

Analyse, Design und Entwicklung einer Serious Games Plattform zur Unterstützung nach einer Knöchelverletzung

DIPLOMARBEIT

zur Erlangung des akademischen Grades

Diplom-Ingenieur

im Rahmen des Studiums

Software Engineering und Internet Computing

eingereicht von

Michael Raimer

Matrikelnummer 11701255

an der Fakultät für Informatik
der Technischen Universität Wien

Betreuung: Rene Baranyi
Mitwirkung: Thomas Grechenig

Wien, 2. Juni 2023

Unterschrift Verfasser

Unterschrift Betreuung



Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.



Analyse, Design und Entwicklung einer Serious Games Plattform zur Unterstützung nach einer Knöchelverletzung

DIPLOMARBEIT

zur Erlangung des akademischen Grades

Diplom-Ingenieur

im Rahmen des Studiums

Software Engineering und Internet Computing

eingereicht von

Michael Raimer

Matrikelnummer 11701255

ausgeführt am
Institut für Information Systems Engineering
Forschungsbereich Business Informatics
Forschungsgruppe Industrielle Software
der Fakultät für Informatik der Technischen Universität Wien

Betreuung: Rene Baranyi

Wien, 2. Juni 2023



Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Erklärung zur Verfassung der Arbeit

Michael Raimer

Hiermit erkläre ich, dass ich diese Arbeit selbständig verfasst habe, dass ich die verwendeten Quellen und Hilfsmittel vollständig angegeben habe und dass ich die Stellen der Arbeit – einschließlich Tabellen, Karten und Abbildungen –, die anderen Werken oder dem Internet im Wortlaut oder dem Sinn nach entnommen sind, auf jeden Fall unter Angabe der Quelle als Entlehnung kenntlich gemacht habe.

Wien, 2. Juni 2023

Michael Raimer



Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Danksagung

Ich möchte an dieser Stelle meine aufrichtige Dankbarkeit für die Unterstützung und Beteiligung an meiner Masterarbeit ausdrücken. Ohne die Unterstützung und das Engagement aller Beteiligten wäre die erfolgreiche Durchführung dieses Projekts nicht möglich gewesen.

Mein ausdrücklicher Dank geht zunächst an meinen Betreuer Dr. Rene Baranyi, der mich nicht nur mit seinem fachlichen Know-how, sondern auch mit seiner Geduld und Verständnis unterstützt hat. Seine konstruktiven Feedback und Anregungen haben maßgeblich dazu beigetragen, dass meine Arbeit ihre endgültige Form erhalten hat.

Ein weiterer Dank geht an alle teilnehmenden Therapeuten/Therapeutinnen und Patienten/Patientinnen, die sich bereit erklärt haben, an diesem Projekt mitzuwirken. Ihre wertvolle Zeit und ihr Engagement haben entscheidend dazu beigetragen, dass die Plattform realistisch und praxisorientiert gestaltet werden konnte.

Mein abschließender Dank geht an Nadine Schaueremann, die mir sowohl emotional als auch inhaltlich eine große Unterstützung war. Sie stand mit immer mit Rat zur Seite und konnte mir immer bei meinen Problemen weiterhelfen.



Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Kurzfassung

Durch die Covid-19-Pandemie wurde deutlich wie wichtig es ist, die Möglichkeit zur Tele-rehabilitation zu haben. Unabhängig davon warum keine Vor-Ort-Therapie durchgeführt werden kann, hat dies negative Folgen für die Patienten/Patientinnen, da diese auf sich alleine gestellt sind und der Fortschritt nicht überwacht werden kann. Um die Rehabilitation auch ohne Anwesenheit des/der Patienten/Patientin bestmöglich unterstützen zu können, wurde im eine prototypische Telerehabilitations-Plattform für Knöchelverletzungen entwickelt. Auf dieser Plattform können Serious Games, gesteuert durch ein Smartphone, gespielt werden. Dabei war es von Bedeutung herauszufinden, welche Anforderungen es von den Physiotherapeuten/Physiotherapeutinnen gibt, um die Therapie aus der Ferne unterstützen zu können. Außerdem ist es wichtig zu wissen, welche Daten zur Aufzeichnung relevant sind und wie die Interoperabilität zwischen Plattform und Serious Games gewährleistet werden kann.

Um diese Fragen beantworten zu können, erfolgte eine prototypische Umsetzung der Plattform. Begonnen wurde im Rahmen des Requirements Engineerings mit einer Literaturrecherche und anschließenden Experteninterviews mit Physiotherapeuten/Physiotherapeutinnen, um die Anforderungen zu erheben. Danach erfolgte die Implementierung des Prototypen in mehreren Iterationen. Die erste Iteration diente zur Umsetzung der ersten Version des Prototypen. In den Iterationen zwei und drei wurde sowohl ein Serious Game entwickelt als auch Feedback von den Physiotherapeuten/Physiotherapeutinnen eingeholt und umgesetzt. Mit der vierten und letzten Iteration erfolgte die Evaluierung mit mehreren Testpersonen und Physiotherapeuten/Physiotherapeutinnen.

Mithilfe des Prototypen und dem Feedback der Therapeuten/Therapeutinnen konnten Erkenntnisse zur Beantwortung der Forschungsfragen gesammelt werden. Es hat sich herausgestellt, dass die Aufzeichnung des Bewegungsradius unumgänglich ist und den wichtigsten Bestandteil für die Therapeuten/Therapeutinnen darstellt. Bedeutend ist auch nach den Übungsausführungen Feedback von den Patienten/Patientinnen zu erhalten, sowie eine Möglichkeit Spielschwierigkeit- und einstellungen aus der Ferne anpassen zu können. Ebenso konnte ein Framework entwickelt und getestet werden, welches die Interoperabilität zwischen den Serious Games und der Plattform gewährleistet.

Keywords: *Serious Games, Telerehabilitation, Prototyp, Physiotherapeut/Physiotherapeutin, Smartphone*



Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Abstract

The Covid 19 pandemic highlighted the importance of having the ability to telerehabilitate. Regardless of why on-site therapy cannot be provided, this has negative consequences for patients as they are left on their own and progress cannot be monitored. In order to support the rehabilitation in the best possible way without the presence of the patient, a prototypical telerehabilitation platform for ankle injuries was developed. Serious games controlled by a smartphone can be played on this platform. It was important to find out which requirements the physiotherapists have to meet in order to support the therapy remotely. It is also important to know which data is relevant to the recording and how interoperability between platform and serious games can be ensured.

In order to be able to answer these questions, a prototype implementation of the platform was carried out. The requirements engineering started with a literature research and subsequent expert interviews with physiotherapists in order to collect the requirements. This was followed by the implementation of the prototype in several iterations. The first iteration was used to implement the initial version of the prototype. In iterations two and three, a serious game was developed as well as feedback from the physical therapists was gathered and implemented. With the fourth and last iteration, the evaluation with several test persons and physiotherapists took place.

With the help of the prototype and the feedback from the therapists, findings were collected to answer the research questions. It turned out that the recording of the range of motion is indispensable and represents the most important component for the therapists. It is also important to receive feedback from the patients after the exercises and to be able to adjust the difficulty and settings of the game remotely. Likewise, a framework could be developed and tested, which ensures the interoperability between the serious games and the platform.

Keywords: *serious games, telerehabilitation, prototype, physiotherapist, smartphone*



Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung	ix
Abstract	xi
Inhaltsverzeichnis	xiii
1 Einleitung	1
1.1 Problemstellung	1
1.2 Zielsetzung	2
1.3 Aufbau der Arbeit	3
2 Grundlagen	5
2.1 Therapeutische Compliance	5
2.2 Knöchelverletzungen	7
2.3 Serious Games	11
2.4 Requirements Engineering	15
2.5 Telerehabilitation	22
2.6 System Usability Scale	23
3 State of the Art	27
3.1 D+R Therapy iPhone application	27
3.2 Physiotherapy Assessment based on Kinect and Mobile APPs	28
3.3 Rehab+	28
3.4 Multi-Sensors Wearable System	30
3.5 BioKin	32
3.6 Gegenüberstellung	33
4 Methodik	37
5 Ergebnisse	41
5.1 Anforderungserhebung	41
5.2 Architektur	47
5.3 Iteration 1 - Prototyp	50
5.4 Iteration 2 - Serious Game	61
	xiii

5.5	Iteration 3 - Verfeinerung	64
5.6	Iteration 4 - Evaluierung	69
6	Diskussion	77
6.1	Forschungsfrage 1	78
6.2	Forschungsfrage 2	79
6.3	Forschungsfrage 3	79
	Abbildungsverzeichnis	81
	Tabellenverzeichnis	83
	Wissenschaftliche Literatur	85
	Online-Referenzen	93
	Anhang	95
	Fragebogen - Interview	95
	plugin.jslib	95
	Fragebogen - Evaluation	96

Einleitung

Diese Arbeit schließt an die Bachelorarbeit “Analyse, Design und Entwicklung eines Serious Games zur Unterstützung nach einer Knöchelverletzung” an, in der ein Serious Game zur Rehabilitation nach einer Knöchelverletzung entwickelt wurde. Da Serious Games alleine nicht ausreichend sind für eine positiv verlaufende Rehabilitation, wird im Rahmen dieser Arbeit eine Plattform in Kombination mit Serious Games entwickelt. Somit soll die Telerehabilitation bestmöglich gewährleistet werden können und den Alltag von sowohl Patienten/Patientinnen als auch Physiotherapeuten/Physiotherapeutinnen erleichtern. In diesem Kapitel wird näher auf die Problemstellung und Motivation für diese Diplomarbeit eingegangen. Infolgedessen werden die Ziele und zu beantwortenden Fragestellungen definiert, welche mithilfe der gewonnenen Kenntnisse dieser Arbeit beantwortet werden sollen. Abschließend wird der Aufbau der Arbeit und die darin enthaltene methodische Vorgehensweise erläutert.

1.1 Problemstellung

Die aktuelle Corona Pandemie hat gezeigt, dass es oftmals schwierig für Patienten/Patientinnen ist, ihre Physiotherapeuten/Physiotherapeutinnen aufzusuchen, um gemeinsam Übungen auszuführen und der Rehabilitation nachzugehen. Dies führt dazu, dass die Patienten/Patientinnen auf sich alleine gestellt sind und somit die Übungen ohne regelmäßige Kontrolle ausführen müssen oder die Übungen ganz und gar weglassen. [1] Dadurch kann der Rehabilitationsprozess nicht individuell an den Fortschritt angepasst werden und es besteht die Gefahr der Falschausführung und schlussendlich der Verschlimmerung der Verletzung beziehungsweise des Verlusts des bisherigen Fortschrittes. Für ältere Menschen ist dies besonders problematisch, da bei diesen die Muskelmasse und Ausdauer im Vergleich zu jüngeren Menschen schneller abbaut und sie zusätzlich zu den Risikopatienten/Risikopatientinnen der Covid-19 Pandemie zählen. In dieser Arbeit soll ein Weg gefunden werden, um diesem Problem, anhand von zuhause verwendeten

Hilfsmittel, entgegenzuwirken. [2]

Es gibt bereits einige Studien, welche die Vorteile von Telerehabilitation dargestellt und evaluiert haben. Dabei handelt es sich meist um Live-Sitzungen mittels videobasierter Systeme. Die Pandemie hat dazu geführt, dass dieses Thema mehr Aufmerksamkeit erhält. Zusätzlich zu den Vorteilen, die durch die Therapie erzielt werden, bringt die Telerehabilitation auch noch eine größere Flexibilität, Kostenreduktion und verringert das Infektionsrisiko. Aufbauend auf diesen Grundlagen soll ein Tool entwickelt werden, welches die asynchrone Telerehabilitation ermöglicht. Das heißt, dass der/die Physiotherapeut/in und die Patienten/Patientinnen nicht zeitgleich an einer Sitzung teilnehmen müssen. In diesem Bereich gibt es zwar schon eine Vielzahl an Anwendungen und Serious Games, es handelt sich dabei aber meist um Einzellösungen. Deshalb soll mithilfe dieser Arbeit eine prototypische Plattform für Knöchelverletzungen entwickelt werden, in die verschiedene Serious Games integriert werden können. Dadurch können die Vorteile von Serious Games für die Telerehabilitation genutzt werden und die Effizienz wird zusätzlich gesteigert. Eine vergleichbare Plattform existiert aktuell noch nicht und somit können neue Erkenntnisse gewonnen werden. Hervorzuheben ist dabei besonders die Neuheit einer Kombination aus Telerehabilitation und Serious Games, welche ohne Unterstützung eines/einer Physiotherapeuten/Physiotherapeutin oder komplexen Sensorsystemen gesteuert werden können. [2, 3]

1.2 Zielsetzung

Im Rahmen dieser Arbeit wird die Telerehabilitations-Plattform “Serious Rehab” entwickelt, in welche unterschiedliche Serious Games integriert werden können. Dabei wird das bestehende Android-Spiel, welches durch die Bachelorarbeit “Analyse, Design und Entwicklung eines Serious Games zur Unterstützung nach einer Knöchelverletzung” in Zusammenarbeit mit einem Physiotherapeuten entstanden ist, für die Plattform angepasst. Bei dem Spiel gibt es verschiedene Level, in denen der/die Spielende mittels eines am Fuß angebrachten Sensors ein Fluggerät steuern und Gegner ausweichen muss. Für die Integration muss also die Sensorkommunikation angepasst werden, damit das Spiel auch mit einem Smartphone als Sensor funktioniert und es muss portiert werden, damit es auch im Browser gespielt werden kann. Zusätzlich wird im Zuge dieser Arbeit ein weiteres Spiel von Grund auf implementiert. Mithilfe von “Serious Rehab” sollen die Möglichkeiten für die Physiotherapie zuhause verbessert werden. Es wird zunehmend schwieriger vor Ort Termine bei Physiotherapeuten/Physiotherapeutinnen zu erhalten, sei es aufgrund von Gegebenheiten wie der Covid-19 Pandemie, der Verfügbarkeit der Physiotherapeuten/Physiotherapeutinnen oder weil es körperlich nicht möglich ist. Deshalb gewinnt die selbständige Ausführung der Therapieübungen daheim und ohne Aufsicht eine immer größere Rolle. Um bei der Übungsausführung die Patienten/Patientinnen unterstützen zu können, ist es wichtig herauszufinden, welche Informationen die Physiotherapeuten/Physiotherapeutinnen benötigen. Dies soll mithilfe folgender Frage beantwortet werden.

1. Forschungsfrage:

Welche Anforderungen müssen aus Sicht der Physiotherapeuten/Physiotherapeutinnen erfüllt werden, um die Therapie von Knöchelverletzungen aus der Ferne unterstützen zu können?

Dabei ergibt sich die Herausforderung, wie und ob alle relevanten Daten der Patienten/Patientinnen erhoben werden können. Diese müssen daraufhin visualisiert und zugänglich gemacht werden, damit sie von den Physiotherapeuten/Physiotherapeutinnen analysiert und die richtigen Schlüsse, in Bezug auf die Behandlung, gezogen werden können.

2. Forschungsfrage:

Welche aufgezeichneten Daten sind für die Physiotherapeuten/Physiotherapeutinnen von Relevanz?

Weiters muss es eine Möglichkeit geben, Anpassungen anhand der gewonnenen Informationen vornehmen zu können und somit die Schwierigkeit der Übungen an den aktuellen Fortschritt der Rehabilitation anzupassen. Dies soll auch von der Ferne aus möglich sein, damit der/die Patient/in nicht bei jeder Änderung den/die Physiotherapeut/in besuchen muss. Die Interoperabilität wird dabei anhand der Flüssigkeit des Spiels/der Steuerung und ob alle relevanten Daten zwischen dem Spiel und der Plattform übertragen werden können, festgelegt.

3. Forschungsfrage:

Wie kann die Interoperabilität zwischen der Plattform und den Serious Games ermöglicht werden, um den individuellen Fortschritt verfolgen und Anpassungen vornehmen zu können?

Diese Forschungsfragen werden im Rahmen dieser Arbeit in Zusammenarbeit mit mehreren Physiotherapeuten/Physiotherapeutinnen und der prototypischen Entwicklung der Anwendung beantwortet.

