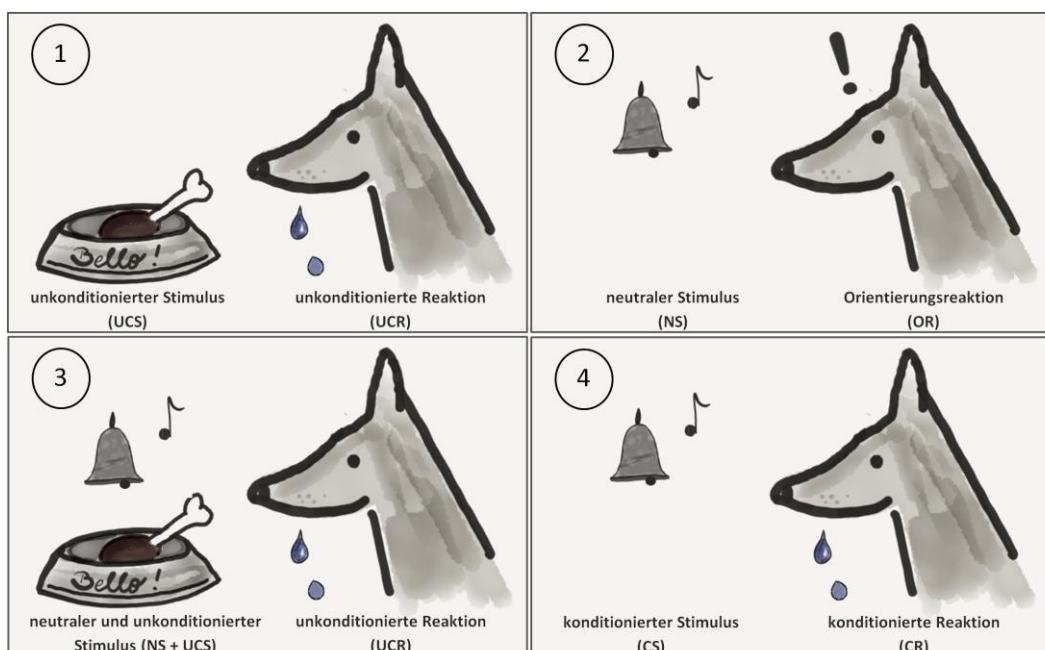


Abbildung 9. Der Pawlowsche Hund wird mit einem akustischen Signal konditioniert: Auch wenn kein Futter mehr verabreicht wird, löst der Ton weiterhin die Speichelreaktion aus. Dieses klassische Konditionierungsprinzip ist ein zentrales Element des Behaviorismus (Watzke, 2020).

Der Behaviorismus gilt als die erste Lerntheorie und basiert darauf, dass ein spezifisches Verhalten durch einen bestimmten Reiz erfolgt (Delles, 2021; Lehner, 2009, S 96). In der behavioristischen Lerntheorie liegt der Fokus ausschließlich auf dem beobachtbaren Verhalten (Witt & Czerwionka, 2013, S. 47). Innere Abläufe und Befindlichkeiten werden bei diesem Ansatz nicht miteinbezogen. Lernen bedeutet eine Veränderung des Verhaltens durch den Einfluss von äußeren Reizen. Im Behaviorismus gilt Wissen als eine objektive und von Individuen unabhängige Existenz. Prozessabläufe innerhalb des Gehirns, wie das Denken und Verstehen, unterliegen keiner Betrachtung, sondern sind unter dem Begriff Blackbox verortet (Arnold et al., 2018, S. 124). Als Blackbox werden die

nicht beobachtbaren, kognitiven Abläufe im Gehirn bezeichnet. Es wird angenommen, dass gewisse Verhaltensweisen durch positives Verstärken zunehmen und die Zerlegung des Lernpensums in sinnvolle Sequenzen und Abfolgen die Erfolgsschancen maßgeblich beeinflusst (Lehner, 2009). Laut Skinner (1953) hat sich im Gegensatz zur Bestrafung, die positive Verstärkung als wirksamer erwiesen.

Klassisches Konditionieren	Operantes Konditionieren
Pawlow	Skinner
Respondentes Verhalten, wird als Reaktion auf Reize ausgelöst	Operantes Verhalten, tritt als instrumentelle Aktivität auf
Typ S (stimulus = Reiz)	Typ R (Verstärkung)

Tabelle 1. Unterschiede zwischen klassischem und operantem Konditionieren (Guy R., 2013)

Skinner präsentierte 1958 sein „behavioristisches Konzept der Programmierten Unterweisung“ (Arnold et al., 2018, S. 124). Dieses basierte auf einer Serie von Fragen und Antworten mit zunehmendem Schwierigkeitsgrad und unmittelbarer Rückmeldung. Dieses Konzept wurde in Lernsoftware und Tutorials angewandt und kommt heute noch in kommerziellen Lernprogrammen für Mathematik- und Vokabellernen zum Einsatz, da es für das Erlernen von theoretischen Lerninhalten geeignet ist (Glaser et. al, 2009, S. 193).

In Anwendungsgebieten mit individuellen Lernwegen hat es sich weniger bewährt, da es diese nicht zuließ (Arnold et al., 2018, S. 124). Dass das passive Lernen im Behaviorismus mit Skinners Vorstellung der „Aktivierung der Lernenden“ (Arnold et al., 2018, S. 125) im Widerspruch steht, liegt möglicherweise daran, dass bei seiner Entstehung den Lernenden dafür kaum technische Mittel zur Verfügung standen (Kerres, 2013; Witt & Czerwionka, 2013, S. 47). Behavioristische Ansätze waren zur Zeit ihrer Entwicklung möglicherweise technisch noch nicht umsetzbar. Durch heutige Technologien könnten sie jedoch neue Relevanz gewinnen. Drill-and-Practice Programme wie Vokabeltrainer können als typische Beispiele von Lernsoftware auf Basis behavioristischer Theorien bezeichnet werden (Süssl, 2002). Der Lernstoff ist in kleine Sequenzen unterteilt und der Lernweg für die Nutzer*innen unveränderbar. Die Aneignung von Wissen erfolgt durch Übung und Rückmeldung.

2.4.1.1 Behaviorismus - Anwendung im Prototyp

Der Behaviorismus geht davon aus, dass Lernen durch Reiz-Reaktions-Muster entsteht. Es geht also darum, dass ein bestimmter Reiz eine bestimmte Reaktion

auslöst, wird diese Reaktion dann belohnt, wird das Verhalten verstärkt. Beim Lernen steht somit das Verhalten selbst im Vordergrund (Skinner, 1953). Ein klassisches Beispiel: Ein Schüler bekommt ein Lob, wenn er etwas richtig gemacht hat, das motiviert ihn, dieses Verhalten zu wiederholen.

Auch im Prototyp VR-GAIT finden sich Elemente des Behaviorismus, etwa beim Prüfungsmodus. Die Nutzer*innen beantworten Fragen zu verschiedenen Gangphasen und Gangbildern. Aktuell erhalten sie zwar keine direkte Rückmeldung zu ihren Antworten, aber durch den geführten Fragebogen, die Fortschrittsanzeige sowie der Möglichkeit eigenständig im Fragebogen vor- und zurückzugehen, wird ein Rahmen geschaffen, der sie in ihrer Motivation und mit einem Gefühl von Sicherheit klar unterstützt.

Wünschenswert wäre in zukünftigen Weiterentwicklungen des Prototyps, diese Feedbackmechanismen zu erweitern. Wenn bei jeder Frage angezeigt wird, ob sie richtig oder falsch ist, kann dies dabei helfen, bei den Studierenden das richtige Verhalten gezielt zu verstärken. In diesem Falle wäre die Rückmeldung der Reiz auf das gezeigte Verhalten. Das wäre ganz im Sinne des behavioristischen Lernmodells.

Zusätzlich setzen die aufgeräumten und strukturierten Menüs einen gezielten Reiz, dadurch können sich die Nutzer*innen mehr auf den Lerninhalt selbst konzentrieren, ohne durch unnötige Ablenkungen überfordert zu werden. Durch die klare Menüführung wird das Verhalten gesteuert und gelenkt. Dieses behavioristische Grundprinzip kommt besonders bei Lernszenarien wie in Virtual Reality zum Tragen.

Der Drill-and-Practice Ansatz ist innerhalb des Prototyps ebenfalls gegeben da die Lernenden sowohl den Fragebogen, die Prüfungen, als auch die Ganganalyse mithilfe des Avatars jederzeit wiederholen können. Diese Möglichkeit ergibt sich in dieser Form in der realen Welt kaum.

Eine gleichbleibende Struktur der Aufgaben trägt zur Verankerung von Wissen bei. Wenn sich Nutzer*innen bei der Bedienung innerhalb der Anwendung sicher fühlen und ihre Erwartungen erfüllt werden, fördert das die Automatisierung von Handlungen und Denkprozessen. Das gibt Sicherheit und stärkt die Motivation der Studierenden, um weiter zu lernen.

Da komplexe Lerninhalte jedoch auch kognitive Prozesse wie Verstehen und Problemlösen erfordern, wird im nächsten Abschnitt der Kognitivismus als ergänzende Theorie betrachtet, der das Lernen als aktive Informationsverarbeitung versteht.

2.4.2 Kognitivismus

Ein bedeutender Vertreter des Kognitivismus war Jean Piaget. Für ihn bestand Lernen einerseits aus der Anpassung an die Umwelt und andererseits aus der aktiven Veränderung der Umwelt durch das Individuum (Arnold et al., 2018, S. 125). Statt sich komplett neue Denkweisen anzueignen, werden beim Lernen oft bereits vorhandene Erfahrungen genutzt. Neue Informationen werden also in bestehende Denkschemata eingefügt, der sogenannten Assimilation. Wenn die neuen Inhalte jedoch nicht in das Vorwissen passen, muss das Denken angepasst oder erweitert werden. Dieser Vorgang wird als Akkommmodation bezeichnet (Arnold et al., 2018, S. 125; Biatnik et al., 2008; Piaget, 1974). Diese beiden Vorgänge stellen den größten Unterschied zum Behaviorismus dar.

Während der Behaviorismus auf die inneren Vorgänge, der sogenannten Blackbox, verzichtet, kommt der Kognitivismus nicht ohne sie aus. Die für das Erwerben von neuen Fähigkeiten notwendigen internen Prozesse des Gehirns als auch die Informationsverarbeitung bilden eine zentrale Rolle in diesem Ansatz (Kerres, 2013, S. 137; Lehner, 2009, S. 97). Es wird davon ausgegangen, dass die Fähigkeiten von Verarbeitung und Wahrnehmung individuell ausgeprägt sind und mit den jeweiligen Erfahrungen und dem Entwicklungsstand des Individuums korrelieren (Kerres, 2013, S. 137). Der Ablauf der Wissensvermittlung- und Aneignung wird detailliert untersucht und die menschliche Wahrnehmung als ein aktiver Schöpfungsprozess beschrieben.

Der Lernprozess findet im Inneren des Menschen statt (Lehner, 2009, S. 97). Neue Informationen werden mit bereits vorhandenem Wissen verknüpft, wodurch neue Verbindungen entstehen, und vernetztes Denken gefördert wird. Dies unterstützt die Fähigkeit Probleme zu erkennen und auf der Basis von neuen Erkenntnissen neue Strukturen zu finden, die zu deren Lösung beitragen können. Schwierigkeiten und Herausforderungen haben auch immer eine „Neuorganisation“ vorangegangener Erfahrungen zur Folge, eine wichtige Lernerfahrung, um Regeln und Verbindungen von Fakten zu entdecken und zu verdeutlichen.

Für die Einschätzung und Verarbeitung neuer Informationen und Eindrücke sind Erfahrungen, Vorwissen und alle inneren Vorgänge des Menschen aktiv und maßgeblich beteiligt und von großer Bedeutung (Kerres, 2013, S. 137). Neue Informationen werden immer vor dem Hintergrund von Wissen und bereits Erfahrenem analysiert und herausgearbeitet. Im Kognitivismus hat sich gezeigt, dass die inneren Vorgänge beim Lernen im computergestützten Bereich nicht außer Acht gelassen werden können.

Die Anwendungsgebiete bei Lernsoftware auf Basis der kognitivistischen Lerntheorie sind reichhaltig (Arnold et al., 2018, S. 125). Selbstgesteuertes Lernen, eigenständiges Entdecken und eine große Problemlösungskompetenz

sowie der Umgang mit offenen Lernwegen ermöglichen Lernumgebungen mit Simulationen, virtuellen Laboren und künstlicher Intelligenz. Lernumgebungen auf Basis des Kognitivismus eröffnen vielfältige Möglichkeiten wie eigenständiges Lernen, Problemlösungskompetenz und flexible Lernwege. Dennoch stehen diese Ansätze insbesondere aufgrund des hohen Entwicklungsaufwands und der Komplexität aus pädagogischer und lernpsychologischer Sicht auch in der Kritik.

Lernsoftware aus dem Bereich der intelligenten Tutoriellen Systeme vereinen die Lerntheorien des Kognitivismus in sich (Süssl, 2002). Im Vordergrund steht hierbei die Problemlösefähigkeit der Nutzer*innen und nicht das Lösen von Aufgaben. Der Lernstoff ist komplex aufbereitet und die Lernumgebung flexibel. Der Wissensstand wird dem Lernenden angepasst und es kann mit dem System interagiert werden. Der Nutzer kann nach einer kurzen Einführung in die Anwendung sein neu erworbenes Wissen einsetzen und findet wenn nötig gezielte Hilfe innerhalb der Software (Lehner, 2009, S 99).

2.4.2.1 Kognitivismus – Anwendung im Prototyp

Der Kognitivismus geht davon aus, dass Lernen ein aktiver Prozess ist. Dabei werden Informationen aufgenommen, verarbeitet und strukturiert im Gedächtnis abgespeichert. Dabei sind die Wiederholung und die Organisation, in Folge darauf aber auch die sinnvolle Verknüpfung der Inhalte im Gehirn entscheidend (Mayer, 2009).

Ein Beispiel für die kognitiven Prozesse der Assimilation und Akkommodation zeigt sich, wenn Nutzer*innen eine neue Gangphase beobachten und damit vergleichen, was sie schon über Gangbilder wissen. Wird von den Nutzer*innen erkannt, dass der beobachtete Gang bereits bekannt war, findet Assimilation statt. Wird bei dem Betrachten der Gangphase jedoch etwas Neues erkannt, muss das Wissen angepasst werden und es wird akkommodiert. Um das neue Wissen zu integrieren, muss das Ungleichgewicht wiederhergestellt werden, dies ist der Prozess der Äquilibration.

Im Prototyp VR-GAIT lassen sich mehrere kognitive Lernprozesse umsetzen, um diesen Vorgang bewusst zu fördern. Dazu zählen eine klare Gliederung der Inhalte innerhalb der Anwendung. So könnten sich in Zukunft Nutzer*innen Schritt für Schritt mit dem Gangzyklus und den Gangphasen beschäftigen. Dazu könnten wichtige Inhalte zur Ganganalyse und dem menschlichen Bewegungsapparat im Beobachtungsmodus zum Ein- und Ausklappen zur Verfügung gestellt werden. Werden die Informationen nicht überladen präsentiert, sondern sinnvoll aufgeteilt, hilft dies, das Arbeitsgedächtnis nicht zu überfordern. Das ist ein zentraler Punkt im Kognitivismus.

Wenn Nutzer*innen dem Avatar beim Gehen zusehen und gleichzeitig als Aufgabe gestellt bekommen, die Gangphasen zu analysieren, verarbeiten sie visuelle Informationen in Kombination mit ihren gedanklichen Analysen. Die Bewegung des Avatars in Verbindung mit der Aufgabe, das Gangbild zu analysieren, sorgt für eine tiefere Verarbeitung. Werden Reize kombiniert, also kommen z.B. zu den textuellen auch noch visuelle oder auditive Reize dazu, werden gleich mehrere Sinne angesprochen. Studierende können das Gesehene mit bereits vorhandenem Wissen verknüpfen. Laut dem Kognitivismus wird so das Verstehen und Abspeichern von Inhalten erleichtert und nachhaltiges Lernen ermöglicht.

Haben Nutzer*innen die Möglichkeit, sich die bestimmten Gangphasen mehrmals anzusehen, oder Aufgaben beliebig oft zu wiederholen, wird das selbstgesteuerte Lernen unterstützt. Dabei können sich die Nutzer*innen Zeit nehmen und sich in ihrem eigenen Tempo mit den gestellten Aufgaben beschäftigen.

Die Fortschrittsanzeige im Prüfungsmodus hilft den Nutzer*innen die Aufgaben im Kopf zu strukturieren. Durch das numerische Anzeigen der Anzahl der noch kommenden Fragen können sie erkennen, wie weit sie beim Fragebogen schon gekommen sind, das hilft bei der Organisation des Lernprozesses.

Insgesamt zeigt sich, dass der Prototyp bereits kognitive Prozesse unterstützt, auch wenn noch nicht alle Elemente darin umgesetzt wurden.

2.4.3 Konstruktivismus

Das Konzept des Konstruktivismus haben vorrangig Jean Piaget (1976) und Lev Vygotsky (1979) entworfen und nachhaltig beeinflusst. Im Konstruktivismus wird der Ansatz verfolgt, dass Wissen nicht von außen objektiv (Arnold et al., 2018, S. 125) entsteht. Vielmehr wird Wissen intern und subjektiv konstruiert. Lernen ist somit nicht das bloße Verarbeiten von Informationen oder Auswendiglernen von Prüfungsstoff, sondern entsteht durch die individuell empfundene Wirklichkeit. Neu erworbene Erkenntnisse lassen neue innere Strukturen und Verknüpfungen entstehen.

Lernen wird als sozialer, emotionaler und konstruierender Prozess beschrieben, da sich dieser über viele Ebenen im Organismus erstreckt (Kerres, 2013, S 137). Durch eigenständiges Erarbeiten von Wissen werden die Lernenden aktiv und übernehmen die Kontrolle über den eigenen Lernprozess. Verknüpfungen zu bereits bestehendem Wissen entstehen im Konstruktionsprozess. Wichtig ist die aktive Auseinandersetzung mit realen Problemen und das Finden sinnvoller Lösungen. Hilfreich ist es, unterschiedliche Perspektiven einzunehmen und sich mit anderen auszutauschen. Wissen soll den Lernenden von Nutzen sein und auf Herausforderungen im Leben vorbereiten.

Im Konstruktivismus werden der Eigenständigkeit in der Wissensaneignung, dem selbstständigen Entdecken von Problemen und der Anwendungspraxis viel Raum gegeben (Arnold et al., 2018, S. 125). Das Wissen wird nicht durch den Lehrenden vermittelt, sondern ist eine subjektive Leistung des Menschen, die Inhalte „sollen zu Konstruktion, Rekonstruktion und Dekonstruktion veranlassen“ (Kerres, 2013, S 137). Auch wenn das eigenständige Lernen eine zentrale Rolle einnimmt, gibt es trotzdem unterschiedliche Lernmaterialien, lernförderliche Umgebungen und unterstützende Lehrende innerhalb des Lernprozesses. Allerdings sind diese Angebote nur als Lernbegleitung zu verstehen, da Lernwege individuell und spontan entstehen. Wissen kann nicht direkt weitergegeben oder vermittelt werden, es werden jedochförderliche Umgebungen und Welten angeboten um die Lernenden zum Konstruieren und damit zum Lernen anzuregen (Arnold et al., 2018, S. 125; Lehner, 2009, S. 97).

Wissen wird im Konstruktivismus nicht direkt übernommen, sondern entsteht durch die subjektive Verarbeitung äußerer Reize. Der Lernende konstruiert daraus seine eigene individuelle Realität. Der Mensch interagiert in einem individuellen, subjektiven System, das nicht direkt kontrolliert, aber durch Lernumgebungen gezielt beeinflusst werden kann.

Dieses Modell ist nicht in jeder Lernsituation und für alle Lernenden sinnvoll, da in computergestützten Umgebungen große Herausforderungen durch die Vielschichtigkeit und das hohe Maß an Eigenverantwortung im Lernprozess mit sich bringen (Arnold et al., 2018, S. 125). Im Konstruktivismus gab es wenige neue Konzepte, der Fokus lag dabei allerdings mehr auf dem Lernen selbst (Kerres, 2013, S. 137).

Lernsoftware auf konstruktivistischer Basis ermöglicht den Lernenden Interaktivität und Coaching innerhalb der Gruppe, Individualität im Lernprozess in einer „unstrukturierten Realität“ mit dem Ziel die persönlichen Kompetenzen zu erweitern und dem Erlernen von Strategien zur Lösung von Problemen (Süssl, 2002). Ein Vertreter von Software mit konstruktivistischem Hintergrund sind Mikrowelten basierend auf künstlicher Intelligenz und künstlichen Lebens.

Im Prototyp VR-GAIT spiegeln sich konstruktivistische Prinzipien insbesondere in der offenen Aufgabenstruktur, dem eigenständigen Erkunden der Inhalte sowie der aktiven Auseinandersetzung mit interaktiven Elementen wider. Die Bedienung über Controller oder Handinteraktion ermöglicht eine selbstbestimmte Navigation durch das Menü, der Fragebogen fördert die Reflexion des eigenen Wissensstands, und im Prüfungsmodus werden individuelle Lösungsstrategien angewendet. Dabei steht nicht das bloße Abrufen von Fakten im Vordergrund, sondern das eigenverantwortliche Bearbeiten von Situationen innerhalb einer virtuellen Lernumgebung. Da jedoch viele Lernprozesse zunehmend in vernetzten digitalen Räumen stattfinden und informelles, gemeinschaftsbasiertes Lernen eine

zentrale Rolle spielt, wird im nächsten Abschnitt der Konnektivismus als weiterer theoretischer Zugang betrachtet.

2.4.3.1 Konstruktivismus – Anwendung im Prototyp

Im Konstruktivismus ist lernen ein aktiver Prozess. Wissen wird dabei von den Lernenden selbst aufgebaut, denn vorhandenes Wissen wird mit neuem verknüpft. Dabei ist entscheidend, dass Lernen besonders in realitätsnahen Situationen entsteht, die Lernende dazu anregen, sich aktiv mit den Inhalten (Reinmann et al., 2006) auseinanderzusetzen.

Im Prototyp VR-GAIT ist aktuell so aufgebaut, dass sich die Nutzer*innen eigenständig durch die virtuelle Umgebung bewegen können. Sie entscheiden selbst, welche Gangart sie analysieren, und ob sie in dem Prüfungsmodus oder in dem Beobachtungsmodus den Fragebogen öffnen und beantworten möchten. Es liegt in ihrem Ermessen, wann sie eine Aufgabe beginnen oder wie oft sie eine wiederholen. Beim Beobachten und Analysieren des Gangbildes wird eine Situation geschaffen, die realen Beobachtungsaufgaben im klinischen Alltag ähnelt.

Im Prüfungsmodus können die Lernenden ihr bereits gewonnenes Wissen über die klinisch beobachtende Ganganalyse anwenden und vergleichen. Dabei analysieren sie eigenständig und treffen ihre Entscheidungen selbst. Es gibt keinen vorgegebenen Weg, die Studierenden können den Fragebogen jederzeit aufrufen und in ihrer eigenen Reihenfolge bearbeiten. Diese Form der Selbststeuerung ist ein wichtiger konstruktivistischer Ansatz.

Im aktuellen Prototyp enthalten Nutzer*innen zwar noch kein direktes Feedback zu ihren Antworten, es wäre jedoch aus konstruktivistischer Sicht interessant, diese Erweiterung anzudenken. Denn Fehler haben bei dieser Lerntheorie eine besondere Bedeutung. Wenn Lernende ihre Fehler nachvollziehen und daraus auch selbstständig Schlüsse ziehen, bleibt das Gelernte nachhaltiger im Gedächtnis.

Durch den explorativen Ansatz innerhalb des Prototyps haben Nutzer*innen die Möglichkeit sich frei durch die virtuelle Lernumgebung zu bewegen und Erfahrungen durch die aktive Auseinandersetzung mit den Lerninhalten zu sammeln. Die Umgebung in Virtual Reality schafft ein realitätsnahes Erlebnis, wodurch das Gefühl bei den Nutzer*innen verstärkt wird, wirklich in dieser Situation zu sein. Das kann dazu beitragen, dass sie sich emotional auf die Situation einlassen und dadurch motivierter mit den Lerninhalten arbeiten.

Beim Beobachten des Avatars etwa analysieren die Nutzer*innen selbstständig den Gangablauf und vergleichen das mit ihrem Vorwissen und ziehen daraus

eigene Schlüsse. Diese Analyseprozesse sind kognitive Aktivitäten, sie werden durch eine reale Anwendung in einer virtuellen Welt gefördert.

Aus didaktischer Sicht sind diese Elemente von großer Bedeutung. Studierende erleben sich als aktive Gestalter*innen ihres Lernprozesses. Statt Informationen nur aufzunehmen, arbeiten sie mit den Inhalten, machen Erfahrungen und verankern ihr Wissen dadurch noch mehr. Der Prototyp legt mit seinem Aufbau und den aktuell möglichen Interaktionen eine gute Basis für konstruktivistisches Lernen, auch wenn noch nicht alles umgesetzt wurde.

2.4.4 Konnektivismus

Behaviorismus, Kognitivismus und Konstruktivismus sind die drei weitverbreiteten Lerntheorien, die bei der Gestaltung von Lernumgebungen am häufigsten verwendet werden (Siemens, 2004). Diese Theorien wurden jedoch in einer Zeit entwickelt, in der das Lernen noch nicht von der Technologie beeinflusst wurde. In den letzten zwanzig Jahren hat die Technologie die Art und Weise, wie wir leben, kommunizieren und lernen, neu organisiert. Lernbedürfnisse und Theorien, die Lernprinzipien sowie Lernprozesse beschreiben, sollten die zugrunde liegenden sozialen Umgebungen widerspiegeln. Lernbedürfnisse und Theorien, die Lernprinzipien und Lernprozesse beschreiben, sollten die zugrunde liegenden sozialen Umgebungen widerspiegeln.

George Siemens und Stephen Downes entwickelten eine Theorie für das digitale Zeitalter, den so genannten Konnektivismus, der die Grenzen von Behaviorismus, Kognitivismus und Konstruktivismus aufhebt (Siemens, 2004). Die von ihnen vorgeschlagene Lerntheorie hat eine Debatte darüber ausgelöst, ob es sich um eine Lerntheorie, eine Unterrichtstheorie oder lediglich um eine pädagogische Sichtweise handelt. Vor dem Hintergrund der neuesten technischen Entwicklungen, vor allem im Zusammenhang mit dem Internet, entsprechen klassische Lerntheorien beim Umgang mit der Fülle an Informationen nicht mehr dem Zeitgeist.

Im Konnektivismus geht man davon aus, dass sich Wissen und Informationen laufend weiterentwickeln. Es genügt also nicht mehr, einmal etwas zu lernen und es dauerhaft zu behalten. Viel wichtiger ist die Fähigkeit, neue Informationen zu erkennen, zu beurteilen und herauszufinden, ob diese das bisherige Wissen verändern (Siemens, 2004). Gerade in digitalen Lernumgebungen, in denen ständig neue Inhalte verfügbar sind, wird es immer wichtiger, das Wesentliche vom Unwesentlichen zu unterscheiden und flexibel darauf zu reagieren, wenn sich die Zusammenhänge verändern.

Der Konnektivismus reflektiert unsere sich rasch wandelnde, sozial vernetzte und globale Gesellschaft, die durch den zunehmend wachsenden technologischen

Fortschritt geschaffen wird (Siemens, 2004). Erkenntnisse werden durch eine Vielzahl von Meinungen gebildet und bündeln sich zu Informationsmengen. Nicht der einzelne kontrolliert, es ist vielmehr eine Kooperation aktueller Ideen aus der Perspektive einer aktuellen Realität. Die Kernkompetenz besteht darin, Verknüpfungen zwischen Informationsquellen zu erkennen und beizubehalten, um kontinuierliches Lernen zu ermöglichen. Entscheidungen werden auf sich schnell verändernde Grundlagen gestützt, da neue Informationen rasch integriert werden, um ein neues Klima des Denkens zu schaffen.

Diese ständige Aktualisierung und Veränderung des Wissens können auch außerhalb des Lernenden stattfinden, z. B. in einer Datenbank oder einer anderen spezialisierten Informationsquelle. Für den Lernenden ist es von größerer Bedeutung, mit diesem externen Wissen verbunden zu sein als mit seinem bestehenden Wissensstand.

Beim Konnektivismus steht das Individuum im Mittelpunkt. Das persönliche Wissen entsteht durch die Vernetzung mit anderen. Dieses Netzwerk-Wissen wird in Organisationen weitergetragen, dort aufbereitet und wieder in das System eingespeist. So wird kontinuierlicher Wissensaufbau ermöglicht und der Lernende bleibt auf dem aktuellen Stand.

Virtuelle Räume ermöglichen Lernenden vielfältige Möglichkeiten, sich gegenseitig zu unterstützen (Kerres, 2012). Unterschiedliche Kommunikationsmethoden wie Foren, Chats und soziale Medien ermöglichen den Austausch untereinander und gemeinsames Arbeiten (Lackner & Kopp, 2014). Lehrende können dabei als Coach unterstützend das Lernen begleiten und zu klassischen oder eigens dafür entwickelten Methoden greifen. Lernende werden angeregt, selbst nach geeigneten Lernmaterialien zu suchen und dieses Wissen z.B. mittels Wikis und Datenbanken untereinander zu teilen und sich auszutauschen, um dadurch weiteres Wissen entstehen zu lassen (Siemens, 2005).

Zusammenfassend verdeutlicht der Konnektivismus, dass Lernen im digitalen Zeitalter zunehmend ein vernetzter, dynamischer und kontinuierlicher Prozess ist. Wissen wird nicht mehr ausschließlich individuell aufgebaut, sondern entsteht durch die aktive Teilnahme an digitalen Netzwerken und den Austausch innerhalb virtueller Gemeinschaften. Im Rahmen des entwickelten Prototyps finden sich diese Prinzipien insbesondere in der Interaktivität und der Möglichkeit zur selbstständigen Navigation wieder. Aufbauend auf den dargestellten lerntheoretischen Grundlagen folgt im nächsten Abschnitt die Übertragung dieser Erkenntnisse auf die Gestaltung und Umsetzung Lernumgebung.

2.4.4.1 Konnektivismus – Anwendung im Prototyp

Der Konnektivismus ist eine neuere Lerntheorie, die davon ausgeht, dass Wissen nicht nur im Kopf der Person, sondern an vielen Orten gespeichert ist. Das kann in digitalen Netzwerken, sozialen Medien und Tools verstreut sein. Lernen bedeutet dabei, dass Verbindungen zu den einzelnen Wissensquellen aufgebaut und diese verknüpft und gezielt genutzt werden. Es geht nicht darum, alles zu wissen, sondern zu wissen, wo man etwas findet (Siemens, 2005).

Im Prototyp VR-GAIT ist der konnektivistische Ansatz darin erkennbar, dass Lernende mit einer digitalen Lernumgebung interagieren. Dabei werden die Informationen visuell, auditiv und durch aktives Handeln vermittelt. Zwar ist der Prototyp noch nicht mit externen Datenbanken oder Online-Ressourcen verknüpft, aber es wird deutlich, wie stark das Lernen mit digitalen Systemen verbunden ist.

Gerade die Möglichkeit, sich eigenständig mit den Lerninhalten auseinanderzusetzen, Aufgaben in beliebiger Reihenfolge zu starten und sich über Fortschrittsanzeigen zu orientieren entspricht der Idee des Konnektivismus. Die Lernenden wählen selbst, worauf sie den Fokus legen und wie intensiv sie sich damit auseinandersetzen wollen.

In einem zukünftigen Prototyp könnten direkt Links zu weiterführenden Informationen oder Literatur eingebaut sein, z.B. zu Fallbeispielen oder kurzen Videos zu Gangbildern. Lernende würden dann nicht nur Inhalte präsentiert, sie könnten auch erfahren, wo sie weitere Informationen dazu bekommen und selbstständig weiterlernen können.

Langfristig besteht das Potenzial darin, dass der Prototyp einen Austausch mit anderen Nutzer*innen oder eine direkte Anbindung an Online-Kurse ermöglicht. Damit würde die Anwendung nicht nur Wissen vermitteln, sondern zur Schnittstelle eines größeren Lernnetzwerks werden. Ganz im Sinne des Konnektivismus würden Informationen nicht nur konsumiert, sondern auch vernetzt, geteilt und angewendet werden.

2.5 Didaktische Gestaltungsprinzipien

Die Gestaltung digitaler Lernumgebungen erfordert nicht nur technische Expertise, sondern auch eine didaktisch fundierte Konzeption. Um Lernprozesse effektiv zu unterstützen, müssen zentrale Prinzipien der Unterrichts- und Mediendidaktik berücksichtigt werden. Diese Prinzipien zielen darauf ab, Motivation, Verstehen, Transfer und nachhaltiges Lernen zu fördern – unabhängig vom gewählten Medium.

Gerade im Kontext virtueller Realität gewinnen didaktische Überlegungen an Bedeutung, da immersive Lernumgebungen sowohl neue Chancen als auch Herausforderungen mit sich bringen. Die virtuelle Welt stellt ganz andere Anforderungen an Struktur, Interaktion und Feedbackmechanismen als klassische Lernumgebungen.

Im Folgenden werden ausgewählte didaktische Gestaltungsprinzipien vorgestellt, die für die Konzeption des im Rahmen dieser Arbeit entwickelten Prototyps von besonderer Relevanz sind. Diese beinhalten unter anderem Gamification, Storytelling sowie den gezielten Einsatz von Belohnungssystemen (Rewards), die gemeinsam darauf abzielen, Motivation und Lerneffektivität in virtuellen Trainingsszenarien zu steigern.

Die folgenden didaktischen Ansätze wie Gamification, Storytelling und Belohnungssysteme werden in dieser Arbeit nur kurz theoretisch beleuchtet, jedoch nicht im Prototyp umgesetzt. Sie stellen ein relevantes Potenzial für zukünftige Entwicklungen dar.

2.5.1 Gamification

Digitalität bedeutet eine Erweiterung der bestehenden analogen und realen Welt um digitale und virtuelle Dimensionen (Wiater, 2023, S. 84). Diese Entwicklung beeinflusst zunehmend auch das Lehren und Lernen. Digitales Lernen findet heute in vielfältigen Formaten statt und eröffnet neue didaktische Möglichkeiten.

Studien zeigen, dass für außergewöhnliche kognitive Leistungen, wie etwa im Schach, mehrere tausend Stunden intensiven Trainings nötig sind (Simon & Chase, 1973, S. 402). Bemerkenswert ist, dass viele Gamer*innen ähnliche Zeitspannen mit digitalen Spielen verbringen (Lorber & Schutz, 2016, S. 11). Diese intensive Auseinandersetzung mit virtuellen Herausforderungen macht spielerische Elemente zu einem vielversprechenden Ansatz in der Entwicklung digitaler Lernsoftware.

Gamification beschreibt den gezielten Einsatz spieltypischer Elemente in nicht-spielerischen Kontexten, insbesondere zur Förderung von Motivation, Engagement und Lernbereitschaft (Anastasiadis et al., 2018). Auch im Bildungskontext wird zunehmend auf spielbasierte Ansätze zurückgegriffen, um Lernprozesse interaktiver, ansprechender und nachhaltiger zu gestalten (Papastergiou, 2009; Prensky, 2001; Spires, 2015).