1.3 Aufbau der Arbeit

Um die im vorherigen Kapitel genannten Forschungsfragen beantworten zu können, werden eine Reihe methodischer Vorgehensweisen verwendet. Der erste Schritt beinhaltet eine Literaturrecherche, um eine fundierte Grundlage zu dieser Thematik zu erhalten. Anschließend wird im Rahmen des Requirements Engineerings ein Fragebogen erstellt, um mithilfe von Physiotherapeuten/Physiotherapeutinnen die relevanten Anforderungen zu erheben. Die Physiotherapeuten/Physiotherapeutinnen stellen dabei die Zielgruppe dieser Arbeit dar. Anhand der gewonnenen Anforderungen wird ein Konzept zur Umsetzung

der geforderten Funktionalität erstellt. Das darauffolgende Prototyping wird iterativ per User-Centered Design Prozess durchgeführt. Das heißt, nachdem die erste Version der Anwendung fertiggestellt ist, wird sie dem/der Physiotherapeuten/Physiotherapeutin vorgeführt. Daraufhin können Änderungswünsche oder neue Funktionen angemerkt werden, die in der nächsten Iteration implementiert werden. Abschließend erfolgt eine Evaluierung zusammen mit den Physiotherapeuten/Physiotherapeutinnen.

Für die Umsetzung der Plattform wird eine Anwendung entwickelt, die in ein Frontend und ein Backend aufgeteilt wird. Die Anwendung wird dabei nicht für mobile Geräte optimiert und die Serious Games werden direkt auf der Plattform gespielt. Über die Plattform besteht die Möglichkeit unterschiedliche Serious Games einzubinden. Im Rahmen dieser Arbeit wird das entwickelte Spiel aus der Bachelorarbeit “Analyse, Design und Entwicklung eines Serious Games zur Unterstützung nach einer Knöchelverletzung” integriert und ein zusätzliches Serious Game entwickelt und integriert. Die Steuerung der Spiele erfolgt dabei mittels Smartphone, welches vorher mit dem Browser verbunden werden muss. Dadurch wird kein zusätzlicher Sensor benötigt, da heutzutage schon fast jede Person ein Smartphone besitzt. Bei manchen Personen kann es jedoch vorkommen, dass diese kein Smartphone und auch keinen Computer oder ausreichende Kenntnisse darüber besitzen, in diesem Fall gibt es aber meist eine Person im Bekanntenkreis die unterstützen und helfen kann. Somit können auch die meisten nicht technikaffinen Patienten/Patientinnen die Plattform verwenden. In Folge dessen wird die Anwendung zugänglicher und einfacher zu verwenden, ohne zusätzlich einen Sensor kaufen zu müssen. [4]

KAPITEL 2

Grundlagen

Dieses Kapitel dient dazu die theoretischen Grundlagen näher zu erläutern um eine fundierte Basis als Ausgangslage zu erhalten. Dabei wird auf alle, für die Arbeit relevanten, Bereiche eingegangen. Diese reichen vom medizinischen Wissen über die theoretische Vorgehensweise bis hin zu der technischen Umsetzung. Um ein Verständnis für die Physiotherapeuten/Physiotherapeutinnen zu bekommen, ist es wichtig, grundlegendes Wissen zu Knöchelverletzungen, den dazugehörigen Übungen und der Rehabilitation, zu haben. Weiters ist die therapeutische Compliance relevant, da es ein bedeutender Teil dieser Arbeit ist, diese zu unterstützen und die Non-Compliance zu verhindern. Für die Umsetzung des Prototypen relevant sind Themen wie Serious Games und die dazugehörige Gamification, Requirements Engineering und ein Grundverständnis für die Telerehabilitation.

2.1 Therapeutische Compliance

Im Bezug auf die Folgebereitschaft von Patienten/Patientinnen werden immer wieder die Begriffe Compliance und Adhärenz genannt. Da diese Begriffe grundlegend das Gleiche behandeln und sich nur minimal unterscheiden, werden sie im Zuge dieser Arbeit analog behandelt und es wird nicht dazwischen differenziert. Im weiteren wird nur Compliance verwendet. Die Compliance spielt für den Erfolg einer Behandlung eine sehr große Rolle, deshalb ist es wichtig zu verstehen, wie sie beeinflusst und verbessert werden kann. Definiert wird die Compliance durch die WHO folgendermaßen: „*the extent to which a person’s behaviour – taking medication, following a diet, and/or executing lifestyle changes, corresponds with agreed recommendations from a health care provider*“. [5]

Wie bereits erwähnt spielt die Eigenverantwortung und das Einhalten der ärztlichen Vorgaben eine maßgebliche Rolle über den Ausgang der Behandlung. Dabei stellt sich die Frage, warum es zu so einem Verhalten der Patienten/Patientinnen kommt und wie dieses

vermieden werden kann. Es gibt einige Gründe für die therapeutische Non-Compliance, welche im folgenden näher erläutert werden. Zuallererst werden jedoch einige Beispiele genannt, um besser verstehen zu können, wie sich Non-Compliance von Patienten/Patientinnen widerspiegeln kann. Im Bezug auf die Medikamentenverschreibung würde zum Beispiel das nicht Abholen des Medikaments, die falsch dosierte Einnahme oder die Einnahme zu einem falschen Zeitpunkt zu der Non-Compliance zählen. Dies lässt sich auch auf die aufgetragenen Übungen bei einer Physiotherapie übertragen. Werden die Übungen falsch ausgeführt oder die vorgegebene Anzahl an Wiederholungen wird nicht eingehalten, dann wird auch von einer Non-Compliance des/der Patienten/Patientin gesprochen. Allgemein lässt sich sagen, dass das Nichteinhalten der ärztlichen Anordnungen der Non-Compliance entspricht. [6, 7]

Es gibt einige Faktoren, die zu einem Non-Compliance-Verhalten führen können. Diese lassen sich dabei in folgende Kategorien einteilen: patienten-/patientinnenbezogen, erkrankungsbezogen, therapiebezogen, versorgungs- und systembezogen und bezogen auf soziales und Ökonomie. Bei den Faktoren bezogen auf Patienten/Patientinnen spielen psychologische Kriterien wie beispielsweise die Nicht-Akzeptanz einer Krankheit oder die fehlerhafte Wahrnehmung der Risiken eine Rolle. Aber auch das Alter oder die Herkunft können die Compliance beeinflussen. Zahlreiche Studien zeigen zum Beispiel, dass die Compliance mit dem Alter zusammenhängt und dass ältere Menschen sich mehr an die Vorgaben halten. Zu krankheitsbezogene Faktoren gehört unter anderen das Ausbleiben beziehungsweise Schwanken der Symptome (zum Beispiel bei Asthma). Hat ein/eine Patient/Patientin keine oder wenige Symptome, dann tendiert er/sie eher dazu die Vorgaben nicht einzuhalten. Therapiebezogene Faktoren sind Kriterien wie die Behandlungskomplexität, Dauer der Behandlung, Nebenwirkungen und Geschmack von Medikamenten und der Behandlungsaufwand. Versorgungs- und systembezogene Faktoren sind die Verfügbarkeit und Zugänglichkeit zu der Behandlung. Haben Patienten/Patientinnen lange Wartezeiten, schweren Zugriff auf eine Behandlung oder eine Medikamentenverschreibung, dann führt das zu einer schlechten Compliance. Ähnlich ist es bei den sozialen und ökonomischen Faktoren. Hierbei spielen die Kosten, die soziale Unterstützung und die Notwendigkeit sich von der Arbeit frei nehmen zu müssen, eine Rolle. [8]

Welche Folgen die Non-Compliance für einen/eine Patienten/Patientin hat und wie dagegen vorgegangen werden kann wird im folgenden erläutert. Werden Vorgaben von einem ärztlichen Personal, vorausgesetzt es handelt sich um die richtige Maßnahme, nicht eingehalten, dann führt dies dazu, dass die Behandlung keinen oder kaum Effekt zeigt. Dies kann soweit gehen, dass bereits gewonnener Fortschritt wieder verloren geht und sich infolgedessen die Krankheit oder Verletzung wieder verschlimmert. Zusätzlich können auch Neben- oder Wechselwirkungen auftreten und im schlimmsten Fall sogar Folgeerkrankungen. Außerdem treten durch das nicht Einhalten von Behandlungsvorgaben nicht nur für den/die Patienten/Patientin negative Folgen auf, sondern auch für den Staat. Die verringerte Effektivität der Behandlungen führt zu einer erhöhten Morbidität und in folge

dessen zu einer Erhöhung der Gesundheitskosten. [6, 9]

Die Kommunikation zwischen Arzt/Ärztin beziehungsweise Therapeut/in und Patient/in ist die Grundlage für Compliance des/der Patienten/Patientin. Deshalb gibt es auch Kommunikationstrainings für Ärzte/Ärztinnen und Therapeuten/Therapeutinnen. Es gibt jedoch noch zusätzliche Maßnahmen um die Compliance zu verbessern, diese lassen sich folgendermaßen einteilen: allgemeine Prinzipien, kognitive Maßnahmen, verhaltensorientierte Maßnahmen und kognitiv-verhaltensorientierte Maßnahmen. Zu den allgemeinen Prinzipien gehört das Vereinfachen der Anweisungen und Übungen, Einbinden der Übungen in den Alltag, abwechslungsreiche Gestaltung, Erinnerungen an den/die Patient/in (z.B. per Telefon), soziale Unterstützung (z.B. durch Ehepartner/in), positives Feedback und Überwachung der Fortschritte. Das Identifizieren und Ausschalten von Barrieren ist ein wichtiger Bestandteil der kognitiven Maßnahmen. Weiters soll über die Gefahren der Non-Compliance aufgeklärt werden, die Selbstwirksamkeitswahrnehmung gefördert werden, den Glaube an den Therapieeffekt fördern und die Risikoeinschätzung und Erfolgserwartungen sollen angemessen sein. Verhaltensorientierte Maßnahmen sind beispielsweise die Erstellung von Handlungs- und Aktionsplänen, die Dokumentation der Übungen und des Erfolges oder die Förderung des Wissens über die Krankheit. Als besonders Effekt herausgestellt hat sich eine Kombination der Maßnahmen, die sogenannten Kognitiv-verhaltensorientierten Maßnahmen. Besonders wichtig hierbei ist die Kommunikation zwischen Therapeut/in und Patient/in. [8, 10]

2.2 Knöchelverletzungen

In diesem Kapitel wird näher auf Knöchelverletzungen, genauer gesagt auf Malleolenfrakturen, also dem Knochenbruch des oberen Sprunggelenkes, eingegangen. Da bei Abrollbewegungen oftmals eine sehr hohe Belastung auf dem oberen Sprunggelenk lastet, ist die Fraktur davon eine der häufigsten Verletzungen in Europa. Diese treten oftmals beim Sport auf, ausgelöst durch ausrutschen, stolpern oder umknicken. Um diese Verletzungen besser verstehen zu können, wird auf die Anatomie, unterschiedlichen Klassifikationen der Verletzungen, die Behandlungsarten und die damit einhergehenden Übungen eingegangen. [11]

2.2.1 Anatomie

Das Sprunggelenk besteht aus dem unteren Sprunggelenk und dem oberen Sprunggelenk, Malleolenfrakturen betreffen jedoch nur das obere. Das obere Sprunggelenk ist ein Scharniergelenk, wobei die Malleolengabel die konkave Gelenkfläche darstellt und der Talus (Sprungbein) die konvexe. Die Malleolengabel wird von den beiden Enden der Unterschenkelknochen, der Tibia und Fibula gebildet und mittels den tibiofibularen Bändern (tibiofibular ligaments) fest verbunden. Dabei wird das Ende der Tibia Malleolus medialis (Innenknöchel) genannt und das Ende der Fibula Malleolus lateralis (Außenknöchel). In der Abbildung 2.1 wird die Anatomie eines Knöchels beziehungsweise des Sprunggelenks

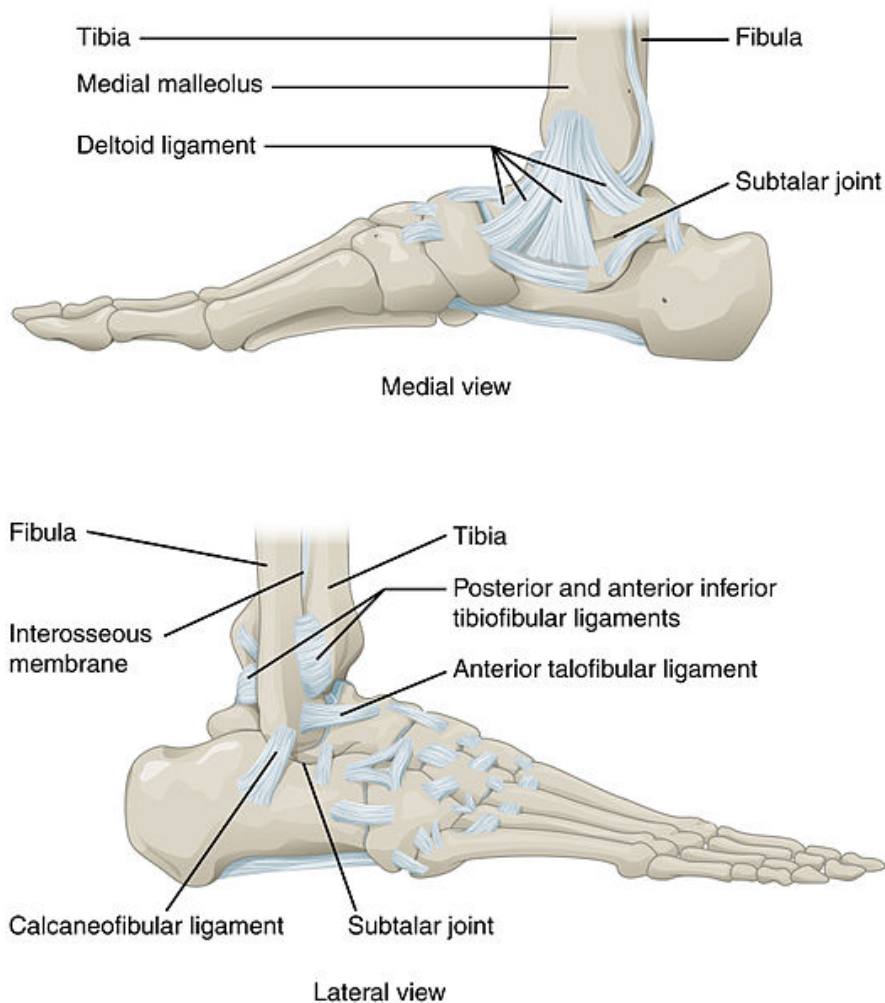


Abbildung 2.1: Anatomie des Knöchels [12]

in der Außen- und Innenansicht dargestellt, um sich den Aufbau besser vorstellen zu können. [13, 14]

2.2.2 Klassifikation

Für die Einteilung von Malleolenfrakturen existieren unterschiedliche Klassifikationen, wovon die Lauge-Hansen-Klassifikation und die Klassifikation nach Danis und Weber beziehungsweise die AO-Klassifikation die Bekanntesten sind. Die Lauge-Hansen Klassifikation wurde bereits 1948 publiziert und stammt somit aus einer Zeit der konservativen Behandlung. Die Frakturen wurden dabei in vier Hauptgruppen unterteilt welche wiederum Untergruppen besitzen, die die verschiedenen Stadien der Verletzung darstellen. Bei dieser Unterteilung werden die biomechanischen Aspekte, wie die Fraktur entstanden ist, berücksichtigt. Das heißt sie setzt sich aus der Stellung des Fußes und der Richtung der



Abbildung 2.2: Fußstellungen der Lauge-Hansen Klassifikation [15]

Kraft auf den Talus, zum Verletzungszeitpunkt, zusammen. Die Frakturen werden dabei in folgende Gruppen unterteilt: Supination-Adduktion, Supination-Eversion, Pronation-Eversion und Pronation-Abduktion. In der Abbildung 2.2 sind die unterschiedlichen Fußstellungen der vier Hauptgruppen dargestellt, wobei Außenrotation für Eversion steht. [15, 16]

Die Danis und Weber Klassifikation findet im klinischen Alltag aufgrund ihrer Einfachheit am meisten Verwendung. Dabei wird zwischen drei unterschiedlichen Typen unterschieden: Typ A, Typ B und Typ C. Die Einteilung erfolgt anhand der Frakturhöhe der Fibula bezogen auf die Syndesmose (in der Abbildung 2.1 als *Interosseous membrane* bezeichnet). Diese Unterteilung liefert jedoch keine sichere Informationen über die Stabilität der Verletzung. Aufgrund dessen verwendet die komplexere AO-Klassifikation die Gruppierung von Danis und Weber als Grundlage und erweitert diese mit Untergruppen (A1.1 bis C3.3). Somit lassen sich auch Rückschlüsse auf die Stabilität des Frakturtypen ziehen. [17]

2.2.3 Behandlung

Bei der Behandlung von Knöchelverletzungen wird zwischen zwei unterschiedlichen Ansatzweisen unterschieden, der konservativen Therapie und der operativen Therapie. Für die konservative Therapie ist es wichtig, dass die Innenknöchel- und Außenknöchelfrakturen stabil und nicht disloziert (verschoben oder verdreht) sind. Darunter fallen alle Verletzungen die als Weber Typ A klassifiziert wurden. Die Syndesmose spielt für die Gelenkstabilität eine entscheidende Rolle. Ist diese noch intakt, besteht für Weber Typ B

Verletzungen ebenfalls die Möglichkeit einer konservativen Behandlung. Die Behandlung erfolgt entweder mittels Gipsverband (Gehgips) oder mittels Schienen. Ziel ist die Ruhigstellung des Fußes beziehungsweise des Knöchels um eine Supination zu verhindern. [11, 18]

Die operative Therapie ist die häufigste Behandlungsform und wird bei folgenden Verletzungen angewandt: dislozierten Frakturen, instabilen Frakturen, Tibiagelenkflächenimpressionen und bei Verletzungen der Syndesmose. Für die endgültige Entscheidung, ob eine operative Therapie anzuwenden ist, müssen die Vorerkrankungen des/der Patienten/Patientin berücksichtigt werden. Krankheiten wie beispielsweise Osteoporose oder Diabetes können die Nachbehandlung erheblich erschweren. Die genaue Vorgehensweise bei der Operation ist abhängig von der Beschaffenheit der Verletzung. Oftmals werden sogar Zugschrauben, Stellschrauben oder Drähte benötigt, welche während der Operation eingesetzt werden und eine gewisse Zeit nach dem Eingriff wieder entfernt werden. [19]

Unabhängig von der gewählten Behandlungsart ist die Nachbehandlung essentiell für den Therapieerfolg. Neben den Röntgen- und Gipskontrollen sollte zusätzlich möglichst früh mit einer funktionellen Therapie begonnen werden. Dies beinhaltet die Ruhigstellung und Teilbelastung (bis maximal 20kg) des Beines bis die Wundheilung einsetzt beziehungsweise bis die Hautfäden entfernt werden. Anschließend erfolgt schrittweise eine Belastungssteigerung und intensive Physiotherapie. Umso früher eine Vollbelastung erreicht werden kann, umso besser ist es, da dies die Abheilung und das funktionelle Ergebnis verbessern kann. [11, 18]

2.2.4 Übungen

Das Ausführen von Übungen ist ein essenzieller Teil der Physiotherapie. Ziel dabei ist es Kraft aufzubauen um den Knöchel zu stärken und die Balance wiederzugewinnen. Dabei gibt es verschiedene Arten von Übungen, um alle Muskeln des Knöchels, den Bewegungsradius oder die Balance zu trainieren. Um den Bewegungsradius zurückzuerlangen, ist es notwendig, die Achillessehne zu dehnen. In der Abbildung 2.3 sind zwei mögliche Varianten zur Dehnung dargestellt. Bei der mit A gekennzeichneten Variante handelt es sich um eine Dehnübung bei der das Körpergewicht mit einbezogen wird. Die Variante B wird ohne Gewicht ausgeführt, hierbei wird die Dehnung mithilfe eines Handtuches oder Stretchbandes erzielt. Somit ist sie im früheren Verlauf der Verletzung geeignet. Für den Kraftaufbau rundum den Knöchel sind folgende vier verschiedene Bewegungsarten wichtig: Dorsalextension (siehe Abbildung 2.4), Plantarflexion (siehe Abbildung 2.5), die Eversion und die Inversion. Die Eversion wurden bereits im Kapitel 2.2.3 beschrieben und bei der Inversion handelt es sich um das Gegenstück (Innenrotation). Für diese Bewegungsarten gibt es viele unterschiedliche Arten, wie sie ausgeführt werden können. Sie können beispielsweise im Liegen, stehen oder sitzen und entweder mit oder ohne Gewicht ausgeführt werden. Beispiele für konkrete Übungen sind Calf Raises, Fersengehen oder Zehengehen. Bei den Balanceübungen gibt es ebenso viele verschiedene Variationen. Diese können auf verschiedenen Untergründen (z.B. Balance-Board), mit offenen oder geschlossenen Augen und mit oder ohne aktiven Bewegungen ausgeführt werden. Wichtig

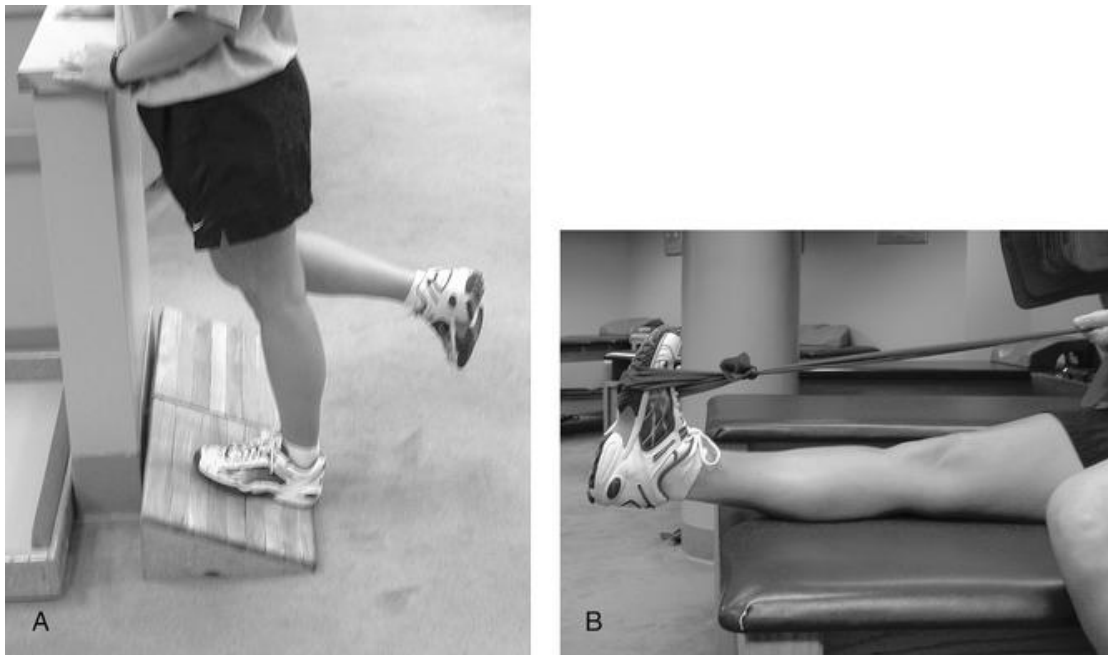


Abbildung 2.3: Übung - Bewegungsradius [20]

bei allen genannten Übungen ist, dass sie ohne Schmerzen ausgeführt werden sollten, ansonsten muss die Übung weggelassen werden, oder eine leichtere Variante gewählt werden. [20, 21]

2.3 Serious Games

Ein wichtiger Begriff und grundlegender Baustein dieser Arbeit sind Serious Games. Dabei handelt es sich, wie der Name schon sagt, um Spiele bei denen ein ernsthafter Nutzen im Vordergrund steht. Mithilfe des Unterhaltungsfaktors eines Spieles soll die Motivation der Anwender/Anwenderinnen erhöht werden. Um dies noch eindeutiger festzulegen wurde folgende Definition übernommen:

A serious game is a digital game created with the intention to entertain and to achieve at least one additional goal (e.g., learning or health). These additional goals are named characterizing goals. [23]

Heutzutage gibt es viele unterschiedliche Definitionen für Serious Games. Beispielsweise gibt es andere Spezifizierungen, bei denen die Spiele nicht nach der Intention der Entwickler/innen, sondern nach der Intention der Spieler/innen charakterisiert werden. Die Kernaussage, dass das Spiel neben dem Unterhaltungsfaktor auch einen Nutzen bringt, bleibt jedoch erhalten. [23]

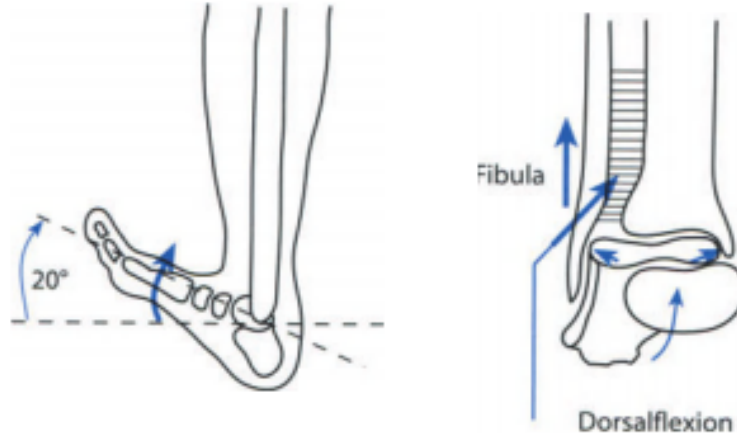


Abbildung 2.4: Dorsalextension [22]

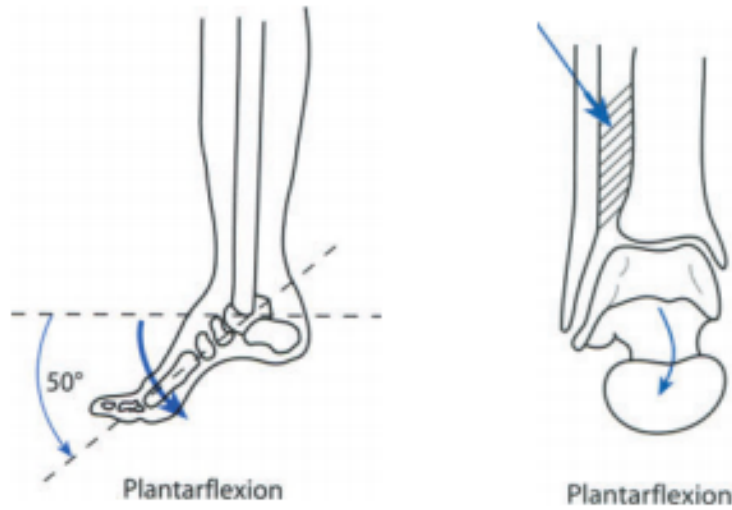


Abbildung 2.5: Plantarflexion [22]



Abbildung 2.6: Serious Game - Beispiel [26]

Um die Unterschiede von einem Serious Game zu einem normalen Spiel noch einmal zu verdeutlichen, wurde die Tabelle 2.1 angelegt. Bei normalen Spielen steht die Unterhaltung an oberster Stelle und somit ist das Spielerlebnis für die Spielenden am wichtigsten. Serious Games im Gegenzug sollen den Spielern/Spielerinnen helfen und das Problemlösen steht im Vordergrund. Eine weitere Differenz ergibt sich bei der Schlüsselfrage die der/die Spieler/in mit ja beantworten soll. Ein normales Spiel muss Spaß machen, Serious Games sollen in erster Linie helfen und in zweiter Linie Spaß machen. Ähnlich verhält es sich auch beim Antrieb warum das Spiel gespielt werden sollte und bei dem Fokus der bei der Entwicklung gesetzt wird. Bei der Spielsteuerung gibt es ebenfalls einen Unterschied. Serious Games spiegeln eine natürliche, nicht perfekte Kommunikation wieder und Unterhaltungsspiele bilden eine perfekte Kommunikation ab. Dabei ist mit perfekter Kommunikation gemeint, dass es keine Verzögerungen und Fehleinschätzungen gibt. Dies kann bei Serious Games jedoch gewünscht sein, oder kommt vor, da sehr oft Sensoren eingesetzt werden. In der Abbildung 2.6 ist ein Beispiel für ein Serious Game zu sehen. Das Spiel ist für an Asthma erkrankte Menschen gedacht und Ziel ist es ein Fahrzeug mit dem eigenen Atem um somit die Atmung zu trainieren. Die Steuerung erfolgt dabei mittels Sensors, welcher mit Bluetooth mit dem Computer verbunden wird. [24, 25]

Serious Games können in vielen Bereichen Anwendung finden, wie im späteren Kapitel 2.3.2 noch genauer erläutert wird. Dadurch gibt es auch viele verschiedene Fähigkeiten, die durch die Spiele verbessert werden können. Beispielsweise gibt es eine positive Korrelation zwischen der Erfahrung mit Computerspielen und der Performance bei Endoskopien von Medizinstudenten/Medizinstudentinnen. Ähnliches wurde bei Architekturstudenten/Architekturstudentinnen beobachtet, bei denen die Fähigkeit der räumlichen Modellierung und Formgebung gestärkt wurde. Serious Games können aber auch für alltägliche Aktivitäten eingesetzt werden, wie um die physische Fitness zu stärken (z.B.: Spiel kombiniert mit Hometrainer) oder das Gedächtnis zu trainieren. Aber auch bei der Physiotherapie können Serious Games verwendet werden, um dafür zu sorgen, dass die Übungen

	Unterhaltungsspiel	Serious Game
Zweck	Unterhaltung	Änderung von Wissen/-Gesundheit/...
Aufgabe vs. Spielerlebnis	Spielerlebnis ist wichtig	Problemlösen im Vordergrund
Schlüsselfrage	macht es Spaß?	hilft es mir?
Antrieb	Spaß/Belohnungen	Änderung bewirken (siehe Zweck)
Entwicklungs-Fokus	Spielspaß	wichtigen Elemente für den Zweck
Kommunikation	perfekte Kommunikation	natürliche (nicht perfekt) Kommunikation

Tabelle 2.1: Gegenüberstellung von Unterhaltungsspielen und Serious Games [24, 25]

regelmäßig ausgeführt werden. [25]

2.3.1 Gamification

Ein wichtiger Bestandteil der eng mit Serious Games verbunden ist und auch nicht fehlen darf bei den Spielen, ist die Gamification. Das Ziel der Gamification ist es, anhand von spielerischen Ansätzen die Motivation von den Anwendern/Anwenderinnen zu erhöhen. Dadurch sollen Personen dazu gebracht werden bestimmte Aufgaben wie zum Beispiel Rehabilitationsübungen, welche möglicherweise ungerne oder nicht erledigt werden, öfter auszuführen. Elemente die als Gamification angesehen werden können sind beispielsweise Punktelisten, Ranglisten, Auszeichnungen, unterschiedliche Level die freigeschaltet werden können oder auch Belohnungen. Dadurch werden die Grundbedürfnisse des Menschen wie der Ehrgeiz oder der Wunsch nach Erfolg und Belohnungen geweckt. Deshalb lässt sich Gamification bei den Ansätzen zur Verhaltensbeeinflussung einordnen. Bei den ausgelösten Antrieben durch Gamifizierungselemente lässt sich zwischen der intrinsischen (inneren) und der extrinsischen (äußeren) Motivation unterscheiden. Zu der inneren Motivation zählen beispielsweise Bedürfnisse wie der Wunsch nach sozialem Austausch, Herausforderungen zu meistern oder das Streben nach Perfektion. Zu der Motivation durch äußere Anreize zählen zum Beispiel Belohnungen, Bekanntheit oder das Erhalten von Privilegien. [27, 28]

Die unterschiedlichen Gamification Elemente lassen sich in fünf Kategorien einteilen. Die erste Kategorie ist *Leistung/Messung* und bezieht sich auf das Feedback durch die Reaktion der Umgebung. Dazu zählen folgende Elemente: Anerkennung (z.B.: Medaillen, Errungenschaften oder Trophäen), Level (z.B.: Charakter-Level, Fähigkeiten-Level), Fortschritt (z.B.: Fortschrittsbalken, Karten), Punkte (z.B.: Erfahrungspunkte, Highscore) und Statistiken. Die nächste Kategorie ist die *Ökologie* und bezieht sich auf die Umgebung in der die Gamification-Elemente implementiert sind. Das Fehlen dieser Elemente lässt die Umgebung langweilig erscheinen. Dazu zählen der Zufall (z.B.: Glück, Wahrscheinlichkeit),

Wahlmöglichkeiten für den/die Spieler/in, Zeitdruck (z.B.: Countdowns), Seltenheit (z.B.: limitierte Items) und eine Wirtschaft (z.B.: Markt). Einige weitere wichtige Elemente werden in der Kategorie *Sozial* zusammengefasst. Beinhaltet sind darin Elemente für den Wettbewerb (z.B.: Ranglisten, Spieler vs. Spieler), die Zusammenarbeit (z.B.: Teamwork), das Ansehen (z.B.: Titel) und den Sozialen Druck. Die vorletzte Kategorie fasst alle *Persönlichen* Elemente zusammen. Wichtig sind dabei die Neuheit (z.B.: Veränderungen, Überraschungen), Ziele (z.B.: Missionen, Meilensteine), Puzzles (z.B.: Herausforderungen, kognitive Aufgaben), Wiederholbarkeit (z.B.: Extra-Leben, zweite Chance) und Sensation (z.B.: visuelle oder akustische Stimulation). Zuletzt wird die Kategorie *Fiktiv* behandelt. Dazu gehört die Narrative (z.B.: Karmasystem, implizite Entscheidungen) und das Storytelling (z.B.: Audio-Schleifen, Textgeschichten). [29, 30]