Im Folgenden werden drei didaktische Zugänge vorgestellt, wie Gamification in digitalen Lernumgebungen umgesetzt werden kann: Digital Game-Based Learning, Serious Games und virtuelle Lernräume.

2.5.2 Digital Game-Based Learning

Der Einsatz von Spielen in der Bildung wird als Game-Based Learning, dem spielbasierten Lernen bezeichnet. Mithilfe der Motivationspsychologie des Game-Based Learnings sind die Lernenden in der Lage, sich auf dynamische, unterhaltsame und spielerische Weise mit Lerninhalten auseinanderzusetzen (Anastasiadis et al., 2018).

Diese Form des Lernens beruht nicht nur auf der Erstellung von Spielen für die Nutzer*innen, sondern der Entwicklung interaktiver Lernaktivitäten (Spires, 2015). Mithilfe dieser Methode kann Spielen als eine Form des Lernens wahrgenommen werden und unterstützt die Verbesserung von Fähigkeiten (Anastasiadis et al., 2018).

In der Bildung wird mittlerweile immer mehr akzeptiert, dass Lernsoftware auf Methoden und Techniken spielbasierter Software eingesetzt wird (Papastergiou, 2009, Prensky, 2001). Spielen ist eine gemeinsame Aktivität und ein positives Erlebnis für Kinder, Jugendliche und auch Erwachsene (Anastasiadis et al., 2018). Es stellt eine intensive Lernerfahrung dar, in die die Lernenden freiwillig viel Zeit und Energie investieren und gleichzeitig große Freude am Gesamterlebnis haben (Rieber et al., 1998).

2.5.2.1 Beispiel Game-Based Learning

Mit Code Combat (Abbildung 10) wurde ein Spiel (*CodeCombat - Coding Games to Learn Python and JavaScript*, o. J.) für den Bildungssektor entwickelt um das Programmieren spielend zu erlernen. Unabhängig von Vorwissen finden die Nutzer*innen einen Einstieg in die Informatik.

Die Programmiersprachen Python, JavaScript und C++ können ausgewählt werden. Gestellte Aufgaben werden mit der Eingabe von Code gelöst, der Schwierigkeitsgrad steigt mit jedem Level.

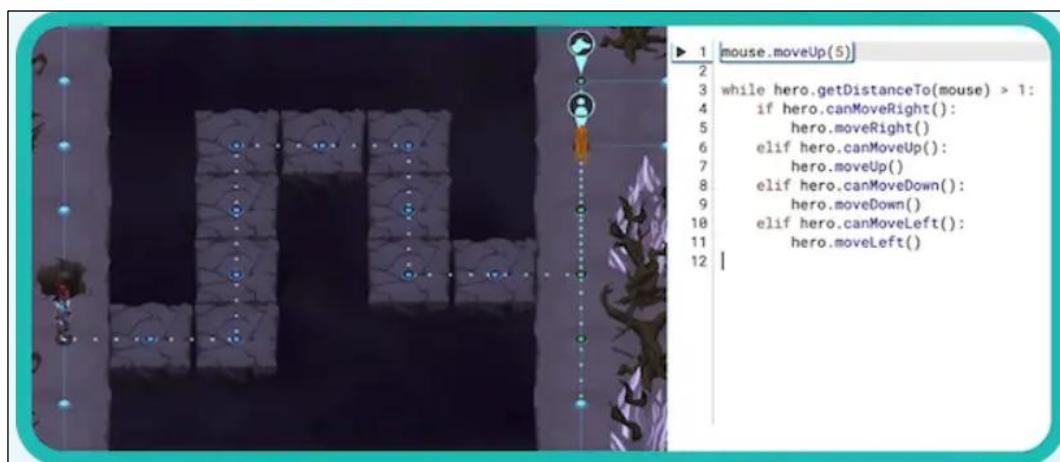


Abbildung 10: Code Combat, ein Game-Based-Learning Spiel (CodeCombat, o.J.)

2.5.3 Serious Games

Der Begriff Serious Games wurde erst 1970 durch Clark C. Abt bekannt (Lampert et al., 2009). Eines der Hauptmerkmale von Serious Games sind Lerninhalte, welche in Kombination mit unterhaltsamen, interessanten und fesselnden Elementen präsentiert werden (Protopsaltis et al., 2011). Die Lernenden werden ermutigt, sich auf persönliche emotionale und kognitive Weise in das Spiel einzubringen. Es steigert ihre Aufmerksamkeit und Motivation, wodurch der Lernprozess unterstützt wird. Durch den Einsatz von Serious Games in der Bildung kann die gesamte Lernerfahrung der Schüler unterhaltsamer und engagierter werden. Die Inhalte dieser Spiele basieren immer auf einem ernsthaften Hintergrund.

Der Unterhaltungsfaktor steht nicht so im Vordergrund wie der zu vermittelnde Lerninhalt, Ziel sind Wissensvermittlung, Kompetenzerweiterung und eine gewünschte Verhaltensänderung (Sostmann, 2010). Faktoren wie Storytelling oder einer interessanten Lernumgebung innerhalb des Spiels erhöhen das Nutzer*innenerlebnis und fördern die Motivation des Lernenden (Wang, 2014).

2.5.3.1 Beispiel für ein Serious Game

Re-Mission (Abbildung 11), ein Projekt von Hopelab, wurde von der Mitbegründerin Pam Omidyar inspiriert (*Re-Mission*, o. J.). Dies ist ein Videospiel, das jungen Krebspatienten bei der Einhaltung der Behandlung helfen und im Kampf gegen die Krankheit eine positive Rolle spielen soll. In Zusammenarbeit mit Ärzt*innen, Krankenschwestern, Psycholog*innen, Krebsexpert*innen, Videospiel-Expert*innen und jungen Menschen mit Krebs wurde Re-Mission entwickelt. In Re-Mission steuern die Spieler*innen einen Nanoroboter namens Roxxi, der durch die



Abbildung 11. Das Spiel *Remission* (*Re-Mission*, o. J.).

Körper fiktiver Krebspatienten reist, um Krebszellen zu zerstören, bakterielle Infektionen zu bekämpfen und die Auswirkungen von Krebs und Krebsbehandlungen zu bewältigen. Durch das Spiel erleben junge Krebspatienten, was in ihrem Körper passiert, wenn sie sich einer Behandlung unterziehen und lernen mit den Nebenwirkungen umzugehen. Das Spiel thematisiert ernsthafte Themen wie der Einhaltung der Medikamenteneinnahme, Melden von Symptomen, Ernährung und Angstbewältigung.

2.5.4 Virtuelle Räume

Immersive, räumliche Technologien wie die erweiterte Realität, ermöglichen einen Eintritt in völlig neue, computergenerierte digitale Welten (Mystakidis & Christopoulos, 2022). Virtuelle Realität ist für die Bildung von besonderem Interesse, da es die Nutzer*innen in neue Welten eintauchen lässt, die dort erworbenen Kompetenzen und erlebten Erinnerungen auf die reale Welt übertragbar sind. Virtuelle Welten ermöglichen die Anwendung verschiedener Lernformen auf Spielebasis wie Rollenspiele, Wettbewerbe oder unterschiedliche Level.

Innerhalb der schulischen Bildung kommt virtuelle Realität aktuell kaum zum Einsatz, dies ist in der Weiterbildung in der Berufswelt anders (Merchant et al. 2014). Spezifische Anwendungen wie Flugsimulatoren, 3D-Modelle und Visualisierungen sind teuer und nur für eine kleine Gruppe von Nutzen.

2.5.4.1 Beispiel für Virtuelle Räume

Auf der Website Ostsee Life (Abbildung 12) von Nabu (OstseeLIFE, o. J.), ist es möglich natürliche Lebensräume unter Wasser virtuell zu betreten und zu erleben. Die Nutzer*innen haben die Möglichkeit Korallen und Meeresbewohner auf Riffen zu entdecken, oder ein Schiffswrack zu besichtigen. In jeder Welt gibt es weitere Informationen zum jeweiligen Thema. Mit gedrückter Maustaste kann der User die Perspektive ändern und bekommt so ein 360° Erlebnis.

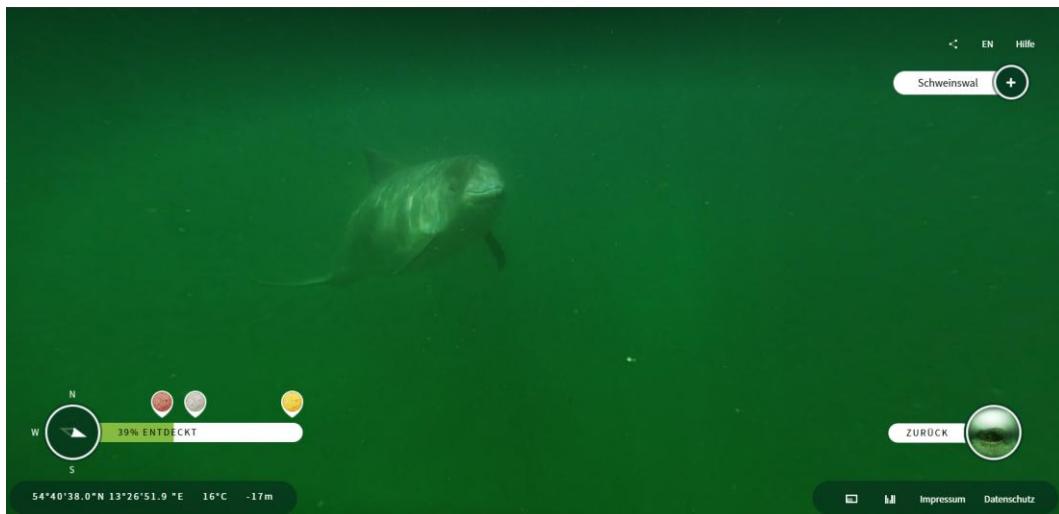


Abbildung 12. OstseeLIVE (OstseeLIFE, o. J.)

2.5.5 Storytelling

Storytelling ist das Erzählen von Geschichten und zählt zu den ältesten Formen der Wissensvermittlung. Dabei ist es auch ein didaktisches Prinzip und nutzt die menschliche Fähigkeit, Informationen besser zu verarbeiten und zu behalten,

wenn sie in sinnvolle Handlungen eingebettet werden (Wang, o. J.). Geschichten wecken Emotionen im Menschen und fördern die persönliche Identifikation mit Figuren. Dies kann eine realistische Umgebung für das Lernen schaffen.

Storytelling kann als ein wirksames didaktisches Prinzip verstanden werden, das gleichzeitig kognitive und auch emotionale Prozesse verbindet. Lernende können sich stärker mit ihren Inhalten identifizieren, wenn mit konkreten Handlungen oder in Form von Fallbeispielen gearbeitet wird. Bei medizinischen oder auch therapeutischen Themen, wie in der Physiotherapie, können Lernende einen starken Praxisbezug herstellen, wenn durch eine gut erzählte Geschichte eine reale Situation simuliert wird.

Auch wenn der Prototyp VR-GAIT in der aktuellen Version noch kein Storytelling im klassischen Sinne beinhaltet, so gibt es doch kleine Ansätze, die in diese Richtung gehen. Bereits durch den Avatar, der ein bestimmtes Gangbild simuliert, entsteht eine kleine Geschichte. Die Nutzer*innen werden eingeladen, das Gangbild zu beobachten, zu analysieren und auch Rückschlüsse zu ziehen. Wer ist die Person? Warum geht sie so? Welches Krankheitsbild ist das? Welche Ursachen könnte das haben? Diese Fragen regen zum Nachdenken an und können so ein inneres Bild der Situation erzeugen. Dies ist ein typisches Element des Storytellings.

Zukünftig könnte das weiter ausgebaut werden, indem der Avatar eine kleine Hintergrundgeschichte bekommt. Es könnten vorab Informationen eingeblendet werden, die Patienten in der Realität bei diesem Gangbild sagen würden: „Diese Person hat eine frühere Knieverletzung und klagt über Schmerzen beim Gehen.“ Das erzeugt sofort ein Bild, und hilft, die Beobachtungen besser einzuordnen.

Auch die Aufgaben könnten als zusammenhängende Geschichte erzählt werden. Der Patient wird über mehrere Phasen begleitet, von der ersten Analyse bis hin zur therapeutischen Einschätzung oder aber die unterschiedlichen Stadien bis zu seiner Genesung. Die Nutzer*innen könnten sich dann wie in einem Fallbeispiel durch die Inhalte arbeiten und selbst Entscheidungen treffen. Wer ist der Avatar? Warum geht er so? Wie kann ich ihm helfen?

Das macht nicht nur mehr Spaß, es fördert zudem auch das Denken in Zusammenhängen. Storytelling ist ein sinnvoller nächster Schritt in der Weiterentwicklung des Prototyps. Gerade in VR, kann eine gute Geschichte das Gefühl verstärken, wirklich Teil der Geschichte zu sein. Dadurch wird die Motivation erhöht und das Gelernte bleibt länger im Kopf.

2.5.6 Belohnungssysteme (Rewards)

Belohnungssysteme, sogenannte Rewards, sind in vielen digitalen Lernumgebungen verbreitet und können das Verhalten, aber auch die Motivation der Nutzer*innen gezielt beeinflussen (Fullerton, 2018). Der Grundgedanke dabei ist, dass positive Rückmeldungen oder kleine Belohnungen nach einer erfolgreich abgeschlossenen Aufgabe dazu beitragen, dass motiviert weitergelernt wird. Die Belohnung muss nicht unbedingt materiell sein. Anreize können durchaus auch das Vergeben von Punkten, Abzeichen oder auch Lob sein (Deterding et al., 2011).

Im Prototyp VR-GAIT ist momentan noch kein konkretes Belohnungssystem eingebaut, aber es gibt Überlegungen, wie dieses didaktische Gestaltungsprinzip sinnvoll in künftige Versionen integriert werden könnte. Lernende könnten z.B. für richtig beantwortete Fragen kleine visuelle Belohnungen erhalten. Dies könnte ein aufleuchtendes Symbol, oder ein Fortschrittsbalken sein, der sich füllt. Auch ein Punktesystem am Ende der Auswertung kann für Motivation sorgen. An Videospiele angelehnt, wäre auch eine sogenannte „Hall of Fame“ möglich, wo Studierende Scores erreichen können und ab bestimmten Punktzahlen als Auszeichnung eine Medaille oder einen Pokal in einem Trophäenraum zusammen mit ihrem Namen ausgestellt bekommen.

Feedbackmechanismen sind besonders dann wirksam, wenn sie sofort auf die Aktion folgen und eindeutig zeigen, was richtig gemacht wurde. So können positive Lernerfahrungen gefestigt, aber gleichzeitig auch die Fehler reduziert werden. In die Praxis umgesetzt kann das bedeuten, dass eine klare Rückmeldung direkt nach einer Eingabe wie etwa: „Richtig erkannt“ schon ausreichen kann, um beim Lernenden ein gutes Gefühl zu erzeugen.

Darüber hinaus können aber auch größere Ziele gesetzt, und über mehrere Aufgaben hinweg erreicht werden. Zum Beispiel könnte es einen „Abzeichen-Modus“ geben. Lernende erhalten beim Abschluss einer Reihe von Aufgaben ein virtuelles Abzeichen, wie etwa für „Gangbild richtig erkannt“, oder „Prüfungsmodus erfolgreich abgeschlossen“. Aber auch Teilleistungen können belohnt werden, z.B. „19 von 25 Fragen richtig beantwortet“. Diese Form der Gamification wurde schon in vielen Studien als eine Förderung für Motivation und den daraus folgenden Lernerfolg beschrieben (Seaborn et al., 2015).

Auch Fortschrittanzeigen sind eine Art von Reward. Wenn Nutzer*innen sehen, wie weit sie schon gekommen sind und was noch vor ihnen liegt, entsteht so etwas wie ein „Etappengefühl“. Dies steigert nicht nur die Motivation, sondern gibt auch Orientierung und Sicherheit im Lernprozess.

Auch wenn es in der Lehre möglicherweise als kritisch angesehen wird, weil es einen Wettbewerb unter den Studierenden erzeugt, könnte ein Highscore-System als Anreiz zum Lernen wirken. Ein Ranking innerhalb der Anwendung kann dazu

motivieren, sich intensiver mit den Inhalten zu beschäftigen. Wichtig ist, dass der Fokus dabei auf dem individuellen Fortschritt liegt und niemand unter Druck gesetzt wird.

Narrative Belohnungen können auch motivierend wirken, wenn z.B. ein neues Gangbild freigeschaltet wird oder ein neuer Avatar mit einer anderen Problematik erscheint. Damit kann das Lernen spannend bleiben und von den Nutzer*innen als ein fortlaufender Prozess wahrgenommen werden.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass Rewards immer dann sinnvoll sind, wenn sie die Lernenden nicht unter Druck setzen und überladen oder künstlich wirken. Im Prototyp VR-GAIT bieten sich viele Möglichkeiten Gamification-Elemente wie diese einzubauen. Die Testpersonen zeigten im Rahmen des Usability-Tests, dass motivierende Rückmeldungen gewünscht und hilfreich wären, was als ein klares Signal für die Weiterentwicklung des Prototyps ist.

3 Methodik

Die Usability (DIN EN ISO 9241) ist zu großen Teilen dafür verantwortlich, wie sich die Nutzer*innen innerhalb einer digitalen Anwendung fühlen (Technikum Wien Academy, o. J.). Stößt er dabei ständig auf Hürden oder findet er sich nicht zurecht spricht das für eine schlechte Gebrauchstauglichkeit und der Nutzer verliert womöglich das Interesse. Deshalb ist in der virtuellen Realität eine für die Nutzer*innen intuitive Bedienung entscheidend. Die Nutzer*innenzufriedenheit wird durch einen User-Centered Design Prozess, also die menschzentrierte Gestaltung häufig besonders hoch von den Nutzer*innen bewertet. Im Folgenden werden die Grundlagen der Usability sowie zentrale Prinzipien anhand der etablierten Heuristiken von Jakob Nielsen (Nielsen, 1995) dargestellt.

3.1 Die 10 Heuristiken nach Nielsen

Die nachfolgenden zehn Usability-Heuristiken von Jakob Nielsen (Nielsen, 1995) zeigen anhand von Beispielen ihre Anwendung innerhalb der virtuellen Welt. Auch wenn Virtual Reality sich von vorgehenden Anwendungen merklich unterscheidet, gelten hier die üblichen Usability-Heuristiken (Experience, o. J.):

1. Sichtbarkeit des Systemstatus

Das Design sollte so erstellt sein, dass es den Nutzer*innen zeitgerecht und klar den aktuellen Zustand kommuniziert. Das können Fortschrittsbalken oder auch Meldungen wie „Du hast das Level erfolgreich abgeschlossen“ sein.

2. Übereinstimmung zwischen System und realer Welt

Die Anwendung sollte mit Gegebenheiten aus der Lebensumwelt der Nutzer*innen arbeiten. Informationen sollten natürlich und logisch angeordnet und nur bekannte Aussagen und Worte verwendet werden, die auch dem Sprachgebrauch der Nutzer*innen entsprechen.

Viele Menschen haben keine oder nur sehr wenige Erfahrungen mit Virtual Reality. Deshalb wird ihr Verhalten von Vorerfahrungen mit digitalen Anwendungen beeinflusst.

3. Benutzerkontrolle und Freiheit

Damit sich die Nutzer*innen frei und selbstbestimmt bewegen können, ist es wichtig, ihnen bei versehentlich ausgeführten Aktionen einen „Exit“ anzubieten. Dieser sollte deutlich gekennzeichnet und ohne Umwege zu erreichen sein, denn

bleibt der Nutzer in einer Situation stecken, ist er möglicherweise frustriert. Mit klar sichtbaren Schaltflächen wie „Zurück“, „Beenden“ oder „Abbrechen“ bekommt der Nutzer die Möglichkeit, aus der Situation auszusteigen. Wird im Design auf einen Zurück-Button verzichtet, verbringt der Nutzer womöglich unnötig Zeit damit nach einem Ausgang zu suchen, oder es bleibt ihm nichts anderes übrig, als die Anwendung ganz zu verlassen.

4. Konsistenz und Standards

Nutzer*innen sollten bei Wörtern, Situationen oder Handlungen nicht hinterfragen müssen, in welchem Zusammenhang sie stehen. Um nicht unnötig zu verwirren, sollten gängige Konventionen und Designstandards beibehalten werden. Viele Designer halten sich an diese Standards, dadurch erhöht sich die Belastung des Nutzers, wenn er in Anwendungen auf für ihn völlig neue oder komplizierte Konzepte trifft, wo diese nicht eingehalten werden.

Digitale Ein-Aus-Schalter, sogenannte Toggle-Switches, sind im Web und der virtuellen Welt bekannt. Sie werden da verwendet, wo der Nutzer sich zwischen zwei Optionen entscheiden soll, wie z.B. das Ein- oder Ausschalten des Mikrofons. Wird in Situationen, in denen der Nutzer Toggle-Switches gewohnt ist, z.B. ein Schieberegler, auch Slider genannt, verwendet, sorgt das bei ihm für Verwirrung. Anstatt einmalig auf den Toggle-Switch zu klicken, muss der Nutzer nun auf einen Knopf klicken und ihn ziehen. Das bedeutet einen unnötigen Mehraufwand und kann dazu führen, dass auch erfahrene Nutzer mehrere Versuche benötigen, bis sie den Slider an der richtigen Stelle positioniert haben.

5. Fehlervermeidung

Gute Designs wissen vorab Probleme zu verhindern, daher ist es wichtig, fehleranfällige Situationen zu vermeiden, und dort wo dies nicht möglich ist, mit proaktiven Lösungen auf den Nutzer zuzugehen. Mithilfe von sinnvollen Fehlermeldungen und Bestätigungsoptionen vor einer verpflichtenden Aktion kann der Nutzer vor Fehlern bewahrt, oder auch rechtzeitig gewarnt werden.

In vielen Virtual Reality-Anwendungen definiert der Nutzer zu Beginn einen Bereich, die sogenannte Begrenzungszone, in welcher er sich ohne Hindernisse frei bewegen kann. Viele Spiele empfehlen dafür eine bestimmte Mindestgröße. Damit der Spieler innerhalb des vordefinierten Areals bleibt, gibt es den Guardian, einen Wächter, der den Nutzer davor schützt, den sicheren Bereich zu verlassen und sich dabei womöglich zu verletzen. Da der Nutzer die VR-Brille trägt und keine Sicht innerhalb der realen Welt hat, ist er darauf angewiesen vom Guardian auch gewarnt zu werden.

6. Erkennen statt Erinnern

Um das Kurzzeitgedächtnis der Nutzer*innen zu entlasten, sollten alle Informationen wie z.B. Schaltflächen, Beschriftungen und Menüelemente für ihn leicht abrufbar sein. Es ist ungünstig, wenn er sich Elemente und Funktionen merken muss, da besonders für neue User das virtuelle Erlebnis für sich als schon sehr herausfordernd empfunden wird. Dies gilt auch für Symbole, bei denen eine zusätzliche Beschriftung aufscheint, wenn über sie gehovert (darübergestrichen) oder auf sie gepointet (gezeigt) wird, sogenannte Tooltips. Dadurch muss sich der Nutzer entweder die Bedeutung merken oder durch bewusstes Hovern bzw. Pointen in Erfahrung bringen.

7. Flexibilität und Effizienz der Nutzung

Es ist wichtig, das Design so anzupassen, dass es sowohl für unerfahrene als auch erfahrene Nutzer*innen geeignet ist. So können etwa sogenannte „Shortcuts“, also Abkürzungen, für neue Nutzer verborgen bleiben, um sie nicht mit zu viel Information zu überfordern. Die erfahrenen Nutzer*innen kennen die Umgebung und die Aktionen bereits und wissen, wo sie die Shortcuts finden und können die Shortcuts nutzen, um schneller zu interagieren. Dazu sind gute Standardeinstellungen, und häufig auch zusätzliche Features erforderlich, um den erfahrenen Benutzer nicht zu unterfordern. Auch das Anpassen von häufigen Aktionen durch den Nutzer selbst kann die Benutzerfreundlichkeit noch weiter erhöhen.

8. Ästhetisches und minimalistisches Design

Unnötige, oder von den Nutzer*innen nur selten gebrauchte Informationen sollten in den Hintergrund gerückt oder nur über das Menü zu erreichen sein. Benutzeroberflächen in virtuellen Anwendungen können für Nutzer*innen schnell überfordernd wirken, deshalb ist es wichtig, nur das Wesentliche in der Benutzeroberfläche einzubauen.

9. Benutzern bei der Fehlererkennung, sowie deren Diagnose und Behebung behilflich sein

Klar formulierte Fehlermeldungen ohne Fehlercodes, eine genaue Beschreibung des Problems, sowie ein konstruktiver Lösungsvorschlag erleichtern dem Nutzer die Handhabe in Fehlersituationen.

10. Hilfe und Dokumentation

Im besten Fall für die Nutzer*innen benötigt die Anwendung keinerlei Erklärungen. In unterschiedlichen Settings kann es sinnvoll oder notwendig sein, eine gut aufbereitete Dokumentation für sie bereitzustellen. In der virtuellen Welt etwa werden häufig ungewohnte und teilweise komplexe Interaktionen angewendet.

Mithilfe einer Dokumentation bekommt der Nutzer die nötige Anleitung und Unterstützung, um sich eigenständig aus Situationen zu manövrieren, um in der Anwendung weiterzukommen.

Diese Hilfe kann über unterschiedliche Kanäle angeboten werden. In Video-Tutorials, FAQs, Live-Support oder eine gut organisierte Dokumentation über einen Webbrower.

3.2 Forschungsdesign

Für die vorliegende Masterarbeit wurde ein User-Centered Design Prozess (UCD) gewählt. Ziel war es, den bestehenden VR-Prototyp Virtual Human benutzer*innenorientiert weiterzuentwickeln und in einem Usability-Test zu evaluieren (Hermann, 2023). Innerhalb dieses Prozesses werden Nutzer*innen in den Entwicklungsprozess eingebunden, um ihre Anforderungen und Erwartungen (*Menschzentrierte Gestaltung nach DIN EN ISO 9241-210 / German UPA, o. J.*) in das Design einfließen zu lassen. In mehreren Evaluationszyklen sollen Verbesserungspotenziale gefunden und optimiert werden.

Die Phasen des User-Centered Design Prozesses sind:

- Analyse des Nutzungskontexts
- Definition der Anforderungen
- Entwicklung von Designlösungen
- Evaluierung durch Nutzer*innen

In dieser Arbeit wurde der Usability-Prozess auf die Anforderungen einer virtuellen Lernumgebung für die klinisch beobachtende Ganganalyse angewendet. Um die Anforderungen entsprechend analysieren zu können, wurden relevante Aspekte aus der Fachliteratur zur Ganganalyse, zu didaktischen Prinzipien innerhalb der Physiotherapieausbildung und die technischen Möglichkeiten von VR-Anwendungen gesammelt. Auf Basis dieser Erkenntnisse wurde der VR-Prototyp weiterentwickelt, mit dem Ziel, ein User Interface (UI), eine benutzer*innenfreundliche Menüführung, sowie neue Features wie den Prüfungsmodus zu gestalten und umzusetzen.

Im Anschluss wurde im Sinne eines User-Centered Design Prozesses ein Usability-Test geplant. Dieser wurde mit sieben Testpersonen im Alter von 20-25 Jahren durchgeführt. Die Auswahl der Fokusgruppe bezog sich nicht auf Studierende der Physiotherapie, da für diesen Test kein Fachwissen nötig war, sondern die generelle Verständlichkeit des User Interface getestet wurde.

Die Evaluierung des VR-Prototyps erfolgte mithilfe einer Kombination aus einem qualitativen und quantitativen Ansatz:

- Qualitative Methoden: Beobachtungen während der Testdurchführung und offene Interviewfragen
- Quantitative Methoden: System Usability Scale (SUS), ein standardisierter Fragebogen nach Brooke (1996) und geschlossene Fragen auf Basis der Likert-Skala (*Likert-Skala / Lehrbuch Psychologie*, o. J.)

Durch die Kombination von qualitativen und quantitativen Methoden konnten die Benutzer*innenfreundlichkeit und die Akzeptanz des Prototyps erhoben werden. Bei der qualitativen Auswertung lag der Fokus auf spontanen Reaktionen, beobachteten Schwierigkeiten und Verbesserungsvorschlägen. Die nummerischen Ergebnisse der quantitativen Auswertung lieferte vergleichbare Daten über die Usability.

Das Forschungsdesign war praxisorientiert und lehnte sich an reale Anwendungssituationen an. Mit der Verwendung von Virtual Reality in der Bildung können realitätsnahe Situationen erzeugt werden, was besonders bei der klinisch beobachtenden Ganganalyse von Vorteil ist (Radianti et al., 2020). Mit der Verbindung der Bereiche didaktisches Design und Evaluation entsteht ein Design-Based-Research-Ansatz, ein Ansatz der in der Bildungsforschung immer mehr zum Einsatz kommt (Wang & Hannafin, 2005).

Alle Tests wurden unter kontrollierten Bedingungen durchgeführt. Um zu prüfen, wie niederschwellig die Zugangsbarriere und die Bedienbarkeit des VR-Prototyps sind, erhielten die Testpersonen vorab keine Informationen zu Steuerung und Tastenbelegung der Controller. Das Test-Setup wurde standardisiert und dokumentiert, um so eine Vergleichbarkeit zwischen den einzelnen Testdurchläufen zu erhalten.

Die durch den Usability-Test gewonnenen Daten fließen in die Diskussion ein und bilden die Grundlage für mögliche Weiterentwicklungen des Prototyps und können als Orientierung für zukünftige Projekte in Virtual Reality dienen.

Die in Kapitel 2 dargelegten Grundlagen zur klinisch beobachtenden Ganganalyse, den didaktischen Prinzipien, der Usability und den Rückmeldungen der Testpersonen zu dem Prototyp Virtual Human bildeten die Basis für die Weiterentwicklung (Hermann, 2023).

3.3 Usability-Test

Mit dem Usability-Test sollte der Prototyp VR-GAIT mit seinen erweiterten Features auf seine Gebrauchstauglichkeit und didaktische Eignung geprüft werden. Der Fokus lag darauf, die Menüführung, die Navigation, den Prüfungsmodus sowie den Fragebogen zu evaluieren. Zusätzlich sollte

herausgefunden werden, ob die Zugangsbarriere niedrigschwellig und intuitiv ist, da abgesehen von Studierenden der Physiotherapie auch andere Berufsgruppen von dieser Anwendung profitieren könnten. Um hier, wie bereits in Kapitel 2 erwähnt, auf Jacqueline Perry (2012) zurückzukommen, ist das Wissen um die Auswertung eines Gangbildes auch für Ärzte, Physio- und Ergotherapeuten, Orthopädiemechaniker und Ingenieure unerlässlich.

Der Test hatte zum Ziel, Daten zu sammeln, um die Stärken, Schwächen und Verbesserungsmöglichkeiten des Prototyps zu evaluieren. Der Test wurde nach dem vorab erstellten Testleitfaden durchgeführt. Zur Datenerhebung dienten der Interviewleitfaden und der Interview-Fragebogen. Zusätzlich wurden die Beobachtungen der Reaktionen und Handlungen der einzelnen Testteilnehmer am Interview-Fragebogen dokumentiert.

3.3.1 Test-Setup und Durchführung

Die Tests fanden an zwei unterschiedlichen Standorten statt, zwei Tests wurden an der Fachhochschule St. Pölten durchgeführt, die anderen fünf in einem privaten Raum. Die Räumlichkeiten waren ruhig und boten ausreichend Platz. Für das VR-Erlebnis wurde das VR-Headset Meta Quest 3 verwendet. Es ist das aktuelle Gerät von Meta, bietet eine hohe Auflösung und eine stabile Interaktion. Zusätzlich verfügt es über einen verstellbaren und gepolsterten Kopfriemen, wodurch das Gewicht der Brille nicht vorne an die Stirn drückte, sondern sich gleichmäßig verteilte.

Die Test-Durchführung erfolgte einzeln und dauerte pro Testperson insgesamt etwa 30-45 Minuten. Zu Beginn erhielten die Teilnehmer*innen einige Informationen zum Testablauf und über den Prototyp und seine reale Anwendung. Dabei erhielten sie jedoch keinerlei Hinweise zur Bedienung der Steuerung und des Menüs, um die Zugangsbarriere und die intuitive Nutzung der Testpersonen aussagekräftig evaluieren zu können.

Die Testpersonen wurden gebeten, während des Tests nach der Think-Aloud-Methode ihre Gedanken laut auszusprechen (Ericsson & Simon, 1993). Dieser Ansatz ermöglicht die Eindrücke und Unsicherheiten der Testpersonen zu erfassen und in das Feedback miteinzubeziehen.

Im Testablauf gab es die folgenden vier Hauptaufgaben:

- Bedienung des Startmenüs und Navigieren in das Avatar-Menü
- Eigenständig durch die Anwendung navigieren, dabei laut denken und positive wie negative Auffälligkeiten innerhalb der Anwendung verbalisieren
- Bedienung des Prüfungsmodus und des Fragebogens

- Nutzung des Avatar-Menüs sowie die Teleportation, zusätzlich Steuerung mit den Controllern und den Händen

Die Aufgaben wurden insgesamt so gestaltet, dass alle zentralen Funktionen und UI-Elemente des Prototyps von den Nutzer*innen evaluiert werden konnten.

Während des Tests wurden die Beobachtungen über die Reaktionen und das Verhalten der Testpersonen im Interview-Fragebogen festgehalten. Zusätzlich wurden die Tests mit Audioaufnahmen (mit Zustimmung der Teilnehmenden) dokumentiert. Diese Aufnahmen wurden zu einem späteren Zeitpunkt zur qualitativen Auswertung transkribiert.

3.3.2 Fokusgruppe

Da dies ein iterativer Prototyping-Prozess war, wurde eine Fokusgruppe von insgesamt sieben Personen zusammengestellt (Richter, 2013, S. 86). Das Alter der Proband*innen lag zwischen 20 und 25 Jahren. Die Technikaffinität wurde von allen Teilnehmenden auf der fünfstufigen Likert-Skala von 1-3 angegeben. Somit konnte eine ausgewogene Mischung aus technisch sehr versierten und weniger technikaffinen Teilnehmenden erreicht werden.

Da der Prototyp VR-GAIT zukünftig nicht nur in der Ausbildung von Studierenden der Physiotherapie Anwendung finden kann, sondern auch – wie in Kapitel 2.1 laut Perry (2010) beschrieben, in weiteren Berufsgruppen, wurde auf eine möglichst heterogene Fokusgruppe geachtet. Perry erwähnte hierbei Ärzt*innen, Physio- und Ergotherapeut*innen, Orthopädiemechaniker*innen und Ingenieur*innen, was auf eine unterschiedliche Vorerfahrung im technischen Bereich schließen lässt. Somit wurde bewusst darauf geachtet, die Gruppe von ihrem beruflichen Hintergrund möglichst breit aufzustellen, um eine Benutzererfahrung aus unterschiedlichen Perspektiven zu erhalten.

Die teilnehmenden Testpersonen kamen aus verschiedenen beruflichen Hintergründen wie unter anderem der Technik, dem Bankwesen oder dem Zivildienst. Durch diese Mischung wurde eine unabhängige Erhebung des Prototyps, auf die allgemeine Verständlichkeit und Benutzerfreundlichkeit ermöglicht.