2.3.2 Klassifikation

Serious Games finden in vielen verschiedenen Bereichen Verwendung und dafür gibt es ebenso einige verschiedene Modelle, anhand derer die Spiele klassifiziert werden. Im folgenden wird näher auf das G/P/S Modell (siehe Abbildung 2.7) eingegangen. Das Modell basiert dabei auf den drei Aspekten Spielablauf (**G**ameplay), Zweck (**P**urpose) und Einsatzbereich (**S**cope). Dabei lässt sich der Spielablauf aus einer Kombination der fünf Komponenten: Regeln, Eingabemethoden, raumbezogener Aufbau, zeitbezogener Aufbau und dramaturgischer Aufbau definieren. Ein Serious Game kann für einen, mehrere oder keinen folgender Zwecke entwickelt worden sein: Botschaftsübermittlung, Training oder Datenaustausch. Bei der Botschaftsübermittlung kann es sich um Botschaften von unterschiedlichsten Typen handeln wie zum Beispiel um lehrreiche (Edugames), informative (Newsgames) oder auch subjektive (Militärspiele, Kunstspiele). Beim Training als Zweck dient das Spiel dazu die kognitive Leistung oder die motorischen Fähigkeiten zu verbessern. Typische Beispiele dafür sind Exergames, also Spiele die das Gehirn oder die Fitness trainieren sollen. Beim letzten der drei Aspekte, dem Einsatzbereich, zählen folgende Punkte dazu: Staat und Regierung, Militär und Verteidigung, Gesundheitswesen, Bildung, Unternehmen, Religion, Kultur und Kunst, Ökologie, Politik, Humanitär, Werbung und wissenschaftliche Forschung. Zusätzlich lässt sich der Einsatzbereich auch noch nach Alter oder in Allgemeinheit, Fachleuten (Arbeitnehmer aus dem Zielmarkt) und Studenten/Studentinnen einteilen. Beim Gesundheitsbereich als Beispiel genommen beziehen sich die Fachleute auf die Mediziner, die Allgemeinheit auf deren Patienten und Studenten auf Medizinstudenten. [31, 32]

2.4 Requirements Engineering

In diesem Abschnitt wird auf den Prozess des Requirements Engineering näher eingegangen. Dieser Prozess kann aus mehreren Schritten und verschiedenen Methodiken bestehen und ist essenziell um die Anforderungen erheben, dokumentieren und evaluieren zu können. Mit den erhobenen Anforderungen können Widersprüche erkannt, Kosten eingespart und Prognosen erstellt werden. Zudem gibt es klare Vorgaben für die Randbedingungen



Abbildung 2.7: Klassifikation von Serious Games [33]

und Funktionswünsche an die Implementierung. Das Requirements Engineering ist mit dem Erheben der initialen Anforderungen jedoch noch nicht beendet. In einem iterativen Prozess müssen sie immer wieder erweitert und verfeinert werden (siehe Abbildung 2.8). [34]

2.4.1 User Centered Design

Bei dem User Centered Design geht es darum Benutzer/innen bei jedem Schritt, des Design- und Entwicklungsprozesses eines Projektes zu involvieren. Somit soll sichergestellt werden, dass die Anwender/innen das Produkt verstehen und richtig verwenden können. Zusätzlich kann viel Zeit und Geld eingespart werden, indem kritische Fehler bereits frühzeitig erkannt werden. Das heißt jedoch nicht, dass die Benutzer/innen die Kontrolle über die Entscheidungen tragen. Deren Feedback sollte genutzt werden um Verbesserungen und Anpassungen vorzunehmen. Um User Centered Design effektiv und richtig zu betreiben, gibt es zehn Prinzipien die befolgt werden sollen. Die Benutzer/innen müssen

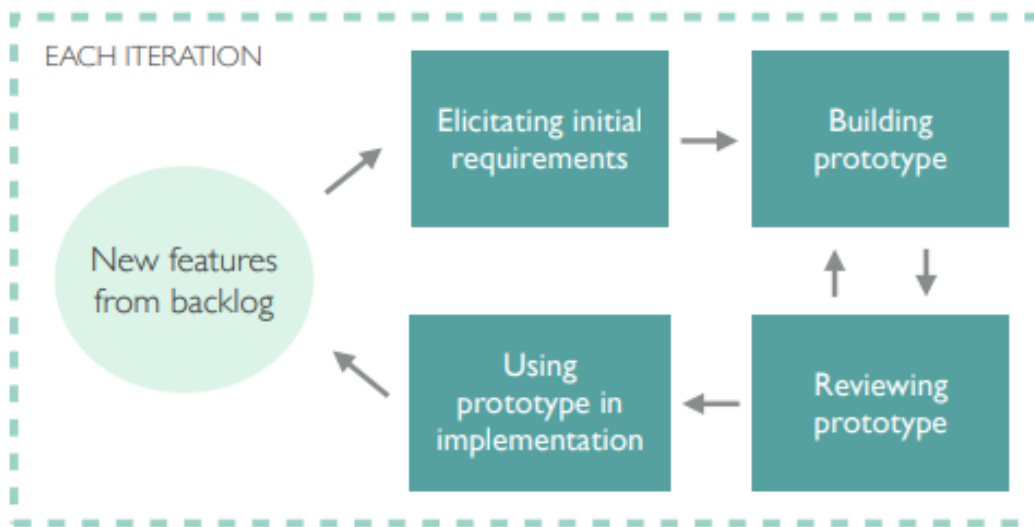


Abbildung 2.8: Requirements Engineering Iteration [35]

früh und oft eingebunden werden und die Kommunikation mit ihnen muss höflich ablaufen. Weiters muss das Design einfach gehalten werden und es soll dem Nutzen des Produktes entsprechend entworfen werden. Außerdem müssen die Benutzer/innen bekannt sein und ihnen soll ein gewisser Grad an Kontrolle gegeben werden. Wichtig ist es auch, dass die Emotionen der Benutzer/innen berücksichtigt werden und dass ihnen vertraut wird, aber das Feedback trotzdem überprüft wird. Das letzte Prinzip ist, dass immer weiter entdeckt, entworfen und geliefert werden muss, da der Prozess nie endet und sich das Produkt während der verschiedenen Phasen immer weiter entwickelt. Während eines User Centered Design Prozesses gibt es viele unterschiedliche Techniken, welche angewandt werden. Welche Technik sich am besten eignet hängt immer von dem zu erstellenden Produkt ab. Im folgenden werden die im Rahmen dieser Arbeit angewandten Methoden näher erläutert. [36, 37]

2.4.2 Qualitative Befragungstechniken

Im Bereich der qualitativen Befragungstechniken gibt es einige verschiedene Einteilungen der unterschiedlichen Methoden, wobei die grundlegende Struktur immer relativ ähnlich ist. Die Einteilung nach Berg erfolgt beispielsweise in Interviews, Feldforschung, nonreaktive Verfahren und Inhaltsanalyse. Für diese Arbeit relevant ist jedoch nur der Bereich Interviews, also die qualitative Befragung. [38]

Durch die Befragungstechniken werden die subjektiven Ansichten des/der Befragten ermittelt. Dabei kann es sich zum Beispiel um vergangene Ereignisse, Zukunftspläne, Meinungen, gesundheitliche Beschwerden oder Erfahrungen in der Arbeitswelt handeln.

Das besondere an der qualitativen Befragung im Vergleich zu der quantitativen Befragung ist, dass der Gesprächsverlauf mehr von dem/der Interviewten abhängt und gesteuert wird und nicht von dem/der Interviewer/Interviewerin. Je nach dem ob das Interview offen oder halbstandardisiert geführt wird, wird teilweise nur das Rahmenthema vorgegeben und der/die Befragte kann dann möglichst ohne Einschränkung sprechen. Diese Interviews werden meist auch mündlich durchgeführt, da die Befragten dadurch offener und spontaner Antworten können als bei schriftlichen Interviews. Da bei offene Befragungen das typische Frage-Antwort-Muster nicht vorhanden ist, werden diese oft auch als Forschungs- und Feldgespräch bezeichnet. Unabhängig davon, welche Interviewtechnik gewählt wird, läuft eine qualitative Befragung immer in folgenden Schritten ab [38, 39]:

1. **Inhaltliche Vorbereitung:** Hierbei ist es wichtig, dass das Befragungsthema, die Befragungstechnik und die zu befragende Person festgelegt wird und dass die Interviewfragen ausformuliert sind.
2. **Organisatorische Vorbereitung:** Bevor ein Interview durchgeführt werden kann, muss mit der zu interviewenden Person Kontakt aufgenommen, Zeit und Ort festgelegt und über das Projekt informiert werden. Zusätzlich müssen auch die Hilfsmittel, wie zum Beispiel ein Audiorekorder oder Speichermedien, vorbereitet werden.
3. **Gesprächsbeginn:** Zu Beginn des Interviews sollte mit einer gegenseitigen Vorstellung und Smalltalk begonnen werden, um die Atmosphäre ein wenig aufzulockern. Weiters sollte der/die Befragte darauf aufmerksam gemacht werden und auch damit einverstanden sein, dass das Gespräch aufgezeichnet wird.
4. **Durchführung und Aufzeichnung des Interviews:** Während des Gesprächs ist es die Aufgabe der interviewenden Person den Ablauf zu überwachen und zu steuern. Gegebenenfalls müssen weiterführende Fragen gestellt werden, oder es muss dafür gesorgt werden, dass der/die Interviewte nicht zu weit vom Thema abschweift.
5. **Gesprächsende:** Sobald die Audioaufzeichnung gestoppt wird, ist das offizielle Interview beendet. Danach erfolgt meist noch ein informelles Gespräch, wobei der/die Interviewer genau zuhören sollte, da der/die Gesprächspartner/Gesprächspartnerin oft noch sehr wichtige Informationen liefern, wenn das Gespräch nicht mehr aufgezeichnet wird.
6. **Verabschiedung:** Besteht der Wunsch des/der Gesprächsteilnehmers/Gesprächsteilnehmerin weitere Informationen über das Projekt zu erhalten, kann eine Visitenkarte oder Informationsmaterial hinterlassen werden. Weiters sollte auch angeboten werden, dass nach Beendigung des Projekts, das Ergebnis mitgeteilt wird.
7. **Gesprächsnotizen:** Unmittelbar nach dem Gespräch sollten Notizen zu der Gesprächssituation, dem/der Interviewpartner/Interviewpartnerin, der räumlichen

Umgebung, der Gesprächsatmosphäre und auch Unterbrechungen gemacht werden. Diese Informationen können bei möglichen späteren Validitätsbeurteilungen helfen.

Experteninterview

Da es viele verschiedene Varianten der qualitativen Befragung gibt, ist es wichtig jene auszuwählen, welche sich am besten eignen. Dies hängt meist von der befragten Person (z.B.: Experteninterview, Gruppeninterview), dem Thema (z.B.: biografisches Interview) und der Technik des Fragens (z.B.: narratives Interview) ab. Da im Rahmen dieser Arbeit Interviews mit Physiotherapeuten/Physiotherapeutinnen durchgeführt werden und diese detailliertes und spezialisiertes Wissen in ihrem Fachgebiet aufweisen, handelt es sich um Experteninterviews. Neben den im vorherigen Kapitel genannten Schritten, gibt es beim Experteninterview gewisse Vorgehensweisen die besonders wichtig sind beziehungsweise zusätzlich zu beachten sind. Wichtig ist es, eine Literaturrecherche zu betreiben um eine fundierte Grundlage zu schaffen. Mithilfe dieses Wissens ist es im nächsten Schritt von Bedeutung, dass alle relevanten Experten identifiziert werden. Für die Durchführung des Interviews ist es meist nützlich und empfohlen, wenn dieses leitfadengestützt ist mithilfe eines Fragebogens. Das Interview soll dennoch so gestaltet werden, sodass genügend Flexibilität gegeben ist. Bevor das eigentliche Interview gestartet wird, sollte der/die Interviewer/in sich und das Forschungsprojekt noch einmal vorstellen. Zusätzlich sollten die Auswertungsschritte des Interviews transparent dargestellt werden und das Einverständnis zum Aufzeichnen des Gesprächs eingeholt werden. [40, 41]

2.4.3 Prototyping

Prototyping dient dazu einen schnellen Entwurf zu erstellen um ihn austesten zu können, welcher gegebenenfalls auch wieder verworfen werden muss. Dabei gibt es viele verschiedene Techniken, Hilfsmittel und Arten um einen Prototypen zu erstellen, welche alle ihre eigenen Vor- und Nachteile haben. Wichtig ist zu wissen, welcher/welche der folgenden Prototyp-Arten am besten für das Projekt passt/passen [42]:

- **Zeichnungen:** Hier werden einfache grobe Zeichnungen erstellt um Ideen zu sammeln.
- **Low-Fidelity Prototyp:** Diese Arten von Prototypen sind fortgeschrittener als Zeichnungen, beschäftigen sich aber noch nicht mit Details wie beispielweise Farben oder Schriftarten. Somit wird beim Testen noch das Hauptaugenmerk auf das große Ganze gelegt.
- **Wireframe:** Die Komplexität des Prototypen ist hier mittelmäßig. Bei diesem Typ spielen die Anordnungen und die Abstände der unterschiedlichen Elemente eine wichtige Rolle.
- **High-Fidelity Prototyp:** Dieser Prototyp ist am weitesten Fortgeschritten und vom aussehen möglichst nahe am Enddesign. Somit kann auch Feedback zu den kleinen Details gesammelt werden.

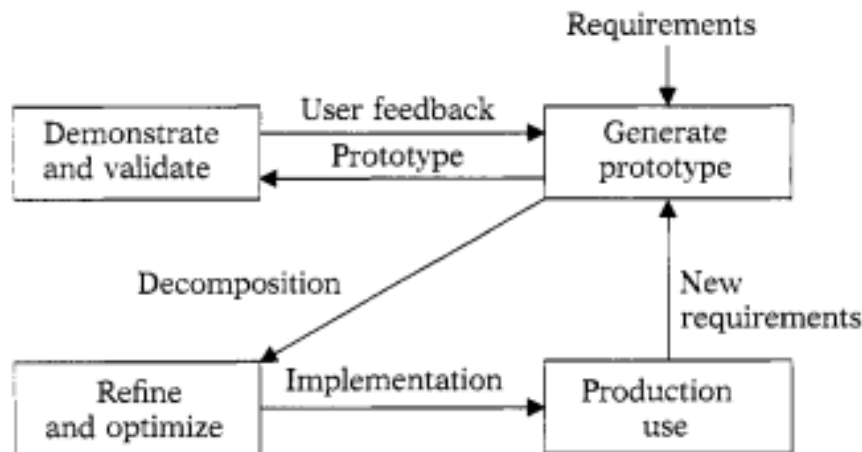


Abbildung 2.9: Prototyping Prozess [44]

Das erstellen eines Prototypen ist ein wichtiger Schritt bei der Entwicklung einer Webanwendung. Im Falle dieser Diplomarbeit wird ein High-Fidelity Prototyp erstellt, welcher viele unterschiedliche Vorteile bringt. Im Vergleich zu einfachen Zeichnungen oder Mockups bietet der Prototyp bessere und mächtigere Möglichkeiten um die Benutzeroberfläche mit echten Benutzern/Benutzerinnen zu testen. Zusätzlich können Zeit und Geld eingespart werden, indem benötigte Änderungen früher erkannt werden. Umso später eine Veränderung umgesetzt werden muss in einem Projekt, umso mehr Geld und Zeit wird dafür benötigt. Weiters ermöglicht es allen mit dem Projekt verbundenen Stakeholdern frühzeitig mit der Anwendung zu interagieren und experimentieren. Ein weiterer wichtiger Vorteil ist, dass mit realen Daten gearbeitet und getestet werden kann. Somit können die Benutzer/Benutzerinnen selber die Daten eingeben und sehen wie die Anwendung darauf reagiert. In der Abbildung 2.9 ist dieser Prozess noch einmal abgebildet. [43]