3.3.3 Erhebungsinstrumente

Für die Erhebung der Daten zur Nutzererfahrung der Teilnehmenden kamen mehrere Instrumente zum Einsatz:

- Interview-Leitfaden (Anhang B): Dieser enthielt vier konkrete Aufgaben für die Testpersonen. Ziel war es, mit den Aufgaben alle Funktionen des Prototyps zu testen und direkte Rückmeldungen zu erhalten.

- Geschlossene Fragen mit der fünfstufigen Likert-Skala: Ergänzend dazu wurden zehn geschlossene Fragen zur Technikaffinität, zur Steuerung, zum Visual Design, zur Menüführung, dem Avatar-Menü und dem Prüfungsmodus gestellt. Diese Fragen dienten der Auswertung einzelner Bedienelemente und ermöglichen eine klare Vergleichbarkeit in der Wahrnehmung der einzelnen Testpersonen.
- System Usability Scale (SUS) nach Brooke (1996): Dieser Fragebogen enthält zehn standardisierte Aussagen, die Aufschluss darüber geben, wie eine digitale Anwendung wahrgenommen wird (Bangor et al., 2008). Er wird mit einer fünfstufigen Likert-Skala bewertet. Die Fragen werden bei der Auswertung in gerade und ungerade bzw. in negative und positive Fragen unterteilt und dementsprechend gewichtet.
- Offene Fragen: Abschließend wurden die teilnehmenden Testpersonen in offenen Fragen gebeten, ihre Eindrücke, Verbesserungsvorschläge und Kritikpunkte zu äußern. Die Antworten wurden transkribiert, qualitativ analysiert und in die Ergebnisse mit einbezogen.

3.4 Umsetzung des Prototyps VR-GAIT

Im Rahmen der Masterarbeit wurde der bereits bestehende VR-Prototyp Virtual Human für die beobachtende klinische Ganganalyse (Hermann, 2023) unter dem Namen VR-GAIT weiterentwickelt (Hermann, 2023). Ein wesentlicher Grund für die Weiterentwicklung des vorhandenen Prototyps lag darin, eine virtuelle Testumgebung für die neuen Features zu erschaffen. Eine alternative Umsetzung in Form eines Klick-Dummys, beispielsweise mit *Adobe XD* oder *Figma* hätte den teilnehmenden Testpersonen kein authentisches VR-Erlebnis ermöglicht. Dies wäre den Anforderungen eines realitätsnahen Usability-Tests nicht nachgekommen, welcher hierbei jedoch von zentraler Bedeutung ist.

Im Zentrum dieser Weiterentwicklung stand nicht die technische Umsetzung von VR-GAIT, daher wird nicht auf die technischen Details eingegangen und sie werden innerhalb der Arbeit auch nicht weiter beschrieben. Der Prototyp dient dazu, die Änderungen innerhalb der Anwendung in den Bereichen der Menüführung und der Navigation den teilnehmenden Tester*innen zugänglich zu machen. Im Vordergrund steht dabei die didaktische Aufbereitung innerhalb eines User-Centered Design-Prozesses. Hierbei ging es um die Gestaltung der Benutzeroberfläche, der Auswahl und Anordnung von Bedienelementen, wie z.B. Buttons, und eine Erweiterung der Funktionen, wie z.B. dem Prüfungsmodus. Die

nachfolgende Dokumentation beschreibt die eingesetzten Technologien, sowie die gestalterischen Entscheidungen aus der Sicht der Usability.

3.4.1 Set-Up

Ausgangspunkt war der VR-Prototyp Virtual Human, welcher im Zuge der Masterarbeit *Virtual Humans für die Ganganalyse - Entwicklung eines VR-Prototyps für die Konfiguration von virtuellen Menschen für die Ganganalyse* von Simon Hermann entwickelt wurde (Hermann, 2023).

Das VR-Projekt beinhaltete vier unterschiedliche Avatare, die in vier verschiedenen Gangarten über eine Bodenplatte gingen. Außerdem konnten die Avatare auch in unterschiedlichen Erscheinungsbildern ausgewählt werden, als Mensch, als Skelett und als „Rigged“. In den aktuellen Prototyp wurde nur das menschliche Erscheinungsbild übernommen.

Mithilfe von vier Teleportationspunkten konnte man den ausgewählten Avatar aus diesen vier Blickwinkeln beobachten. Es gab drei unterschiedliche Geschwindigkeitsmodi, in denen der Avatar bewegt werden konnte. Die Avatare konnten in vier verschiedenen optischen Skins ausgewählt werden.

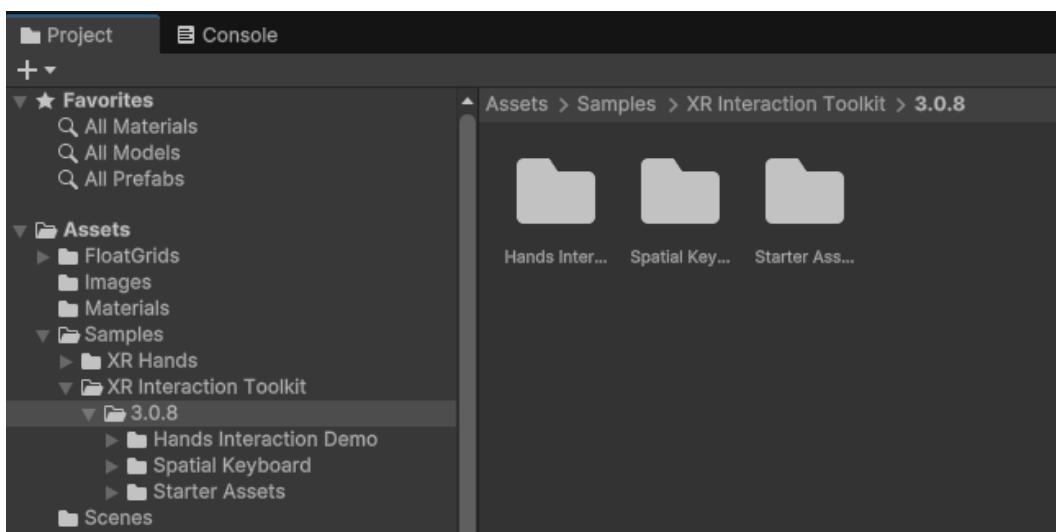


Abbildung 13. Entscheidung über die Wiederverwendung der Assets. Diese wurden weiterverwendet: Hands Interaction, Keyboard Demo und Starter Assets (eigene Darstellung).

Die Steuerung erfolgte über die Controller, wobei jeder Funktion eine eigene Taste auf dem Controller zugewiesen war. Die Tastenbelegung war über zwei Menütafeln einzusehen, die von den Nutzer*innen ein- und ausgeblendet werden konnten.

Das VR-Projekt wurde ursprünglich in der Entwicklungsumgebung Unity in der Version 2020.3.30f1 erstellt. Über die Jahre hat sich die XR-Landschaft

weiterentwickelt. Neue XR Devices wurden veröffentlicht (z.B.: Meta Quest 3 in 2023 und Apple Vision Pro in 2024). Auch VR-Unterstützung in der Entwicklungsumgebung von Unity erheblich verbessert. Aufgrund unterschiedlicher Kompatibilitätsprobleme und von Unity teilweise nicht mehr unterstützter Packages wurde auf Unity 6000.0.32f1 aktualisiert. Dies sichert auch zukünftige Weiterentwicklungen des Prototyps und ermöglicht auch ein Update der Hardware auf das aktuell neueste VR-Headset Meta Quest 3.

Diese Version von Unity ist kompatibel mit dem XR Interaction Toolkit 3.0.8. (Cam Ayres, 2024a), einem Package, das die einfache Implementierung gängiger Interaktionen wie Greifen, Zeigen und UI-Klicks mittels Hand- oder Controllersteuerung ermöglicht. Das XR Toolkit ist modular aufgebaut, erleichtert eine Plattformübergreifende Nutzung und ist auch für die Handsteuerung (Hand Tracking) notwendig (Cam Ayres, 2024b). Zudem verfügt das XR Interaction Toolkit auch über einige Demoszenen.

Alle bereits verwendeten Assets innerhalb des Prototyps wurden getestet und evaluiert, ob sie für die Weiterentwicklung der VR-Anwendung wiederverwendet werden können. Beibehalten wurden die Unity Szene, inklusive Licht, Boden, Modelle und die Animationen der virtuellen Menschen. Neu hinzu kamen die grafische Oberfläche, die UI-Panels, die Interaktion mit den Händen, sowie UI und Nutzer*innenfreundlichkeit.

Von den Demoszenen wurde folgendes wiederverwendet: von der Starter Assets wurden XR Origin (XR Rig), XR Interaction Manager und Event System wiederverwendet, von der Hands Interaction Demo das TableHandle und von der Keyboard Demo das Global Keyboard.

Auf die einzelnen neuen Features wird im folgenden Abschnitt genauer eingegangen.

3.4.2 Konzept

In einem mehrmaligen Abstimmungsprozess wurden die neuen Features mit dem Betreuer Brian Horsak besprochen, darauf folgte die Erstellung eines Konzepts unterstützt durch schriftliche Skizzen. Danach wurde innerhalb von mehreren Wochen der Prototyp erstellt. Dabei wurden die initialen Konzepte der Skizze in Virtual Reality umgesetzt und verbessert. Die neuen Features waren unter anderem die Navigation und Verbesserungen im User Interface.

3.4.3 User Interface (UI) Design mit Float Grids UI-System

Für die Benutzeroberfläche wurde das Float Grids UI-System (*Float Grids Xr Design System for Figma and Unity*, o. J.) eingesetzt. Dieses Template kann

sowohl für das Prototyping-Tool *Figma*, als auch direkt in Unity verwendet werden. Float Grids verfügt bereits über viele UI-Elemente und Farbschemata, die übernommen werden können. Die einzelnen Elemente haben bereits Funktionen gespeichert, so reagieren z.B. die Buttons ohne weitere Bearbeitung in der virtuellen Umgebung auf die Controller oder die Hände.

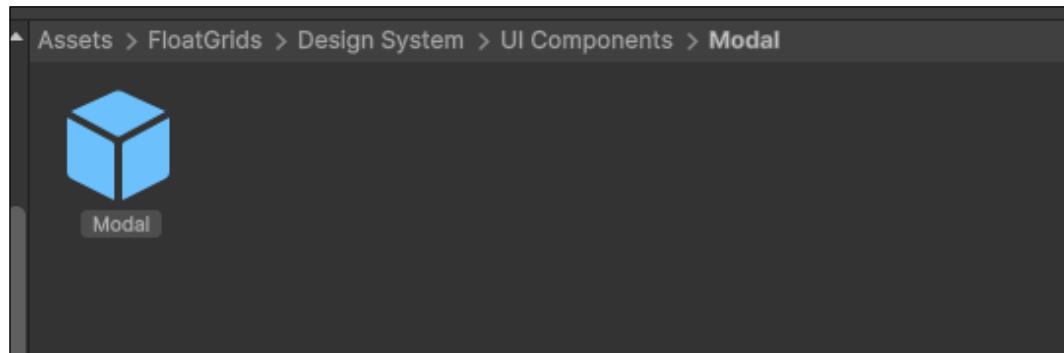


Abbildung 14. Mit diesem Prefab können UI-Elemente hinzugefügt oder entfernt werden (eigene Darstellung).

Mit dem Float Grids System können auch Menüs dynamisch angepasst werden, sie skalieren sich automatisch beim Hineinladen in Größe und Inhalt. Das Modal Prefabs (Abbildung 14) wurde dabei am meisten verwendet.

Dieses Prefab ermöglicht es, UI-Komponenten einfach hinzuzufügen und wegzugeben. Durch das Aktivieren und das Deaktivieren von den UI-Elementen passt sich der Frame an (Abbildung 15). Zusätzlich können die UI-Komponenten (Buttons) bereits mit den VR-Controllern und den Händen interagieren.

Es wurde bewusst darauf verzichtet, vorab einen Klick-Dummy zu erstellen, da die Elemente von Float Grids mit denen von Figma ident sind, die Funktionen in Unity jedoch innerhalb des Editors gleich in der VR-Umgebung getestet werden konnten.

3.4.4 Farbschema

Da es bei VR-Headsets aktuell noch technische Schwierigkeiten mit dem Display gibt und dadurch Unschärfen und schlechtere Lesbarkeit auftreten können, wurde der sogenannte Dark Mode eingesetzt (Erickson et al., o. J.). Dabei wird auf dunklem Hintergrund heller Text verwendet, um so Ermüdung vorzubeugen und das Nutzer*innenerlebnis zu verbessern.

Float Grids verfügt auch über eigene Farbschemas, die dunklen Elementen im Dark Mode wurden für die einzelnen Komponenten verwendet. Der Studiengang Physiotherapie an der Fachhochschule St. Pölten fällt in das Department Gesundheit, daher wurde von dort die Farbe Orange als zweite Farbe übernommen (Physiotherapie, 2025).

Um das Nutzer*innenerlebnis zu erhöhen, ist es wichtig, dass die Menüs in Aufbau und Struktur gleich sind. Wenn die Menüführung klar ist, können die Nutzer*innen, ohne nachdenken zu müssen, durch die Anwendung bewegen. Dies lehnt an die Heuristik „Wiedererkennung statt Erinnerung“ an. Weiters wurde auf „Nutzerkontrolle und Freiheit“ geachtet, da der Nutzer das Avatar-Menü und das Hand-Menü jederzeit selbst Ein- und Ausklappen kann (Nielsen, 1995).

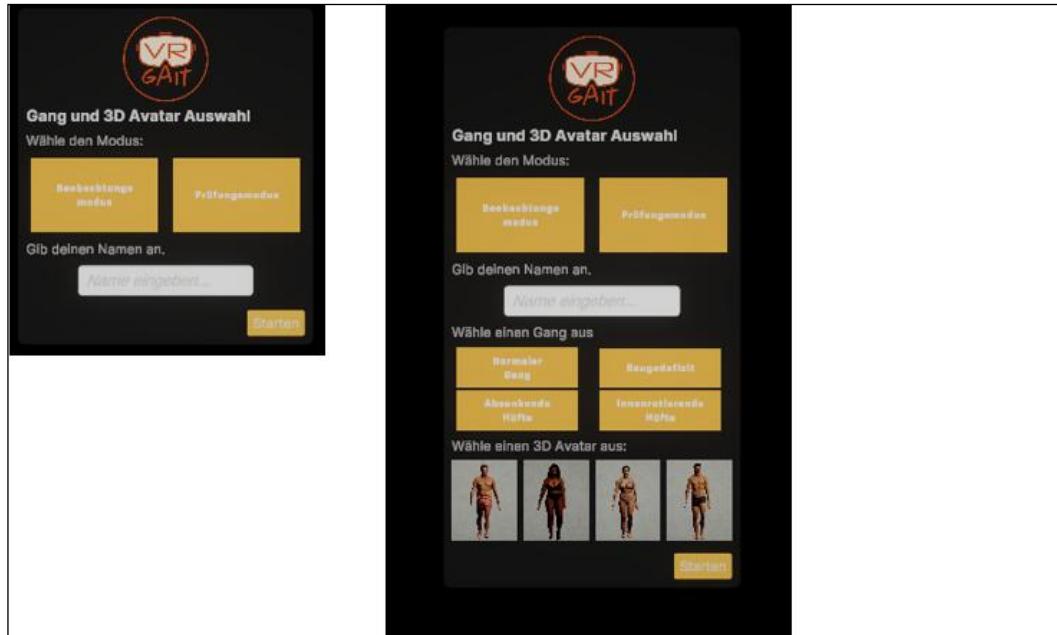


Abbildung 15: Mit dem Model Prefab passen sich UI-Elemente automatisch an die vorgegebene Größe des Elements an. Hier am Beispiel des Zwischenmenüs und des Startmenüs ersichtlich (eigene Darstellung).

3.4.5 Keyboard

Das Keyboard wurde vom Interaction Toolkit verwendet. In der Szene *KeyboardDemo* gibt es zwei Varianten. Variante eins ist das World Space Keyboard, es befindet sich an einer fixierten Position im virtuellen Raum. Verwendet wurde jedoch die zweite Variante, das Global Keyboard, da es von der Position der Nutzer*innen abhängig und dadurch in dieser Anwendung gebrauchstauglicher ist.

3.4.6 Menüs

3.4.6.1 Startmenü

Das Startmenü (Abbildung 15) wurde klar und übersichtlich gestaltet. Die einzelnen Menüpunkte wurden entsprechend ihrer Priorität angeordnet. Zuerst können die Nutzer*innen zwischen dem Beobachtungsmodus und dem Prüfungsmodus wählen. Für den Prüfungsmodus gibt es für die Nutzer*innen die

Möglichkeit, den eigenen Namen über das Keyboard einzugeben und abzuspeichern. Darunter werden vier verschiedene Gangarten zur Auswahl angeboten: normaler Gang, Beugedefizit, absenkende Hüfte und innenrotierende Hüfte. Im untersten Abschnitt des Menüs finden die Nutzer*innen vier verschiedene Avatare, davon zwei weibliche und zwei männliche. Jeder Avatar kann mit jeder Gangart kombiniert werden. Der Button rechts unten startet den ausgewählten Modus mit den eingegebenen Spezifikationen.

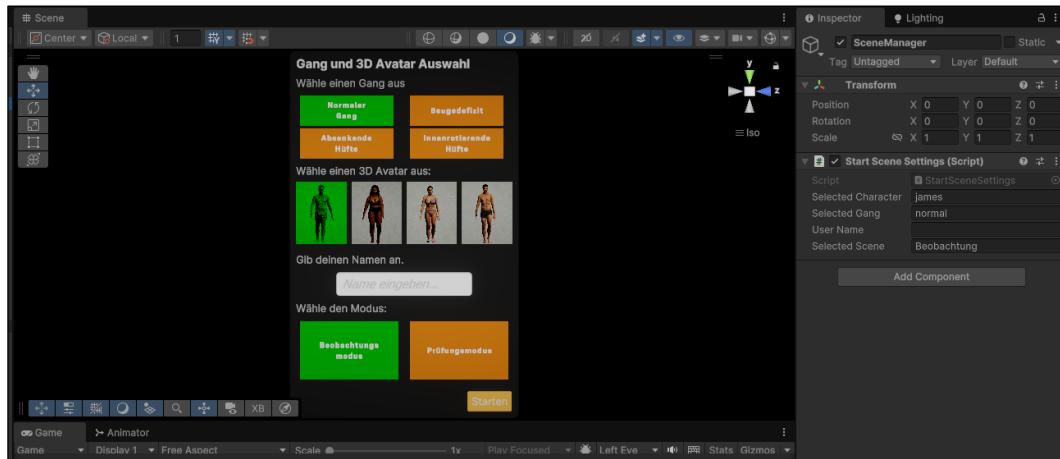


Abbildung 16. Das Startmenü in der Entstehungsphase. Vorab wurden die Funktionen umgesetzt, danach folgten Farbkonzept und Logo (eigene Darstellung).



Abbildung 17. Die unterschiedlichen Versionen des Logos für den Prototyp VR-GAIT (eigene Darstellung).

Zuerst wurden die Funktionen des Menüs erstellt (Abbildung 16), dann das Farbkonzept angepasst und abschließend wurde für den Prototyp ein Logo (Abbildung 17) entworfen. Wählen die Nutzer*innen den Prüfungsmodus aus, können sie den Namen über das Keyboard eingeben und es wird zufällig ein Avatar und ein Gangbild ausgewählt.

Der Aufbau und die Anordnung des Start-Menüs folgen der Heuristik „Beständigkeit und Standards“, um so den Nutzer*innen eine vertraute Struktur zu bieten (Nielsen, 1996).

3.4.6.2 Hand-Menü



Abbildung 18. Die Buttons wurden immer wieder unabsichtlich ausgelöst, damit erwiesen sie sich als nicht gebrauchstauglich und wurden deshalb wieder verworfen (eigene Darstellung).

Um die Einstiegsbarriere für die Nutzer*innen so gering wie möglich zu halten, wurde ein Menü direkt im Sichtfeld und am Körper der Nutzer*innen angedacht. Dies erforderte mehrere Prozesse, um eine brauchbare Lösung zu finden. Der erste Versuch war, vier Buttons (Abbildung 18), ähnlich einem Gürtel vorne an den Nutzer*innen zu positionieren. Außerdem wurden sie immer wieder unabsichtlich gedrückt, wodurch waren sie nicht gebrauchstauglich. Weiters passten sie nicht zum restlichen Design und wurden deshalb durch eine Tafel (Abbildung 19) ersetzt, die wieder vor den Nutzer*innen angebracht war, und sich mitbewegte.

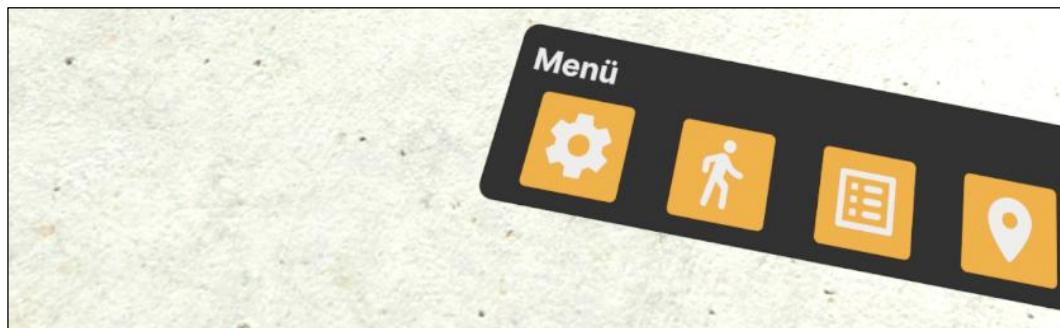


Abbildung 19. Die Tafel als Menü war unpraktisch und wurde schlussendlich durch ein Menü am Handgelenk ersetzt (eigene Darstellung).

Die Handhabung mit dieser Tafel hat sich als unpraktisch erwiesen, da es sich unnatürlich im Ablauf anfühlte, bei der Eingabe nach unten zu drücken. Die Tafel ließ sich auch nicht verschieben, und versperrte zusätzlich die Sicht. Somit wurde dieser Versuch wieder verworfen und durch ein Menü am Handgelenk ersetzt.

Die Anforderungen an das Hand-Menü (Abbildung 20) waren, dass es für die Nutzer*innen jederzeit greifbar, aber nicht im Weg sein sollte, da sich durch die

Anwendung bewegt, und dadurch den Avatar aus mehreren Blickwinkeln betrachtet werden kann. Bei der letzten Testreihe des VR-Prototyps Virtual Human beschrieb P05 „... *ich muss mich recht weit nach unten bücken, um auf die Höhen der Hüfte bzw. des Knees zu kommen, ...*“, dies zeigte, dass die Testpersonen durchaus Bewegungsfreiheit bei der Analyse des Gangbildes benötigen. Dies wurde bei der Konzeption berücksichtigt.



Abbildung 20. Das Hand-Menü kann mit einer Drehbewegung an beiden Handgelenken sichtbar gemacht und wieder versteckt werden (eigene Darstellung).

Das Hand-Menü wurde von seinem Aufbau simpel gehalten und mit nur mit vier Funktionen ausgestattet:

- Zahnrad: lässt das Startmenü aufpoppen, außer man befindet sich im Bewegungs- oder Prüfungsmodus, dann erscheint ein Zwischenmenü (Abbildung 15)
- Avatar: öffnet das Avatar-Menü
- Fragebogen: der Fragebogen erscheint, sowohl im Beobachtungs- als auch im Prüfungsmodus
- Map: eine Mini-Map poppt vor den Nutzer*innen mit den möglichen Teleportationsstandpunkten auf

3.4.6.3 Avatar-Menü

Das Avatar-Menü ist über den linken oberen Button im Hand-Menü (Abbildung 20) erreichbar. Das Avatar-Menü sollte von seinem Aufbau und den Funktionen her an das Abspielen eines Videos erinnern. Mit dieser Form der Wiedererkennung wurde gearbeitet, um die Nutzer*innenfreundlichkeit zu erhöhen. Bereits beim Test des Prototyps Virtual Human sagte P06: „*Es wäre vielleicht noch cool, wenn man die Bewegungen leicht vor- und zurückspulen könnte.*“ P02 beschrieb bei der Geschwindigkeit, dass das „Pausieren der Bewegung super“, und „Slow Motion extrem super“ wäre.

Im ersten Entwurf hatte der Start/Stopp-Button einem Play-Icon, (Abbildung 21) dieser spiegelte die Funktionen aber nicht ausreichend wider und wurde durch einen Play/Pause-Icon ersetzt.

Folgende Funktionen wurden umgesetzt:

- Start/Pause: Der Avatar kann in seinem Gang jederzeit pausiert und wieder gestartet werden
- Ausgangsposition: Mit dem Button links unten kann er jederzeit in seine Ausgangsposition in die T-Pose zurückgebracht werden
- Slider: Mit dem Slider kann der Avatar stufenlos in seiner Laufbahn vor- und zurückbewegt werden
- Geschwindigkeiten: Es gibt folgende Geschwindigkeitsstufen:
0,25x – 0,5x – 0,75x – normale Geschwindigkeit – 1,25x – 1,5x – 2,0x

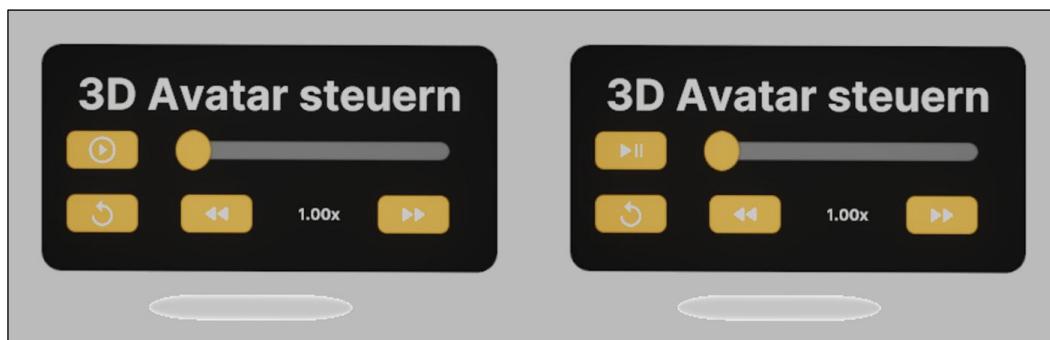


Abbildung 21. Das Avatar-Menü links in der ersten Iteration mit dem Play-Icon, rechts mit dem Play/Pause-Icon. Über die graue Ellipse unter der Menütafel kann der Nutzer die Tafel nehmen und auf die Seite stellen (eigene Darstellung).

3.4.7 Fragebogen

Zum Fragebogen gelangt man über den linken unteren Icon im Hand-Menü (Abbildung 20). Der Fragebogen (Abbildung 22) ist sowohl im Beobachtungs- als auch im Prüfungsmodus aufrufbar. In beiden Modi kann er während der

Ganganalyse auf Knopfdruck auf- und eingeklappt, sowie beantwortet werden. Aktuell verfügt er über 15 Ja/Nein-Fragen (Anhang F).

Dieser Fragebogen wurde zu Demo-Zwecken mit einer KI erstellt. Eine numerische Fortschrittsanzeige soll den Nutzer*innen vor allem im Prüfungsmodus Orientierung bieten, um zu wissen, wie viele Fragen noch zu beantworten sind. Dies erfüllt die Heuristik „Sichtbarkeit des Systemstatus“ nach Nielsen (1996).



Abbildung 22. Der Fragebogen kann während der Ganganalyse jederzeit über das Hand-Menü aus- und eingeklappt werden (eigene Darstellung).

Testperson P10 hat bei dem Usability-Test des Prototyps Virtual Human angeregt, die Anwendung um „.... eine Art Quiz zu erweitern, wo dann vielleicht die unterschiedlichen Pathologien zufällig ausgewählt werden und man die dann erraten muss.“

Über das Startmenü gelangen die Nutzer*innen in den Prüfungsmodus. Bereits im Startmenü gibt er dazu über das Keyboard seinen Namen ein und ein Avatar mit Gangbild wird ihm zugewiesen. Wenn er den Fragebogen abgeschlossen hat, kann er abgesendet werden. Für die Antworten wird ein json-File importiert und mit den Daten exportiert und im StreamingAssets-Pfad gespeichert.

3.4.8 Teleportation

Die Teleportation gab es bereits bei Virtual Human, Ziel war es, diese zu verfeinern und benutzer*innenfreundlicher zu gestalten (Hermann, 2023). Es war wichtig, mehrere Teleportpunkte hinzuzufügen, damit die Nutzer*innen nur wenig gehen müssen, damit auch in einem kleinen Raum die Ganganalyse durchgeführt werden kann.

Dazu wurden die Teleportationspunkte von vier auf acht erhöht und kreisförmig angeordnet. Die Teleportation erfolgt nun nicht mehr über einen Teleportstrahl. Über den rechten unteren Button (Abbildung 20) im Hand-Menü erscheint eine Mini-Map (Abbildung 24). Auf dieser können sich die Nutzer*innen einen Punkt aussuchen, ihn auswählen und sich dorthin teleportieren. Dies entspricht der Erwartung der Nutzer*innen und erfüllt somit die Heuristik „Übereinstimmung von System und Wirklichkeit“ nach Nielsen (1996).

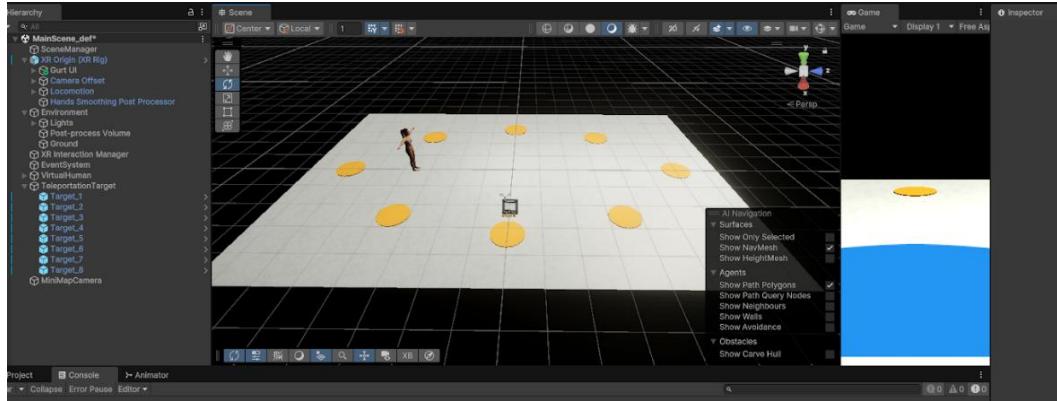


Abbildung 23. Die Teleportationspunkte wurden auf acht erhöht und kreisförmig angeordnet (eigene Darstellung).

3.4.9 Grab Handle

Um den Nutzer*innen noch mehr Bewegungsfreiheit zu ermöglichen und die Anwendung noch dynamischer zu gestalten, wurden die Menüfelder verschiebbar (Abbildung 21) gemacht. Hier kommt die Heuristik „Flexibilität und Effizienz“ zum Tragen (Nielsen, 1996).

3.4.10 Steuerung

Um den unterschiedlichen Nutzergewohnheiten und Vorerfahrungen im virtuellen Raum gerecht zu werden, wurden sowohl die Controller- als auch Handinteraktion implementiert. Mit der Controllersteuerung kann exakt gepointet werden, mit der Handsteuerung ist eine Bedienung durch Gesten und Greifen möglich.

Folgende Funktionen sind über die Controller bzw. die Hände möglich:

Controller

- Auswahl der Buttons und UI-Elemente
- Trigger-Button als Auswahl
- Verschieben der Menütafeln (grab)
- Linker Controller
 - o Joystick: freie Bewegung
- Rechter Controller

- Joystick: Rotation der Kamera

Hände

- Zeigefinger zum direkten Drücken von Buttons, die in der Nähe sind (Point)
- Zeigefinger und Daumen werden zusammengedrückt und erzeugen einen Strahl (Pinch)
 - Zeigen und Reichen von Dingen, die in der Entfernung sind
 - Interagieren mit den UI-Elementen



Abbildung 24: Mithilfe der Mini-Map können sich die Nutzer*innen teleportieren, sie ist über das Hand-Menü erreichbar (eigene Darstellung).

3.4.11 Set-Up für die .exe Datei

Am Ende der Umsetzung wurde ein Standalone Build erstellt, um den Prototyp außerhalb des Editors testen zu können. Dabei erzeugt Unity eine .exe-Datei und einen *_Data-Ordner, beides zusammen stellt eine ausführbare Anwendung dar.

Um auch die Steuerung mit den Händen zu ermöglichen, müssen bei einem Standalone Build in der Meta-App die Runtime-Features für Entwickler aktiviert werden.

3.4.12 Fazit

Der Prototyp VR-GAIT wurde auf der Grundlage bereits bestehender Elemente des vorangehenden Prototyps entwickelt. Durch den neuen Aufbau in Unity 6000.0.32f1 wurde die Möglichkeit geschaffen, den Prototyp auch zukünftig mit der neuesten Hardware, wie dem VR-Headset Meta Quest 3 weiterzuentwickeln.

Mit erweiterten Features wie der Implementierung neuer UI-Elemente über Float Grids, der Handsteuerung, der Fortschrittanzeige, dem Prüfungsmodus und dem Avatar-Menü konnte die VR-Anwendung benutzer*innenfreundlicher gestaltet und verbessert werden.

Durch ein ganzheitliches Konzept in den Bereichen Usability, Navigation und Didaktik konnte innerhalb eines User-Centered Design-Prozesses eine gute Grundlage für den Usability-Test geschaffen werden.

4 Ergebnisse

Nach dem Abschluss der Weiterentwicklung des VR-Prototyps erfolgte eine umfassende Evaluierung im Rahmen eines Usability-Tests. Ziel war es, die sowohl technischen als auch didaktischen Ansätze innerhalb der Anwendung unter realitätsnahen Bedingungen zu testen. Der Fokus lag darauf, konstruktive Rückmeldungen durch die teilnehmenden Testpersonen in Bezug auf Nutzer*innenfreundlichkeit, Verständlichkeit und Akzeptanz zu erhalten. Im Folgenden werden die wichtigsten Beobachtungen und Ergebnisse der User-Tests dargestellt.

4.1 Beobachtungen bei der Testdurchführung

Der Usability-Test wurde mit sieben Testpersonen in der Altersgruppe 20-25 Jahre durchgeführt. Er erfolgte unter kontrollierten Bedingungen an zwei Teststandorten. Zwei Personen wurden an der Fachhochschule St. Pölten, fünf in einem privaten Raum getestet. Beide Räumlichkeiten boten ausreichend Platz, Bewegungsfreiheit und Ruhe. Die teilnehmenden Testpersonen hatten unterschiedliche Hintergründe (u. a. Zivildiener, Studierende, Techniker*innen, Bankangestellte) und wurden vorab nicht speziell auf den Test vorbereitet, um eine möglichst unvoreingenommene Testung des Prototyps vornehmen zu können. Ziel war es, ein unverfälschtes Feedback zu Nutzer*innenfreundlichkeit und Gebrauchstauglichkeit der neu erstellten Benutzer*innenoberfläche zu erhalten.