Neben den verschiedenen Arten von Prototypen gibt es auch noch unterschiedliche Methoden der Prototypenerstellung: explorativ, experimentell und evolutionär. Das Ziel der evolutionären Prototypenentwicklung, welche im Rahmen dieser Arbeit verwendet und mit dem User Centered Design Prinzip kombiniert wird, ist es den Prototypen in einem iterativen Prozess zu entwickeln. Das heißt zu Anfang wird die Implementierung mit den Basisanforderungen begonnen und in darauffolgenden kleinen Schritten (= Iterationen) werden weitere Anforderungen umgesetzt. Zwischen den Iterationen erfolgt eine Evaluation um gegebenenfalls Anpassungen vornehmen zu können. Da der Prototyp immer weiterentwickelt wird, schwindet mit der Zeit die Grenze zwischen Prototyp und Produkt. Dieser Prozess wird durch die Abbildung 2.10 grafisch Dargestellt. [45, 46]

2.4.4 Typische Probleme

Bei der Anforderungserhebung gibt es einige unterschiedliche Quellen für potentielle Probleme beziehungsweise Fehler. Diese sollten vermieden werden, da Fehler in Bezug auf

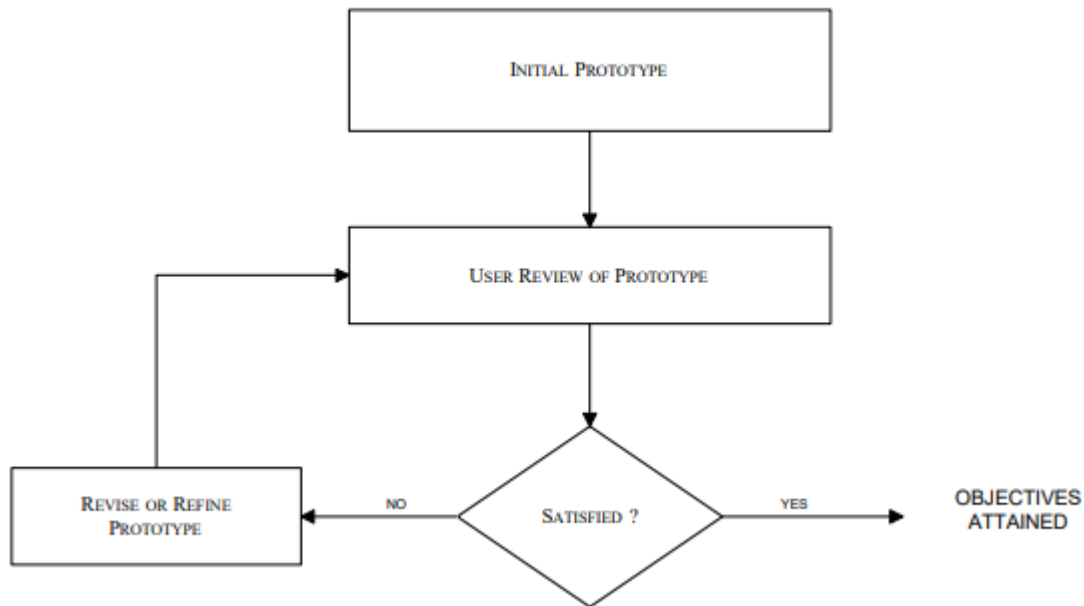


Abbildung 2.10: Ablaufdiagramm Evolutionäres Prototyping [47]

Anforderungen oft mit einem großen und folglich finanziellen Mehraufwand verbunden sind. Die Probleme lassen sich dabei in folgende sieben Hauptprobleme einteilen: [48]

- **Unklare Zielvorstellung:** Da Produkte oftmals von verschiedenen Personengruppen verwendet werden. Deshalb ist es wichtig die Anforderungen aus Sicht aller Gruppen festzulegen um ein vollständig definiertes System zu erhalten.
- **Hohe Komplexität:** Durch die immer komplexer werdenden Aufgabenstellungen werden auch die Anforderungen immer komplexer. Dies führt auch dazu, dass es zu Abhängigkeiten zwischen unterschiedlichen Anforderungen kommen kann.
- **Sprachbarrieren:** Durch das unterschiedliche Verständnis von verschiedenen Ausdrücken kann es zu Missverständnissen kommen. Dies muss nicht notwendigerweise von der gesprochenen Sprache herbeigeführt. Es reicht schon aus wenn zwei Personen aus unterschiedlichen Abteilungen/Fachbereichen einen Begriff anders interpretieren.
- **Veränderliche Anforderungen:** Es ist sehr häufig der Fall, dass sich neue Anforderungen beziehungsweise bestehende Anforderungen, aufgrund der dazugewonnen Erkenntnisse, ergeben/ändern. Für solche Fälle sollte es einen definierten Änderungsprozess geben.
- **Schlechte Qualität:** Aufgrund von schlechten Vorgaben der Kunden/Kundinnen ist es oft nicht möglich die Anforderungen vollständig zu definieren beziehungsweise

sind die Entwickler/innen auf sich selbst gestellt. Dies kann dazu führen, dass falsche Anforderungen umgesetzt werden und die Wünsche der Kunden/Kundinnen nicht.

- **Unnötige Merkmale:** Das unnötige Ausschmücken und Hinzufügen von Anforderungen/Funktionen führt zu Mehraufwand und Fehlentwicklungen. Oftmals bringen diese ungewollten Zusatzfunktionen für die Benutzer/innen wenig Vorteil, wodurch die ganze Umsetzung überflüssig wird.
- **Ungenaue Planung:** Durch die ungenaue Planung werden Anforderungen häufig falsch eingeschätzt. Dies führt zu Überschreitungen von Fristen und erhöhte Kosten, da die Komplexität zu gering eingeschätzt wird.

2.5 Telerehabilitation

In diesem Kapitel wird näher auf die Telerehabilitation im allgemeinen, die Vor- und Nachteile und die verschiedenen Vorgehensweisen eingegangen. Bei der Telerehabilitation handelt es sich um ein relativ neues Gebiet, welches 1997 entstanden ist. Das Bildungsministerium der USA veröffentlichte Eigenschaften für rehabilitationsbezogene Forschungsstellen in dem Gebiet der Telerehabilitation. Aufbauend auf diesen Eigenschaften lässt sich die Telerehabilitation in vier unterschiedliche Gebiete einteilen: Telekonsultation, Telehomecare, Telemonitoring und Teletherapie. Wobei sich die, im Rahmen dieser Arbeit erstellte, Plattform in die letzte Kategorie einordnen lässt. Zusätzlich gibt es unterschiedliche Arten, auf die ein System zur Teletherapie basieren kann, welche oftmals auch kombiniert werden. Im folgenden wird auf drei davon näher eingegangen. [49]

Videobasierte Systeme

Mithilfe des Einsatzes von moderner Telekommunikationstechniken wird es ermöglicht, die Therapie zuhause im gewohnten Umfeld durchzuführen. Dabei ist die Effektivität der videogestützten Therapie nahezu mit der Effektivität der konventionellen Therapie vergleichbar. Die Therapie kann entweder synchron, beispielsweise mittels Videokonferenzen, oder asynchron, zum Beispiel mittels Fotos die per E-Mail versendet werden, erfolgen. Dazu werden lediglich eine aktive Internetverbindung mit genügend Bandbreite und ein Gerät mit eingebauter Kamera benötigt. Da heutzutage die meisten Personen einen Laptop oder ein Smartphone besitzen, sollte dies kein Problem sein. [50, 51]

Spielbasierte Systeme

In der heutigen Zeit ist es für Patienten/Patientinnen relativ einfach spielbasierte Telerehabilitation durchzuführen. Meist reicht ein handelsüblicher Computer beziehungsweise Laptop mit Webcam und Internetverbindung aus. Gegebenenfalls werden noch zusätzliche Geräte oder Sensoren benötigt, welche Bewegungen aufzeichnen. Der/Die Patient/in kann dann mit wenigen Klicks das Spiel starten, bei dem der/die Therapeut/in das Spiellevel, die Anzahl der Wiederholungen oder Ähnliches einstellen kann. Je nach dem ob es sich

um eine synchrone oder asynchrone Therapie handelt kann der Fortschritt vom/von Therapeuten/Therapeutin live beobachtet werden oder mittels der aufgezeichneten Daten ermitteln. [52]

Webbasierte Systeme

Webseiten bieten eine Vielzahl an Optionen die sowohl für die asynchrone als auch synchrone Telerehabilitation genutzt werden können. Dazu zählen unter anderem die verschiedenen Darstellungs-/Wiedergabemöglichkeiten für Text, Audio, Bild und Video. Beispiele wie dies genutzt werden kann sind Echtzeitchats oder Diskussionsforen. Außerdem können Webseiten Informationen über die Besucher/innen abspeichern und den Inhalt entsprechend an die Person anpassen. [51]

Vor- und Nachteile

Wie es fast überall der Fall ist, gibt es nicht nur Vorteile sondern auch Nachteile beziehungsweise Limitierungen, auch wenn die Vorteile in diesem Fall überwiegen. Im folgenden wird näher auf die positiven und negativen Aspekte eingegangen welche auch in 2.2 zu sehen sind. Dabei wird nach Patienten/Patientinnen, Physiotherapeuten/Physiotherapeutinnen und Gesundheitssystem gruppiert. Für die Patienten/Patientinnen ergeben sich viele neue Vorteile. Sie können die zuhause in einem bekannten Umfeld üben. Zusätzlich können sie zu einer selbst gewählten Zeit und Geschwindigkeit die Übungen ausführen. Durch die Therapy daheim fallen auch Transportprobleme, wie Zeit oder Kosten, weg. Im Gegenzug kann es jedoch zu Problemen beim technischen Verständnis und der Bedienung kommen. Außerdem kann das ständige zuhause sein dazu führen, dass der Kontakt zum medizinischen Personal oder zu anderen Patienten/Patientinnen vermisst wird. Physiotherapeuten/Physiotherapeutinnen können durch die Telerehabilitation mehr Patienten behandeln und haben zusätzlich eine bessere Überwachungsmöglichkeit der Compliance. Dafür fehlt der reale Kontakt mit den Patienten/Patientinnen und gegebenenfalls ist es nicht möglich sofortige Hilfe zu leisten bei Notfällen. Bei der Telerehabilitation können von den Gesundheitssystemen die neuesten Entwicklungen schneller zur Verfügung gestellt werden und zusätzlich werden auch noch Kosten gespart. Es gibt jedoch noch Limitierungen bei den Entschädigungen und bei der Gesetzgebung. [53]

2.6 System Usability Scale

Die System Usability Scale ist wichtig bei der Evaluierung des Prototypen, um die Benutzerfreundlichkeit erheben zu können. Sie wurde von John Brooke 1986 entwickelt und besteht aus zehn Fragen (siehe Anhang 6.3). Dabei sind die ungeraden Fragen positiv und die geraden Fragen negativ formuliert. Die Fragen können auf einer fünfstufigen Skala beantwortet werden. Wobei der Bereich von "1" (Stimme überhaupt nicht zu) bis "5" (Stimme völlig zu) geht. Um eine Frage neutral zu beantworten, muss "3" ausgewählt werden. Anhand der gegebenen Antworten kann eine Punktzahl pro Frage ausgerechnet werden und folglich die Gesamtpunktzahl des Fragebogens ermittelt werden. Der

	Vorteile	Nachteile
Patienten/Patientinnen	<p>vertraute Umgebung: daheim, alleine, eigenes Tempo, selbstgewählte Zeit</p> <p>Videokonferenzen in Echtzeit</p> <p>Möglichkeit, die Rehabilitation fortzusetzen, falls Probleme bei der Einhaltung des krankenhausbasierten Programms auftreten</p> <p>Beseitigung von Transportproblemen (Zeit- und Kostenersparnis)</p> <p>Förderung der Unabhängigkeit des Patienten/Patientinnen bei der Verrichtung alltäglicher Aufgaben</p>	<p>Technologische Fähigkeiten/-Fehlerbehebung</p> <p>Fehlender persönlicher Kontakt mit medizinischem Personal und anderen Patienten/Patientinnen</p>
Physiotherapeuten/Physiotherapeutinnen	<p>Möglichkeit, mehr Patienten/Patientinnen zu behandeln</p> <p>Möglichkeit der Kombination mit Telemonitoring</p> <p>Verbesserte Kontrolle der Compliance</p>	<p>Kein direkter Kontakt in Echtzeit (bei Notfällen problematisch)</p> <p>Unterricht ist schwieriger per Telefon</p>
Gesundheitssystem	<p>Neue Geräte und Technologien werden schnell verfügbar</p> <p>Geringe Kosten</p>	<p>Kostenerstattung</p> <p>Fehlen von Rechtsgrundlagen</p> <p>Fehlen eines umfassenden telemedizinischen Integrations-systems</p>

Tabelle 2.2: Vor- und Nachteile der Telerehabilitation [53]

Bereich der Gesamtpunkteanzahl geht dabei von 0 bis 100. Für die Punkteanzahl der ungeraden Fragen muss die ausgewählte Antwort minus eins gerechnet werden. Für die geraden Fragen muss fünf minus die ausgewählte Antwort gerechnet werden. Um die Gesamtpunkteanzahl zu ermitteln, werden die einzelnen Punkte addiert und anschließend mit “2.5” multipliziert. [54]

2.6.1 Vorteile

Da die die System Usability Scale schon über 35 Jahre existiert und es schon eine erhebliche Menge an Studien dazu gibt, kann sie mit Vertrauen und ohne Bedenken verwendet werden. Der Fragebogen kann schnell ausgefüllt werden und ermöglicht es somit relativ leicht an quantitative Daten zu gelangen. Weiters eignen sich diese Daten gut, um sie mit qualitativen Daten zu kombinieren und sie liefern ein Gesamtbild über die Benutzerfreundlichkeit des getesteten Systems. Ein weiterer Vorteil ist, dass der Fragebogen frei verfügbar ist und dass er sowohl online als auch in einer Druck-Variante verwendet werden kann. Da mit dem Fragebogen eine standardisierte Gesamtpunkteanzahl ermittelt wird, eignet er sich besonders gut zum Vergleichen mit anderen Ergebnissen oder zum Festhalten der Veränderung der Punktezahl über einen gewissen Zeitraum. Kleine Anpassungen am Fragebogen sind auch möglich, ohne dass es Auswirkungen auf das Ergebnis hat. Somit können gewisse Formulierungen ohne Bedenken an das zu testende System angepasst werden. [55]

2.6.2 Nachteile

Ein Nachteil der System Usability Scale ist, dass durch den Fragebogen primär die subjektiven Ansichten der Benutzer/Benutzerinnen gemessen werden. Das heißt wenn ein System eine gute Punkteanzahl hat, muss es nicht notwendigerweise bedeuten, dass die Benutzerfreundlichkeit gut ist, da Benutzer/Benutzerinnen nicht immer nutzbare Designs mögen. Weiters sollte der Fragebogen immer in Kombination mit anderen Methoden verwendet werden, da er alleine nicht ausreichend ist. Eine weitere Limitation ist, dass die Fragen meist beantwortet werden, nachdem die ersten Tests abgeschlossen sind und der sogenannte Peak-End-Effekt auftritt. Das heißt, dass die Fragen auf Grundlage der jüngsten oder intensivsten Erfahrungen beantwortet werden und nicht Allgemein. [56]



Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

State of the Art

Im Folgenden werden verschiedene Lösungen und Projekte vorgestellt, welche eine Ähnlichkeit oder Zusammenhang mit dieser Arbeit haben. Dies dient dazu diese Arbeit mit dem aktuellen Stand der Forschung abzugrenzen und um mögliche Erkenntnisse für die weitere Entwicklung zu nutzen. Abschließend erfolgt eine Gegenüberstellung aller Anwendungen und eine Abgrenzung dieser Arbeit zu den anderen. Somit wird deutlich gemacht, welche Projekte und Arbeiten zu diesem Thema bereits existieren, inwiefern diese sich von dieser Arbeit unterscheiden und was in dieser Arbeit besser gemacht werden soll. Die Entscheidung für die fünf Forschungsarbeiten/Systeme, die in diesem Kapitel behandelt werden, erfolgte anhand von Kriterien. Damit soll sichergestellt werden, dass diese thematisch für die vorliegende Arbeit relevant sind. Wichtig war es, dass es sich ebenfalls um eine Art Plattform handelt, auf die die Patienten/Patientinnen und/oder Physiotherapeuten/Physiotherapeutinnen zugriff haben. Diese Plattform soll zur Rehabilitation dienen, wobei es bei der Auswahl keine Rolle gespielt hat, ob dies Serious Games unterstützt ist oder nicht. Weitere Kriterien wie die Datenpersistenz, Einstellungsmöglichkeiten oder verwendete Sensoren wurden nicht berücksichtigt, da sich diese von Plattform zu Plattform unterscheiden. Für die Abgrenzung und Gegenüberstellung spielen diese Kriterien jedoch eine wichtige Rolle.