Vor dem Testbeginn erhielten die Proband*innen eine kurze Erklärung über den Prototyp und zu den Aufgaben, die sie im Zuge der Testung durchzuführen hatten. Um zu prüfen, ob durch die Änderungen und Weiterentwicklungen die Zugangsbarriere niederschwelliger wurde, bekamen die Proband*innen keinerlei Einführung in das VR-Headset Meta Quest 3 sowie der Controller auch gab es keine Informationen zu Navigation und Menüführung. Die Testpersonen bekamen das VR-Headset aufgesetzt und angepasst und die Controller in die Hände gelegt. Bereits hier zeigte sich, dass es Unterschiede im Umgang mit der VR-Technologie gab. Während einige Testpersonen sehr schnell ein Gefühl für die Steuerung entwickelten, waren andere zunächst zögerlich, jedoch alle waren daran interessiert, die Menüführung innerhalb der Anwendung zu verstehen. Interessant war, dass die Technikaffinität nicht unbedingt im direkten Bezug dazu stand, wie die Personen auch in Virtual Reality agierten. Es zeigte sich, dass eher diejenigen, die ihre Technikaffinität mit äußerst (= 1) angaben, große Schwierigkeiten mit dem

Hand-Menü hatten. Anfangs war für keinen Proband*innen klar, welche Knöpfe auf dem Controller mit welcher Funktion belegt waren.

In der ersten Phase wurden verschiedene Aufgaben durchgeführt, um das Menü und die Navigation zu testen. Die Mehrheit der Teilnehmenden fand sich nach kurzer Eingewöhnung zurecht, wie etwa TN-2: „*Sobald ich mich ausgekannt habe, sehr gut. Ich habe es einmal lernen müssen.*“ Einige fanden die Struktur „*logisch*“ und „*ansprechend*“, andere kritisierten jedoch, dass manche Menüpunkte nicht selbstsprechend sind und meinten zusätzlich zum Symbol „*wäre vielleicht die Beschriftung nicht so schlecht*“.

Wiederkehrende Themen waren, ob einzelne Menüpunkte nun ausgewählt waren, die Bedienung des Hand-Menüs am Handgelenk und das Verschieben der einzelnen Menütafeln. Hier deuten die Ergebnisse klar auf ein Potenzial zur Verbesserung hin. Durchwegs positiv fielen die Reaktionen zum Avatar-Menü aus. Laut TN-6: „*Das war perfekt, das hat ohne Probleme funktioniert.*“ TN-1 findet „*das Avatar-Menü hat gut funktioniert.*“ TN-7 meinte sogar: „*Das Avatar-Menü wird ziemlich beliebt sein, glaube ich.*“

In der zweiten Phase wurden der Prüfungsmodus, das Avatar-Menü und die Steuerung ausgetestet. Der Prüfungsmodus war für alle Testpersonen klar verständlich und der Fragebogen einfach in der Handhabung. „*Fragebogen hat perfekt funktioniert*“, meinte TN-6.

Die Beobachtungen während der Testdurchführung zeigten, dass der Prototyp grundsätzlich funktioniert, um die Benutzer*innenfreundlichkeit allerdings noch zu erhöhen, einzelne Details zukünftig noch optimiert werden sollten. Gleichzeitig wurde deutlich, dass selbst Nutzer*innen mit wenig VR-Erfahrung nach kurzer Zeit in der Lage waren, sich in der neuen Umgebung zurechtzufinden und die gestellten Aufgaben zu lösen.

Die VR-Hardware wurde von allen Proband*innen gut angenommen und als nicht störend empfunden. Die Tests verliefen ohne Probleme und technische Unterbrechungen. Der VR-Prototyp lief stabil und die Hardware funktionierte durchgehend zuverlässig. Die Beobachtungen des Usability-Tests bilden die Grundlage für die Auswertung der Fragebögen und Interviews in den folgenden Unterkapiteln.

4.1.1 Aufgaben – Allgemeiner Überblick

Im Rahmen der Tests wurden den Teilnehmenden vier vorab klar definierte Aufgaben gestellt, die sie nacheinander in dem Prototyp umsetzen sollten. Dabei galt es, Erkenntnisse zu Design, Aufbau, Funktionalität, Menüführung, Navigation und Verständlichkeit zu gewinnen. Die Aufgaben umfassten das Kennenlernen der

Menüstruktur, das Interagieren mit dem Hand-Menü, den Prüfungsmodus und den Fragebogen. Weiters sollte herausgefunden werden, ob die Steuerung mit den Controllern oder den Händen für die Nutzer*innen intuitiver und angenehmer ist.

Die Testpersonen waren durchwegs motiviert und an den Aufgaben interessiert. Alle Aufgaben waren nachvollziehbar und konnten grundsätzlich erfüllt werden, allerdings mit unterschiedlichem Bedarf an Unterstützung. Bereits zu Beginn wurde ersichtlich, dass die Testpersonen nicht wussten, wie sie mit den Controllern interagieren konnten, und es einer kurzen Eingewöhnungszeit bedurfte. TN-1 etwa fragte: „*Wie drückt man bei den Controllern?*“ Einige Teilnehmer*innen suchten bestimmte Funktionen länger, während andere intuitiver vorgingen.

Die Orientierung innerhalb der VR-Umgebung gelang allen nach kurzer Zeit, auch wenn der Wunsch nach klareren Rückmeldungen zu erfolgreichen Interaktionen geäußert wurde. TN-1 etwa meinte: „*ganz am Anfang, als ich das Menü gestartet habe, war ich mir ja nicht sicher, ob ich jetzt etwas ausgewählt habe ...*“ Solche Aussagen deuteten darauf hin, dass das visuelle Feedback überarbeitet werden musste und möglicherweise akustische Signale miteinbezogen werden könnten.

Der Wechsel zwischen den Aufgaben wurde bei einigen Testpersonen dadurch erschwert, dass sie den Zurück-Button, der zum Startmenü führt, nicht wahrgenommen hatten. Einige hatten dazwischen Schwierigkeiten, sich zu orientieren, wie etwa TN-3: „..., wenn ich da draufdrücke, wo komme ich hin ...“ Dies sorgte zwischenzeitlich für Unsicherheit. Dennoch zeigte sich bei allen teilnehmenden Testpersonen die klare Bereitschaft, die Aufgaben selbstständig zu bearbeiten. Besonders gefiel es ihnen, bei Aufgabe zwei, wo sie sich völlig frei durch die Anwendung bewegen durften und sich umsehen konnten. Auch wenn kleinere Hindernisse auftraten, wurde der Gesamtlauf als logisch und strukturiert empfunden. Durch die einzelnen Aufgaben konnte ein sinnvoller Rahmen geschaffen werden, um den Prototyp und die Interaktionen der Testpersonen bewerten zu können.

4.1.1.1 Aufgabe 1 - Menüführung und Orientierung

In der ersten Aufgabe sollten sich die Testpersonen innerhalb der VR-Umgebung orientieren und mit den Controllern vertraut machen. Erste Interaktionen wurden bereits über das Startmenü aufgerufen. So konnten die Proband*innen vorerst grundlegende Menüelemente und die Navigation erkunden. Diese Einstiegsaufgabe diente dazu, einen ersten Eindruck von dem Prototyp zu gewinnen und die Einstiegshürde zu überprüfen.

Die Mehrheit der Teilnehmenden hatte Schwierigkeiten im Umgang mit den Controllern, da ihnen nicht klar war, welche Knöpfe sie wofür verwenden sollten. Zusätzlich gab es bei allen Unsicherheiten in Bezug auf die Auswahl. Vor allem im

Startmenü sorgte das für Unklarheiten, ob der Beobachtungsmodus oder der Prüfungsmodus ausgewählt sind. TN-6 stellte sich bereits bei den Modi die Frage: „*Wie erkennt man im Hauptmenü, ob der Beobachtungsmodus oder der Prüfungsmodus ausgewählt ist? Das sind zwei verschiedene Farben. Das gibt es auch öfter, dass es zwei Optionen sind und deshalb zwei verschiedene Farben.*“ Wohingegen die untere Auswahl für ihn klar war, da „*bei den unteren hat es voll gepasst, weil wirklich von den vier Kasteln, nur eines eine andere Farbe hat.*“ Die Mehrheit der Teilnehmenden beschrieb das Startmenü als übersichtlich und jeder konnte gut damit interagieren. Die Grundfunktionen wie der Beobachtungsmodus, Auswahl der Gangart und Avatar, sowie Start wurden meist schnell verstanden. Allerdings war für einige, wie auch für TN-1, das „*Startmenü zu hoch oben, und lässt sich nicht verschieben*“.

Das Hand-Menü am Handgelenk war für einige Teilnehmer*innen eine Herausforderung. Anfangs dauerte es einen Moment, bis es für die Probanden überhaupt zu sehen war, TN-3 meinte „*Ich habe nicht gewusst, wie die Bewegung ist.*“ Für TN-1 „*war es eher unpraktisch*“. Einige hatten den ganzen Test über Probleme mit dem Hand-Menü. Nach den ersten anfänglichen Schwierigkeiten ging es auch einigen anderen Proband*innen wie TN-4 „*Sehr einfach, wenn man einmal weiß, wie man es aktiviert. Das ist logisch und man muss nicht eine extra Taste drücken, um dorthin zu kommen. Es gibt keinen extra Punkt, den man beachten muss, sondern man hat es mit einer Bewegung. Und ja, auswählen ist vielleicht ein bisschen nervig mit den Controllern, aber ansonsten klar aufgebaut.*“ Bei den meisten funktionierten die Interaktionen besser oder sogar gut, wenn sie nicht mit den Controllern, sondern direkt mit den Händen das Menü bedienen konnten. Dafür wurden die vier Icons von fast allen sofort erkannt und konnten klar ihren jeweiligen Funktionen zugeordnet werden.

Gleichzeitig hätten sich zwei Testpersonen zusätzlich zu den Icons auch eine Beschriftung gewünscht. TN-6 meinte „*Anfangs musste man herausfinden, welches Symbol für welches versteht. Da wäre vielleicht eine Beschriftung nicht so schlecht.*“

TN-1 „*Würde vielleicht am Anfang eine kurze Erklärung mit irgendeinem Screen, oder irgendeinem Tutorial nehmen. Vielleicht noch ein paar Sätze oder irgendwelche Bilder, wo die verschiedenen Funktionen erklärt werden.*“ Auch TN-7 schlägt vor, dass „*es im Menü irgendwie so Infos gibt, wie man zum Beispiel das Menü öffnen kann, das Hand-Menü*“.

Die Map konnte jeder Teilnehmende finden und ohne weitere Erklärung anwenden. Das Teleportieren funktionierte einwandfrei.

Die Menüführung funktionierte im Grundaufbau gut, zeigte aber insgesamt, dass hier noch weitere Schritte notwendig sind, um das Nutzer*innenerlebnis zu

verbessern. Eine Einführung mittels eines Tutorials würde gleich zu Beginn den Einstieg erleichtern. Es hat gezeigt, dass auch technikaffine Personen Schwierigkeiten haben und noch mehr Klarheit benötigen.

4.1.1.2 Aufgabe 2 - „Thinking aloud“ - Menügestaltung und Navigation

In der zweiten Aufgabe sollten sich die Teilnehmenden durch den Prototyp klicken und dabei laut denkend äußern, was ihnen bei der Nutzung auffiel. Der Fokus lag auf der Menügestaltung, den Farben, der Lesbarkeit, den Icons, und der Navigation. Dabei traten sowohl positive Rückmeldungen als auch konstruktive Kritik hervor.

Die Platzierung der Menüs wurde häufiger genannt. TN-3 fand „*Die Menüs poppen immer für mich zu weit oben auf.*“ TN-6 meinte: „*Vielleicht, dass sie nicht immer so weit unten aufpoppen, das geht auf die Dauer auf den Nacken.*“ Auch fiel auf, dass das Startmenü als einziges nicht verschiebbar war, was in Bezug auf die Platzierung ungünstig war.

Die Lesbarkeit und Schriftgestaltung wurden überwiegend positiv bewertet. TN-2 meinte: „*Ich finde auch die Schriftgröße sehr gut.*“ TN-3 fand: „*Von der Schrift her ist es schon sehr lesbar.*“

Die Farben und Kontraste wurden unterschiedlich wahrgenommen. TN-6 empfand die Farben als: „*Angenehm, stechen nicht zu sehr, aber sie fallen auf.*“, sowie: „*... sind sinnvoll. Das ist auch gut gewählt mit dem dunklen Orange, oder dem Braun, wenn es ausgewählt ist.*“ Auch TN-7 war mit der Farbwahl zufrieden: „*Eigentlich gut, weil ich glaube bei VR, wenn es zu hell wäre, zum Beispiel der Hintergrund ist schwarz, dass das dann zu sehr stören würde. Vor allem mit dem weißen Hintergrund. Und das Orange sieht man immer eindeutig auf jeden Fall.*“ Für TN-1 war positiv: „*... so die Farben an sich, dass es so im Dark Mode ist, dass es dunkel ist, das ist gut.*“ TN-1 hingegen äußerte Bedenken wie: „*... also ich würde vielleicht die Farben das Orange und das Braun ein bisschen mehr voneinander abheben. Ich meine, wenn man es mal gesehen hat, dann versteht man es eh, aber ich habe ganz am Anfang, als ich das Menü gestartet habe, da war ich mir ja nicht sicher, ob ich jetzt etwas ausgewählt habe oder nicht, weil ich das nicht gleich erkannt habe, kann man denken, dass weißer Text auf dem gelben Hintergrund ist nicht so gut lesbar. Okay. Ich glaube, ich persönlich finde es cool, wenn die Sachen, die ich jetzt nicht ausgewählt habe, einfach noch eine Umrandung hätten und das, was ausgewählt ist, so die Fläche bedeckt.*“

Die Navigation und die Icons wurden grundsätzlich gut verstanden. TN-1: „*Bei dem Menü finde ich die Icons, dadurch, dass es so wenige sind, finde ich, sind sie eindeutig. Und sie sind ja alle sehr unterschiedlich. Also die Map, wenn ich da einmal sehe, dass ich mich immer damit teleportieren kann, dann reicht das für*

mich auf jeden Fall. Und das gleiche eigentlich beim Avatar und beim Fragebogen. Also wenn ich da einmal sehe, es gibt da Settings: Avatar, Fragebogen und Maps, oder halt unter Position im Raum, dann reicht das schon.“ TN-2 fand: „Das Zahnrad war passend. Ich war nämlich nicht sicher. Ist glaube ich sogar besser in dem Fall, weil alles andere sehr sprechende Icons sind, sage ich mal. Also das ist eine Person, die geht, das ist das Map-Icon und der Fragebogen. Und wenn dann da nur drei Striche wären, ja man weiß, dass das Menüs sind. Also ein Burger-Icon oder ein Menü Icon sein soll. Wenn man sich aber nicht so gut auskennt, ist glaube ich ein Zahnrad das geläufigere. Und passt besser zu den restlichen Icons.“ TN-3 meinte: „Von den Symbolen her versteht man es schon.“ Von TN-4 kam ebenfalls eine positive Rückmeldung: „Man erkennt an den Symbolen, was man bekommt. Aufbau, wo ich wo hinkomme, von den Einstellungen her und was ich auswähle für ein Modus, auch logisch.“

4.1.1.3 Aufgabe 3 – Prüfungsmodus und Rückmeldung

In der Aufgabe 3 sollten die Testpersonen über das Startmenü in den Prüfungsmodus starten. Vorab war noch der Name über die virtuelle Tastatur einzugeben. Im Prüfungsmodus wurde über das Hand-Menü der Fragebogen ausgewählt. Dort gab es eine Prüfungsfrage zu beantworten, wobei es nicht darum ging, sie auf fachlicher Ebene zu beantworten, sondern um die Funktionen zu überprüfen. Der Fragebogen sollte durchgeklickt und dann abgesendet werden. Anschließend sollten sie wieder ins Startmenü zurückkehren. Ziel war es, die Verständlichkeit des Ablaufs zu testen und Rückmeldungen über die Bedienfreundlichkeit des Hand-Menüs zu erhalten.

In der Beobachtung zeigten die meisten Testpersonen ein schnelles Verständnis für die Navigation zum und im Prüfungsmodus. Der Ablauf erschien allen soweit logisch. Der Fragebogen wurde meist ohne Probleme gestartet und die Abfolge der Aufgaben war nachvollziehbar. Für TN-2 war dieser Schritt jedoch ein wenig unklar: „... wenn ich weiß, dass der Fragebogen im Menü ist, also wenn ich das Prinzip einmal gelernt habe, dann vielleicht schon, aber ich glaube, ich hätte eher erwartet, dass ich mir den Gang kurz anschauje und dann erscheint automatisch ein Fragebogen. Oder es erscheint ein Button mit Fragebogen öffnen oder Gang noch einmal anschauen, irgendwie sowas.“ TN-7 fand die Navigation zum Fragebogen „einfach“. Die Handhabung des Fragebogens war für alle klar und verständlich. TN-4 hatte dazu die positive Rückmeldung: „Das kann man bestimmt gut lesen, das ist wunderbar sehr gut. Und ich kann auch leicht weiter drücken. Und ich kann auch wieder zurückgehen. Das ist auch gut. Ich kann mir die Frage noch mal überlegen und zurückgehen.“

Das Feedbacksystem im Prüfungsmodus wurde von allen als verständlich und hilfreich bewertet. Die numerische Fortschrittanzeige wurde für sechs von sieben Teilnehmer*innen gegenüber einem Fortschrittbalken bevorzugt. Nur eine

Testperson, TN-1 wäre auch mit einem Balken zufrieden und fände es „... sogar ganz cool, weil ich mag einfach Fortschrittsbalken gerne.“ TN-2 sagte: „... ich finde sprechende Sachen immer besser. Bei einem Balken, also da weiß ich wenigstens wirklich, ich habe 1 von 15 Fragen vor mir.“ TN-3 meinte: „Da ist mir natürlich die Anzahl lieber. Die Zahlen sind super.“ TN-4 gab als Rückmeldung: „Doch, ich finde es schon gut mit den Zahlen. Nur mit dem Balken sehe ich das halt sehr ungenau.“

Die Bedienung mit dem Hand-Menü wurde überwiegend als intuitiv empfunden, hatte aber bei einigen Teilnehmenden in der Handhabung zu Problemen geführt. TN-3 sagte: „Es war am Anfang schwierig, es ist immer unterschiedlich, je nachdem, bei welcher Hand man weiter oben ist. Da muss man umdenken, mit welcher Hand man jetzt lenkt. z.B. wenn ich es auf der Linken öffnen könnte oder mit einem Knopfdruck.“ Für TN-4 war es: „sehr einfach, wenn man einmal weiß, wie man es aktiviert. Das ist logisch und man muss nicht eine extra Taste drücken, um dorthin zu kommen. Es gibt keinen extra Punkt, den man beachten muss, sondern man hat es mit einer Bewegung. Und ja, auswählen ist vielleicht ein bisschen nervig mit den Controllern, aber ansonsten klar aufgebaut.“

Insgesamt wurde der Prüfungsmodus von den teilnehmenden Testpersonen als logisch und strukturiert wahrgenommen. Die Navigation funktionierte in den meisten Fällen ohne Probleme. Verbesserungsbedarf besteht bei dem Hand-Menü, um die Handhabung für alle Nutzer*innen bedienerfreundlich zu gestalten.

4.1.1.4 Aufgabe 4 – Avatar-Menü, Vergleich Hand- u. Controllersteuerung

In der Aufgabe 4 sollte getestet werden, welche Form der Steuerung die Testpersonen bevorzugen und intuitiver fanden. Dabei wurden sie aufgefordert abwechselnd mit den Controllern und der Hand-Steuerung zu interagieren. Dabei sollten zentrale Steuerungsfunktionen wie das Starten und Stoppen des Avatars, das Bewegen des Sliders und die Veränderung der Geschwindigkeit getestet werden. Das Ziel war, die Unterschiede in der Handhabung wahrzunehmen und den Bedienkomfort zwischen den beiden Methoden festzustellen. Die Ergebnisse zeigen, dass über die Hälfte eine Präferenz zu der Hand-Steuerung bevorzugten.

TN-3 meinte: „Also mit dem Controller finde ich es ein bisschen schwer, aber das Auswählen mit den Händen ist wieder leichter, weil es schneller geht, weil ich habe direkt die Finger drauf.“ Auch für TN-4 war die Steuerung mit den Händen einfacher: „Ich muss sagen, wenn man sich kurz an die Hände gewöhnt hat, finde ich die Hände besser.“

Besonders hervorzuheben war das Avatar-Menü, welches von allen teilnehmenden Testpersonen positiv bewertet wurde. Slider, Start-Stopp-Buttons und die Geschwindigkeitssteuerung wurden insgesamt gut verstanden und das Ausprobieren hat den Proband*innen sehr gefallen. TN-4: „Das ist ganz gut, dass

ich alles steuern kann, wie ich es halt brauche, um im Moment mal zurückzugehen. Das ist auch sehr praktisch. Start, Play und die Geschwindigkeit ist auch praktisch.“ Für TN-2 war es ebenfalls positiv: „Also das mit dem Steuern, habe ich verstanden. Wenn ich jetzt auf den Button mit dem Play drücken würde, vermute ich, dass er dort weitergeht, wo ich gerade in dem Slider drinnen bin. Bei den beiden Pfeilen unten, die doppelten Pfeile, kann ich wahrscheinlich die Geschwindigkeit des Gangs einstellen und das Wiederholzeichen, um den Gang nochmal zu wiederholen von vorne beginnen zu lassen.“ Es gab jedoch auch ein paar Hürden, wie TN-3 herausfand: „Man hat auch nicht immer starten können. Am Anfang hat man den Balken bewegen müssen und dann hat man es starten und stoppen können.“, oder TN-2: „Das Einzige, was mir nur auffällt, das mich gerade ein bisschen verwirrt, ist, dass er leider nicht mitgeht, während die Person geht. Ich weiß nicht, ob es so sein soll oder für mich einfach nur eine nette Interaktion wäre, aber ich glaube, ich würde es irgendwie erwarten, dass der Slider mit der Person gleichzeitig agiert. Genauso wie bei Musik, wie man es halt von YouTube kennt ...“

Auch das Verschieben der Menütafeln wurde in beiden Modi ausprobiert. Dabei zeigte sich, dass dabei die Schwierigkeiten mit den Controllern größer waren als mit den Händen. Auch wurde von einigen Teilnehmer*innen angenommen, dass die Tafel an der Seite genommen und verschoben werden kann. Während TN-4 bereits bei der Aufgabe 1 ohne Aufforderung die Menütafeln selbstständig verschieben kann, muss sich TN-7 bei der Aufgabe 4 ein wenig damit beschäftigen, um die Funktionsweise herauszufinden. Dann fand er „Am coolsten ist eigentlich das Hin- und Herschieben.“ TN-5 konnte die Tafeln nur mit der Hand-Steuerung verschieben. TN-4 fand: „Es ist sehr praktisch, dass ich die Felder herumschieben kann und aus der Bildmitte schieben kann, wenn es nötig ist.“

Insgesamt kann festgehalten werden, dass die meisten Testpersonen nach einer kurzen Eingewöhnung beide Steuerungsarten bedienen konnten. Die Rückmeldungen deuten jedoch darauf hin, dass die Hand-Steuerung eine höhere natürliche Interaktion zulässt. Für eine zukünftige Weiterentwicklung kann angemerkt werden, dass beide Optionen angeboten werden sollten, um die Zugangsbarriere möglichst gering zu halten und damit allen Nutzer*innen die präferierte Steuerungsmethode anzubieten. Gegebenenfalls könnte ein Tutorial die Eingewöhnungszeit verkürzen, welches zu Beginn angeboten werden könnte.

4.1.2 Ergebnisse des System Usability Scale (SUS) Fragebogens

Um die allgemeine Benutzer*innenfreundlichkeit zu testen, wurde der System Usability Scale (SUS) verwendet. Mithilfe einer fünfstufigen Likert-Skala von „stimme voll zu“ (1) bis „stimme überhaupt nicht zu“ (5) wurden die zehn standardisierten Aussagen dieses Fragebogens bewertet. Die Auswertung erfolgte

nach einem von Brooke (1996) etablierten Verfahren. Dabei werden bei den ungeraden Fragen, welche positiv formuliert wurden ein Wert von -1 und bei den geraden Fragen, welche negativ formuliert wurden, mit einem Wert von -5 berechnet. Die daraus resultierende Summe wird mit dem Faktor 2,5 multipliziert, wodurch ein Gesamtscore von 0-100 möglich ist. Um mit der Arbeit von Simon Hermann (Hermann, 2023) vergleichbar zu bleiben, wurden die gleichen Parameter beim SUS-Score verwendet, daher wurde auch in diesem Fall die klassische SUS-Logik invertiert. Anschließend wurden die Werte ausgewertet und der jeweils individuelle SUS-Score berechnet.

Die Auswertung der sieben vollständigen SUS-Fragebögen zeichnet insgesamt ein sehr positives Bild des getesteten Prototyps VR-GAIT. Der durchschnittliche SUS-Score lag bei 85,7 Punkten (Tabelle 2). Dieser Wert liegt weit über dem in der Literatur als bestandene Usability-Prüfung (Bangor et al., 2008) benannten Wert von 70.

Einzelergebnisse											SUS-Score
TN	F01	F02	F03	F04	F05	F06	F07	F08	F09	F10	
TN-1	1	5	1	2	2	5	2	4	1	5	85,0
TN-2	1	5	1	4	2	5	1	5	2	5	92,5
TN-3	2	4	2	5	4	2	4	5	2	5	67,5
TN-4	1	5	2	5	1	5	1	5	5	4	85,0
TN-5	1	5	1	5	2	5	1	5	1	5	97,5
TN-6		5	2	5	2	5	2	5	2	5	87,5
TN-7	3	5	2	5	2	5	2	5	2	5	85,0
Durchschnittsberechnung											85,7

Tabelle 2. Einzelergebnisse und Durchschnitt der Aussagen des System Usability Score (SUS) nach Brooke (1996)

Am stärksten fiel das Ergebnis bei TN-5 mit einem Score von 97,5 aus. Dies weist auf eine nahezu perfekte Usability-Wahrnehmung hin. Bis auf TN-3 erzielten alle übrigen Teilnehmer*innen Werte über 85,0. TN-3 weist einen Score von 67,5 Punkten, dieser liegt nur knapp unter der Standard-Benchmark von 70 (Bangor et al., 2008).

NR	SUS-Fragebogen	5-Punkte Likert-Skala					Wert Ø
		1	2	3	4	5	
01	Ich kann mir sehr gut vorstellen, den Prototyp regelmäßig zu nutzen.	4	2	1	0	0	1,6
02	Ich empfinde den Prototyp als unnötig komplex.	0	0	0	1	6	4,9
03	Ich empfinde den Prototyp als einfach zu nutzen.	1	4	0	0	0	1,8
04	Ich denke, dass ich technischen Support brauchen würde, um den Prototyp zu nutzen.	0	1	0	1	6	4,5
05	Ich finde, dass die verschiedenen Funktionen des Prototyps gut integriert sind.	1	6	0	0	0	1,9
06	Ich finde, dass es im Prototyp zu viele Inkonsistenzen gibt.	0	0	0	2	5	4,7
07	Ich kann mir vorstellen, dass die meisten Leute den Prototyp schnell zu beherrschen lernen.	4	3	0	0	0	1,4
08	Ich empfinde die Bedienung als sehr umständlich.	0	0	0	1	6	4,9
09	Ich habe mich bei der Nutzung des Prototyps sehr sicher gefühlt.	3	3	0	0	1	2,0
10	Ich musst eine Menge Dinge lernen, bevor ich mit dem Prototyp arbeiten konnte.	0	0	0	2	5	4,7

Tabelle 3. Die jeweiligen Einzelwertungen und der Durchschnitt der zehn Aussagen des System Usability Scale Fragebogens (SUS) nach Brooke (1996).

Diese quantitativen Ergebnisse bestätigen die hohe Akzeptanz und stützen auch die qualitative Auswertung der offenen Fragen und auch die Beobachtungen während des Usability-Tests.

Um die Analyse noch zu vertiefen, wurden die Einzelergebnisse (Tabelle 3) der SUS-Fragen zusätzlich auf einer fünfstufigen Likert-Skala erfasst und ausgewertet. Die Aussage „Ich kann mir sehr gut vorstellen, den Prototyp regelmäßig zu nutzen“ wurde im Durchschnitt mit 1,6 bewertet, was auf eine hohe Nutzer*innenzufriedenheit deutet. Die Aussage „Ich empfinde den Prototyp als einfach zu nutzen“ wurde durchschnittlich mit 1,8 bewertet, was auf eine hohe Benutzer*innenfreundlichkeit schließen lässt.

Dagegen wurden bei den Aussagen „Ich empfinde den Prototyp als unnötig komplex“ und „Ich musst eine Menge Dinge lernen, bevor ich mit dem Prototyp arbeiten konnte“ im Durchschnitt mit 4,9 bzw. 4,7 ganz klar die negativen Aspekte Komplexität und Lernaufwand abgelehnt.

Auch die Aussagen zu technischem Support und Inkonsistenzen wurden mit 4,5 bzw. 4,7 bewertet, was für eine positive Nutzer*innenerfahrung spricht.

Diese Ergebnisse belegen, dass der Prototyp VR-GAIT nicht nur aus funktioneller, sondern auch aus Sicht der Nutzer*innen als intuitiv und einfach in der Handhabung wahrgenommen wurde.

4.2 Ergebnisse der Usability-Befragung

4.2.1 Geschlossene Fragen

Im Zuge des Usability-Tests beantworteten die Testpersonen insgesamt neun geschlossene Fragen zum Prototyp. Die Fragen wurden auf der fünfstufigen Likert-Skala (1 = äußerst bis zu 5 = überhaupt nicht) bewertet.

Die höchsten Zustimmungswerte (Tabelle 4) erhielten die Aussagen zur Reaktionsgeschwindigkeit der Eingaben und zur Fortschrittsanzeige im Prüfungsmodus. Dies weist auf eine hohe technische Stabilität und Benutzerfreundlichkeit in diesen Bereichen hin.

Ebenfalls eine sehr gute Nutzerzufriedenheit erreichte das Avatar-Menü mit einem Mittelwert von 1,4. Dies ist ein deutlicher Hinweis darauf, dass die Menüführung und die Interaktionen für die Testpersonen verständlich waren.

Mit geringerer Zustimmung wurde das Zurechtfinden innerhalb des Menüs und das Hand-Menü mit 2,3 bzw. 2,6 bewertet, was auf ein Verbesserungspotenzial bei der Menüführung und der Navigation hinweist.

Insgesamt zeichnen die Werte ein positives Gesamtbild des weiterentwickelten Prototyps, zeigen aber auch Verbesserungspotenzial in Effizienz, Klarheit sowie der technischen Umsetzung. Durch die Bewertung konnten wertvolle

Ansatzpunkte für Nachbesserungen in allen abgefragten Bereichen gesammelt werden.

4.2.2 Offene Fragen

Im Anschluss an den Test wurden den teilnehmenden Testpersonen offene Fragen gestellt, um ihre Eindrücke und mögliche Verbesserungsvorschläge mitzuteilen. Sie wurden gebeten, vier offene Fragen zu beantworten: Wie sie die Menüsteuerung empfanden, ob es Stellen gab, an denen Unsicherheiten auftraten, was sie verbessern würden und ob sie abschließend noch etwas mitteilen möchten. Die Auswertung der offenen Fragen liefert wertvolle Hinweise für zukünftige Optimierungen in Bezug auf die Menüführung, Steuerung und mögliche Ideen der Tester*innen.

Die Menüsteuerung wurde überwiegend als verständlich, anfangs aber als gewöhnungsbedürftig beschrieben. TN-1 meinte: „... ganz am Anfang war ich ein bisschen „confused“, weil ich mich überhaupt nicht damit auskenne.“ TN-4 sagte: „..., wenn man es einmal weiß, ...“ TN-5 fand: „Eigentlich ganz angenehm. Hat mir gefallen. Es geht sehr smooth.“ TN-2 schlug vor, die Icons zusätzlich zu beschriften: „Zum Icon noch ein bezeichnender Begriff dazu vielleicht.“ Das sah auch TN-6 ähnlich: „Anfangs musste man herausfinden, welches Symbol für welches steht. Da wäre vielleicht die Beschriftung nicht so schlecht.“ TN-2 meinte dazu noch: „... aber mir würde dadurch noch ein bisschen Last abgenommen werden. Ja, überhaupt, wenn man es das erste Mal macht, ist man ein bisschen überfordert.“

Während der Bedienung gab es Unsicherheiten, vor allem in Bezug auf den Umgang mit den Menüs und deren Positionierung. TN-3 äußerte dazu: „Also du hast nie gewusst welches Menü jetzt kommt.“ Bereits während des Tests haben die Teilnehmer immer wieder erwähnt, dass die Menüpositionierung nicht optimal war. TN-6 meinte: „Vielleicht, dass sie nicht immer so weit unten aufpoppen, das geht auf die Dauer auf den Nacken.“ TN-1 versuchte, das Menü zu verschieben: „... ich habe keine Ahnung, wie man das macht. Also ich hätte jetzt instinktiv einfach irgendwo, wie man es beim Laptop macht, irgendwo drauf und geschoben ...“

Viele Rückmeldungen zu Unsicherheiten gab es auch zur Einstiegsphase. Dort fühlte sich TN-2 „... am Anfang war ich noch sehr orientierungslos.“ Ähnlich ging es TN-7: „Ja. Am Anfang. Da bin ich dagestanden und dann hab ich nicht gewusst, wo die ganzen Menüs und so weiter sind.“ Auch TN-4 meinte: „Natürlich wusste ich am Anfang nicht, wie ich das mit dem Menü mache.“ Jedoch TN-5 fand sich gut zurecht und meinte: „Ausgekannt habe ich mich schon.“

NR	Frage	5-Punkte Likert-Skala					\emptyset
		1	2	3	4	5	
Erfahrung							
01	Würdest du dich als technikaffin bezeichnen?	3	3	1	0	0	1,7
Visual Design							
02	Fandest du die Farbgestaltung ansprechend?	3	3	0	1	0	1,9
Menüführung							
04	Wie einfach hast du dich im Menü zurechtgefunden?	2	1	4	0	0	2,3
05	Wie intuitiv waren für dich die Anordnung der Menüpunkte?	3	2	2	0	0	1,9
06	Wie klar waren die Menüpunkte benannt?	2	3	2	0	0	2,0
07	Wie gut kamst du mit dem Menü am Handgelenk zurecht?	1	2	3	1	0	2,6
08	Wie zufrieden warst du mit der Reaktionsgeschwindigkeit deiner Eingaben?	6	1	0	0	0	1,1
Avatar-Menü							
09	Wie kamst du mit dem Slider / den anderen Funktionen zurecht?	4	3	0	0	0	1,4
Prüfungsmodus							
10	Wie passend fandest du die Zahlen als Fortschrittsanzeige?	5	2	0	0	0	1,3

Tabelle 4. Die geschlossenen Fragen und ihre einzelnen Durchschnittswerte. Besonders gut schnitt die Reaktionsgeschwindigkeit ab, Nachbesserungen sind vor allem beim Hand-Menü sinnvoll.