3.1 D+R Therapy iPhone application

Bei D+R Therapy handelt es sich um eine Plattform, bei der Patienten/Patientinnen von der Ferne aus überwacht werden können. Das System besteht dabei aus zwei Teilen, einer Website und einer iPhone App. Auf der Smartphone-App werden die entsprechenden Übungen angezeigt, die ausgeführt werden sollen. Zusätzlich wird das Handy an der benötigten Stelle (z.B.: Oberarm - bei Schulterverletzung) angebracht, um die Bewegungsdaten aufzuzeichnen. Diese Daten werden an die Website gesendet, wo sie von dem/der Physiotherapeuten/Physiotherapeutin analysiert werden können (siehe Abbildung 3.1),

um Folgeschritte einzuleiten wie zum Beispiel den/die Patienten/Patientin mehr zu motivieren, falls nicht genug trainiert wird. Das System wurde mithilfe einer Patientin mit einer Knieverletzung getestet und evaluiert. Dabei wurden fünf Bereiche ermittelt, in denen die Anwendung Nutzen bringen kann. [57]

1. Patienten/Patientinnen bekommen mehr Informationen und Feedback über die Übungsausführung, da sie ebenfalls die aufgezeichneten Daten einsehen können.
2. Dadurch dass der/die Physiotherapeut/Physiotherapeutin den Fortschritt remote beobachten kann, ist es möglich Patienten/Patientinnen mehr zu ermutigen wenn zu wenig geübt wird beziehungsweise kann der Prozess angepasst werden falls es zu schwierig/leicht ist.
3. Die Anzahl der Krankenhaus/Therapiebesuche würden reduziert werden, da vieles von der Ferne aus erledigt werden kann.
4. Anhand der genau aufgezeichneten Daten können die Patienten/Patientinnen besser beraten werden. Weiters können Beschwerden und rechtliche Schritte bei Personen reduziert werden, die sich nicht an die Vorgaben halten.
5. Private Krankenversicherungen können von den Daten profitieren, da sie Patienten/Patientinnen mit schlechter Compliance identifizieren können.

3.2 Physiotherapy Assessment based on Kinect and Mobile APPs

Hierbei wurde ein System entwickelt, welches anhand der Microsoft Kinect Daten aufzeichnet. Das System besteht aus zwei Serious Games, einer Webanwendung und einer Mobile App. Der/Die Benutzer/in steuert über die Kinect-Sensoren ein Serious Game. Die dabei aufgezeichneten Daten werden an eine externe Datenbank gesendet und gespeichert. Mithilfe der Webanwendung können Patientendaten angelegt, bearbeitet und angezeigt werden und die aufgezeichneten Daten können angezeigt werden. Außerdem können über die Plattform auch Änderungen an den Spieleinstellungen vorgenommen werden. Die Mobile App dient zur Darstellung der aufgezeichneten Daten in Graphen und Diagrammen. [58]

3.3 Rehab+

Rehab+ ist eine Web Plattform (siehe Abbildung 3.3), welche verschiedene Serious Games zum Thema kognitive Rehabilitation bereitstellt. Dabei wurden sowohl Singleplayer als auch Multiplayer-Spiele entwickelt. Zu den angebotenen Spielen gehören unter anderem Memory, Tic-Tac-Toe, ein Sortierspiel und ein Arithmetisches-Spiel. Um die Spiele motivierender zu gestalten, wurden soziale Features wie Kooperation, Wettbewerb und

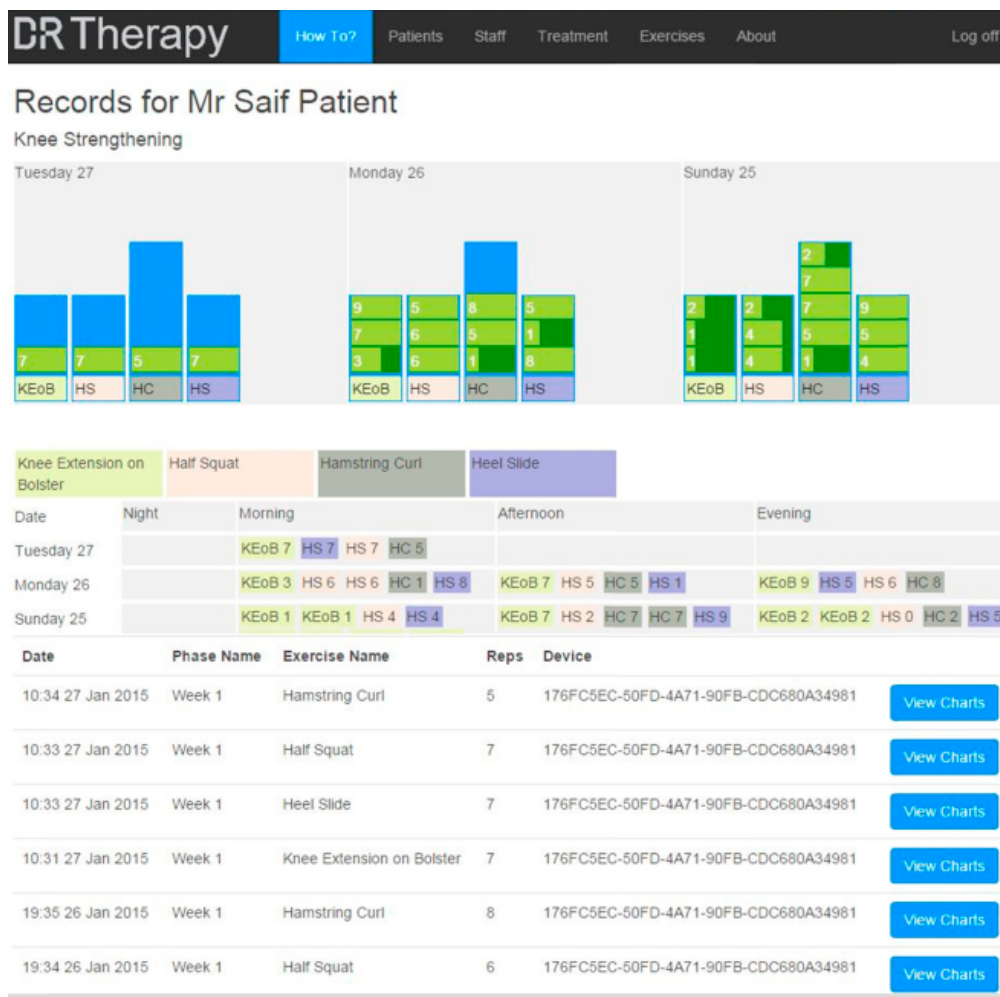


Abbildung 3.1: D+R Therapy Aufzeichnungen [57]

Handicaps eingebaut. Die Interaktion mit den Spielen erfolgt mittels Maus, lediglich bei dem Rechen-Spiel ist auch eine Sprachsteuerung möglich. Evaluiert wurde die Plattform mittels Fragebogen, der von 58 Teilnehmer/Teilnehmerinnen beantwortet wurde. Der Fragebogen behandelte unterschiedliche Gebiete wie das Multiplayer-Erlebnis, Vergleich zwischen den verschiedenen Spielen, Usability und subjektive Erfahrungen zu den einzelnen Aktivitäten. Bei den Teilnehmenden gab es zwei unterschiedliche Gruppen, die einen welche die Spiele alleine von zuhause aus spielten und die anderen welche in einem Gruppenraum spielten. Die alleine Spielenden hatten lediglich eine Spielerklärung im Spiel, die Spieler/Spielerinnen im Gruppenraum bekamen im vorhinein eine kurze Erklärung zu dem Forschungsgebiet und den Spielen. Bei der Auswertung der Ergebnisse konnte bezüglich der Usability keine statistische Diskrepanz zwischen den zwei unterschiedlichen Gruppen festgestellt werden. Die Teilnehmer/Teilnehmerinnen aus dem Gruppenraum hatten zwar mehr Spaß und Motivation als die alleine Spielenden, im Großen und Ganzen

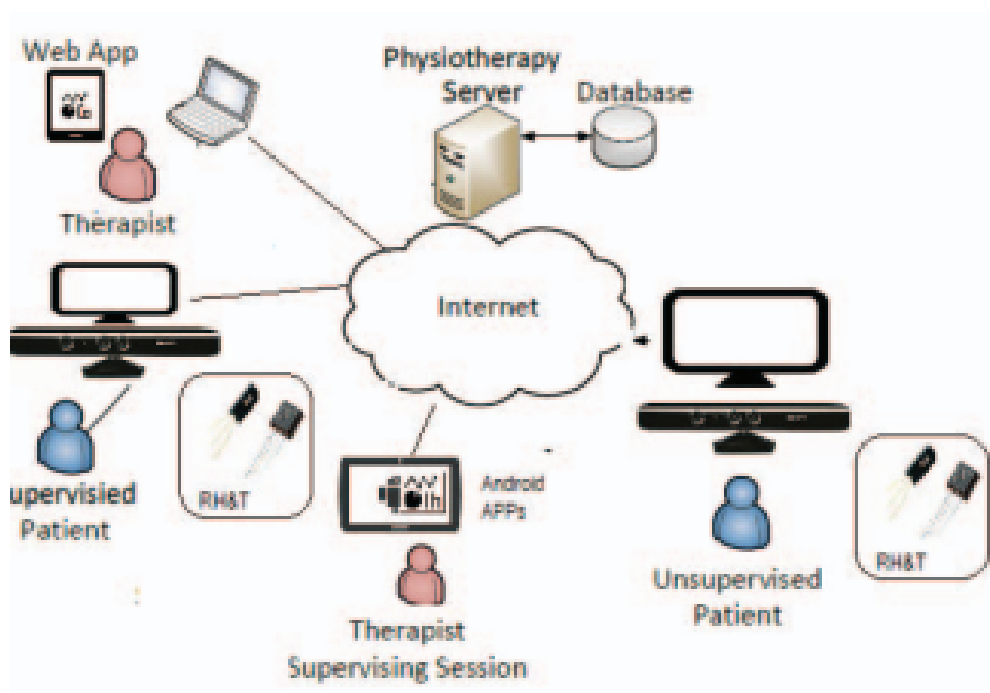


Abbildung 3.2: Kinect System [58]

wurden die Spiele aber von allen Teilnehmenden gerne gespielt. [59]

3.4 Multi-Sensors Wearable System

Dieses System besteht aus mehreren verschiedenen Sensoren um die Physiotherapie nach einem Kreuzbandriss von der Ferne aus zu ermöglichen. Es gibt zwei inertielle Messeinheiten, eine am Oberschenkel (Master) und eine an der Wade (Slave). Der Master ist dabei für die Kommunikation mit dem Slave und der Mobilen Anwendung zuständig. Diese sind für den Grad der Freiheit des Gelenkes zuständig. Weiters gibt es Elektromyografie-Sensoren, welche an den relevanten Muskeln angebracht werden um diese zu stimulieren. Der/Die Patient/Patientin besitzt eine Mobile-App, mit der mit den Sensoren kommuniziert werden kann und Informationen zur Rehabilitation und zu den Übungen angezeigt werden können. Zusätzlich werden alle Trainingseinheiten aufgezeichnet und nach jeder Übung werden Punkte über die Ausführungsqualität vergeben. Für die Physiotherapeuten/Physiotherapeutinnen wird eine Webanwendung zur Verfügung gestellt, über diese sie den Fortschritt der Rehabilitation überwachen können. Der ganze Aufbau des Systems ist in Abbildung 3.4 dargestellt. [60]

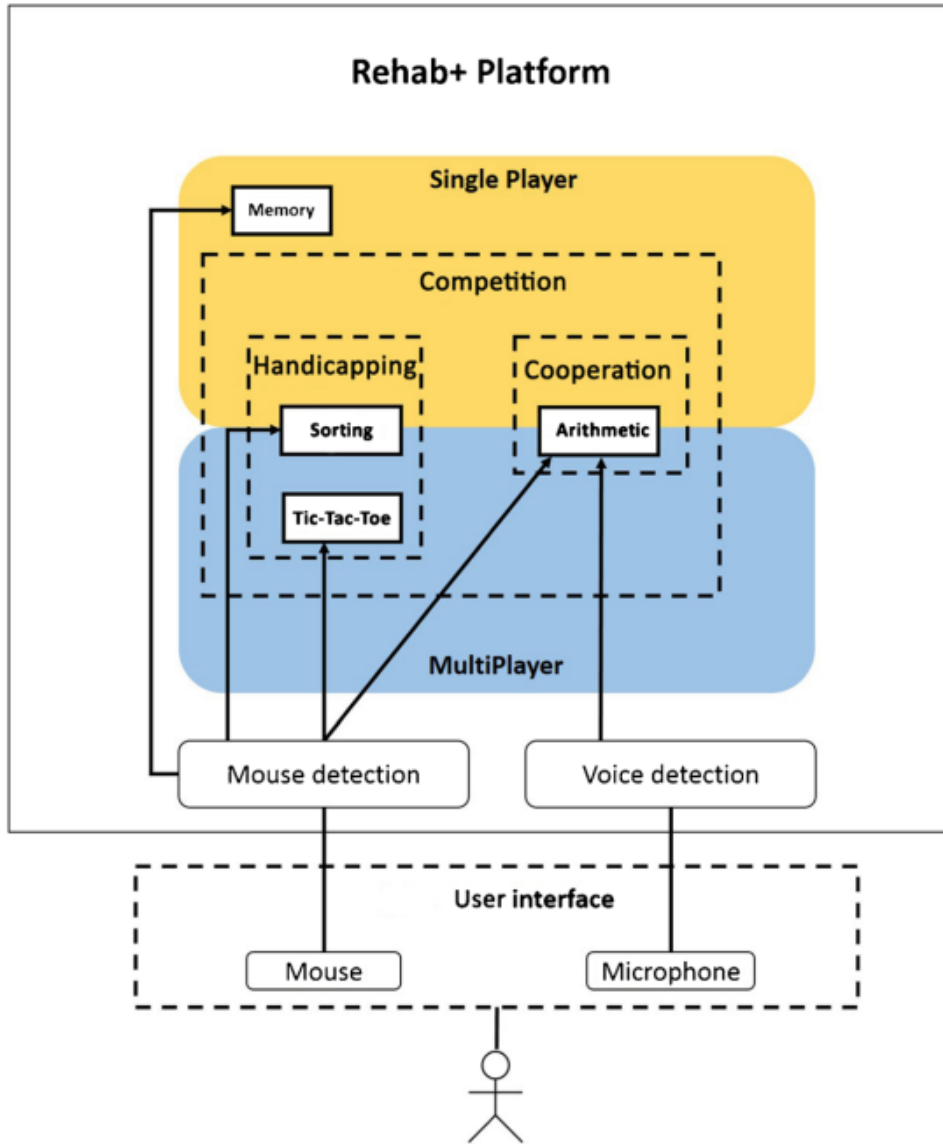


Abbildung 3.3: Rehab+ Aufbau [59]

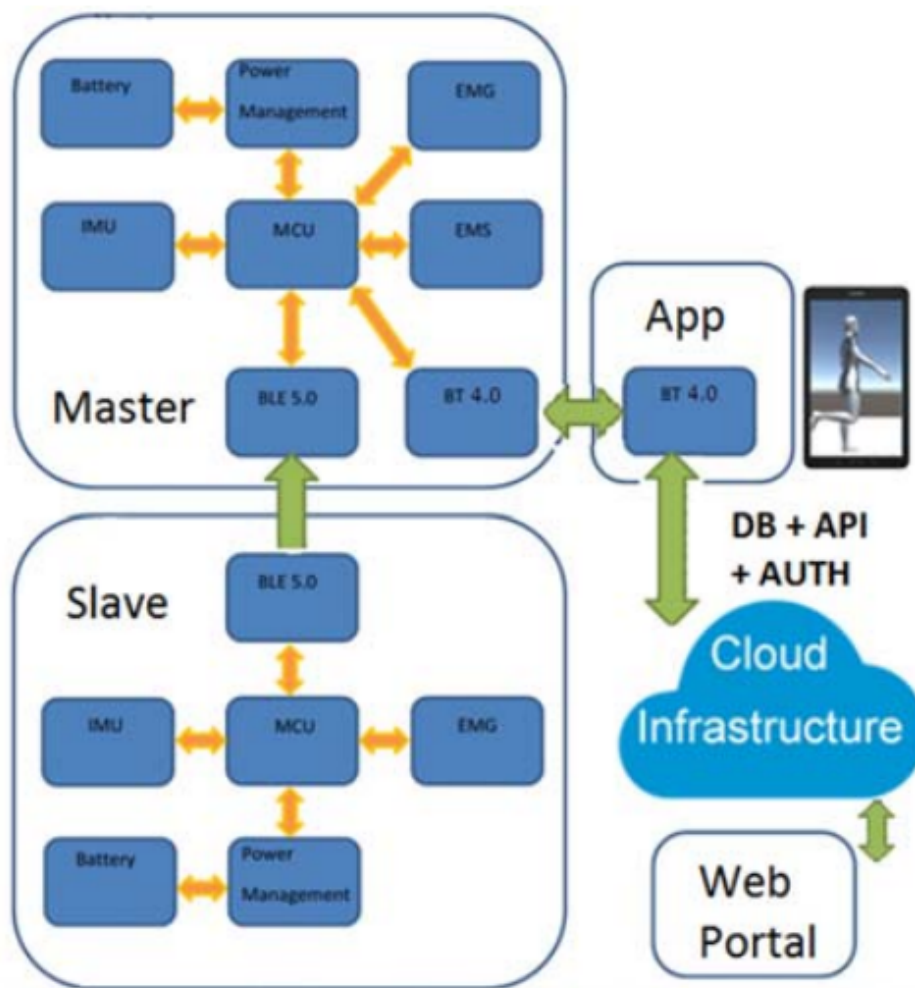


Abbildung 3.4: Multi-Sensors Wearable System Aufbau [60]