Bei den Verbesserungsvorschlägen ging es vorrangig um technische und ergonomische Aspekte. TN-1 schlug vor: „*Würde vielleicht am Anfang eine kurze Erklärung mit irgendeinem Screen, oder irgendeinem Tutorial nehmen. Vielleicht noch ein paar Sätze oder irgendwelche Bilder, wo die verschiedenen Funktionen erklärt werden. Vielleicht gleich so ein Pop-up mit verschiedenen Bildern, mit Menü und Einträgen.*“ TN-7 hätte gerne, „*dass man mehrere Menüs auf einmal offen haben kann.*“, „*Und dass man vielleicht gleichzeitig den Avatar schauen könnte und das Avatar-Menü. Also die Fragen und das Avatar-Menü.*“ Weiters merkt TN-7 zur Orientierung innerhalb der Map an: „*Woher weiß man, wo man steht? Dass vielleicht ein roter Punkt oder ähnliches, in dem jeweiligen Ring drinnen ist.*“ Für TN-3 wäre als Feedback für seine Auswahl wichtig: „*Ein Ton, genau, dass man hört, dass man drückt. Aber wenn ich es nicht höre, dann glaube ich, ich habe nichts gedrückt. Ich bin das gewohnt von Computer und Handy.*“

In den abschließenden Bemerkungen kam viel positives Feedback wie etwa von TN-5: „*Ich würde mich freuen, wenn man von dem Prototyp mehr sieht, was man alles machen kann.*“ TN-4 hatte zum ersten Mal eine VR-Brille auf dem Kopf und meinte: „*...., wenn man wirklich so speziellere Fälle hat, um sich das im Nachgang nochmal anzusehen, dann finde ich das total praktisch. Zum Lernen auf jeden Fall.*“ TN-6 war grundsätzlich mit dem VR-Prototyp zufrieden und sagte: „*Eigentlich, bis auf ein paar Feinschliffe, die wir gesagt haben, passt das voll.*“

Insgesamt zeigen die Antworten, wie motiviert und interessiert die Testpersonen waren. Sie haben sich ernsthaft mit dem Prototyp auseinandergesetzt und konstruktive Kritik und konkrete Verbesserungsvorschläge eingebracht. Der Prototyp wurde von ihnen überwiegend als positiv und gut verständlich wahrgenommen.

4.3 Bewertung der Features

Die im Rahmen des Usability-Tests evaluierten Ergebnisse zu dem Prototyp VR-GAI/T konnten insgesamt ein sehr positives Bild zeichnen. Besonders hervorzuheben ist das Avatar-Menü, welches bereits bei den Testbeobachtungen und direkten Rückmeldungen der Teilnehmenden sehr gut abgeschnitten hat. Es wurde von allen Testpersonen als intuitiv und funktional beurteilt. Die unterschiedlichen Funktionen, wie der Slider, die Geschwindigkeitseinstellungen und die Möglichkeiten zu Start, Stopp und Pause haben bei den Nutzer*innen zu hoher Zufriedenheit geführt. Dies wurde mit Aussagen untermauert, wie etwa von TN-4: „*Das ist ganz gut, dass ich alles steuern kann, wie ich es halt brauche, um im Moment mal zurückzugehen. Das ist auch sehr praktisch. Start, Play und die Geschwindigkeit ist auch praktisch.*“

Die Fortschrittsanzeige im Prüfungsmodus wurde von allen Testteilnehmer*innen positiv bewertet, alle bis auf eine Person wollten die Fragen lieber nummerisch angezeigt bekommen. TN-2 findet „...sprechende Sachen immer besser. Bei einem Balken, also da weiß ich wenigstens wirklich, ich habe 1 von 15 Fragen vor mir.“ Das bestätigte auch TN-3: „Da ist mir natürlich die Anzahl lieber. Die Zahlen sind super.“

Das Hand-Menü wurde nicht von allen Testpersonen gut bewertet. Es dauerte immer einige Momente, bis es sichtbar wurde, auch war die nötige Handbewegung, um es sichtbar zu machen, nicht gleich allen klar. Auch die Controller-Bedienung war mit in Kombination mit dem Hand-Menü für einige Teilnehmer eine Herausforderung. Fast alle Teilnehmenden haben sich eine Einführung in die Steuerung gewünscht. Die Platzierung der Menütafeln erwies sich immer wieder als ungünstig, vor allem das Startmenü, welches auch nicht verschiebbar war.

Das Visual Design wie Farbgebung, Kontraste und Schriftgröße wurde insgesamt positiv bewertet. TN-2 meinte dazu: „Ich finde auch die Schriftgröße sehr gut.“ Die Icons wurden von TN-1 als „eindeutig“, und von TN-3 „Von den Symbolen her versteht man es schon.“ bezeichnet. Zwei Testpersonen hätten gerne noch zusätzlich zu den Icons einen Text. Für TN-6 war bei der Farbgebung positiv, „..., stechen nicht zu sehr, aber sie fallen auf, ...“ TN-1 hingegen hätte gerne, dass: „...Orange und das Braun ein bisschen mehr voneinander abheben.“

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die Features wie das Avatar-Menü, die Fortschrittsanzeige und die grundlegende Navigation von den meisten Testpersonen gut angenommen und positiv bewertet wurden. Für weiterführende Tests und Weiterentwicklungen an dem Prototyp wäre empfehlenswert an dem Hand-Menü weiterzuarbeiten, Tutorials einzubauen und akustisches Feedback einzusetzen.

4.4 Zusammenfassung der Ergebnisse

Die Gesamtauswertung des Usability-Tests zeigt, dass der Prototyp VR-GAIT funktional und didaktisch überzeugen konnte. Mit den sieben Einzeltests konnten die Stärken und Schwächen innerhalb der Anwendung eruiert werden. Das Avatar-Menü, das Visual Design und die Fortschrittsanzeige im Prüfungsmodus wurden von nahezu allen Testpersonen positiv bewertet.

Der erfasste SUS-Score von durchschnittlich 85,7 liegt deutlich über dem Standard-Benchmark Wert von 70, dies weist den VR-Prototyp als sehr gebrauchstauglich aus. Die geschlossenen Fragen zu Menüführung und der technischen Umsetzung erzielten gute Durchschnittswerte. Die Bedienung des

Hand-Menüs und die anfängliche Orientierung wurden als verbesserungswürdig angesehen.

Viele konstruktive Verbesserungsvorschläge kamen aus den Rückmeldungen der offenen Fragen. Auf der einen Seite bestätigte das Feedback die grundsätzliche Zufriedenheit, auf der anderen Seite kamen konkrete Vorschläge zur Weiterentwicklung von den Testpersonen. Dies bezog sich auf Tutorials zur Einführung in den Prototyp, sowie auf Verbesserungen in Anzeige und Positionierung der Menütafeln.

Generell sprechen die Ergebnisse für eine hohe Akzeptanz bei Personen mit unterschiedlichem technischem Hintergrund. Dadurch wurde klar, welche Verbesserungen noch vorgenommen werden sollten, um die Zugangsbarriere gering zu halten, und die Anwendung für alle Nutzer*innen zugänglich zu machen. Der Usability-Test belegt mit seinen Ergebnissen, dass der Prototyp vor dem Hintergrund der didaktischen Überlegungen und eingebauten Features eine solide Grundlage bildet. Um in Zukunft in der physiotherapeutischen Ausbildung zum Einsatz zu kommen, sollten bei der Weiterentwicklung die gesammelten Rückmeldungen miteinbezogen werden.

5 Diskussion

In diesem Kapitel werden die wichtigsten Ergebnisse des Usability-Tests noch einmal genauer betrachtet. Dabei geht es darum, herauszufinden, was die Erkenntnisse im Zusammenhang mit den theoretischen Grundlagen und dem didaktischen Konzept bedeuten, und wie sie in die physiotherapeutische Ausbildung eingebunden werden können. Auch die Stärken und Schwächen des Prototyps VR-GAIT werden dabei besprochen, sowohl aus technischer Sicht als auch in Bezug auf die didaktische Aufbereitung. Am Ende wird ein Ausblick darauf gegeben, wie der Prototyp in Zukunft weiterentwickelt werden könnte.

5.1 Interpretation der Ergebnisse

Die Evaluierung des weiterentwickelten VR-Prototyps zur beobachtenden klinischen Ganganalyse hatte zum Ziel, die didaktische Aufbereitung und die technische Umsetzung aus der Sicht der Nutzer*innen zu bewerten. Die in Kapitel 4 vorgestellten Ergebnisse zeigen dabei eine sehr hohe Akzeptanz und Verständlichkeit des Prototyps. Der Einsatz des User-Centered Design-Prozesses (ISO 9241-210:2019) stellte sich im Zuge der Weiterentwicklung und Evaluierung des Prototyps als eine sinnvolle Methode heraus, um die Gebrauchstauglichkeit und das Nutzer*innenerlebnis zu testen und an die Bedürfnisse der Nutzer*innen anzupassen.

Die qualitative Auswertung der offenen Fragen und die Beobachtungen während des Tests zeigen, dass sich die Mehrheit der Testpersonen positiv zur Übersichtlichkeit der Menüs, zur Fortschrittsanzeige im Prüfungsmodus und zur generellen Bedienung geäußert hat. Kritik gab es bei der Positionierung des Startmenüs: Es war nicht verschiebbar und bei einigen Testpersonen nicht im Sichtbereich. Auch das Feedback bei der Auswahl im Startmenü, vor allem bei dem Beobachtungs- und Prüfungsmodus, war für die meisten Teilnehmenden nicht klar genug. Hier hatten sich die Teilnehmer*innen verständlichere Rückmeldungen gewünscht, etwa durch die Farbwahl; eine Person gab an, auch auditives Feedback zu bevorzugen. Diese Rückmeldungen stehen im Einklang mit den Heuristiken nach Nielsen (1995): „Sichtbarkeit des Systemstatus“ für die Fortschrittsanzeige und „Erkennbarkeit statt Erinnerung“ für das Auswahlfeedback.

Die Ergebnisse zeigen auch im Hinblick auf die Didaktik, dass die lernförderlichen Elemente bei den Nutzer*innen gut angekommen sind. Die interaktive Steuerung im Avatar-Menü, das freie Navigieren durch den Fragebogen und das Aus- und

Einklappen der Menütafeln fördern die Eigenaktivität und die Lernendenkontrolle. Hier spiegeln sich konstruktivistische Ansätze wider.

Die überarbeitete Version des Prototyps kam insgesamt gut an. Die erreichte Gebrauchstauglichkeit liegt bei einem Gesamtscore von 85,7 bei 100 Punkten und liegt laut Bangor und Ryan (2008) im überdurchschnittlichen Bereich. Das lässt darauf schließen, dass die Testpersonen mit dem System gut zurechtkamen. Nicht nur die erreichten SUS-Werte sprechen dafür, sondern auch die zahlreichen Rückmeldungen, die während der einzelnen Testläufe gegeben wurden. Auffällig ist außerdem, dass die Unterschiede zwischen den einzelnen Personen eher gering waren. Das ist ein klarer Hinweis darauf, dass der Prototyp klar strukturiert und gut nachvollziehbar aufgebaut ist. Die Testpersonen lagen bei den geschlossenen Fragen und beim SUS-Fragebogen mit ihren Bewertungen meistens sehr nahe beieinander.

Hiermit kann bereits die erste Forschungsfrage beantwortet werden:
Welche Anforderungen an Menüführung und Interaktion ergeben sich aus der Sicht der Nutzer*innen für eine nutzer*innenfreundliche Gestaltung in der virtuellen Realität?

Die Bewertung fiel insgesamt durchwegs positiv aus. Die Teilnehmenden gaben an, dass sie sich schnell zuretfanden und die Navigation für sie intuitiv gestaltet war. Auch wenn es vereinzelt Schwierigkeiten mit dem Hand-Menü gab, blieb der Gesamteindruck durchwegs positiv. Der hohe durchschnittliche SUS-Wert von 85,7 unterstreicht zusätzlich, dass der Prototyp in dem Bereich der Nutzer*innenfreundlichkeit überzeugen konnte.

Gleichzeitig zeigten sich in den Rückmeldungen auch Verbesserungsmöglichkeiten. Mehrere Testpersonen hatten anfangs Schwierigkeiten beim Öffnen des Hand-Menüs oder waren sich unsicher bei der Steuerung der Controller. Obwohl die Tastenbelegung auf zwei Eingaben reduziert wurde, war den Teilnehmenden nicht sofort klar, welche sie wofür drücken sollten. Mehrere Testpersonen wünschten sich ein Tutorial oder Infoscreens, vor allem zu Beginn, als Einführung in die Anwendung. Hier kommen die Heuristiken nach Nielsen (1995) „Fehlervermeidung“ und „Hilfestellung und Dokumentation“ zum Tragen. Diese sollten in zukünftigen Weiterentwicklungen berücksichtigt werden.

Die geschlossenen Fragen, welche mit der fünfstufigen Likert-Skala bewertet wurden, zeigen, dass besonders die Fortschrittsanzeige im Prüfungsmodus, die Reaktionsgeschwindigkeit der Eingaben und das Avatar-Menü positive Rückmeldungen von den Nutzer*innen erhalten haben. Das zeigt, dass viele Anpassungen und Erweiterungen im Prototyp dazu beigetragen haben, dass sich die Testpersonen gut zuretfanden. Die Steuerung und die Icons wurden von der

Mehrheit als logisch empfunden. Dies spricht für die Umsetzung der Heuristik nach Nielsen (1995) „Konsistenz und Standards“.

Dies führt zur Beantwortung der zweiten Forschungsfrage: **Wie schätzen Nutzer*innen die Nutzer*innenfreundlichkeit von Menüführung und Interaktionselementen im weiterentwickelten VR-Prototyp ein?** Für die Testpersonen waren sowohl der Aufbau als auch die Struktur der einzelnen Menüpunkte klar verständlich. Die Menüführung wurde sowohl in den offenen als auch in den geschlossenen Fragen positiv bewertet. Die Teilnehmer*innen konnten auch ohne Fachwissen in Physiotherapie die Aufgabenstellungen ohne große Schwierigkeiten bewältigen. Das weist darauf hin, dass die Menüs und Interaktionselemente auch für fachfremde Nutzer*innen intuitiv und verständlich sind. Es ist davon auszugehen, dass Studierende der Physiotherapie in einer Ausbildungssituation die Nutzer*innenfreundlichkeit noch höher bewerten würden, da für sie durch die Kombination aus Aufgabenstellung und realistischer Simulation, etwa durch den Avatar, ein authentisches Lernszenario entsteht. Realitätsnahe Umgebungen sind besonders gut geeignet, um praxisnahe Aufgaben zu vermitteln und gleichzeitig aktives Lernen zu fördern (Radianti et al., 2020).

Die Interaktionselemente wie die Icons im Hand-Menü wurden von den Testpersonen verstanden und als selbsterklärend empfunden. Das Menü wurde bewusst simpel gehalten, um die Nutzer*innen nicht unnötig zu belasten. Zwei Teilnehmende äußerten den Wunsch, zusätzlich zum Symbol einen erklärenden Text zu ergänzen, da es anfangs überfordernd sein könne.

Auch Elemente wie Gamification wurden, wenn auch im kleinen Umfang, mit der Fortschrittsanzeige und dem Avatar-Menü eingesetzt. Die Testpersonen empfanden dies als hilfreich und wichtig für die Orientierung – insbesondere, dass sie jederzeit sehen konnten, bei welcher Frage sie sich befanden. Besonders im Prüfungsmodus war es ihnen ein Anliegen, die genaue Anzahl der noch ausstehenden Fragen zu kennen. Aussagen wie „Ich möchte lieber die Zahlen sehen, überhaupt bei einer Prüfung“ sind förderlich für Selbstkontrolle und Motivation – was die positive Wirkung von Gamification bestätigt (Deterding et al., 2011).

Abschließend lässt sich festhalten, dass der Prototyp in seiner aktuellen Version bereits eine hohe Nutzer*innenzufriedenheit erreichen konnte. Er wurde als funktional und benutzerfreundlich wahrgenommen und zeigt damit, dass ein pädagogisch sinnvoller Einsatz möglich ist. Wenn der Fokus in zukünftigen Weiterentwicklungen stärker auf das Feedback der Testpersonen und die Integration direkter Lernszenarien gelegt wird, bietet dieser Prototyp eine solide Grundlage.

5.2 Anwendung in Praxis und Ausbildung

Die positiven Ergebnisse deuten darauf hin, dass VR-Anwendungen wie der Prototyp VR-GAIT einen wichtigen Beitrag in der physiotherapeutischen Ausbildung leisten können. Die Steuerung des Avatars, angelehnt an das Abspielen von Videos, ermöglicht den Studierenden eine realitätsnahe Ausbildungssituation.

Die Rückmeldungen zeigen, wie viele Funktionen – sowohl technisch als auch didaktisch – sinnvoll sind. Dies zeigt sich besonders deutlich im Prüfungsmodus, denn dort können die Studierenden lernen, das Gangbild zu beobachten und zu analysieren. Dabei können sie sich ohne Ablenkung auf die Aufgaben konzentrieren und in ihrem Tempo die Fragen beantworten. Gleichzeitig haben sie auch die Möglichkeit, sich mit den einzelnen Phasen der Ganganalyse zu beschäftigen und dadurch ein besseres Verständnis zu entwickeln. Sie können in Ruhe vor- und zurückspulen und sich intensiv mit der Analyse auseinandersetzen. Hierzu wurde von einer Testperson angemerkt, dass es sinnvoll wäre, den Fragebogen gleichzeitig mit dem Avatar-Menü öffnen zu können. So könnte der Avatar während des Beantwortens der Fragen gezielt bewegt und beobachtet werden, wodurch das Lernen noch vertieft werden kann.

Damit kann auch die letzte Forschungsfrage beantwortet werden:
Wie werden die Funktionalität und Nutzer*innenfreundlichkeit des Prüfungsmodus im VR-Prototyp von den Nutzer*innen wahrgenommen?

Ziel war es, den Lernenden einen virtuellen Raum zu bieten, in dem sie ihr Wissen erweitern können. Die Rückmeldungen zum Prüfungsmodus waren durchgehend positiv. Besonders das Avatar-Menü hat allen teilnehmenden Testpersonen Spaß gemacht und konnte ohne weitere Erklärung genutzt werden. Es ermöglichte eine intuitive Steuerung des Avatars, und mit der Mini-Map wurden verschiedene Blickwinkel erschlossen. Zusätzliche Interaktivität für die Studierenden brachten das Hand-Menü sowie die Möglichkeit, sich zwischen der Steuerung mit den Händen oder den Controllern zu entscheiden. So werden die Lernenden nicht unnötigen technischen Hürden ausgesetzt und können eigenständig am Lernprozess mitwirken.

Der Prüfungsmodus wurde auch von fachfremden Nutzer*innen als sinnvoll bewertet. Er erlaubt es, Beobachtungen anzustellen, Fragen zu beantworten und den eigenen Lernstand einzuschätzen. Das VR-Erlebnis und die direkte Einbindung der Studierenden in den Lernprozess eröffnen zusätzliche Möglichkeiten im Vergleich zu klassischen Lernmethoden (Gagné et al., 2004). Durch die intuitive Bedienung, den realitätsnahen Avatar und das direkte Feedback durch den Fragebogen können wichtige Kompetenzen gefördert

werden. Dazu zählen die klinische Beobachtung, Fehlererkennung und die Analyse von Gangbildern.

Ein großer Vorteil des VR-Prototyps liegt sicherlich darin, dass er jederzeit und ortsunabhängig einsetzbar ist. Gerade in der Ausbildung ist es wichtig, dass Studierende mit möglichst vielen Gangbildern in Berührung kommen und lernen, diese zu beobachten und zu analysieren. In der Realität ist das jedoch oft schwer umsetzbar: geeignete Patient*innen mit unterschiedlichen Krankheitsbildern müssen gefunden und an die Ausbildungsstätte gebracht werden. Genau aus diesem Problem heraus entstand auch die Idee zu diesem Forschungsprojekt, denn der Mangel an passenden Praxissituationen und direktem Patient*innenkontakt war ein wesentlicher Anstoß. Die Anwendung versteht sich nicht als alleiniger Wissensvermittler oder Ersatz für reale Patient*innenkontakte, kann aber unterstützend wirken und das Lernangebot erweitern sowie abrunden.

Die Anwendung wurde von Personen mit unterschiedlichem technischen Vorwissen getestet. Somit ist davon auszugehen, dass auch die Studierenden der Physiotherapie sowie andere Berufsgruppen, in denen die klinisch beobachtende Ganganalyse eine zentrale Analysemöglichkeit darstellt, gut mit der Anwendung zuretkommen werden. Das Lernen innerhalb einer virtuellen Welt kann die Motivation steigern, denn abseits von theoretischem Wissen, Vorträgen und Videos stellt es eine willkommene Abwechslung im Lernalltag dar. Aus den gesammelten Daten des Usability-Tests lassen sich verschiedene Anwendungen für die Ausbildung ableiten, die im Folgenden näher beschrieben werden.

5.2.1 Digitale Lernräume

Die beobachtende klinische Ganganalyse zählt zu den Kernkompetenzen von Physiotherapeut*innen. Sie erfordert sowohl theoretisches Wissen als auch ein Verständnis für menschliche Bewegungsabläufe. Herkömmliche Lehrmethoden reichen dafür nicht immer aus. Häufig können nicht genügend unterschiedliche Fallbeispiele gezeigt werden, oder es bleibt nicht ausreichend Zeit, um das Gangbild im eigenen Tempo zu analysieren. Zudem lassen sich bestimmte Bewegungen oder Phasen im Gangbild nicht beliebig oft wiederholen.

Der Prototyp erlaubt beliebige Wiederholungen des Gangzyklus, unterschiedliche Gangarten und kann zusätzlich mit einem Prüfungsmodus kombiniert werden. So können Studierende Gangbilder beobachten und analysieren, ohne auf reale Patient*innen angewiesen zu sein. Lernende können zeit- und ortsunabhängig lernen, ihr Wissen überprüfen und den eigenen Lernstand erfassen.

5.2.2 Empfehlungen für die Integration in die Ausbildung

Die Testergebnisse lassen folgende Empfehlungen für Bildungseinrichtungen zu:

Integration in bestehende Module:

- Der Prototyp kann Bestandteil des Unterrichts werden, z. B. zur Vor- oder Nachbereitung von Fallbeispielen.

Strukturierte Selbstlernphasen:

- Durch den Prüfungsmodus eignet sich die Anwendung für Selbstlernphasen. Der persönliche Lernfortschritt kann dabei gemessen und eingesehen werden.

Fortlaufende Evaluation:

- Die Weiterentwicklung des Prototyps sollte kontinuierlich anhand des Feedbacks von Lernenden und Lehrenden erfolgen.

5.2.3 Motivation und Selbstbestimmung

Der Prototyp legt den Fokus auf eigenständiges Lernen. Fortschrittsbalken, visuelle Rückmeldungen und interaktive Menüs fördern die Selbstbestimmung. Wenn Nutzer*innen das Gefühl haben, selbst Einfluss auf ihren Lernprozess zu nehmen, kann dies die Motivation erhöhen und das Lernen positiv beeinflussen (Deci et al., 1993).

VR-Anwendungen können den Unterricht sinnvoll ergänzen – insbesondere dann, wenn eigenverantwortliches Lernen im Vordergrund steht. Das stärkt das Selbstvertrauen vieler Studierender im Umgang mit Lerninhalten. Ein Prüfungsmodus mit kurzen Quizfragen ist zudem hilfreich, um das eigene Wissen direkt zu überprüfen. Gleichzeitig ermöglicht er, Inhalte gezielt nachzuarbeiten. So wird der individuelle Lernfortschritt sichtbar, und es entsteht ein Gefühl dafür, was bereits beherrscht wird und wo noch Lernbedarf besteht.

5.2.4 Flexibilität und Barrierefreiheit

Ein flexibles Lernangebot entspricht dem heutigen Lebensstil vieler Studierender, denn das Lernen mit dem Prototyp ist nicht an feste Zeiten oder Orte gebunden. Die Anwendung eignet sich daher besonders für das Selbststudium, den Fernunterricht oder asynchrone Lernszenarien. Zudem kann sie ohne weiteres multipliziert und so einer großen Anzahl von Lernenden gleichzeitig zugänglich gemacht werden.

Auch Studierenden mit eingeschränkter Mobilität, ob vorübergehend oder dauerhaft, kann VR einen barriereärmeren Zugang ermöglichen. Denkbar ist auch eine Übersetzung der Inhalte in verschiedene Sprachen oder eine barrierefreie Gestaltung durch Vibrationsfeedback oder visuelle Signale für gehörlose

Personen. Auf diese Weise kann die Anwendung für noch mehr Personengruppen zugänglich gemacht werden.

Durch die digitale Lernumgebung wird differenziertes Lernen möglich. Künftig könnten Aufgaben an den Kenntnisstand der Lernenden angepasst werden. Sprachliche oder visuelle Unterstützung kann unterschiedliche Lernstile adressieren – ein besonders relevanter Aspekt im Sinne einer inklusiven Didaktik.

5.2.5 Aktives Lernen

Der VR-Prototyp bietet keine rein passive Lernsituation, sondern fordert die Nutzer*innen dazu auf, aktiv am Lernprozess teilzunehmen. Sie bewegen sich selbstständig durch die VR-Umgebung, beobachten und analysieren verschiedene Gangbilder.

In Kombination mit dem Prüfungsmodus entsteht eine eigenständige Lernsituation, in der Fragen beantwortet und Inhalte im eigenen Tempo erarbeitet werden können. Fehler dürfen gemacht werden, um daraus zu lernen – das entspricht dem didaktischen Prinzip des „sicheren Scheiterns“, das zunehmend in der medizinischen Ausbildung eingesetzt wird (Issenberg et al., 2005).

VR kann nicht nur zu Demonstrationszwecken dienen, sondern auch als aktives Lernwerkzeug. Der Prototyp bringt Abwechslung in den Lernalltag und kann sowohl im Unterricht als auch als Übungs- oder Prüfungstool eingesetzt werden – das fördert die Lernmotivation.

5.3 Weitere Features

Neben den vielen positiven Rückmeldungen durch die Testpersonen gab es auch zahlreiche Hinweise zu Verbesserungsmöglichkeiten und Ideen zu zusätzlichen Funktionen. Die konstruktive Kritik und das hohe Interesse der teilnehmenden Testpersonen zeigten, welche Erweiterungen des VR-Prototyps noch möglich wären. Dies betrifft nicht nur den technischen Teil, sondern auch Funktionen zur Unterstützung des Lernprozesses und zur besseren Gestaltung der Anwendung für die Nutzer*innen.

5.3.1 Erweiterung des Prüfungsmodus

Ein weiteres sinnvolles Feature wäre die Möglichkeit, den Prüfungsmodus differenziert zu gestalten und an das jeweilige Lernniveau anzupassen. So könnten Anfänger*innen zunächst mit einfachen Aufgaben starten, z. B. dem Erkennen der Stand- und Schwungphase, während fortgeschrittene Nutzer*innen komplexere Fragen erhalten, etwa zur differenzierten Beurteilung bestimmter Gangphasen bei spezifischen Krankheitsbildern. Ein solches Level-System würde

dazu beitragen, die Motivation aufrechtzuerhalten und die Lernenden gezielt zu fördern, ohne sie zu überfordern. Ergänzend könnten Hilfen eingebaut werden, um die Lernenden didaktisch zu unterstützen – nach dem Prinzip des „Scaffoldings“, einer schrittweisen Unterstützung zur individuellen Förderung (Wood et al., 1976).

Hinweise und eine Fehleranalyse – warum etwas im Gangbild übersehen wurde oder warum eine Antwort nicht richtig war – sind ein wichtiges Feedback für die Student*innen. Werden zusätzlich Animationen oder eingeblendete Texte mit Informationen oder Erklärungen auf Wunsch der Nutzer*innen eingeblendet, kann damit ein hoher didaktischer Mehrwert erzielt werden.

5.3.2 Visuelle und auditive Rückmeldungen

Innerhalb des Usability-Tests wurde mehrfach angemerkt, dass nicht immer klar war, ob etwas korrekt ausgewählt wurde. VR bietet hierzu nicht nur optische Lösungen, sondern kann auch um akustische Signale ergänzt werden. So könnte beim Auswählen eines Buttons oder beim Wechseln zu anderen Bereichen ein Bestätigungston oder – bei Fehlern – ein Warnton erklingen. Auch haptisches Feedback über die Controller (z. B. Vibration) oder Animationen wie Farbwechsel oder Hervorhebungen könnten den Nutzer*innen Sicherheit geben und die Orientierung erleichtern.

Auch im Prüfungsmodus können sich visuelle Effekte als sinnvoll erweisen, beispielsweise ein grünes Häkchen bei einer richtigen oder ein rotes Kreuz bei einer falschen Antwort. Dieses didaktische Gestaltungsprinzip fördert ein ungestörtes „Flow-Erlebnis“ (Csikszentmihalyi, 1990), wie es auch in vielen Lernspielen auftritt.

5.3.3 Lernfortschrittsanzeige und Nutzer*innenkonten

Ein weiterer Aspekt ist die Möglichkeit, den eigenen Lernfortschritt über mehrere Sitzungen hinweg zu speichern und langfristig zu verfolgen. Der Prototyp speichert derzeit lediglich den eingegebenen Namen und die Ergebnisse des Fragebogens. Eine Erweiterung um Nutzer*innenkonten würde eine personalisierte Lernumgebung ermöglichen, in der individuelle Fortschritte nachvollziehbar dokumentiert und analysiert werden können.

5.3.4 Interaktive Rückmeldung nach Fragen

Derzeit erhalten die Nutzer*innen im Prüfungsmodus keine direkte Rückmeldung auf ihre Antworten. Ein sinnvolles Feature für die Weiterentwicklung wäre eine unmittelbare visuelle Rückmeldung nach jeder beantworteten Frage, z. B. durch ein grünes Häkchen für richtig oder ein rotes Kreuz für falsch. Zusätzlich könnte eine kurze Erklärung eingeblendet werden, warum die Antwort korrekt oder nicht korrekt war. Dies würde nicht nur das Verständnis verbessern, sondern auch das

Gefühl von Sicherheit und Kontrolle stärken. Die Nutzer*innen könnten so direkt aus ihren Fehlern lernen und wüssten sofort, worauf sie beim nächsten Mal achten sollten.

5.3.5 Avatar-Konfiguration mit Pathologien

Aktuell zeigt der Avatar vier feste Gangbilder. Für zukünftige Versionen wäre es hilfreich, wenn Nutzer*innen verschiedene Gangbilder aktiv auswählen oder konfigurieren könnten. So könnten gezielt unterschiedliche pathologische Muster angeboten und von den Studierenden analysiert werden. Diese Auswahlfunktion würde es ermöglichen, die Ausbildung praxisnäher zu gestalten, da gezielt auf konkrete Lernziele eingegangen werden kann.

Denkbar wäre auch ein kurzer Infotext zu jeder Pathologie, der beim Start eingeblendet wird, etwa in Form einer kleinen Patient*innenanamnese. Dies würde zusätzlich den klinischen Kontext verdeutlichen und das Lernen authentischer gestalten.

5.3.6 Fazit

Die Auswertung der Rückmeldungen zeigt, dass bereits der aktuelle Prototyp als funktional und nützlich wahrgenommen wird. Die genannten Erweiterungsvorschläge betreffen überwiegend Zusatzfunktionen, die das bestehende Angebot sinnvoll ergänzen könnten. Das Grundkonzept ist tragfähig und kann in weiteren Entwicklungszyklen verbessert und kontinuierlich an die Bedürfnisse der Nutzer*innen angepasst werden.

5.4 Ausblick

Die Ergebnisse innerhalb der Arbeit zeigen, dass nutzer*innenzentrierte VR-Systeme mit didaktischem Anspruch eine wertvolle Ergänzung zu den klassischen Lehrmethoden darstellen. Für weitere Iterationen in der Weiterentwicklung des Prototyps ergibt es Sinn, stärker mit den Studierenden der Physiotherapie zusammenzuarbeiten, um die Bedürfnisse innerhalb der Anwendung auf sie abzustimmen.

Ein weiterer Schritt wäre ein größer angelegter Usability-Test mit Studierenden aus dem Bereich der Physiotherapie, bei dem ein Vergleich erstellt wird, um den tatsächlichen Wissenszuwachs zu messen. Daher sollte noch mehr auf die didaktischen Prinzipien eingegangen werden. Dazu könnten adaptives Lernen, komplexere Gangbilder oder Gamification-Elemente miteinbezogen werden. Es bietet sich an, mit einer größeren Gruppe von Studierenden der Physiotherapie eine Stichprobe zu machen, um die Ergebnisse generalisieren zu können und Vergleichsstudien mit den traditionellen Lehrmethoden durchzuführen. Hier könnte

die Fragestellung sein, inwieweit VR-basierte Lehrmethoden die Lernleistung beeinflussen und sogar verbessern könnten.

Der User-Centered Design-Prozess hat sich in der Weiterentwicklung des Prototyps bewährt und sollte weiterverfolgt werden. Die Erfahrungen aus diesem Projekt haben gezeigt, dass der Ansatz, die Testpersonen frühzeitig einzubinden und dadurch das Nutzer*innenerlebnis zu erhöhen, maßgeblich zur Qualität des Prototyps beigetragen hat.

Der Test hat gezeigt, dass VR-gestützte Lernsysteme in der physiotherapeutischen Ausbildung nutzbringend sein können. Hier konnte mit vergleichsweise wenig technischem Aufwand eine hohe Gebrauchstauglichkeit und Nutzer*innenzufriedenheit erreicht werden. Die vielen Verbesserungsvorschläge und möglichen Features geben einen Ausblick auf die Weiterentwicklung des Prototyps. Viele der Rückmeldungen lassen sich in zukünftige Versionen integrieren, dazu zählen etwa die Erweiterung des Prüfungsmodus, die Verbesserung des Handmenüs oder auch neue Aufgabenformate. Für die Umsetzung wäre ein iterativer Designprozess sinnvoll, bei dem nach jeder Überarbeitung getestet und angepasst wird. So kann der Prototyp kontinuierlich an die Bedürfnisse der Lernenden angepasst werden.

Im Hinblick auf die curriculare Integration stellen sich ebenfalls neue Fragen: Wie kann VR in bestehende Unterrichtsformate eingebunden werden? Wie verändert sich das Rollenverständnis von Lehrenden in virtuellen Lernräumen? Und wie lassen sich Fortschritte in der VR sinnvoll mit klassischen Prüfungsformaten verbinden? Hier ist eine enge Zusammenarbeit zwischen Didaktiker*innen, Techniker*innen und Praxisvertreter*innen notwendig.

Ein langfristiger Ausblick könnte die Entwicklung eines vollständigen VR-basierten Lernmoduls zur Ganganalyse sein, das sich über mehrere Lerneinheiten erstreckt und verschiedene Schwierigkeitsgrade und Fallbeispiele integriert. Auch eine Entwicklung von mehrsprachigen Versionen, cloudbasierte Plattformlösungen oder die Einbindung in universitäre E-Learning-Systeme, wäre denkbar.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass der entwickelte Prototyp einen vielversprechenden ersten Schritt in Richtung praxisnaher, digital unterstützter Ausbildung im Gesundheitsbereich darstellt. Die Evaluation hat gezeigt, dass VR nicht nur ein technisches Tool, sondern ein ernstzunehmendes didaktisches Werkzeug sein kann, wenn es mit klaren Lernzielen, auf Basis didaktischer Prinzipien und mit echtem Nutzer*innenfokus entwickelt wird.

6 Fazit

Im Zentrum der Masterarbeit stand die Weiterentwicklung des VR-Prototyps zur klinisch beobachtenden Ganganalyse. Der Fokus lag dabei nicht auf der technischen Umsetzung, sondern auf der didaktischen Aufbereitung und der Usability. Im Zuge eines User-Centered Design-Prozesses (ISO 9241-210, 2010) wurde besonders auf die Usability geachtet, um eine wertvolle Lernumgebung für Studierende der Physiotherapie zu gestalten.