3.5 BioKin

Bei BioKin handelt es sich um ein System bestehend aus den drei Komponenten: BioKin-Sensor, BioKin-Mobile und BioKin-Cloud (siehe Abbildung 3.5). Damit soll die remote Behandlung von Schlaganfall Patienten/Patientinnen möglich gemacht werden. Die Sensoren kommunizieren dabei mit der Mobilanwendung, über diese die Daten dann an die Cloud-Plattform gesendet werden. Anschließend werden von der Cloud-Anwendung Bewegungsanalysen durchgeführt, welche auch von der Handy-App angefordert und abgespielt werden können. Das System dient dabei nur zur Datenaufzeichnung der Bewegungen. Diese Informationen können dann von dem/der Physiotherapeuten/Physiotherapeutin herangezogen werden um den/die Patienten/Patientin von der Ferne aus behandeln zu können. In Zukunft soll die Anwendung noch erweitert werden, um zusätzliche Sensoren

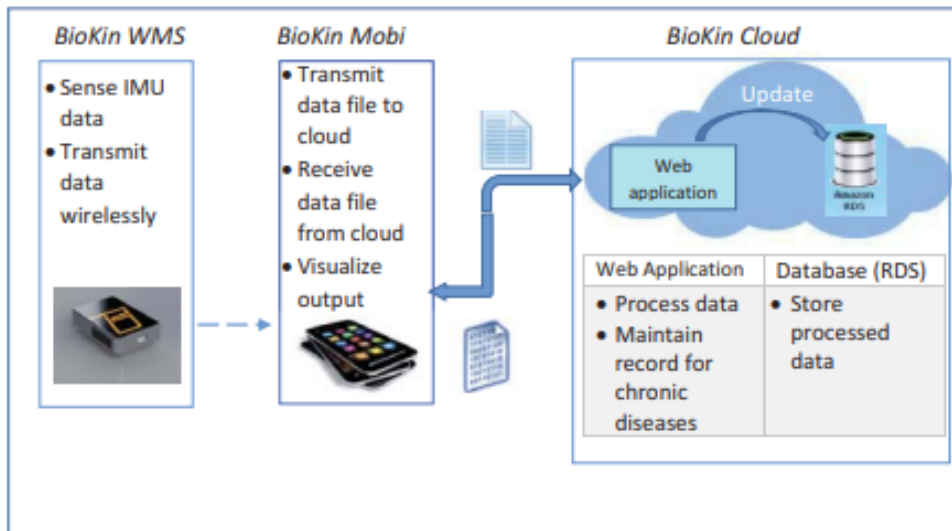


Abbildung 3.5: BioKin Aufbau [33]

unterstützen zu können. [33]

3.6 Gegenüberstellung

Im folgenden Abschnitt erfolgt eine Gegenüberstellung aller vorhin genannten Systeme im Bezug auf die Anwendung, die im Rahmen dieser Arbeit entstehen soll. Dies soll dazu dienen die Unterschiede und Neuheiten hervorzuheben, dabei soll auch die Tabelle 3.1 helfen. Als wichtige Merkmale für die Anwendungen wurden folgende Punkte identifiziert:

- **Serious Game:** werden bei der Anwendung ein oder mehrere Serious Games verwendet?
- **Handy-Sensor:** wird für die Bewegungserkennung das Handy verwendet?
- **Konfigurierbar:** ist die Anwendung an den Fortschritt des/der Benutzers/Benutzerin anpassbar?
- **Sensor zusätzlich:** werden zusätzliche Sensoren benötigt?
- **Datenaufzeichnung:** werden die Sensordaten aufgezeichnet und gespeichert?
- **Desktop-App:** gibt es für den/die Benutzer/in eine Desktop-App?

Bei der D+R Therapy iPhone App liegt der größte Unterschied darin, dass kein Serious Game für die Übungsausführung verwendet wird. Somit gibt es auch keine Möglichkeiten die Anwendung zu konfigurieren. Da hierbei jedoch auch das Handy als einziger Sensor

verwendet wird und die Daten abgespeichert werden, bestehen gewisse parallelen zu dieser Arbeit und die gewonnenen Informationen können auch in dieser Arbeit angewandt werden. Ein weiterer wichtiger Unterschied ist, dass es keine zusätzliche Webanwendung für den/die Benutzer/in gibt. Das heißt die Bewegungen und Übungsanweisungen können während der Ausführung nicht mitverfolgt werden, da das Handy als Sensor an der entsprechenden Körperstelle angebracht wird.

Bei der Kinect basierenden Anwendung aus der zweiten Spalte besteht auf den ersten Blick eine große Ähnlichkeit zu dieser Arbeit. Es gibt jedoch einen gravierenden Unterschied, nämlich dass der Kinect-Sensor für die Bewegungsaufzeichnung verwendet wird und nicht das Smartphone. Dies bringt den Nachteil, dass der Zugang zu der Anwendung um einiges erschwert wird. Heutzutage besitzt schon fast jede Person ein Smartphone, wohingegen der Kinect-Sensor nicht so oft zuhause vertreten ist. Das heißt, um die Anwendung überhaupt daheim verwenden zu können, muss dieser Sensor erst angeschafft werden. Da Microsoft die Produktion davon bereits 2017 eingestellt hat, dürfte dies jedoch eine zunehmende Herausforderung darstellen.

Da es sich bei Rehab+ um eine Web Plattform handelt, welche Serious Games für die kognitive Rehabilitation bereitstellt, werden keine Sensoren benötigt und somit erfolgt auch keine Aufzeichnung von Bewegungen. Das heißt hier können nur Informationen über die Usability der Plattform und dem Design von den Serious Games entnommen werden.

Bei dem Multi-Sensor-System aus der vierten Spalte werden keine Serious Games verwendet und es dient auch kein Smartphone als Sensor, sondern es wird ein System aus zwei Messeinheiten benötigt. Dies führt wiederum dazu, dass die Zugänglichkeit für die Patienten/Patientinnen erschwert wird. Wie in dieser Arbeit, gibt es jedoch eine Webanwendung, über die die Physiotherapeuten/Physiotherapeutinnen die aufgezeichneten Bewegungen einsehen und somit die Rehabilitation überwachen können. Die Möglichkeit die Rehabilitation von der Ferne aus an den Fortschritt anzupassen ist wiederum nicht gegeben. Die fünfte Technologie, das BioKin-System ist vom Aufbau her sehr ähnlich zu dem Multi-Sensor-System, deshalb lassen sich hier ähnliche Informationen ableiten.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass es bereits einige unterschiedliche Einzellösungen gibt, welche jedoch nicht einfach zu bedienen sind. Das heißt, dass ein zusätzlicher Sensor oder ein System aus Sensoren benötigt wird. Dadurch erhöhen sich die Kosten, der Aufwand und es wird teilweise unmöglich die Übungen alleine von zuhause aus durchzuführen. Bei dem erstellten Prototypen gibt es dieses Problem nicht, da hier alle, in die Plattform integrierten, Serious Games mittels Smartphone gesteuert werden können. Ein weiterer Vorteil der Plattform ist, dass die Anzahl der verfügbaren Serious Games nicht begrenzt ist und immer wieder weitere Spiele integriert werden können. Es gibt bei den bestehenden Lösungen zwar meist eine Datenaufzeichnung, jedoch gibt es fast nie eine Möglichkeit anhand dieser Informationen Konfigurationen vorzunehmen. Diese Funktion wird über die Plattform zur Verfügung gestellt und kann für jedes integrierte Serious Game angepasst werden. Somit stellt die Kombination aus der Telerehabilitations-Plattform, den Serious

	D+R [57]	Kinect [58]	Rehab+ [59]	Multi-Sensors [60]	BioKin [33]	Arbeit
Serious Games	✗	✓	✓	✗	✗	✓
Handy-Sensor	✓	✗	✗	✗	✗	✓
Konfigurierbar	✗	✓	✗	✗	✗	✓
Sensor zusätzlich	✗	✓	✗	✓	✓	✗
Datenaufzeichnung	✓	✓	✗	✓	✓	✓
Desktop-/Web-App	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Bewegungsgraph über ganze Übungsdauer	✓	✗	✗	✗	✓	✓
Patienten/Patientinnen Feedback	✗	✓	✗	✓	✗	✓
Fortschrittsverlauf	✓	✓	✗	✓	✓	✓
Bewegungsradius begrenzt	✗	✗	✗	✗	✗	✓

Tabelle 3.1: State of the Art Gegenüberstellung

Games und dem Smartphone als Sensor, ein System dar, welches es in dieser Form noch nicht gibt. Ein solches System ermöglicht die Interoperabilität zwischen den Serious Games und der Plattform.

Mit dieser Plattform wird eine Lösung geboten, mit der viele verschiedene Serious Games alleine von Zuhause aus gespielt werden können ohne teure Sensorsysteme kaufen zu müssen, oder auf das Equipment von Physiotherapeuten/Physiotherapeutinnen angewiesen zu sein. Dies ist ein riesen Vorteil gegenüber bereits bestehenden Systemen, welche kostspielige elektrische Geräte benötigen und meist auch nicht ohne Hilfe verwendet werden können. Da heutzutage schon fast jede Person ein Smartphone besitzt und dadurch auch der Umgang damit vertraut ist, kann die Plattform schon nach einer kurzen Einführung verwendet werden. Im Vergleich zu vorhandenen Lösungen liefert dies einen großen Mehrwert sowohl für die Patienten/Patientinnen als auch für die Physiotherapeuten/Physiotherapeutinnen, da um einiges effizienter gearbeitet werden kann.



Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

KAPITEL 4

Methodik

Um alle benötigten Erkenntnisse zu gewinnen, die für die Beantwortung der drei Forschungsfragen relevant sind, wird in mehreren Schritten vorgegangen. Die gesamte methodische Vorgehensweise ist zusätzlich zu der folgenden Erklärung auch noch in der Abbildung 4.1 grafisch dargestellt. Zu aller erst wurde eine Literaturrecherche durchgeführt, um eine fundierte theoretische Basis zu schaffen. Dabei wurden sowohl in therapeutischen Bereichen (z.B.: Compliance, Knöchelverletzungen), als auch im Bereich von Serious Games und Gamification Recherchen durchgeführt. Im Rahmen dessen erfolgte ebenso eine Feststellung des aktuellen Standes der Technik. Hierbei konnten Erkenntnisse darüber gewonnen werden, wie die Vorgehensweise bei anderen Arbeiten war und was noch verbessert und anders gemacht werden sollte.

Als nächsten Schritt erfolgte das Requirements Engineering [61]. All die gewonnenen Informationen aus der Recherche wurden genutzt und bildeten die Grundlage für die Erstellung des Leitfragebogens und der Durchführung der Interviews. Mithilfe der vorhandenen Wissensbasis konnten wichtige Fragen und Gebiete, die vertieft werden mussten, identifiziert werden. Bei den Interviews handelte es sich um Experteninterviews [62]. Dabei wurden Physiotherapeuten/Physiotherapeutinnen als Experten/Expertinnen identifiziert, da diese das benötigte Wissen besitzen und als Schnittstelle zwischen den Patienten/Patientinnen und der Plattform dienen. Die Ergebnisse der Interviews wurden anschließend ausgewertet und infolgedessen wurden die ersten Anforderungen definiert und priorisiert.

Mit dem Wissen der ersten definierten Anforderungen war es möglich, einen ersten Prototypen zu planen und den Aufbau und die Architektur festzulegen. Die Umsetzung davon erfolgte im nächsten Schritt, wobei dieser wiederum in mehrere kleinere Schritte unterteilt wurde. Es wurde ein User Centered Design [63] Prozess, bestehend aus mehreren Iterationen, gewählt. Zwischen den Iterationen wurde immer wieder mit den Physiotherapeuten/Physiotherapeutinnen Kontakt aufgenommen und Feedback eingeholt.

Somit konnte auf fehlende Funktionen oder Änderungswünsche in der darauffolgenden Iteration schnell reagiert werden.

1. **Iteration:** Diese Iteration diente dazu, die spezifizierten Anforderungen umzusetzen und um das bereits existierende Serious Game in den Prototypen zu integrieren. Der daraus resultierende Prototyp diente als Grundlage für die weiteren Iterationen.
2. **Iteration:** Die zweite Iteration wurde dafür genutzt, um in Zusammenarbeit mit einem Physiotherapeuten ein weiteres Spiel zu entwickeln. Dieses wurde daraufhin ebenfalls in die prototypische Plattform eingebunden. Somit gab es am Ende von dieser Iteration zusätzlich zu der Plattform und dem bereits integrierten Spiel ein weiteres Spiel, welches gespielt werden kann.
3. **Iteration:** In der dritten Iteration wurde Feedback von mehreren Physiotherapeuten/Physiotherapeutinnen eingeholt und infolgedessen umgesetzt. Somit konnten bestehende Fehler behoben und Funktionalitäten verbessert werden. Das Resultat aus dieser Implementierungsphase ist eine verbesserte Version des Prototypen.
4. **Iteration:** Die abschließende vierte Iteration diente zur Evaluierung. Diese erfolgte jeweils mit einer Patienten-/Patientinnen-Gruppe und Therapeuten-/Therapeutinnen-Gruppe.