Im theoretischen Teil wurden zunächst die Grundlagen der Ganganalyse sowie bestehende Ansätze digitaler Anwendungen innerhalb der Bildung näher erörtert. Dazu kamen lerntheoretische Perspektiven wie Behaviorismus, Kognitivismus, Konstruktivismus und Konnektivismus, und auch die didaktischen Gestaltungsprinzipien wie etwa Gamification, Storytelling und Belohnungssysteme.

Im empirischen Teil der Arbeit wurde ein Usability-Test mit sieben Testpersonen durchgeführt. Dazu wurden Interviews geführt, die Reaktionen der Testpersonen beobachtet und dokumentiert, die Think-Aloud-Methode angewandt, Fragebögen mit SUS und Likert-Skala nach Brooke (1996) verwendet und offene sowie geschlossene Fragen gestellt. Die Testpersonen gaben während des Tests konstruktive Kritik und viele Verbesserungsvorschläge. Der SUS-Score von 85,7 war eine überdurchschnittlich hohe Bewertung der Gebrauchstauglichkeit und Nutzerzufriedenheit. Dies spricht für eine hohe Akzeptanz der Anwendung durch die Nutzer*innen.

Ein wesentliches Ergebnis dieser Arbeit war die Erkenntnis, dass ein Prototyp nicht nur technisch funktionieren muss, sondern vor allem aus didaktischer Sicht sinnvoll gestaltet sein sollte. Das wurde insbesondere im Usability-Test deutlich. Obwohl einige Elemente wie Storytelling oder ein vollständiges Belohnungssystem noch nicht umgesetzt waren, gab es bereits viele positive Rückmeldungen zur grundsätzlichen Struktur, zur Navigation und zur Menüführung. Gleichzeitig wurde aber auch sichtbar, wo es Potenzial für Erweiterungen gibt, etwa durch mehr Rückmeldungen im Prüfungsmodus. Es hat sich gezeigt, dass digitale Lernumgebungen in VR, wenn sie gut gestaltet sind, durchaus das Potenzial haben, klassische Lernmethoden zu ergänzen und auch zu verbessern.

Ein zentraler Aspekt, der sich im Verlauf der Arbeit herauskristallisiert hat, ist die Relevanz von Nutzerfeedback. Schon während der Beobachtungen und Interviews mit den sieben Testpersonen konnten zahlreiche Rückschlüsse gezogen werden, die für eine Weiterentwicklung des Prototyps hilfreich wären. Das hebt hervor, wie

sinnvoll ein nutzerzentrierter Designprozess ist, denn nicht alles, was aus Entwicklerperspektive logisch erscheint, ist für die Nutzer*innen automatisch hilfreich.

Rückblickend war der Prozess, den bestehenden Prototyp anzupassen und didaktisch weiterzuentwickeln eine große Herausforderung, aber gleichzeitig auch eine wertvolle Erfahrung. Viele kleine Entscheidungen, etwa die Anordnung der Menüpunkte, die Auswahl der Farben oder die Struktur des Fragebogens, haben sich letztlich als entscheidend für die Nutzererfahrung erwiesen. Diese Arbeit hat gezeigt, wie sich bereits mit einfachen Mitteln ein spürbarer Mehrwert für die Benutzer*innen schaffen lässt.

Im nächsten Schritt wäre es durchaus sinnvoll, den Prototyp nach den Testergebnissen zu überarbeiten und ihn mit einer Fokusgruppe, bestehend aus Studierenden der Physiotherapie, erneut zu testen. Dadurch könnte das Zusammenspiel des ursprünglichen und des weiterentwickelten Prototyps und die darin eingesetzten didaktischen Elemente von der direkten Nutzer*innengruppe getestet und bewertet werden. Auch weitere Features wie die Gamification-Elemente und direktes Feedback könnten in Zukunft stärker integriert werden.

Der Prozess von der ersten Idee bis zur didaktischen Weiterentwicklung des Prototyps stellte eine herausfordernde, aber auch erkenntnisreiche Phase dar. Dabei zeigte sich, dass viele kleine Entscheidungen, wie etwa zur Menüstruktur oder zur visuellen Gestaltung, entscheidend zur Benutzerfreundlichkeit beitragen können. Insgesamt verdeutlicht die Arbeit, wie bedeutsam es ist, Lernprozesse aktiv mitzugestalten. Die wichtigste Erkenntnis lautet daher: Lernen lebt von Neugier, Offenheit und dem Mut, Neues auszuprobieren.

Literaturverzeichnis

- Anastasiadis, T., Lampropoulos, G., & Siakas, K. (2018). Digital game-based learning and serious games in education. *International Journal of Advances in Scientific Research and Engineering*, 4(12), 139–144. <https://doi.org/10.31695/IJASRE.2018.33016>
- Arnold, P., Kilian, L., Thilloesen, A., & Zimmer, G. M. (Hrsg.). (2018). *Handbuch E-Learning: Lehren und Lernen mit digitalen Medien* (5., aktualisierte Aufl., revidierte Ausgabe). UTB.
- Ayres, C. (Regisseur). (2024a, 11. Juni). *Setting up the XR Interaction Toolkit in Unity 6 for a Meta Quest 3* [Video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=rKDuYzS-D2E>
- Ayres, C. (Regisseur). (2024b, 14. Juni). *XR Hands—Setting up your XR scene in Unity 6* [Video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=NReWPIKpPNc>
- Bertenrath, D. R., Bayer, L., Fritsch, M., Placke, B., Schmitz, E., & Schützdeller, P. (2018). *Digitalisierung in Bildungseinrichtungen: Eine Vermessung des Digitalisierungsstands von Bildungseinrichtungen in Deutschland*. IW Consult in Kooperation mit DATAlovers und beDirect. Köln.
- Bongartz, J. (2023). *Vergleich der Umsetzung eines VR-Projektes zwischen Unity und der Unreal Engine 5* (Bachelorarbeit). Hochschule Anhalt.
- Brooke, J. (1996). SUS: A quick and dirty usability scale. In P. W. Jordan, B. Thomas, B. A. Weerdmeester, & A. L. McClelland (Eds.), *Usability evaluation in industry* (pp. 189–194). Taylor & Francis.
- ClassVR. (o. J.). *ClassVR – Virtual Reality in der Bildung*. Abgerufen am 6. Juni 2024, von <https://www.classvr.com/at/>
- CodeCombat. (o. J.). *Coding games to learn Python and JavaScript*. Abgerufen am 14. Mai 2024, von <https://codecombat.com>
- Deci, E. L., & Ryan, R. M. (1993). Die Selbstbestimmungstheorie der Motivation und ihre Bedeutung für die Pädagogik. *Zeitschrift für Pädagogik*, 39(2), 223–238. <https://doi.org/10.25656/01:11173>
- Deckers, J., & Beckers, L. (2017). *Gangschule – Ganganalyse und Gangtherapie: Theorie und Praxis* (2. Aufl.). Georg Thieme Verlag.
- Delles, S. (2021). *Der Behaviorismus: Notwendiges Wissen für Erwachsenenbildner*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.25386.03522>

Deterding, S., Dixon, D., Khaled, R., & Nacke, L. (2011). From game design elements to gamefulness: Defining "gamification". In A. Lugmayr (Chair), *Proceedings of the 15th International Academic MindTrek Conference: Envisioning Future Media Environments* (pp. 9–15). ACM.
<https://doi.org/10.1145/2181037.2181040>

Deutscher Rat für Wiederbelebung—German Resuscitation Council (GRC) e.V. (o. J.). *VR-Wiederbelebungstraining in Kooperation mit Techniker Krankenkasse*. Abgerufen am 26. April 2024, von <https://www.grc-org.de/unsere-arbeit-projekte/32-43-VR-Wiederbelebungstraining-in-Kooperation-mit-Techniker-Krankenkasse>

Entwickler-Tools & Ressourcen. (o. J.). *Unity*. Abgerufen am 07. März 2025, von <https://unity.com/developer-tools>

Ericsson, K. A., & Simon, H. A. (1993). *Protocol analysis: Verbal reports as data* (Rev. ed.). MIT Press.

Erickson, A., Kim, K., Lambert, A., Bruder, G., & Welch, G. F. (2019). *Effects of Dark Mode on Visual Fatigue and Acuity in Optical See-Through Head-Mounted Displays*. In *Proceedings of the ACM Symposium on Spatial User Interaction (SUI '19)* (S. 1–9). Association for Computing Machinery.
<https://doi.org/10.1145/3357251.3357584>

Experience, W. L. in R.-B. U. (o. J.). *10 usability heuristics applied to virtual reality*. Nielsen Norman Group. Abgerufen am 11. Juli 2024, von <https://www.nngroup.com/articles/usability-heuristics-virtual-reality/>

Fachhochschule St. Pölten. (2013). *GAIT Score – Forschung*. Abgerufen am 15. Mai 2024, von <https://research.fhstp.ac.at/projekte/gait-score>

FloatGrids. (o. J.). *Float Grids XR Design System for Figma and Unity*. Abgerufen am 07. März 2025, von <https://floatgrids.com/>

Freina, L., & Ott, M. (2015). A literature review on immersive virtual reality in education: State of the art and perspectives. *eLearning & Software for Education (eLSE)*, 1(133), 10–18. <https://www.researchgate.net/publication/280566173>

Fortmann, H. R., & Kolocek, B. (Hrsg.). (2018). *Arbeitswelt der Zukunft: Trends – Arbeitsraum – Menschen – Kompetenzen*. Springer Fachmedien Wiesbaden.
<https://doi.org/10.1007/978-3-658-20969-8>

Fullerton, T. (2018). *Game design workshop: A playcentric approach to creating innovative games* (4th ed.). CRC Press.

Gagné, R. M., Wager, W. W., Golas, K. C., & Keller, J. M. (2004). *Principles of instructional design* (5th ed.). Wadsworth/Thomson Learning.

- GAIT Score—Forschung. (2013). <https://research.fhstp.ac.at/projekte/gait-score>
- GAIT-Score II - Forschung. (2015). <https://research.fhstp.ac.at/projekte/gait-score-ii>
- Giercke-Ungermann, A., & Handschuh, C. (Hrsg.). (2020). *Digitale Lehre in der Theologie: Chancen, Risiken und Nebenwirkungen*. LIT.
- Glaser, B. G., Strauss, A. L., & Paul, A. (2009). *Grounded Theory: Strategien qualitativer Forschung* (3. Aufl.). Huber.
- Götz-Neumann, K. (2016). *Gehen verstehen: Ganganalyse in der Physiotherapie* (4. Aufl.). Thieme.
- Gutbrod, J. (2020). Chancen und Limitierungen der Digitalisierung von Unterricht: Eine Bewertung aus pädagogischer Perspektive. *TATuP – Zeitschrift für Technikfolgenabschätzung in Theorie und Praxis*, 29(1), 44–49. <https://doi.org/10.14512/tatup.29.1.44>
- Hellriegel, J., & Čubela, D. (2018). Das Potenzial von Virtual Reality für den schulischen Unterricht – Eine konstruktivistische Sicht. *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung*, (Dezember), 58–80. <https://doi.org/10.21240/mpaed/00/2018.12.11.X>
- Hermann, S. (2023). *Virtual Humans für die Ganganalyse: Entwicklung eines VR-Prototyps für die Konfiguration von virtuellen Menschen für die Ganganalyse* [Masterarbeit]. Fachhochschule St. Pölten.
- International Organization for Standardization. (2019). *Ergonomics of human-system interaction – Part 210: Human-centred design for interactive systems (ISO 9241-210:2019)*. <https://www.iso.org/standard/77520.html>
- Issenberg, S. B., McGaghie, W. C., Petrusa, E. R., Gordon, D. L., & Scalese, R. J. (2005). Features and uses of high-fidelity medical simulations that lead to effective learning: A BEME systematic review. *Medical Teacher*, 27(1), 10–28. <https://doi.org/10.1080/01421590500046924>
- Jensen, L., & Konradsen, F. (2018). A review of the use of virtual reality head-mounted displays in education and training. *Education and Information Technologies*, 23, 1515–1529. <https://doi.org/10.1007/s10639-017-9676-0>
- Kerres, M. (2013). *Mediendidaktik: Konzeption und Entwicklung mediengestützter Lernangebote* (4., überarbeitete und aktualisierte Aufl.). Oldenbourg Verlag.
- Kleditzsch, B. (2019). *Virtuelle und integrierte Lernkonzepte in der Fort- und Weiterbildung in den Gesundheitsberufen* [Dissertation]. <https://doi.org/10.25656/01:17812>
- Korgel, D. (2018). *Virtual Reality-Spiele entwickeln mit Unity: Grundlagen, Beispielprojekte, Tipps & Tricks*. Hanser. <https://doi.org/10.3139/9783446453722>

Kurubacak, G., & Altinpulluk, H. (Hrsg.). (2017). *Mobile Technologies and Augmented Reality in Open Education*. IGI Global. <https://doi.org/10.4018/978-1-5225-2110-5>

Lackner, E., & Kopp, M. (2014). *Lernen und Lehren im virtuellen Raum: Herausforderungen, Chancen, Möglichkeiten*. <https://doi.org/10.25656/01:10101>

Lampel, K. (2013). *Mediendidaktische Konzeption und anwendungsorientierte Evaluation einer Lernsoftware für die klinisch beobachtende Ganganalyse in der Physiotherapie* [Masterarbeit, Fachhochschule St. Pölten].

Lampert, C., Schwinge, C., & Tolks, D. (2009). Der gespielte Ernst des Lebens: Bestandsaufnahme und Potenziale von Serious Games (for Health). *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung*, 15(Computerspiele und Videogames), 1–16. https://doi.org/10.21240/mpaed/15_16/2009.03.11.X

Likert-Skala | Lehrbuch Psychologie. (o. J.). Abgerufen am 15. August 2024, von <https://www.lehrbuch-psychologie.springernature.com/glossar/likert-skala-1>

Lefrançois, G. R. (2013). *Psychologie des Lernens*. Springer Berlin Heidelberg.

Lehner, M. (2009). *Allgemeine Didaktik* (1. Aufl.). Haupt.

Mandl, H., & Reinmann, G. (2002). Unterrichten und Lernumgebungen gestalten. In F. E. Weinert (Hrsg.), *Pädagogische Psychologie* (3. Aufl., S. 613–658). Beltz.

Mayer, R. E. (2009). *Multimedia Learning* (2nd ed.). Cambridge University Press.

Menschzentrierte Gestaltung nach DIN EN ISO 9241-210 | German UPA. (o. J.). Abgerufen am 15. Mai 2024, von <https://germanupa.de/wissen/berufsbild-usability-ux-professional/grundlegend/menschzentrierte-gestaltung>

Merchant, Z., Goetz, E. T., Cifuentes, L., Keeney-Kennicutt, W., & Davis, T. J. (2014). Effectiveness of virtual reality-based instruction on students' learning outcomes in K–12 and higher education: A meta-analysis. *Computers & Education*, 70, 29–40. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2013.07.033>

Metamandrill. (2024, Dezember 31). Meta Quest 3S Informationen: Produktmerkmale und Details. *Metamandrill.com*. Abgerufen am 21. Oktober 2024, von <https://metamandrill.com/de/meta-quest-3s/>

Meta Quest 3S: Das neue Mixed-Reality-Headset – Jetzt shoppen. (o. J.). Abgerufen am 21. Oktober 2024, von <https://www.meta.com/at/quest/quest-3s/>

Mittlmeier, T., & Rosenbaum, D. (2005). Klinische Ganganalyse. *Der Unfallchirurg*, 108(8), 614–629. <https://doi.org/10.1007/s00113-005-0978-0>

mobfish GmbH. (o. J.). *TK-RescueMe VR* [Mobile App]. *Google Play Store*. Abgerufen am 17. Juni 2024, von

https://play.google.com/store/apps/details?id=studio.mobfish.tk lifesavervtwinc&hl=de_AT

Müser, S., & Fehling, C. D. (2021). AR/VR.nrw – Augmented und Virtual Reality in der Hochschullehre. *HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik*. <https://doi.org/10.1365/s40702-021-00815-y>

Mystakidis, S., & Christopoulos, A. (2022). Teacher perceptions on virtual reality escape rooms for STEM education. *Information*, 13(3), Article 3. <https://doi.org/10.3390/info13030136>

Neighborhood Policing—NYPD. (o. J.). Abgerufen am 02. April 2024, von <https://www.nyc.gov/site/nypd/bureaus/patrol/neighborhood-coordination-officers.page>

Niedermeier, B., & Müller-Kreiner, C. (2019). *Virtual und Augmented Reality in der Lehre: Eine Übersichtsstudie zu empirischen Forschungsarbeiten an Hochschulen*. Deutsche Gesellschaft für Hochschuldidaktik (dghd). https://www.pedocs.de/volltexte/2019/18048/pdf/Niedermeier_MuellerKreiner_2019_VR_AR_in_der Lehre.pdf

Nielsen, J. (1993). *Usability engineering*. Morgan Kaufmann.

New York City Police Department. (2019, April 4). *NYPD unveils innovative program to help young people achieve positive outcomes*. Abgerufen am 02. April 2024, von <https://www.nyc.gov/site/nypd/news/p0122/nypd-innovative-program-help-young-people-achieve-positive-outcomes#/0>

New York City Police Department. (o. J.). *Neighborhood policing*. Abgerufen am 02. April 2024, von <https://www.nyc.gov/site/nypd/bureaus/patrol/neighborhood-coordination-officers.page>

NYPD unveils innovative program to help young people achieve positive outcomes. (2019, 22. Januar). *The Official Website of the City of New York*. Abgerufen am 02. April 2024, von <http://www.nyc.gov/site/nypd/news/p0122/nypd-innovative-program-help-young-people-achieve-positive-outcomes>

Österreichische Schule virtuelle Realität. (o. J.). *ClassVR*. Abgerufen am 30. März 2024, von <https://www.classvr.com/at/>

OstseeLIFE: Die erste virtuelle Realität der Ostsee – NABU. (o. J.). *OstseeLIFE – NABU*. <https://ostsee-life.nabu.de/de/>

Papastergiou, M. (2009). Digital game-based learning in high school computer science education: Impact on educational effectiveness and student motivation. *Computers & Education*, 52(1), 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2008.06.004>

Parisi, T. (2016). *Learning virtual reality: Developing immersive experiences and applications for desktop, web, and mobile* (1st ed.). O'Reilly.

- Pastel, S. (2021). *Visual perception in virtual reality and the application in sports* Masterarbeit, Universitäts- und Landesbibliothek Sachsen-Anhalt. <https://doi.org/10.25673/58200>
- Perry, J., & Burnfield, J. M. (2010). *Gait analysis: Normal and pathological function* (2nd ed.). SLACK.
- Physiotherapie. (2024, 29. April). *St. Pölten University of Applied Sciences*. <https://www.fhstp.ac.at/de/studium/gesundheit/physiotherapie>
- Prensky, M. (2001). *Digital Game-Based Learning*. McGraw-Hill.
- Protopsaltis, A., Pannese, L., Pappa, D., & Hetzner, S. (2011). Serious games and formal and informal learning. *E-Learning Papers*. ISSN 1887-1542. Bangor, A., Kortum, P. T., & Miller, J. T. (2008). An empirical evaluation of the system usability scale. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 24(6), 574–594. <https://doi.org/10.1080/10447310802205776>
- Radianti, J., Majchrzak, T. A., Fromm, J., & Wohlgenannt, I. (2020). A systematic review of immersive virtual reality applications for higher education: Design elements, lessons learned, and research agenda. *Computers & Education*, 147, 103778. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103778>
- Reanimationstraining über eine Virtual-Reality-App | Management-Krankenhaus. (o. J.). Abgerufen am 09. März 2024, von <https://www.management-krankenhaus.de/news/reanimationstraining-ueber-eine-virtual-reality-app>
- Re-Mission. (o. J.). *Hopelab*. Abgerufen am 23. Februar 2024, von <https://hopelab.org/case-study/re-mission/>
- Reinmann, G., & Mandl, H. (2006). Unterrichtsmethoden und Lernstrategien im konstruktivistischen Unterricht. In H. Mandl & H. F. Friedrich (Hrsg.), *Handbuch Lernstrategien* (S. 121–132). Hogrefe.
- Richter, M. (mit Flückiger, M.). (2013). *Usability Engineering kompakt: Benutzbare Produkte gezielt entwickeln* (3. Aufl.). Springer Berlin / Heidelberg.
- Rieber, L. P., Smith, L., & Noah, D. (1998). The value of serious play. *Educational Technology*, 38(6), 29–37.
- Seaborn, K., & Fels, D. I. (2015). Gamification in theory and action: A survey. *International Journal of Human-Computer Studies*, 74, 14–31. <https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2014.09.006>
- Siemens, G. (2004). Connectivism: A learning theory for the digital age. Abgerufen am 31. Mai 2024, von <http://www.elearnspace.org/Articles/connectivism.htm>
- Skinner, B. F. (1953). *Science and human behavior*. Macmillan.

- Skinner, B. F. (1958). Teaching machines. *Science*, 128(3330), 969–977. <https://doi.org/10.1126/science.128.3330.969>
- Slater, M., & Sanchez-Vives, M. V. (2016). Enhancing our lives with immersive virtual reality. *Frontiers in Robotics and AI*, 3, Article 74. <https://doi.org/10.3389/frobt.2016.00074>
- Sostmann, K., Tolks, D., Fischer, M., & Buron, S. (2010). Serious games for health: Spielend lernen und heilen mit Computerspielen? *GMS Medizinische Informatik, Biometrie und Epidemiologie*, 6, Doc02. <https://doi.org/10.3205/mibe000112>
- Spires, H. A. (2015). Digital Game-Based Learning: What's Literacy Got to Do With It? *Journal of Adolescent & Adult Literacy*, 59(2), 125–130. <https://doi.org/10.1002/jaal.424>
- Süssl, M. (2002). *Lernen mit Software: Mediendidaktik*. Seminararbeit, Universität Wien. Abgerufen am 19. März 2024, von https://homepage.univie.ac.at/michael.trimmel/techpsych_ws2001-2002/suessl.pdf
- Techniker Krankenkasse. (o. J.). *TK-RescueMe VR: Reanimationstraining über eine Virtual-Reality-App*. Abgerufen am 03. Oktober 2024, von <https://www.tk.de/presse/themen/digitale-gesundheit/digitale-medizinprodukte/tk-rescue-app-2166208>
- Universität Konstanz. (o. J.). *Virtual Reality (VR) in der beruflichen Bildung*. Lehrstuhl für Wirtschaftspädagogik. Abgerufen am 21. Oktober 2024, von <https://www.wiwi.uni-konstanz.de/schumann/forschung-und-entwicklung/forschungsprojekte/laufende-projekte/virtual-reality-vr-in-der-beruflichen-bildung/>
- VirtualSpeech. (2024, 8. Oktober). *Virtual Reality (VR) Definition*. <https://virtualspeech.com/blog/vr-definition>
- Wang, H., & Singhal, A. (2014). Digital games: The SECRET of alternative health realities. In D. K. Kim, A. Singhal & G. L. Kreps (Hrsg.), *Health communication: Strategies for developing global health programs* (S. 67–79). Peter Lang.
- Wang, F., & Hannafin, M. J. (2005). Design-based research and technology-enhanced learning environments. *Educational Technology Research and Development*, 53(4), 5–23. <https://doi.org/10.1007/BF02504682>
- Watson, J. B. (1913). Psychology as the behaviorist views it. *Psychological Review*, 20(2), 158–177. <https://doi.org/10.1037/h0074428>
- Watzke, S. (2020, 22. Mai). 2.2.3. Lernen und Verhalten (ddc:610) [Text]. In *Pflegepädagogik – Ein Lehrbuch für die Pflege- und Gesundheitsberufe*. German Medical Science GMS Publishing House. <https://doi.org/10.5680/olmps000027>

WeAreVR. (o. J.). *Was ist Virtual Reality? Virtuelle Realität einfach erklärt.* Abgerufen am 19. Mai 2024, von <https://wearevr.ch/was-ist-virtual-reality/>

Witt, C. de, & Czerwionka, T. (2013). *Mediendidaktik* (2., aktualisierte und überarbeitete Aufl.). wbv.

Wood, D., Bruner, J. S., & Ross, G. (1976). The role of tutoring in problem solving. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 17(2), 89–100. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7610.1976.tb00381.x>

WorldOfVR. (2024, 19. März). *Virtual Reality (VR): Definition, Technik & Potenzial [Update 2021]. World of VR.* <https://worldofvr.de/virtual-reality-vr-definition-technik-potenzial-update-2021-2/>

Yakout, A. G., & Yakout, M. (o. J.). *Meta Quest 3S VR Headset—128GB—Games 2 Egypt. Games 2 Egypt for Video Games & Toys.* Abgerufen am 17. März 2025, von <https://www.games2egypt.com/Product/40093/meta-quest-3s-vr-headset-128gb>

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1. Ein kompletter Gangzyklus mit allen acht Teilphasen nach Dr. Jacquelin Perry basierend auf Deckers und Beckers (2017).....	16
Abbildung 2. Mit GAIT Score konnten Gangbilder mithilfe von Patient*innenvideos beobachtet und analysiert werden. Screenshot der Benutzeroberfläche von GAIT Score (GAIT Score – Forschung, 2013).....	19
Abbildung 3. zeigt die Benutzeroberfläche des Unity-Editors mit typischen Elementen zur Erstellung von VR-Projekten. Unity wurde im Rahmen der Prototypentwicklung eingesetzt (Entwickler-Tools & Ressourcen, o. J.).....	21
Abbildung 4. Zentrale technische Komponenten zur Entwicklung von Virtual-Reality-Anwendungen. Gezeigt werden unter anderem eine Game Engine und ein Headset (Pastel, 2021).....	22
Abbildung 5. Die VR-Brille Meta Quest 3S mit 128 GB Speicher als Beispiel eines kabellosen Headsets für immersive Anwendungen. Dieses Headset kam in der Weiterentwicklung von VR-GAIT zum Einsatz (Yakout, o. J.)	23
Abbildung 6. Das vollständig integrierte Headset und der VR-Cube von ClassVR (ClassVR, o.J.)	24
Abbildung 7. Mit TK-RescueMeVR sollen Ersthelfer*innen bei der Wiederbelebung von Patienten mit einem Herz-Kreislaufstillstand angeleitet und unterstützt werden (mobfish GmbH, o. J.)	25
Abbildung 8. Jugendliche arbeiten mit Beamten des NYPD zusammen und lernen den Umgang mit Gefahrensituationen (Neighborhood Policing—NYPD. (o. J.).....	27
Abbildung 9. Der Pawlowsche Hund wird mit einem akustischen Signal konditioniert: Auch wenn kein Futter mehr verabreicht wird, löst der Ton weiterhin die Speichelreaktion aus. Dieses klassische Konditionierungsprinzip ist ein zentrales Element des Behaviorismus (Watzke, 2020)	29
Abbildung 10: Code Combat, ein Game-Based-Learning Spiel (CodeCombat, o.J.)	41
Abbildung 11. Das Spiel Remission (Re-Mission, o. J.).....	42
Abbildung 12. OstseeLIVE (OstseeLIFE, o. J.)	43

Abbildung 13. Entscheidung über die Wiederverwendung der Assets. Diese wurden weiterverwendet: Hands Interaction, Keyboard Demo und Starter Assets (eigene Darstellung).....	55
Abbildung 14. Mit diesem Prefab können UI-Elemente hinzugefügt oder entfernt werden (eigene Darstellung).....	57
Abbildung 15: Mit dem Model Prefab passen sich UI-Elemente automatisch an die vorgegebene Größe des Elements an. Hier am Beispiel des Zwischenmenüs und des Startmenüs ersichtlich (eigene Darstellung)	58
Abbildung 16. Das Startmenü in der Entstehungsphase. Vorab wurden die Funktionen umgesetzt, danach folgten Farbkonzept und Logo (eigene Darstellung).....	59
Abbildung 17. Die unterschiedlichen Versionen des Logos für den Prototyp VR-GAIT (eigene Darstellung)	59
Abbildung 18. Die Buttons wurden immer wieder unabsichtlich ausgelöst, damit erwiesen sie sich als nicht gebrauchstauglich und wurden deshalb wieder verworfen (eigene Darstellung).....	60
Abbildung 19. Die Tafel als Menü war unpraktisch und wurde schlussendlich durch ein Menü am Handgelenk ersetzt (eigene Darstellung).....	60
Abbildung 20. Das Hand-Menü kann mit einer Drehbewegung an beiden Handgelenken sichtbar gemacht und wieder versteckt werden (eigene Darstellung).....	61
Abbildung 21. Das Avatar-Menü links in der ersten Iteration mit dem Play-Icon, rechts mit dem Play/Pause-Icon. Über die graue Ellipse unter der Menütafel kann der Nutzer die Tafel nehmen und auf die Seite stellen (eigene Darstellung).....	62
Abbildung 22. Der Fragebogen kann während der Ganganalyse jederzeit über das Hand-Menü aus- und eingeklappt werden (eigene Darstellung).....	63
Abbildung 23. Die Teleportationspunkte wurden auf acht erhöht und kreisförmig angeordnet (eigene Darstellung).....	64
Abbildung 24: Mithilfe der Mini-Map können sich die Nutzer*innen teleportieren, sie ist über das Hand-Menü erreichbar (eigene Darstellung)	65

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1. Unterschiede zwischen klassischem und operantem Konditionieren (Guy R., 2013)	30
Tabelle 2. Einzelergebnisse und Durchschnitt der Aussagen des System Usability Score (SUS) nach Brooke (1996)	75
Tabelle 3. Die jeweiligen Einzelwertungen und der Durchschnitt der zehn Aussagen des System Usability Scale Fragebogens (SUS) nach Brooke (1996).	76
Tabelle 4. Die geschlossenen Fragen und ihre einzelnen Durchschnittswerte. Besonders gut schnitt die Reaktionsgeschwindigkeit ab, Nachbesserungen sind vor allem beim Hand-Menü sinnvoll.....	79

Anhang

A. Testleitfaden

Begrüßung

Kurze Vorstellung, Erklärung des Testziels

Unterschreiben der Einverständniserklärung (Aufzeichnen des Gesprächs, Verwenden der anonymisierten Daten, Aufheben der Daten für 10 Jahre)

Persönliche Daten

Aufnehmen der persönlichen Daten der Testperson.

Aufzeichnung:

Der Test wird mit der Einwilligung der Proband*innen aufgezeichnet.

Einführung:

Kurze Erklärung der VR-Anwendung und der Steuerung (Hand/Controller)

Aufgaben:

Die Testperson führt eigenständig vorgegebene Aufgaben durch.

Beobachtung:

Die Moderatorin notiert Verhalten, Zeit, Kommentare und Schwierigkeiten.

Fragebogen:

Die Testperson füllt den SUS-Fragebogen aus.

Nachgespräch:

Kurzes Interview zu den Eindrücken, Verbesserungsvorschlägen und offenen Fragen.

B. Interviewleitfaden

Pre-Interview: (5 min)

Vielen Dank, dass du dir die Zeit genommen hast und mich bei meinem Usability-Test unterstützt! Ich heiße Lydia Popp und schreibe gerade meine Masterarbeit. Ich studiere Interactive Technologies in der Masterklasse Mobile an der Fachhochschule St. Pölten. Für meine Masterarbeit habe ich einen VR-Prototyp weiterentwickelt. Dieser soll später ein Tool für Studierende der Physiotherapie werden. Dabei geht es um die Ganganalyse. Heute möchte ich mit dir seine Nutzerfreundlichkeit testen.

Einverständniserklärung

Dieser Test bildet die Grundlage einer wissenschaftlichen Arbeit und muss daher nachvollziehbar sein. Daher bitte ich dich darum, die Einverständniserklärung zu unterschreiben.

Du bleibst dabei völlig anonym, mit deinen Testergebnissen kann auch nicht darauf zurückgeschlossen werden, wer du bist. Die Interviews werden mit Ton aufgezeichnet. Deine Daten sind anonymisiert und werden nur für die Masterarbeit verwendet. Zur Nachvollziehbarkeit muss ich sie 10 Jahre aufheben.

Vorab

Bei diesem Test geht es um die Bedienbarkeit des Prototyps. Er ist eine VR-Anwendung zur Ganganalyse. Der Test wird etwa 30 min dauern.

Du kannst absolut nichts falsch machen. Es wird das System getestet und nicht du als Person. Wenn etwas nicht funktioniert, dann habe ich das falsch umgesetzt.

Bitte denke während dem Test laut. Das erleichtert mir die Denkweise des Users zu verstehen. Damit kann ich den Prototyp besser machen.

Wenn du Fragen hast oder Hilfe benötigst, gib bitte jederzeit Bescheid!

Hast du jetzt schon Fragen?

Dann können wir die Aufnahme jetzt starten.

C. Interview-Fragebogen

Fragebogen

Allgemeine Daten

Ort	Datum
Name und TN-Nr:	
Beruf	
Geschlecht <input type="checkbox"/> weiblich <input type="checkbox"/> männlich <input type="checkbox"/> divers <input type="checkbox"/> keine Angabe	
Alter	<input type="checkbox"/> 20 - 25 <input type="checkbox"/> <25

Bewertungsskala

Likert-Skala	äußerst	sehr	etwas	kaum	Überhaupt nicht
Wert	1	2	3	4	5

Pre-Testfragen

Erfahrung

1.) Würdest du dich als Technikaffin betrachten?

Likert-Skala	
--------------	--

Erfahrung Anmerkungen

Aufgaben für VR-Prototyp VR-GAIT

Aufgabe_1

Setze die VR-Brille auf und nimm die Controller in die Hand.

- Navigiere ins Hauptmenü
- Gehe in den Beobachtungsmodus. Wähle einen Avatar aus.
- Wähle die Option Beugedefizit aus. Starte den Modus
- Wähle auf dem Handmenü die Map aus
- Ändere deine Beobachtungsposition

Aufgabe_2

- Beschreibe laut während des Tests, was dir an der Menügestaltung auffällt (z. B. Größe, Farben, Lesbarkeit, Symbole)
- Achte darauf, ob die Navigation verständlich und logisch ist.
- Wenn dir spontan etwas fehlt oder du Verbesserungsvorschläge hast sage es mir bitte.

Aufgabe_3

- Starte den Prüfungsmodus über das Hauptmenü.
- Beantworte eine Beispiel-Frage im Prüfungsmodus (es geht nicht um die fachlich richtige Antwort, nur um die Bedienung)
- Achte auf die Rückmeldungen des Systems (z. B. richtig/falsch, nächste Aufgabe, Fortschrittsanzeige) – ist dies für dich klar verständlich?
- Beende den Prüfungsmodus und kehre selbstständig ins Hauptmenü zurück
- Gib an, ob der Ablauf logisch und motivierend wirkte oder ob es Stellen gab, an denen du unsicher warst

Aufgabe_4 → Wechseln bei der Hälfte der Testpersonen

Verwende sowohl die Controller als auch die Handsteuerung und berichte, welche Bedienung dir leichter fällt.

- **Verwende bitte die Controller**
 - Navigiere in den Beobachtungsmodus
 - Nimm die Menütafel und stelle sie auf die Seite
 - Lasse den Avatar mit der 2x Geschwindigkeit laufen
 - Bewege ihn mit dem Slider vor oder zurück
 - Starte und stoppe ihn
- **Verwende bitte deine Hände**
 - Navigiere in den Beobachtungsmodus
 - Lasse den Avatar mit der 2x Geschwindigkeit laufen
 - Bewege ihn mit dem Slider hin und zurück
 - Starte und stoppe ihn
 - Bringe ihn wieder in die Ausgangsposition zurück

Post-Testfragen

Visual Design

2.) Fandest du die Farbgestaltung ansprechend?

Likert-Skala	
--------------	--

Visual Design Anmerkungen

Motion Tracking / Hand Tracking

3.) War es für dich einfacher mit den Händen oder mit den Controllern zu arbeiten?

Hände <input type="checkbox"/>	Controller <input type="checkbox"/>
--------------------------------	-------------------------------------

Menüführung

4.) Wie einfach hast du dich im Menü zurechtgefunden?

Likert-Skala	
--------------	--

5.) Wie intuitiv waren für dich die Anordnung der Menüpunkte?

Likert-Skala	
--------------	--

6.) Wie klar waren die Menüpunkte benannt?

Likert-Skala	
--------------	--

7.) Wie gut kamst du mit dem Menü am Handgelenk zurecht?

Likert-Skala	
--------------	--

8.) Wie zufrieden warst du mit der Reaktionsgeschwindigkeit deiner Eingaben?

Likert-Skala	
--------------	--

Menü Anmerkungen

Avatar-Menü

9.) Wie kamst du mit dem Slider / den anderen Funktionen zurecht?

Likert-Skala	
--------------	--

Avatar-Menü Anmerkungen

Prüfungsmodus

10.) Wie passend fandest du die Zahlen als Fortschrittsanzeige?

Likert-Skala	
--------------	--

Prüfungsmodus Anmerkungen

Abschlussfragen

Wie hast du die Menüsteuerung empfunden?

Gab es Stellen, an denen du unsicher warst?

Was würdest du verbessern?

Möchtest du abschließend noch etwas sagen?

SUS-Fragebogen

NR	SUS-Fragebogen	5-Punkte Likert-Skala					Wert
		1	2	3	4	5	
01	Ich kann mir sehr gut vorstellen, den Prototyp regelmäßig zu nutzen.						
02	Ich empfinde den Prototyp als unnötig komplex.						
03	Ich empfinde den Prototyp als einfach zu nutzen.						
04	Ich denke, dass ich technischen Support brauchen würde, um den Prototyp zu nutzen.						
05	Ich finde, dass die verschiedenen Funktionen des Prototyps gut integriert sind.						
06	Ich finde, dass es im Prototyp zu viele Inkonsistenzen gibt.						
07	Ich kann mir vorstellen, dass die meisten Leute den Prototyp schnell zu beherrschen lernen.						
08	Ich empfinde die Bedienung als sehr umständlich.						
09	Ich habe mich bei der Nutzung des Prototyps sehr sicher gefühlt.						
10	Ich musst eine Menge Dinge lernen, bevor ich mit dem Prototyp arbeiten konnte.						

Ich möchte dir an dieser Stelle noch einmal für deine Zeit und deine Unterstützung danken!

D. Muster Einverständniserklärung

Einverständniserklärung für die Teilnahme am Usability-Test

Vielen Dank, dass du dir die Zeit genommen hast, an dem Test teilzunehmen, um mich bei meiner Masterarbeit zu unterstützen. Der Test dient zur Untersuchung der Nutzerfreundlichkeit eines VR-Prototyps.

Die Teilnahme am Test erfolgt freiwillig, und darf von deiner Seite jederzeit abgebrochen werden.

Alle Daten, die während des Tests erhoben werden (z.B.: Beobachtungen, Fragebogenergebnisse, Interviews), bleiben anonym. Sie werden in der Masterarbeit so anonymisiert, dass aufgrund deiner Antworten nicht auf dich zurückgeschlossen werden kann.

Alle Ergebnisse werden ausschließlich zu wissenschaftlichen Zwecken verwendet und werden nicht weitergegeben.

Ich stimme zu, dass ...

- ... die Interviews mit Ton aufgezeichnet werden.
- ... meine Daten anonymisiert verwendet werden dürfen.
- ... aufgrund der Beweisbarkeit für die Masterarbeit 10 Jahre lang aufbewahrt werden.

Name der Testperson_____

Datum_____ Unterschrift_____

E. Auswertungsprotokolle

E.1 Auswertungsprotokoll von TN-1

Teilnehmer*in	TN-1
Geschlecht	weiblich
Altersgruppe	20-25 Jahre
Ausbildung oder Beruf	Studentin
Ort	Fachhochschule St. Pölten
01) Technikaffinität (1-5)	1
02) Farbgestaltung (1-5)	4
03) Steuerung Hände / Controller	Hände
04) Menü – zurechtfinden (1-5)	3
05) Menüpunkte – intuitive Anordnung (1-5)	1
06) Menüpunkte – Benennung (1-5)	2
07) Menü – Handgelenk (1-5)	3
08) Reaktion – Eingabegeschwindigkeit (1-5)	1
09) Avatar – Menü (1-5)	1
10) Prüfungsmodus – Fortschrittsanzeige (1-5)	2
Aufgaben	
Aufgabe_1	<p>Setze die VR-Brille auf und nimm die Controller in die Hand.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Navigiere ins Hauptmenü - Gehe in den Beobachtungsmodus. - Wähle einen Avatar aus. - Wähle die Option Beugedefizit aus. - Starte den Modus - Wähle auf dem Hand-Menü die Map aus - Ändere deine Beobachtungsposition
Beobachtungen	

- Teilnehmerin ist sich bei der Bedienung der Controller nicht sicher, welche Knöpfe gedrückt werden, um etwas auszuwählen
- Hand-Menü erscheint nicht gleich
- Teilnehmerin hat Schwierigkeiten das Hand-Menü mit den Controllern zu bedienen – Controller zu knapp am Menü
- Durch Farbwahl und Hover ist nicht klar, wann etwas ausgewählt ist
- Icons von Hand-Menü werden als eindeutig wahrgenommen
- Ablauf der Aufgabe funktioniert gut
- Startmenü ist für die Teilnehmerin klar

Anmerkungen der Teilnehmerin

- + Wie drückt man bei den Controllern?

Aufgabe_2

- Beschreibe laut während des Tests, was dir an der Menügestaltung auffällt (z. B. Größe, Farben, Lesbarkeit, Symbole)
- Achte darauf, ob die Navigation verständlich und logisch ist.
- Wenn dir spontan etwas fehlt oder du Verbesserungsvorschläge hast sage es mir bitte.

Beobachtungen

- Startmenü zu hoch oben, lässt sich nicht verschieben
- Teilweise unklar, ob etwas ausgewählt wurde

Anmerkungen der Teilnehmerin

Farben

+ Okay, also ich würde vielleicht die Farben, das Orange und das Braun ein bisschen mehr voneinander abheben. Ich meine, wenn man es mal gesehen hat, dann versteht man es eh, aber ich habe ganz am Anfang, als ich das Menü gestartet habe, da war ich mir ja nicht sicher, ob ich jetzt etwas ausgewählt habe oder nicht, weil ich das nicht gleich erkannt habe. Man muss bedenken, dass wenn weißer Text auf dem gelben Hintergrund nicht so gut lesbar ist. Okay. Ich glaube, ich persönlich finde es cool, wenn die Sachen, die ich jetzt nicht ausgewählt habe, einfach noch eine Umrandung hätten und das, was ausgewählt ist, so die Fläche bedeckt.

+ Bei dem Menü finde ich die Icons, dadurch, dass es so wenig ist, finde ich, sind sie eindeutig. Und sie sind ja alle sehr unterschiedlich. Also die Map, wenn ich da einmal sehe, dass ich mich immer damit teleportieren kann, dann reicht das für mich auf jeden Fall. Und das gleiche eigentlich beim Avatar und beim

Fragebogen. Also wenn ich da einmal sehe, es gibt Settings: Avatar, Fragebogen und Maps, oder halt unter Position im Raum, dann reicht das schon.

+ Gut, so die Farben an sich, dass es so im Dark Mode ist, dass es dunkel ist, das ist gut.

+ Es stört mich zwar nicht, dass es Dark Mode ist, aber es fühlt sich nicht so an, als hätte jemand sehr viel „designerisches“ reingesteckt. Aber ich finde das okay. Ja, weil es ist sehr simpel.

Aufgabe_3

- Starte den Prüfungsmodus über das Hauptmenü.
- Beantworte eine Beispiel-Frage im Prüfungsmodus (es geht nicht um die fachlich richtige Antwort, nur um die Bedienung)
- Achte auf die Rückmeldungen des Systems (z. B. richtig/falsch, nächste Aufgabe, Fortschrittsanzeige) – ist dies für dich klar verständlich?
- Beende den Prüfungsmodus und kehre selbstständig ins Hauptmenü zurück

Gib an, ob der Ablauf logisch und motivierend wirkte oder ob es Stellen gab, an denen du unsicher warst.

Beobachtungen

- Fragebogen-Icon ist klar
- Prüfungsmodus leicht gefunden
- Verschieben der Menütafeln funktioniert nicht - statt im vorgesehenen Feld wird versucht, die Tafel seitlich zu nehmen wie beim Laptop
- Tastatureingabe funktionierte sofort
- Fortschrittsanzeige wären Balken als auch Zahlen in Ordnung

Anmerkungen der Teilnehmerin

Fortschrittsanzeige

+ Ich glaube, ich fände es sogar ganz cool, weil ich mag einfach Fortschrittsbalken gerne.

Aufgabe_4 → Wechseln bei der Hälfte der Testpersonen

Verwende sowohl die Controller als auch die Handsteuerung und berichte, welche Bedienung dir leichter fällt.

- **Verwende bitte die Controller**
- Navigiere in den Beobachtungsmodus
- Nimm die Menütafel und stelle sie auf die Seite

- Lasse den Avatar mit der 2x Geschwindigkeit laufen
- Bewege ihn mit dem Slider vor oder zurück
- Starte und stoppe ihn
- **Verwende bitte deine Hände**
- Navigiere in den Beobachtungsmodus
- Lasse den Avatar mit der 2x Geschwindigkeit laufen
- Bewege ihn mit dem Slider hin und zurück
- Starte und stoppe ihn
- Bringe ihn wieder in die Ausgangsposition zurück

Beobachtungen

- Verschieben der Menütafeln geht weder mit den Controllern noch mit den Händen
- Teleportieren hat sofort funktioniert
- Hand-Menü hat mit den Händen besser funktioniert
- Wenn der Slider bewegt wird, ist er nicht synchron mit dem Avatar - das wurde als störend empfunden

Anmerkungen der Teilnehmerin

Verschieben der Menütafel

+ Okay, ich habe keine Ahnung, wie man das macht. Also ich hätte jetzt instinktiv einfach irgendwo, wie man es beim Laptop macht, irgendwo drauf und geschoben, aber ja.

Slider Avatar-Menü

- + Wenn er ganz links ist, steht er ganz hinten. Aber wenn ich ihn jetzt nochmal gehen lasse, dann passt das nicht mehr mit dem Slider zusammen.
- + Sobald du einmal durchgeklickt hast, finde ich, ist es gut gegangen

Abschlussfragen

Wie hast du die Menüsteuerung empfunden?

Menü generell

+ Ja, wie gesagt, ganz am Anfang war ich ein bisschen „confused“, weil ich mich überhaupt nicht damit auskenne. Ist eigentlich ziemlich simpel aufgebaut. Es gibt jetzt nicht so viel zum Auswählen, deshalb passt das. Ok, ich denke, dass man das schnell lernen kann.

Hand-Menü

+ Sonst war es eher unpraktisch.

+ Ja, ich finde wahrscheinlich dadurch, dass ich noch nie damit etwas zu tun hatte, poppt es wieder auf, wenn ich mich nur ein bisschen bewegt habe. Ich glaube, das war das, was mich ein bisschen... dass man mit beiden Armen gleichzeitig hantieren muss, war für mich einfach zu... Das ist zu schnell passiert, dass das dann herumgesprungen ist.

Avatar-Menü

+ Ich finde, das Avatar-Menü hat gut funktioniert.

Gab es Stellen, an denen du dir unsicher warst?

+ Ja, ich habe ganz am Anfang nicht ganz gecheckt, wie man irgendwas auswählt und ob jetzt schon die Knöpfe gedrückt sind.

Was würdest du verbessern?

Farben

+ Die Farben, so wie das Braun, würde ich verbessern.

Erklärung

+ Würde vielleicht am Anfang eine kurze Erklärung mit irgendeinem Screen, oder irgendeinem Tutorial nehmen. Vielleicht noch ein paar Sätze oder irgendwelche Bilder, wo die verschiedenen Funktionen erklärt werden. Vielleicht gleich so ein Popup mit verschiedenen Bildern, mit Menü und Einträgen.

Hände

+ Es war mit den Händen dann eigentlich intuitiver. Ja, für mich persönlich waren die Hände leichter.

NR	TN-1 SUS-Fragebogen	5-Punkte Likert-Skala					Wert
		1	2	3	4	5	
01	Ich kann mir sehr gut vorstellen, den Prototyp regelmäßig zu nutzen.	X					
02	Ich empfinde den Prototyp als unnötig komplex.					X	
03	Ich empfinde den Prototyp als einfach zu nutzen.	X					

04	Ich denke, dass ich technischen Support brauchen würde, um den Prototyp zu nutzen.		X				
05	Ich finde, dass die verschiedenen Funktionen des Prototyps gut integriert sind.		X				
06	Ich finde, dass es im Prototyp zu viele Inkonsistenzen gibt.				X		
07	Ich kann mir vorstellen, dass die meisten Leute den Prototyp schnell zu beherrschen lernen.		X				
08	Ich empfinde die Bedienung als sehr umständlich.				X		
09	Ich habe mich bei der Nutzung des Prototyps sehr sicher gefühlt.	X					
10	Ich musst eine Menge Dinge lernen, bevor ich mit dem Prototyp arbeiten konnte.					X	
Möchtest du abschließend noch etwas sagen?							
+ Nein.							

E.2 Auswertungsprotokoll von TN-2

Teilnehmer*in	TN-2
Geschlecht	weiblich
Altersgruppe	20-25 Jahre
Ausbildung oder Beruf	Studentin
Ort	Fachhochschule St. Pölten
01) Technikaffinität (1-5)	2
02) Farbgestaltung (1-5)	1

03) Steuerung Hände / Controller	Controller
04) Menü – zurechtfinden (1-5)	1
05) Menüpunkte – intuitive Anordnung (1-5)	1
06) Menüpunkte – Benennung (1-5)	2
07) Menü – Handgelenk (1-5)	2
08) Reaktion – Eingabegeschwindigkeit (1-5)	1
09) Avatar – Menü (1-5)	2
10) Prüfungsmodus – Fortschrittsanzeige (1-5)	1
Aufgaben	
Aufgabe_1	
<p>Setze die VR-Brille auf und nimm die Controller in die Hand.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Navigiere ins Hauptmenü - Gehe in den Beobachtungsmodus. - Wähle einen Avatar aus. - Wähle die Option Beugedefizit aus. - Starte den Modus - Wähle auf dem Hand-Menü die Map aus - Ändere deine Beobachtungsposition 	
Beobachtungen	
<ul style="list-style-type: none"> - Startmenü ist zu hoch, kann nicht verschoben werden - Das Hand-Menü erscheint nicht sofort - Map wird sofort gefunden - Teleportieren funktioniert sofort - Ablauf der Aufgabe funktioniert gut - Startmenü ist für die Teilnehmerin klar 	
Anmerkungen der Teilnehmerin	
<ul style="list-style-type: none"> - 	
Aufgabe_2	
<ul style="list-style-type: none"> - Beschreibe laut während des Tests, was dir an der Menügestaltung auffällt (z. B. Größe, Farben, Lesbarkeit, Symbole) - Achte darauf, ob die Navigation verständlich und logisch ist. 	

- Wenn dir spontan etwas fehlt oder du Verbesserungsvorschläge hast sage es mir bitte.

Beobachtungen

- Die Menütafeln sind zu hoch oben. Wenn der User sitzt, ist das zu hoch.

Anmerkungen der Teilnehmerin

Tastatur

+ Cool. Ich probiere es jetzt mal aus, ich weiß nicht, wie das funktioniert, wie man seinen Namen eingibt. Oh, okay. Ich habe gerade nicht ganz gecheckt, dass man nicht drücken muss, sondern dass man mit dem Controller wirklich auf die Taste draufklickt. Nice. Okay, nachdem ich es gecheckt habe, hat es sehr gut funktioniert.

Menütafel verschieben (grab)

+ Ich schaue mir gerade noch mal die Avatar-Steuerung an und will vielleicht noch mal versuchen, ob ich das Ding bewegen kann, aber es will immer noch nicht. Weil ich mir meine Vermutung von vorhin anschauen möchte, und dass alles, was ich gesagt habe, stimmt.

Geschwindigkeit

+ Ich habe gerade geschaut, ob ich währenddem der Avatar geht, die Geschwindigkeit verändern kann, was auch geht, was glaube ich ganz cool ist.

Slider

+ Das Einzige, was mir nur auffällt, das mich gerade ein bisschen verwirrt, ist, dass er leider nicht mitgeht, während die Person geht. Ich weiß nicht, ob es so sein soll oder für mich einfach nur eine nette Interaktion wäre, aber ich glaube, ich würde es irgendwie erwarten, dass der Slider mit der Person gleichzeitig agiert. Genauso wie bei Musik, wie man es halt von YouTube kennt, sozusagen.

Fragebogen

Ich schaue mir noch mal den Fragebogen an. Der ist eigentlich cool zu verwenden, wenn ich beide Controller habe, weil dann kann ich den linken in meinem Fall dazu verwenden, auszuwählen, für ja und nein. Und den rechten ganz praktisch kann ich verwenden, um weiter zu drücken.

Schriftgröße

+ Ich finde auch die Schriftgröße sehr gut.

Zwischenmenü

+ Wenn ich gerade im Beobachtungsmodus bin und ich möchte zurück ins Menü, oder gehe zurück aufs Menüzeichen, bekomme ich noch mal so ein Zwischending, wo ich was anderes auswählen kann. So kannst du im Beobachtungsmodus auch sagen, ich will jetzt einen anderen Avatar, oder ich will ein anderes Gangbild. Cool. Das habe ich nicht gleich gecheckt, ehrlich gesagt. Ich habe mitbekommen, dass ich zuerst von hier aus hinkomme, bevor ich ins eigentliche Menü komme. Das ist keine schlechte Idee, würde ich nur vielleicht anders bezeichnen. Ich hätte jetzt auch keine perfekte Definition dafür, aber, dass ich mich eben noch im Beobachtungsmodus befindet und ob ich etwas ändern möchte. Meiner Ansicht nach finde ich es gut, dass man das nochmal ändern kann. Das geht einfach schneller, als wenn ich wieder ganz raus gehe und wieder reingehe. Ich habe einfach das, was ich eigentlich machen möchte im Beobachtungsmodus.

Startmenü

+ Ja, aber das Menü muss dann angepasst sein, ob man sitzt oder steht.

Menü

+ Sobald ich mich ausgekannt habe, sehr gut. Ich habe es einmal lernen müssen. Aber das ist bei allem so.

Aufgabe_3

- Starte den Prüfungsmodus über das Hauptmenü.
- Beantworte eine Beispiel-Frage im Prüfungsmodus (es geht nicht um die fachlich richtige Antwort, nur um die Bedienung)
- Achte auf die Rückmeldungen des Systems (z. B. richtig/falsch, nächste Aufgabe, Fortschrittsanzeige) – ist dies für dich klar verständlich?
- Beende den Prüfungsmodus und kehre selbstständig ins Hauptmenü zurück

Gib an, ob der Ablauf logisch und motivierend wirkte oder ob es Stellen gab, an denen du unsicher warst.

Beobachtungen

- Menüführung schnell verstanden

Anmerkungen der Teilnehmerin

Fragebogen

+ Ich meine ja, wenn ich weiß, dass der Fragebogen im Menü ist, also wenn ich das Prinzip einmal gelernt habe, dann vielleicht schon, aber ich glaube, ich hätte eher erwartet, dass ich mir den Gang kurz anschau und dann erscheint automatisch ein Fragebogen. Oder es erscheint ein Button mit Fragebogen öffnen oder Gang noch einmal anschauen, irgendwie sowas.

Aufgabe_4 → Wechseln bei der Hälfte der Testpersonen

Verwende sowohl die Controller als auch die Handsteuerung und berichte, welche Bedienung dir leichter fällt.

- **Verwende bitte die Controller**
 - Navigiere in den Beobachtungsmodus
 - Nimm die Menütafel und stelle sie auf die Seite
 - Lasse den Avatar mit der 2x Geschwindigkeit laufen
 - Bewege ihn mit dem Slider vor oder zurück
 - Starte und stoppe ihn
- **Verwende bitte deine Hände**
 - Navigiere in den Beobachtungsmodus
 - Lasse den Avatar mit der 2x Geschwindigkeit laufen
 - Bewege ihn mit dem Slider hin und zurück
 - Starte und stoppe ihn
 - Bringe ihn wieder in die Ausgangsposition zurück

Beobachtungen

- Schwierigkeiten mit den Händen auszuwählen. Versucht zu pointen, nicht zu drücken

Anmerkungen der Teilnehmerin

Menütafel verschieben (grab)

+ Ich versuche mal das zu verschieben, wirklich einfach auf das Feld drauf zu klicken, so wie ich es gewohnt war bis jetzt. Also mit der Taste hinten und dann einfach verschieben. Ich habe eben vorhin schon gesehen, dass unterhalb von dem eigentlichen Feld noch so ein graues Feld ist, das größer wird, wenn man drauf geht. Vorhin habe ich schon nicht gewusst, was ich damit machen sollte. Vielleicht ist das jetzt dafür.

Avatar-Menü

+ Also das mit dem Steuern, habe ich verstanden. Wenn ich jetzt auf den Button mit dem Play drücken würde, vermute ich, dass er dort weitergeht, wo ich gerade in dem Slider drinnen bin. Bei den beiden Pfeilen unten, die doppelten Pfeile, kann ich wahrscheinlich die Geschwindigkeit des Gangs einstellen und das

Wiederholzeichen, um den Gang nochmal zu wiederholen von vorne beginnen zu lassen.

Steuerung Hände

+ Also eigentlich ist das cool. Ich habe es noch nicht ganz überrissen. Also manchmal funktioniert es sofort und manchmal muss ich es ein bisschen probieren. Ich glaube, es ist aber die sinnvollere Interaktion, denn das Ding hier und das ist recht weit weg von mir, kann natürlich jemanden dazwischenkommen.

Steuerung mit Controller

+ Jetzt, wo es näher ist, ist es dann trotzdem irgendwie wahrscheinlich das Intuitivere, was man so von normalen Controllern kennt, dass man einfach hingreift. Nein, der Controller ist mir lieber.

Icons

+ Das Zahnrad war passend. Ich war nämlich nicht sicher. Ist glaube ist sogar besser in dem Fall, weil alles andere sehr sprechende Icons sind, sage ich mal. Also das ist eine Person, die geht, das ist das Map-Icon und der Fragebogen. Und wenn dann da nur drei Striche wären, ja man weiß, dass das Menüs sind. Also ein Burger-Icon oder ein Menü-Icon sein soll. Wenn man sich aber nicht so gut auskennt, ist glaube ich ein Zahnrad das geläufigere. Und passt besser zu den restlichen Icons.

Silder

+ Der Slider wäre glaube ich cool, wenn er mitlaufen würde mit der Person, die geht.

Fortschrittsanzeige

+ Nein, ich finde sprechende Sachen immer besser. Bei einem Balken, also da weiß ich wenigstens wirklich, ich habe noch 15 Fragen vor mir.

Abschlussfragen

Wie hast du die Menüsteuerung empfunden?

Startmenü

+ Die Große fand ich sehr sprechend, insofern da sie auch von der Logik sehr gut aufgebaut war. Ich habe die Auswahl zwischen Beobachtung und Prüfung gehabt. Das ist für mich logisch gesehen das Erste, was ich machen würde. Beim Prüfungsmodus kann ich dann noch meinen Namen eingeben. Bei Beobachtung kann ich die Sachen ausfüllen. Deswegen fand ich den Aufbau

sehr sinnvoll. Auch, dass die Auswahl der Person an letzter Stelle ist, weil es ist, ich bin keine Physio, aber es war für mich in dem Fall das Irrelevanteste. Für mich war wichtig, wie die Person geht.

Icons

+ Es waren vier Sachen, die kann ich mir merken. Vielleicht ein kurzes Wort, was es ist. Zum Icon noch ein bezeichnender Begriff dazu vielleicht. An sich kann ich mir vier Sachen schon merken, aber mir würde dadurch noch ein bisschen Last abgenommen werden. Ja, überhaupt, wenn man es das erste Mal macht, ist man ein bisschen überfordert.

Gab es Stellen, an denen du dir unsicher warst?

Anfangs

+ Ja, klar, am Anfang war ich noch sehr orientierungslos. Ich glaube, da würde es eben, wenn man so etwas im Unterricht einsetzen würde, muss man wahrscheinlich eine Stunde einplanen, in der man sich nur mit dem Handling auseinandersetzt, schätzt ich. Ich gehöre wahrscheinlich zu den Leuten, die sehr wenig VR in ihrem Leben verwendet haben. Es gibt andere Leute, die können es eher, aber einfach, glaube ich, um alle auf demselben Stand zu bringen.

Map

+ Und ich glaube schon noch, wo ich vielleicht ein bisschen mehr Zeit gebraucht hätte, um es noch besser zu können, ist diese Positionierung auf der Karte. Ich glaube, ich habe es mal erst ausprobieren müssen, um zu verstehen, was es macht. Und dann, glaube ich, kann man noch ein bisschen üben, dass man es noch sinnvoller und effektiver einsetzt. Weil manchmal habe ich irgendwo hingeschaut, und da musste ich halt meinen Kopf mit drehen, und ich glaube, da hätte ich mich einfach mit der Karte schon besser positionieren können.

Was würdest du verbessern?

Infos für Studierende

+ Ich weiß nicht, inwiefern das eingesetzt werden würde im Unterricht, aber zum Beispiel, das hat jetzt nichts mit dem Handling zu tun. Ich habe gerade gedacht, zum Beispiel pro Gangfehler, sage ich jetzt mal, dass man dann einen kurzen Beschreibungstext kriegt. Ich weiß nicht, ob das für das Vorgesehen ist oder nicht. Einfach so kurz sagen, ja, das passiert deswegen, oder das hat die Auswirkungen auf die weiteren Gelenke, Knochen, was weiß ich.

Vorerfahrung

+ Ich fand es cool, dass ich, wie gesagt, VR nicht oft verwendet habe, ich mich aber recht schnell ausgekannt habe. Und ich, ohne irgendein Wissen über physiotherapeutische Sachen zu haben, verstanden habe, um was es geht. Und ich glaube, es könnte cool sein für Physios.

NR	SUS-Fragebogen	5-Punkte Likert-Skala					Wert
		1	2	3	4	5	
01	Ich kann mir sehr gut vorstellen, den Prototyp regelmäßig zu nutzen.	X					
02	Ich empfinde den Prototyp als unnötig komplex.					X	
03	Ich empfinde den Prototyp als einfach zu nutzen.	X					
04	Ich denke, dass ich technischen Support brauchen würde, um den Prototyp zu nutzen.				X		
05	Ich finde, dass die verschiedenen Funktionen des Prototyps gut integriert sind.		X				
06	Ich finde, dass es im Prototyp zu viele Inkonsistenzen gibt.					X	
07	Ich kann mir vorstellen, dass die meisten Leute den Prototyp schnell zu beherrschen lernen.	X					
08	Ich empfinde die Bedienung als sehr umständlich.					X	
09	Ich habe mich bei der Nutzung des Prototyps sehr sicher gefühlt.		X				
10	Ich musst eine Menge Dinge lernen, bevor ich mit dem Prototyp arbeiten konnte.					X	
Möchtest du abschließend noch etwas sagen?							
-							

E.3 Auswertungsprotokoll von TN-3

Teilnehmer*in	TN-3
Geschlecht	männlich
Altersgruppe	20-25 Jahre
Ausbildung oder Beruf	Techniker
Ort	Privater Raum
01) Technikaffinität (1-5)	2
02) Farbgestaltung (1-5)	1
03) Steuerung Hände / Controller	Hände
04) Menü – zurechtfinden (1-5)	3
05) Menüpunkte – intuitive Anordnung (1-5)	2
06) Menüpunkte – Benennung (1-5)	3
07) Menü – Handgelenk (1-5)	3
08) Reaktion – Eingabegeschwindigkeit (1-5)	1
09) Avatar – Menü (1-5)	2
10) Prüfungsmodus – Fortschrittsanzeige (1-5)	1
Aufgaben	
Aufgabe_1	
<p>Setze die VR-Brille auf und nimm die Controller in die Hand.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Navigiere ins Hauptmenü - Gehe in den Beobachtungsmodus. - Wähle einen Avatar aus. - Wähle die Option Beugedefizit aus. - Starte den Modus - Wähle auf dem Hand-Menü die Map aus - Ändere deine Beobachtungsposition 	
Beobachtungen	
<ul style="list-style-type: none"> - Das Startmenü ist viel zu hoch oben, kann auch nicht verschoben werden - Hand-Menü erscheint gleich 	

- Teleportieren funktioniert sofort
- Teilnehmer hat Schwierigkeiten mit dem Hand-Menü zurechtzukommen
- Ablauf der Aufgabe funktioniert gut
- Startmenü ist für den Teilnehmer klar

Anmerkungen des Teilnehmers

-

Aufgabe_2

- Beschreibe laut während des Tests, was dir an der Menügestaltung auffällt (z. B. Größe, Farben, Lesbarkeit, Symbole)
- Achte darauf, ob die Navigation verständlich und logisch ist.
- Wenn dir spontan etwas fehlt oder du Verbesserungsvorschläge hast sage es mir bitte.

Beobachtungen

- Teilnehmer geht ohne Probleme durch das Menü
- Menütafeln erscheinen immer zu hoch oben

Anmerkungen des Teilnehmers

+ Am Anfang war es schon sehr gewöhnungsbedürftig für mich. Aber ich glaube auch, dass es innerhalb weniger Minuten machbar ist.

Icons

+ Von den Symbolen her versteht man es schon.

Menütafeln

+ Die Menüs poppen immer für mich zu weit oben auf.

Schrift

+ Von der Schrift her ist es schon sehr lesbar.

Hand-Menü

+ Es war am Anfang schwierig, es ist immer unterschiedlich, je nachdem, mit welcher Hand man weiter oben ist. Da muss man umdenken, mit welcher Hand man jetzt lenkt. z.B. wenn ich es auf der Linken öffnen könnte oder mit einem Knopfdruck.

+ Ich habe nicht gewusst, wie die Bewegung ist. Denn das Drauftippen da oben zum Beispiel, das ist schwierig, weil ich mit dem Finger nicht da rauf komme. Ich habe nicht gewusst, ob man drauf drücken kann mit dem Finger.

Menüpunkte

+ Also im Mittelpunkt war es sehr leicht zu erkennen, worum es geht. Ganz am Anfang beim Startmenü, wo du zwei auswählen kannst, und dann hast du als Untermenü jeweils vier verschiedene. Das war sehr gut zu verstehen.

Farben

+ Das waren schon angenehme Farben. Also das passt, eher dunkel gehalten würde ich sagen, mehr so im Dark Mode, genau, das finde ich echt angenehm für die Augen.

Aufgabe_3

- Starte den Prüfungsmodus über das Hauptmenü.
- Beantworte eine Beispiel-Frage im Prüfungsmodus (es geht nicht um die fachlich richtige Antwort, nur um die Bedienung)
- Achte auf die Rückmeldungen des Systems (z. B. richtig/falsch, nächste Aufgabe, Fortschrittsanzeige) – ist dies für dich klar verständlich?
- Beende den Prüfungsmodus und kehre selbstständig ins Hauptmenü zurück

Gib an, ob der Ablauf logisch und motivierend wirkte oder ob es Stellen gab, an denen du unsicher warst.

Beobachtungen

- Prüfungsmodus sofort gefunden

Anmerkungen des Teilnehmers

Menüführung

+ Eher schwierig, würde ich sagen.

Fortschrittsanzeige

+ Da ist mir natürlich die Anzahl lieber. Die Zahlen sind super

Aufgabe_4 → Wechseln bei der Hälfte der Testpersonen

Verwende sowohl die Controller als auch die Handsteuerung und berichte, welche Bedienung dir leichter fällt.

- **Verwende bitte die Controller**
- Navigiere in den Beobachtungsmodus
- Nimm die Menütafel und stelle sie auf die Seite
- Lasse den Avatar mit der 2x Geschwindigkeit laufen
- Bewege ihn mit dem Slider vor oder zurück

- Starte und stoppe ihn
- **Verwende bitte deine Hände**
- Navigiere in den Beobachtungsmodus
- Lasse den Avatar mit der 2x Geschwindigkeit laufen
- Bewege ihn mit dem Slider hin und zurück
- Starte und stoppe ihn
- Bringe ihn wieder in die Ausgangsposition zurück

Beobachtungen

- Menütafel kann gleich verschoben werden
- Menü wird gleich verstanden
- Die richtigen Icons werden sofort gedrückt
- Zurück-Button sofort gesehen
- Verwendet sehr schnell nur eine Hand für das Hand-Menü und die andere Hand für den Controller
- Der Avatar ließ sich nicht gleich starten

Anmerkungen des Teilnehmers

Avatar-Menü

- + Ich komme die ganze Zeit an mit dem Finger. Ich muss ihn nur zurückstellen in die Bewegung.
- + Man hat auch nicht immer starten können. Am Anfang hat man den Balken bewegen müssen und dann hat man es starten und stoppen können.

Abschlussfragen

Wie hast du die Menüsteuerung empfunden?

- + Also du hast nie gewusst welches Menü jetzt kommt. Es war nicht ganz so, wie gesagt, dass man draufdrückt, und es dann irgendwo gekommen ist.

Gab es Stellen, an denen du dir unsicher warst?

- + Wo du nicht gewusst hast, wenn ich da draufdrücke, wo komme ich hin. Das war schon sehr gewöhnungsbedürftig, so richtig die ersten 5 Minuten oder 10 Minuten.

Was würdest du verbessern?

Menütafel

- + Auf jeden Fall, dass es nicht so hoch oben steht.

Feedback-Ton

+ Ein Ton, genau, dass man hört, dass man drückt. Aber wenn ich es nicht höre, dann glaube ich, ich habe nichts gedrückt. Ich bin es gewohnt von Computer, oder Handy.

Menütafel verschieben (grab)

+ Denn man denkt es halt nicht, weil da kein Taster dahinter ist, es ist kein Bildschirm. Für mich ist das Problem, weil es in VR ist, das ist vom Aufbau her, dass das Bild nicht greifbar ist. Deswegen ist es für mich komisch, wenn ich dann so draufdrücke. Das ist für mich, wie wenn es schwebt, und ich will es so greifen.

NR	SUS-Fragebogen	5-Punkte Likert-Skala					Wert
		1	2	3	4	5	
01	Ich kann mir sehr gut vorstellen, den Prototyp regelmäßig zu nutzen.		X				
02	Ich empfinde den Prototyp als unnötig komplex.				X		
03	Ich empfinde den Prototyp als einfach zu nutzen.		X				
04	Ich denke, dass ich technischen Support brauchen würde, um den Prototyp zu nutzen.					X	
05	Ich finde, dass die verschiedenen Funktionen des Prototyps gut integriert sind.		X				
06	Ich finde, dass es im Prototyp zu viele Inkonsistenzen gibt.				X		
07	Ich kann mir vorstellen, dass die meisten Leute den Prototyp schnell zu beherrschen lernen.	X					
08	Ich empfinde die Bedienung als sehr umständlich.					X	
09	Ich habe mich bei der Nutzung des Prototyps sehr sicher gefühlt.	X					

10	Ich musst eine Menge Dinge lernen, bevor ich mit dem Prototyp arbeiten konnte.					X	
Möchtest du abschließend noch etwas sagen?							
-							

E.4 Auswertungsprotokoll von TN-4

Teilnehmer*in	TN-4
Geschlecht	weiblich
Altersgruppe	20-25 Jahre
Ausbildung oder Beruf	Bankangestellte
Ort	Privater Raum
01) Technikaffinität (1-5)	2
02) Farbgestaltung (1-5)	2
03) Steuerung Hände / Controller	Hände
04) Menü – zurechtfinden (1-5)	2
05) Menüpunkte – intuitive Anordnung (1-5)	1
06) Menüpunkte – Benennung (1-5)	1
07) Menü – Handgelenk (1-5)	2
08) Reaktion – Eingabegeschwindigkeit (1-5)	2
09) Avatar – Menü (1-5)	1
10) Prüfungsmodus – Fortschrittsanzeige (1-5)	1
Aufgaben	
Aufgabe_1	
Setze die VR-Brille auf und nimm die Controller in die Hand.	
<ul style="list-style-type: none"> - Navigiere ins Hauptmenü - Gehe in den Beobachtungsmodus. 	

- Wähle einen Avatar aus.
- Wähle die Option Beugedefizit aus.
- Starte den Modus
- Wähle auf dem Hand-Menü die Map aus
- Ändere deine Beobachtungsposition

Beobachtungen

- Teilnehmerin kann ohne Aufforderung sofort die Menütafel nehmen und verschieben, sie hat das allein entdeckt
- Teleportieren hat sofort funktioniert
- Die Icons am Hand-Menü sind sofort klar
- Hand-Menü anfangs sperrig
- Ablauf der Aufgabe funktioniert gut
- Startmenü ist für die Teilnehmerin klar

Anmerkungen der Teilnehmerin

-

Aufgabe_2

- Beschreibe laut während des Tests, was dir an der Menügestaltung auffällt (z. B. Größe, Farben, Lesbarkeit, Symbole)
- Achte darauf, ob die Navigation verständlich und logisch ist.
- Wenn dir spontan etwas fehlt oder du Verbesserungsvorschläge hast sage es mir bitte.

Beobachtungen

- Icons werden sofort erkannt
- Teilnehmerin kommt sehr gut mit der Menüführung zurecht

Anmerkungen der Teilnehmerin

Hand-Steuerung

+ Also mit dem Controller finde ich es ein bisschen schwer, aber das Auswählen mit den Händen ist wieder leichter, weil es schneller geht, weil ich habe direkt die Finger drauf.

Erfahrungen

+ Mit welcher Taste ich jetzt etwas auswähle, vor allem, weil ich nicht so diese Controller-Erfahrungen habe, wie vielleicht andere, die Playstation oder so spielen. Dementsprechend hatte ich nicht so dieses Gefühl, aber man kommt doch schnell rein. Es sind ja nicht viele Auswahlmöglichkeiten vorhanden - nur so drei Tasten.

Fragenkatalog

+ Das kann man bestimmt gut lesen, das ist wunderbar, sehr gut. Und ich kann auch leicht weiter drücken. Und ich kann auch wieder zurückgehen. Das ist auch gut. Ich kann mir die Frage noch mal überlegen und zurückgehen.

Menütafeln verschieben (grab)

+ Es ist sehr praktisch, dass ich die Felder herumschieben kann und aus der Bildmitte schieben kann, wenn es nötig ist.

Avatar-Menü

+ Das ist ganz gut, dass ich alles steuern kann, wie ich es halt brauche, um im Moment mal zurückzugehen. Das ist auch sehr praktisch. Start, Play und die Geschwindigkeit ist auch praktisch.

Aufgabe_3

- Starte den Prüfungsmodus über das Hauptmenü.
- Beantworte eine Beispiel-Frage im Prüfungsmodus (es geht nicht um die fachlich richtige Antwort, nur um die Bedienung)
- Achte auf die Rückmeldungen des Systems (z. B. richtig/falsch, nächste Aufgabe, Fortschrittsanzeige) – ist dies für dich klar verständlich?
- Beende den Prüfungsmodus und kehre selbstständig ins Hauptmenü zurück

Gib an, ob der Ablauf logisch und motivierend wirkte oder ob es Stellen gab, an denen du unsicher warst.

Beobachtungen

- Teilnehmerin kommt mit dem Fragebogen sehr gut zurecht und agiert versiert
- Teilweise Schwierigkeiten mit dem Hand-Menü – die Controller werden sehr nahe an das Menü gehalten, wodurch die Auswahl erschwert wird

Anmerkungen der Teilnehmerin

Fortschrittsanzeige

+ Doch, ich finde es schon gut mit den Zahlen. Nur mit dem Balken sehe ich das halt sehr ungenau.

Farben

- + Ja, die Farbgestaltung war nicht so schlecht, also wenn jetzt überall bunte Farben wären. Also einfach neutral, weiß, schwarz, nur die Figur ist bunt, der Rest ist schwarz und braun.

Hand-Steuerung

- + Ich muss sagen, wenn man sich kurz an die Hände gewöhnt hat, finde ich die Hände besser.

Menü

- + Also als ich aufs Zahnrad gedrückt habe, war ich direkt im Menü, glaube ich, und am Anfang musste ich direkt im Menü zurückgehen, das fand ich kurz verwirrend. Aber dann bin ich mit dem Zahnrad, glaube ich, normal zurückgekommen.

Menü-Punkte

- + Also eine gute Gliederung vom Aufbau her. Also es war keine Überraschung, es war ziemlich klar, was ich jetzt finde oder suche.

Aufgabe_4 → Wechseln bei der Hälfte der Testpersonen

Verwende sowohl die Controller als auch die Handsteuerung und berichte, welche Bedienung dir leichter fällt.

- **Verwende bitte die Controller**
 - Navigiere in den Beobachtungsmodus
 - Nimm die Menütafel und stelle sie auf die Seite
 - Lasse den Avatar mit der 2x Geschwindigkeit laufen
 - Bewege ihn mit dem Slider vor oder zurück
 - Starte und stoppe ihn
- **Verwende bitte deine Hände**
 - Navigiere in den Beobachtungsmodus
 - Lasse den Avatar mit der 2x Geschwindigkeit laufen
 - Bewege ihn mit dem Slider hin und zurück
 - Starte und stoppe ihn
 - Bringe ihn wieder in die Ausgangsposition zurück

Beobachtungen

- Teilnehmerin kann mit den Händen deutlich besser interagieren als mit den Controllern
- Das Interagieren mit dem Hand-Menü ist mit den Händen flüssiger als mit den Controllern

Anmerkungen der Teilnehmerin

Hand-Steuerung

+ Ich weiß aber nicht, ob es einfach daran liegt, dass ich irgendwas falsch gemacht habe. Aber mit den Händen war es eigentlich die ganze Zeit, da hatte ich meine Hände halt mit der Handfläche nach oben. Da war es eigentlich irgendwie immer da. Und bei dem Controller war es doch schwer - und dann gleichzeitig mit den Controllern, das war ein bisschen umständlicher, als wenn ich jetzt nur die Hände hatte, wo ich so machen kann.

Abschlussfragen

Wie hast du die Menüsteuerung empfunden?

Hand-Menü

+ Sehr einfach, wenn man einmal weiß, wie man es aktiviert. Das ist logisch und man muss nicht eine extra Taste drücken, um dorthin zu kommen. Es gibt keinen extra Punkt, den man beachten muss, sondern man hat es mit einer Bewegung. Und ja, auswählen ist vielleicht ein bisschen nervig mit den Controllern, aber ansonsten klar aufgebaut.

Icons

+ Man erkennt an den Symbolen, was man bekommt. Aufbau, wo ich wo hinkomme, von den Einstellungen her und was ich auswähle für ein Modus, auch logisch.

Menü

+ Dann, wenn man einmal weiß, passt, okay, kurze Hilfe oder wenn man sich das kurz durchliest, ist es klar.

Gab es Stellen, an denen du dir unsicher warst?

+ Am Anfang war es kurz – okay was jetzt? Ich habe am Anfang nur diese Steuerung gesehen. Und ich war so - okay. Natürlich wusste ich am Anfang nicht, wie ich das mit dem Menü mache. Okay, wo bin ich jetzt? Was kann ich machen? Aber dann, wenn man es einmal weiß, passt, okay.

Was würdest du verbessern?

Anleitung

+ Vielleicht ganz am Anfang eine Erklärung, was ich mit den Controllern tun muss. Dass ich gleich weiß, okay, passt, mit dem wähle ich das aus. Oder wie hole ich das Menü - indem ich meine Hand drehe. Das wäre am Anfang vielleicht hilfreich gewesen. Aber ich glaube nur, wenn man einsteigt. Ich würde es nicht immer sehen, wenn man wegdrücken könnte. Also für den Anfang, wenn man

es erst mal findet, oder es aufruft vielleicht. Aber dann weiß ich gar nicht, ob ich es nutze, wenn es mir jemand so zeigt.

Menü

+ Dass ich es nur aufrufen kann, wenn ich es brauche. Dass es anfangs da ist und später, wenn ich es brauche, dass ich es aufrufen könnte. Dass es bei einem normalen, alltäglichen Gebrauch nicht immer aufscheint. Sonst wird es, glaube ich, nervig, weil man es eh schon weiß.

Anwendung

+ Weil es eigentlich von der Aufmachung her nicht stressig war. Und für das, wofür es gut ist, simpel ist.

NR	SUS-Fragebogen	5-Punkte Likert-Skala					Wert
		1	2	3	4	5	
01	Ich kann mir sehr gut vorstellen, den Prototyp regelmäßig zu nutzen.	X					
02	Ich empfinde den Prototyp als unnötig komplex.					X	
03	Ich empfinde den Prototyp als einfach zu nutzen.		X				
04	Ich denke, dass ich technischen Support brauchen würde, um den Prototyp zu nutzen.					X	
05	Ich finde, dass die verschiedenen Funktionen des Prototyps gut integriert sind.	X					
06	Ich finde, dass es im Prototyp zu viele Inkonsistenzen gibt.					X	
07	Ich kann mir vorstellen, dass die meisten Leute den Prototyp schnell zu beherrschen lernen.	X					
08	Ich empfinde die Bedienung als sehr umständlich.					X	

09	Ich habe mich bei der Nutzung des Prototyps sehr sicher gefühlt.	X					
10	Ich musst eine Menge Dinge lernen, bevor ich mit dem Prototyp arbeiten konnte.				X		
Möchtest du abschließend noch etwas sagen?							
<p>+ Also ich muss sagen, ich bin schon positiv überrascht. Das war das erste Mal, dass ich etwas mit einer VR-Brille gemacht habe. Deswegen will ich schon sagen, dass es cool ist. Vor allem, weil es irgendwie auch eine Abwechslung ist, wenn man es wirklich verwendet. In der Arbeit oder auch als Physiotherapeut. Auf jeden Fall ist es sehr praktisch. Es ist eine Abwechslung. Und wenn man wirklich so speziellere Fälle hat, um sich das im Nachgang nochmal anzusehen, dann finde ich das total praktisch. Zum Lernen auf jeden Fall.</p> <p>+ Ich weiß eigentlich nicht, ob es noch mehrere Funktionen geben könnte, aber mir würde jetzt auch per se keine einfallen, wo ich sage, das ist notwendig, weil ich mich so wenig in dem Fachgebiet auskenne, aber das Nötigste ist vorhanden.</p>							

E.5 Auswertungsprotokoll von TN-5

Teilnehmer*in	TN-5
Geschlecht	männlich
Altersgruppe	20-25 Jahre
Ausbildung oder Beruf	Zivildiener
Ort	Privater Raum
01) Technikaffinität (1-5)	3
02) Farbgestaltung (1-5)	2
03) Steuerung Hände / Controller	Controller
04) Menü – zurechtfinden (1-5)	1
05) Menüpunkte – intuitive Anordnung (1-5)	2
06) Menüpunkte – Benennung (1-5)	1

07) Menü – Handgelenk (1-5)	1
08) Reaktion – Eingabegeschwindigkeit (1-5)	1
09) Avatar – Menü (1-5)	2
10) Prüfungsmodus – Fortschrittsanzeige (1-5)	1
Aufgaben	
Aufgabe_1	
<p>Setze die VR-Brille auf und nimm die Controller in die Hand.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Navigiere ins Hauptmenü - Gehe in den Beobachtungsmodus. - Wähle einen Avatar aus. - Wähle die Option Beugedefizit aus. - Starte den Modus - Wähle auf dem Hand-Menü die Map aus - Ändere deine Beobachtungsposition 	
<p>Beobachtungen</p> <ul style="list-style-type: none"> - Hand-Menü erscheint gleich - Der Teilnehmer kann mit dem Hand-Menü flüssig interagieren - Ablauf der Aufgabe funktioniert gut - Startmenü ist für den Teilnehmer klar - Teleportieren mit der Map funktioniert einwandfrei 	
<p>Anmerkungen des Teilnehmers</p> <p>-</p>	
Aufgabe_2	
<ul style="list-style-type: none"> - Beschreibe laut während des Tests, was dir an der Menügestaltung auffällt (z. B. Größe, Farben, Lesbarkeit, Symbole) - Achte darauf, ob die Navigation verständlich und logisch ist. - Wenn dir spontan etwas fehlt oder du Verbesserungsvorschläge hast sage es mir bitte. 	
<p>Beobachtungen</p> <ul style="list-style-type: none"> - Der Teilnehmer klickt sich versiert durch den Prototyp - Das Avatar-Menü ist von Aufbau und - Die Eingabe seines Namens funktioniert ohne Probleme - Es werden unterschiedliche Gangarten und Avatare ausgesucht - Der Prüfungsmodus wurde klar verstanden 	

- Eingabe des Namens über die Tastatur funktionierte sofort

Anmerkungen des Teilnehmers

-

Aufgabe_3

- Starte den Prüfungsmodus über das Hauptmenü.
- Beantworte eine Beispiel-Frage im Prüfungsmodus (es geht nicht um die fachlich richtige Antwort, nur um die Bedienung)
- Achte auf die Rückmeldungen des Systems (z. B. richtig/falsch, nächste Aufgabe, Fortschrittsanzeige) – ist dies für dich klar verständlich?
- Beende den Prüfungsmodus und kehre selbstständig ins Hauptmenü zurück

Gib an, ob der Ablauf logisch und motivierend wirkte oder ob es Stellen gab, an denen du unsicher warst.

Beobachtungen

- Ins Hauptmenü zurückkehren mittels Zurück-Button ist nicht sofort klar
- Fragebogen wird gleich gefunden
- Prüfungsmodus wird gleich gefunden
- Teilnehmer kommt sofort sehr gut mit dem Hand-Menü zurecht
- Der Prüfungsmodus mit dem Fragebogen ist für den Teilnehmer klar verständlich

Anmerkungen des Teilnehmers

Fortschrittsanzeige

+ Die Zahlen sind eigentlich schon einfacher, weil man weiß halt genauer, wie viele Fragen man noch übrig hat, und man kann sich vorstellen halt, wie viele es noch sind.

Ablauf logisch

+ Ja, schon, ja.

Aufgabe_4 → Wechseln bei der Hälfte der Testpersonen

Verwende sowohl die Controller als auch die Handsteuerung und berichte, welche Bedienung dir leichter fällt.

- **Verwende bitte die Controller**
- Navigiere in den Beobachtungsmodus
- Nimm die Menütafel und stelle sie auf die Seite

- Lasse den Avatar mit der 2x Geschwindigkeit laufen
- Bewege ihn mit dem Slider vor oder zurück
- Starte und stoppe ihn
- **Verwende bitte deine Hände**
- Navigiere in den Beobachtungsmodus
- Lasse den Avatar mit der 2x Geschwindigkeit laufen
- Bewege ihn mit dem Slider hin und zurück
- Starte und stoppe ihn
- Bringe ihn wieder in die Ausgangsposition zurück

Beobachtungen

- Der Teilnehmer kann das Menü nicht verschieben – er versucht die Tafel am Rand zu nehmen und zu verstellen
- Die Interaktion mit dem Avatar-Menü funktioniert sehr flüssig
- Die Icons und die Funktionen des Avatar-Menüs wurden ohne Probleme verstanden
- Bei der Hand-Steuerung konnten die Menütafeln verstellt werden
- Teilnehmer konnte den Avatar zurückstellen

Anmerkungen des Teilnehmers

Steuerung

+ Mit Controllern einfacher, aber mit den Händen war es eigentlich cooler, wenn man es so sieht. Ich glaube, wenn man es mit den Händen probiert, auf längere Sicht, ist das, glaube ich, entspannter. Da braucht man die Controller nicht halten. Das mit den Fingern ist schon cool. Man muss sich ein bisschen einlernen.

Hand-Menü

+ Das war sehr einfach.

Icons

+ Eigentlich jedes Symbol spricht für sich.

Abschlussfragen

Wie hast du die Menüsteuerung empfunden?

+ Eigentlich ganz angenehm. Hat mir gefallen. Es geht sehr smooth.

Gab es Stellen, an denen du dir unsicher warst?

+ Das eigentlich gar nicht, das war von den Icons eigentlich schon recht einfach. Ausgekannt habe ich mich schon.

Was würdest du verbessern?

+ Verbessern, das ist eigentlich, so wie es gehalten ist, ist es halt sehr einfach und bedienerfreundlich. Also so versteht es eigentlich auch jeder. Ich finde, man kann es optisch vielleicht ein bisschen farbenfroher noch gestalten, aber an sich ist es eigentlich gut, so wie es ist. Man versteht es und es ist eigentlich ziemlich clean, wenn man so sagen kann.

NR	SUS-Fragebogen	5-Punkte Likert-Skala					Wert
		1	2	3	4	5	
01	Ich kann mir sehr gut vorstellen, den Prototyp regelmäßig zu nutzen.	X					
02	Ich empfinde den Prototyp als unnötig komplex.					X	
03	Ich empfinde den Prototyp als einfach zu nutzen.	X					
04	Ich denke, dass ich technischen Support brauchen würde, um den Prototyp zu nutzen.					X	
05	Ich finde, dass die verschiedenen Funktionen des Prototyps gut integriert sind.		X				
06	Ich finde, dass es im Prototyp zu viele Inkonsistenzen gibt.					X	
07	Ich kann mir vorstellen, dass die meisten Leute den Prototyp schnell zu beherrschen lernen.	X					
08	Ich empfinde die Bedienung als sehr umständlich.					X	
09	Ich habe mich bei der Nutzung des Prototyps sehr sicher gefühlt.	X					
10	Ich musst eine Menge Dinge lernen, bevor ich mit dem Prototyp arbeiten konnte.					X	

Möchtest du abschließend noch etwas sagen?

+ Ich muss sagen, die VR-Brille ist ziemlich cool. Ich würde mich freuen, wenn man von dem Prototyp mehr sieht, was man alles machen kann. Weil wenn man schon einen Menschen so bewegen kann und es gibt ja viel mehr, was man draus machen kann. Ich würde mich freuen, weil dann würde mich so eine VR-Brille schon interessieren.

E.6 Auswertungsprotokoll von TN-6

Teilnehmer*in	TN-6
Geschlecht	männlich
Altersgruppe	20-25 Jahre
Ausbildung oder Beruf	Techniker
Ort	Privater Raum
01) Technikaffinität (1-5)	1
02) Farbgestaltung (1-5)	2
03) Steuerung Hände / Controller	Controller
04) Menü – zurechtfinden (1-5)	3
05) Menüpunkte – intuitive Anordnung (1-5)	1
06) Menüpunkte – Benennung (1-5)	3
07) Menü – Handgelenk (1-5)	4
08) Reaktion – Eingabegeschwindigkeit (1-5)	1
09) Avatar – Menü (1-5)	1
10) Prüfungsmodus – Fortschrittsanzeige (1-5)	1
Aufgaben	
Aufgabe_1	
Setze die VR-Brille auf und nimm die Controller in die Hand.	
- Navigiere ins Hauptmenü	

- Gehe in den Beobachtungsmodus.
- Wähle einen Avatar aus.
- Wähle die Option Beugedefizit aus.
- Starte den Modus
- Wähle auf dem Hand-Menü die Map aus
- Ändere deine Beobachtungsposition

Beobachtungen

- Es ist nicht gleich ersichtlich, oh und was ausgewählt wurde
- Das Hand-Menü wird nicht sofort sichtbar
- Hand-Menü ist sofort klar
- Das Teleportieren funktioniert sofort

Anmerkungen des Teilnehmers

-

Aufgabe_2

- Beschreibe laut während des Tests, was dir an der Menügestaltung auffällt (z. B. Größe, Farben, Lesbarkeit, Symbole)
- Achte darauf, ob die Navigation verständlich und logisch ist.
- Wenn dir spontan etwas fehlt oder du Verbesserungsvorschläge hast sage es mir bitte.

Beobachtungen

- Teilnehmer klickt sich versiert durch den Prototyp
- Gangarten werden durchgeklickt
- Avatar-Menü werden alle Funktionen erkannt
- Start-Menü verständlich
- Map
- Bewegt sich mit der Funktion Joystick auf der Bodenplatte

Anmerkungen des Teilnehmers

Map

+ Ich kann aus unterschiedlichen Blickwinkeln betrachten, wie die Person geht.

Lesbarkeit

+ Die Lesbarkeit ist perfekt.

Größe und Farben

+ Angenehm, stechen nicht zu sehr, aber sie fallen auf.

Bodenplatte

- + Das Weiß im Hintergrund ist etwas hell.

Symbole

- + Sind sinnvoll. Das ist auch gut gewählt mit dem dunklen Orange, oder dem Braun, wenn es ausgewählt ist.

Menütafeln

- + Vielleicht, dass sie nicht immer so weit unten auftauchen, das geht auf die Dauer auf den Nacken.

Hauptmenü

- + Nicht verschiebbar.

Aufgabe_3

- Starte den Prüfungsmodus über das Hauptmenü.
- Beantworte eine Beispiel-Frage im Prüfungsmodus (es geht nicht um die fachlich richtige Antwort, nur um die Bedienung)
- Achte auf die Rückmeldungen des Systems (z. B. richtig/falsch, nächste Aufgabe, Fortschrittsanzeige) – ist dies für dich klar verständlich?
- Beende den Prüfungsmodus und kehre selbstständig ins Hauptmenü zurück

Gib an, ob der Ablauf logisch und motivierend wirkte oder ob es Stellen gab, an denen du unsicher warst.

Beobachtungen

- Teilnehmer findet nicht sofort zurück zum Startmenü
- Name eingeben über die Tastatur funktioniert gut
- Icons vom Hand-Menü sind sofort klar
- Prüfungsmodus ist schlüssig und klar
- Abschicken des Fragebogens ist klar

Anmerkungen des Teilnehmers

Fragebogen

- + War sehr simpel, Fragebogen hat perfekt funktioniert.

Tastatur

- + Teilweise, wenn man z.B. der Tastatur ein bisschen zu nahe ist, erkennt es das nicht.

Fortschrittsanzeige

- + Nein, das mit der Zahl, das hat gepasst.

Aufgabe_4 → Wechseln bei der Hälfte der Testpersonen

Verwende sowohl die Controller als auch die Handsteuerung und berichte, welche Bedienung dir leichter fällt.

- **Verwende bitte die Controller**
 - Navigiere in den Beobachtungsmodus
 - Nimm die Menütafel und stelle sie auf die Seite
 - Lasse den Avatar mit der 2x Geschwindigkeit laufen
 - Bewege ihn mit dem Slider vor oder zurück
 - Starte und stoppe ihn
- **Verwende bitte deine Hände**
 - Navigiere in den Beobachtungsmodus
 - Lasse den Avatar mit der 2x Geschwindigkeit laufen
 - Bewege ihn mit dem Slider hin und zurück
 - Starte und stoppe ihn
 - Bringe ihn wieder in die Ausgangsposition zurück

Beobachtungen

- Menütafel verstehen funktioniert sofort
- Einzelne Funktionen des Avatar-Menüs werden sofort verstanden
- Hand-Menü ist für den Teilnehmer sehr schwierig handzuhaben
- Hand-Steuerung gestaltet sich für den Teilnehmer als sehr schwierig - er versucht über das Zusammendrücken von Daumen und Zeigefinger einen Ray zu erzeugen, er pointet nicht direkt

Anmerkungen des Teilnehmers

Hand-Menü

- + Das ist schon teilweise eine Herausforderung.

Abschlussfragen

Wie hast du die Menüsteuerung empfunden?

Menüpunkte

+ Anfangs musste man herausfinden, welches Symbol für welches versteht. Da wäre vielleicht die Beschriftung nicht so schlecht. Wenn ich jetzt an die älteren Menschen denke, dann würden die das glaube ich weniger verstehen.

Avatar-Menü

+ Das war perfekt, das hat ohne Probleme funktioniert.

Gab es Stellen, an denen du dir unsicher warst?

+ Das gar nicht, nein.

Was würdest du verbessern?

Menü

+ Dass die Menüpunkte nicht immer unter dem Sichtfeld aufscheinen. Das ist beim Runterschauen für den Nacken sehr anstrengend.

Auswahl

+ Wie man erkennt im Hauptmenü, ob der Beobachtungsmodus oder der Prüfungsmodus ausgewählt ist. Das sind zwei verschiedene Farben. Das gibt es auch öfter, dass es zwei Optionen sind und deshalb zwei verschiedene Farben. Bei den unteren hat es voll gepasst, weil wirklich von den vier Kasteln, nur eines eine andere Farbe hat, aber bei den oberen zwei.

Symbole

+ Symbole zusätzlich mit Text beschriften.

NR	SUS-Fragebogen	5-Punkte Likert-Skala					Wert
		1	2	3	4	5	
01	Ich kann mir sehr gut vorstellen, den Prototyp regelmäßig zu nutzen.		X				
02	Ich empfinde den Prototyp als unnötig komplex.					X	
03	Ich empfinde den Prototyp als einfach zu nutzen.		X				
04	Ich denke, dass ich technischen Support brauchen würde, um den Prototyp zu nutzen.					X	

05	Ich finde, dass die verschiedenen Funktionen des Prototyps gut integriert sind.		X				
06	Ich finde, dass es im Prototyp zu viele Inkonsistenzen gibt.				X		
07	Ich kann mir vorstellen, dass die meisten Leute den Prototyp schnell zu beherrschen lernen.		X				
08	Ich empfinde die Bedienung als sehr umständlich.				X		
09	Ich habe mich bei der Nutzung des Prototyps sehr sicher gefühlt.		X				
10	Ich musst eine Menge Dinge lernen, bevor ich mit dem Prototyp arbeiten konnte.				X		
Möchtest du abschließend noch etwas sagen?							
+ Eigentlich, bis auf ein paar Feinschliffe, die wir gesagt haben, passt das voll.							

E.7 Auswertungsprotokoll von TN-7

Teilnehmer*in	TN-7
Geschlecht	männlich
Altersgruppe	20-25 Jahre
Ausbildung oder Beruf	Techniker
Ort	Privater Raum
01) Technikaffinität (1-5)	1
02) Farbgestaltung (1-5)	1
03) Steuerung Hände / Controller	Hände
04) Menü – zurechtfinden (1-5)	3

05) Menüpunkte – intuitive Anordnung (1-5)	3
06) Menüpunkte – Benennung (1-5)	2
07) Menü – Handgelenk (1-5)	3
08) Reaktion – Eingabegeschwindigkeit (1-5)	1
09) Avatar – Menü (1-5)	1
10) Prüfungsmodus – Fortschrittsanzeige (1-5)	2

Aufgaben

Aufgabe_1

Setze die VR-Brille auf und nimm die Controller in die Hand.

- Navigiere ins Hauptmenü
- Gehe in den Beobachtungsmodus.
- Wähle einen Avatar aus.
- Wähle die Option Beugedefizit aus.
- Starte den Modus
- Wähle auf dem Hand-Menü die Map aus
- Ändere deine Beobachtungsposition

Beobachtungen

- Das Startmenü ist klar verständlich
- Es ist nicht klar, ob und was ausgewählt wurde
- Hand-Menü startet nicht sofort
- Icons des Hand-Menüs werden sofort verstanden
- Teleportieren funktioniert sofort

Anmerkungen des Teilnehmers

-

Aufgabe_2

- Beschreibe laut während des Tests, was dir an der Menügestaltung auffällt (z. B. Größe, Farben, Lesbarkeit, Symbole)
- Achte darauf, ob die Navigation verständlich und logisch ist.
- Wenn dir spontan etwas fehlt oder du Verbesserungsvorschläge hast sage es mir bitte.

Beobachtungen

- Teilnehmer klickt sich versiert durch den Prototyp
- Prüfungsmodus funktioniert einwandfrei

- Avatar-Menü funktioniert einwandfrei
- Verschieben der Menütafeln funktioniert nicht immer gut
- Avatar und das Avatar-Menü kreuzen sich gegenseitig aus – können nicht gleichzeitig angezeigt werden
- Teleportieren mit der Map funktioniert gut

Anmerkungen des Teilnehmers

Menütafeln

- + Am coolsten ist eigentlich das Hin- und Herschieben.

Farben

- + Eigentlich gut, weil ich glaube bei VR, wenn es zu hell wäre, zum Beispiel der Hintergrund ist schwarz, dass das dann zu sehr stören würde. Vor allem mit dem weißen Hintergrund. Und das Orange sieht man immer eindeutig auf jeden Fall.

Avatar-Menü

- + Und dass man vielleicht gleichzeitig den Avatar schauen könnte und das Avatar-Menü. Also die Fragen und das Avatar-Menü.
- + Das Avatar-Menü wird ziemlich beliebt sein, glaube ich.

Map

- + Woher weiß man, wo man steht? Dass vielleicht ein roter Punkt oder ähnliches, in dem jeweiligen Ring drinnen ist.

Aufgabe_3

- Starte den Prüfungsmodus über das Hauptmenü.
- Beantworte eine Beispiel-Frage im Prüfungsmodus (es geht nicht um die fachlich richtige Antwort, nur um die Bedienung)
- Achte auf die Rückmeldungen des Systems (z. B. richtig/falsch, nächste Aufgabe, Fortschrittsanzeige) – ist dies für dich klar verständlich?
- Beende den Prüfungsmodus und kehre selbstständig ins Hauptmenü zurück

Gib an, ob der Ablauf logisch und motivierend wirkte oder ob es Stellen gab, an denen du unsicher warst.

Beobachtungen

- Zurück-Button in das Hauptmenü nicht gleich erkannt
- Eingabe des Namens über die Tastatur funktioniert sofort
- Icons am Hand-Menü sind sofort klar

- Fragebogen absenden ist klar

Anmerkungen des Teilnehmers

Fragebogen

- + Ist einfach.

Fortschrittsanzeige

- + Ich möchte die genaue Angabe.

Aufgabe_4 → Wechseln bei der Hälfte der Testpersonen

Verwende sowohl die Controller als auch die Handsteuerung und berichte, welche Bedienung dir leichter fällt.

- **Verwende bitte die Controller**
 - Navigiere in den Beobachtungsmodus
 - Nimm die Menütafel und stelle sie auf die Seite
 - Lasse den Avatar mit der 2x Geschwindigkeit laufen
 - Bewege ihn mit dem Slider vor oder zurück
 - Starte und stoppe ihn
- **Verwende bitte deine Hände**
 - Navigiere in den Beobachtungsmodus
 - Lasse den Avatar mit der 2x Geschwindigkeit laufen
 - Bewege ihn mit dem Slider hin und zurück
 - Starte und stoppe ihn
 - Bringe ihn wieder in die Ausgangsposition zurück

Beobachtungen

- Zurück-Button funktioniert sofort
- Menütafel verschieben funktioniert nach mehreren Versuchen
- Funktionen des Avatar-Menüs werden sofort verstanden und umgesetzt
- Teilnehmer kommt mit der Handsteuerung gut zurecht
- Avatar-Menü geht auch mit den Händen gut

Anmerkungen des Teilnehmers

-

Abschlussfragen

Wie hast du die Menüsteuerung empfunden?

- + Einfach, wenn man sich daran gewöhnt hat.

+ Vielleicht, dass es im Menü irgendwie so Infos gibt, wie man zum Beispiel das Menü öffnen kann, das Hand-Menü, oder, ein Tutorial machen.

Gab es Stellen, an denen du dir unsicher warst?

+ Ja. Am Anfang. Da bin ich dagestanden und dann hab ich nicht gewusst, wo da die ganzen Menüs und so weiter sind.

Was würdest du verbessern?

+ Dass man mehrere Menüs auf einmal offen haben kann.

NR	SUS-Fragebogen	5-Punkte Likert-Skala					Wert
		1	2	3	4	5	
01	Ich kann mir sehr gut vorstellen, den Prototyp regelmäßig zu nutzen.			X			
02	Ich empfinde den Prototyp als unnötig komplex.					X	
03	Ich empfinde den Prototyp als einfach zu nutzen.		X				
04	Ich denke, dass ich technischen Support brauchen würde, um den Prototyp zu nutzen.					X	
05	Ich finde, dass die verschiedenen Funktionen des Prototyps gut integriert sind.		X				
06	Ich finde, dass es im Prototyp zu viele Inkonsistenzen gibt.				X		
07	Ich kann mir vorstellen, dass die meisten Leute den Prototyp schnell zu beherrschen lernen.		X				
08	Ich empfinde die Bedienung als sehr umständlich.					X	
09	Ich habe mich bei der Nutzung des Prototyps sehr sicher gefühlt.		X				

10	Ich musst eine Menge Dinge lernen, bevor ich mit dem Prototyp arbeiten konnte.				X		
----	--	--	--	--	---	--	--

Möchtest du abschließend noch etwas sagen?

Nein.

F. Fragebogen Prüfungsmodus

Der folgende Fragebogen wurde mit der KI ChatGPT erstellt und als Platzhalter für mögliche Prüfungsfragen im Prüfungsmodus eingefügt.

1. Sind die Schrittlängen beider Beine gleich?

Ja Nein

2. Zeigt das Gangbild eine gleichmäßige Schrittfolgenfrequenz?

Ja Nein

3. Ist das Gangbild symmetrisch in Stand- und Schwungphase?

Ja Nein

4. Wird das betroffene Bein vollständig belastet?

Ja Nein

5. Ist der erste Bodenkontakt bei jedem Schritt mit der Ferse?

Ja Nein

6. Kommt es zu Ausweichbewegungen im Oberkörper (z. B. Rumpfneigung)?

Ja Nein

7. Zeigt sich eine deutliche Reduktion der Hüftbewegung in der Schwungphase?

Ja Nein

8. Ist die Armbewegung während des Gangs beidseitig aktiv und symmetrisch?

Ja Nein

9. Gibt es sichtbare kompensatorische Bewegungen wie Zirkumduktion oder Hüft-Hiking?

Ja Nein

10. Ist der Rhythmus des Gangs gleichmäßig ohne sichtbare Pausen oder Zögern?

Ja Nein

11. Wird das Knie während der Standphase gestreckt stabilisiert?

Ja Nein

12. Erkennt man eine Schwäche der Hüftabduktoren (z. B. Trendelenburg-Zeichen)?

Ja Nein

13. Sind neurologische Auffälligkeiten im Gangbild (z. B. spastisch, ataktisch) erkennbar?

Ja Nein

14. Ist der Patient/die Patientin im Einbeinstand während der Standphase stabil?

Ja Nein

15. Wird das Gangbild durch Schmerzen (z. B. Schonhinken) beeinflusst?

Ja Nein