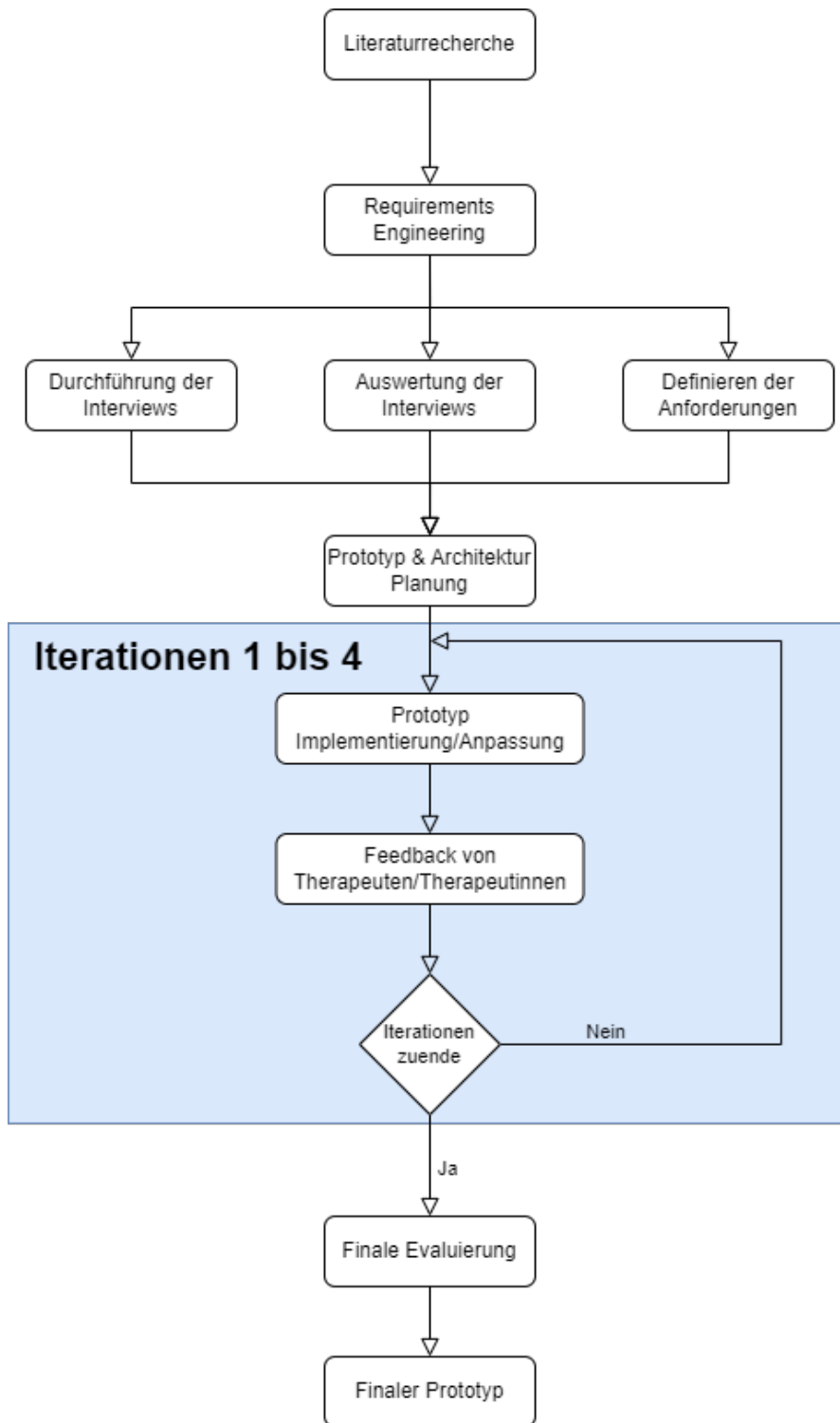


Abbildung 4.1: Methodik Ablaufplan



Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Ergebnisse

In diesem Kapitel werden alle relevanten Arbeitsschritte, die für die Erstellung des Prototyps und der Beantwortung der Forschungsfragen notwendig waren, aufgelistet und erläutert. Dieser Abschnitt ist in mehrere Bereiche unterteilt, wobei der erste Bereich die Anforderungserhebung beinhaltet. Dafür wurden Interviews mit unterschiedlichen Physiotherapeuten durchgeführt und anhand der gewonnenen Informationen konnte eine Anforderungsliste und ein erstes Konzept erstellt werden. Anschließend wurde im Rahmen der ersten Iteration das Konzept in einen initialen Prototypen umgesetzt. In der zweiten Iteration wurde in Zusammenarbeit mit einem Physiotherapeuten ein neues Serious Game entwickelt, welches ebenfalls in die Plattform integriert wurde. Anschließend, in der dritten Iteration, diente der Prototyp als Grundlage und wurde verfeinert. Dafür wurde der Prototyp mehreren Physiotherapeuten präsentiert und deren Feedback und Verbesserungsvorschläge eingearbeitet. Abschließend erfolgte in der vierten Iteration eine ausführlichere Präsentation und darauffolgend eine Diskussion über das Ergebnis. Alle Physiotherapeuten, die zu der Erstellung der vorliegenden Arbeit beigetragen haben, sind anonymisiert inklusive derer demographischen Daten in der Tabelle 5.1 aufgelistet. Zusätzlich ist in der Tabelle 5.2 zusammengefasst, welcher Teilnehmer in welchen Bereichen mitgewirkt hat.

5.1 Anforderungserhebung

Um herauszufinden welche Kriterien für die prototypische Umsetzung der Plattform wichtig sind, erfolgten drei Interviews mit unterschiedlichen Physiotherapeuten. Dabei handelt es sich bei dem ersten Teilnehmer um den selben Physiotherapeuten wie aus der vorangegangenen Bachelorarbeit “Analyse, Design und Entwicklung eines Serious Games zur Unterstützung nach einer Knöchelverletzung”. Im Rahmen dieser Bachelorarbeit wurde in Zusammenarbeit mit eben diesem Physiotherapeuten ein Serious Game entwickelt, welches mittels eines Sensors (nicht Smartphone) gesteuert wird. Dieser erklärte sich nach

Teilnehmer	Alter	Geschlecht	Berufsbezeichnung	Berufserfahrung
TN1	32J	Männlich	Sportphysiotherapeut	8J
TN2	28J	Männlich	Sportphysiotherapeut	4J
TN3	33J	Männlich	Physiotherapeut	8J
TN4	29J	Männlich	Ergotherapeut	6J
TN5	24J	Weiblich	Physiotherapeutin	4J
TN6	53J	Weiblich	Physiotherapeutin	33J
TN7	34J	Männlich	Physiotherapeut BSc., Digital Healthcare MSc.	7J
TN8	26J	Männlich	Patient	-
TN9	29J	Männlich	Patient	-
TN10	24J	Weiblich	Patientin	-
TN11	53J	Männlich	Patient	-
TN12	31J	Weiblich	Patientin	-
TN13	51J	Weiblich	Patientin	-
TN14	26J	Weiblich	Patientin	-

Tabelle 5.1: Auflistung aller Teilnehmenden Physiotherapeuten/Physiotherapeutinnen und Patienten/Patientinnen

kurzer Kontaktaufnahme gerne wieder bereit für ein Interview. Die anderen beiden Physiotherapeuten wurden aufgrund von Empfehlungen aus dem Bekanntenkreis ausgewählt. Beide wurden mittels Smartphone kontaktiert und waren von Beginn an sehr interessiert und nahmen sich gerne für das Interview Zeit. Vor dem Beginn der Interviews wurde jedem Teilnehmer kurz das Serious Game, welches aus der Bachelorarbeit entstanden ist, vorgestellt und erklärt was das Ziel dieser Diplomarbeit ist. Anschließend erfolgte die Befragung anhand von Leitfragen. Die gesamte Gesprächsdauer mit den Teilnehmenden betrug im Schnitt etwa eine Stunde.

Der Fragebogen mit allen Leitfragen wurden dabei mittels der gewonnenen Informationen aus der Literaturrecherche zusammengestellt. Ein wichtiger Bestandteil dabei ist, welche Informationen für die Fortschrittserkennung bei der Rehabilitation notwendig sind und inwiefern sich dabei die Vorort-Behandlung von der Remote-Behandlung unterscheidet. Anhand dieser Informationen kann ermittelt werden welche Merkmale, Parameter und Informationen von der Plattform und den Serious Games aufgezeichnet werden sollen. Weiters kann auch festgestellt werden, welche Indikatoren nicht von der Ferne aus ermittelt werden können. Zusätzlich ist es wichtig zu wissen, welche Einstellungsmöglichkeiten bei den Spielen und bei der Plattform für die Physiotherapeuten/Physiotherapeutinnen vorhanden sein müssen. Somit kann sicher gestellt werden, dass die Physiotherapeuten/-Physiotherapeutinnen alle benötigten Änderungen vornehmen können. Außerdem werden die demographischen Daten erhoben und es wird gefragt, ob die Teilnehmer schon einmal mit Serious Games gearbeitet haben, da es interessant ist deren Erfahrung darüber zu hören. Die einzelnen Fragen aus dem Fragebogen sind im Anhang 6.3 aufgelistet.

Teilnehmer	Interviews	Serious Game (Iteration 2)	Verfeinerung (Iteration 3)	Evaluierung (Iteration 4)
TN1	✓	✗	✓	✓
TN2	✓	✓	✓	✓
TN3	✓	✗	✗	✓
TN4	✗	✗	✗	✓
TN5	✗	✗	✗	✓
TN6	✗	✗	✗	✓
TN7	✗	✗	✗	✓
TN8	✗	✗	✗	✓
TN9	✗	✗	✗	✓
TN10	✗	✗	✗	✓
TN11	✗	✗	✗	✓
TN12	✗	✗	✗	✓
TN13	✗	✗	✗	✓
TN14	✗	✗	✗	✓

Tabelle 5.2: Mitwirkung der Physiotherapeuten/Physiotherapeutinnen und Patienten/Patientinnen

5.1.1 Interviews

Interview 1 (TN1)

Der erste Interviewte war ein 32 Jahre alter Sportphysiotherapeut mit acht Jahren Berufserfahrung. Dabei handelt es sich um den selben Therapeuten mit dem auch das Serious Game in der Bachelorarbeit erstellt wurde. Deshalb hatte er im Vorfeld schon Erfahrung mit Serious Games und und hält sie auch für eine sinnvolle Ergänzung. Zusätzlich ist er auch der Ansicht, dass damit die Übungsmotivation und die Selbstwirksamkeit gefördert werden kann um somit erfolgversprechendere Ergebnisse erzielen zu können. Neben der Bachelorarbeit hatte er auch schon in einem Rehabilitationszentrum mit Serious Games an Patienten/Patientinnen gearbeitet. Bei den Kriterien für die Fortschrittserkennung eines/einer Patienten/Patientin spielen viele verschiedene Informationen eine Rolle. Einerseits die Eigenwahrnehmung der Symptome (Schmerzen, Schwäche, Schwindel, Sensibilitätsstörungen) und andererseits viele körperliche Faktoren. Dazu zählen unter anderem folgende Punkte:

- **Statik:** Damit ist die Haltung des/der Patienten/Patientin gemeint.
- **Palpation:** Dazu gehören beispielsweise die Druckempfindlichkeit, die Festigkeit des Gewebes und die Hauttemperatur.
- **Beweglichkeit:** Hierbei wird die aktive Bewegung zum Beispiel mittels Winkelmesser gemessen und die passive Bewegung durch den/die Physiotherapeuten/Physiotherapeutin.

- **Kraft:** Die Kraft kann über verschiedene Wege festgestellt werden. Entweder mit Hilfe von Widerständen oder Geräten oder mittels Einschätzung über die Wiederholungsanzahl.
- **Ausdauer:** Die Ausdauer wird bemessen an der subjektiven Anstrengung, dem Puls und der Zeit der Ausführung.
- **Sensibilität:** Die Einschätzung erfolgt über das subjektive Selbstabtasten durch den/die Patienten/Patientin oder den/die Physiotherapeuten/Physiotherapeutin.

Auf die Frage, ob er es für sinnvoll und möglich hält, den Fortschritt auch von der Ferne aus beobachten zu können antwortete er beide male mit ja. Dazu müssen Befundparameter definiert werden, welche der/die Patient/in selber messen kann. Zu den Parametern, die er für möglich hält zu messen, gehören: die Eigenwahrnehmung, das aktive Bewegen, die subjektive Einschätzung der Kraft, Ausdauer und Sensibilität, die Einschätzung der Kraft anhand der Wiederholungsanzahl und die Einschätzung der Ausdauer anhand des Pulses und der Übungsdauer. Zusätzlich wären Fotos oder Videos nützlich, damit der/die Physiotherapeut/Physiotherapeutin einen Sichtbefund durchführen kann. Wichtige Einstellungsmöglichkeiten für das Spiel sind seiner Meinung nach eine Zeitbegrenzung und das Schwierigkeitslevel. Bei der Frage, welche Funktionen die Plattform zu Verfügung stellen soll, konnte der Interviewpartner einige Ideen liefern. Es soll für den/die Physiotherapeuten/Physiotherapeutin möglich sein, die Spieleinstellungen von der Ferne aus verändern zu können. Weiters soll es eine Übersicht geben, bei der alle Trainingseinheiten angezeigt werden und die unterschiedlichen Einstellungen und die Spieldauer eingesehen werden können. Dazu soll es für den/die Physiotherapeuten/Physiotherapeutin sowie den/die Patient/in eine Möglichkeit geben (Audio-)Anmerkungen zu machen. Optional könne auch über ein Belohnungssystem und der Videoaufzeichnung der Übungsausführung (sofern dies möglich ist), nachgedacht werden.

Interview 2 (TN2)

Bei dem zweiten Interviewpartner handelt es sich um einen 28 Jährigen selbständigen Sportphysiotherapeuten mit vier Jahren Berufserfahrung. Dieser war noch nicht vertraut mit Serious Games und hat somit noch nicht damit gearbeitet. Vor dem Interview wurde ihm jedoch das entstandene Spiel aus der Bachelorarbeit präsentiert und das Ziel der Diplomarbeit wurde ihm kurz erläutert. Mit diesen Informationen war er der Ansicht, dass Serious Games und eine dazugehörige Plattform bei der richtigen Umsetzung durchaus sinnvoll und eine gute Ergänzung sein können. Um den Fortschritt zu verfolgen, ist es in erster Linie wichtiger, wie der Fuß bewegt werden kann, also welchen Bewegungsradius er besitzt. Weiters spielen die Kraft im Unterschenkel beziehungsweise im Fuß und die Stabilität im unteren und oberen Sprunggelenk ebenso eine Rolle. Zu der Stabilität zählt auch, die Stabilisation bei äußere Reize (z.B.: leichter Schubser). Auch nicht außer Acht gelassen werden darf, wie viel Schmerz der/die Patient/in während der Ausführung hatte. Zusätzlich ist es wichtig, dass die Schwellung beobachtet werden kann. Dies verliert

jedoch an Relevanz, je länger die Verletzung zurückliegt. Einige dieser Parameter können auch von der Ferne aus beurteilt werden. Der Physiotherapeut ist der Ansicht, dass es wichtig ist den Bewegungsradius beobachten zu können und dass der/die Patient/in Angaben zum Schmerz, der Schwellung und dem insgesamt Empfinden machen kann. Die Angaben des/der Patienten/Patientin sind sehr wichtig, da somit der Verlauf über mehrere Tage sehr gut beobachtet werden kann. Weiters wäre es natürlich optimal wenn es eine (seitliche) Videoaufzeichnung von der Übungsausführung gibt. Der Interviewpartner ist sich jedoch bewusst dass sich dies vermutlich sehr schwierig umsetzen lässt, sodass die Usability für die Patienten/Patientinnen nicht beeinträchtigt wird und dass auch Personen die nicht Technik-affin sind, damit umgehen können.

Interview 3 (TN3)

Der dritte und letzte Interviewpartner ist ein Physiotherapeut, 33 Jahre alt und hat acht Jahre Berufserfahrung. Mit Serious Games direkt hat er noch nicht gearbeitet, jedoch verwendet er in seiner Arbeit hin und wieder eine Microsoft Kinect und hat somit schon Erfahrung mit sensorgestütztem Arbeiten. Dieses Interview verlief recht ähnlich zu den anderen und auch die Antworten deckten sich mit den Informationen aus den anderen Interviews. Für die Feststellung des Fortschrittes sieht er ebenso die Parameter Kraft, Ausdauer, Beweglichkeit und Gleichgewichtsfähigkeit von Bedeutung. Dabei hat die Beweglichkeit und im speziellen der Bewegungsradius eine hohe Bedeutung. Der Seitenvergleich, also der Vergleich zwischen gesundem Knöchel und verletztem Knöchel liefert hierbei einen guten Indikator. Er ist auch der Ansicht, dass einige dieser Parameter von der Ferne aus beurteilt werden können. Zum Beispiel können Bewegungsradien mittels Sensor gemessen werden, oder die Dauer und Anzahl von Übungen kann auch aufschlussreich sein. Bei den Einstellungsmöglichkeiten, die der/die Physiotherapeut/in im Serious Game vornehmen kann, ist es für ihn von Notwendigkeit, den Bewegungsradius und die Spielschwierigkeit anpassen zu können. Für die Plattform wird eine Einstellungsmöglichkeit benötigt welches Spiel und infolgedessen welche Übung der Patient ausführen soll. Zusätzlich findet er eine Auflistung aller gespielten Spiele wichtig, um eine Übersicht über den Verlauf zu erhalten. Weiters soll es zusätzlich zu einer Kommentarfunktion eine Möglichkeit für den/die Physiotherapeuten/Physiotherapeutin geben Notizen über den/die Patienten/Patientin zu verfassen, die der/die Patient/in nicht sieht.

5.1.2 Anforderungen

In diesem Bereich wird auf die Anforderungen und wie sie definiert wurden eingegangen. Weiters wird erklärt, welche Anforderung welche Information aus den Interviews abdecken soll. Eine Übersicht aller Anforderungen ist in der Tabelle 5.3 zu sehen. Dabei stellen alle IDs die mit **A** beginnen, Funktionalitäten dar, welche im Rahmen der Diplomarbeit umgesetzt werden. Alle IDs die mit **B** beginnen, sind optionale Anforderungen, die nicht umgesetzt werden.

ID	Anforderung	Interview-Teilnehmer
A.01	Der Bewegungsradius muss für den/die Patienten/Patientin individuell einstellbar sein	TN2, TN3
A.02	Der Bewegungsverlauf des/der Patienten/Patientin muss aufgezeichnet werden	TN2, TN3
A.03	Die Spielschwierigkeit muss einstellbar sein	TN1, TN3
A.04	Die Übungsdauer muss aufgezeichnet werden	TN1, TN3
A.05	Die Übungsdauer muss begrenzt sein	TN1, TN3
A.06	Der/Die Physiotherapeut/in kann einstellen, welches Spiel von dem/der Patienten/in gespielt werden darf	TN3
A.07	Der/Die Physiotherapeut/in kann die Spieleinstellungen individuell von der Ferne aus konfigurieren	TN1, TN3
A.08	Der/Die Physiotherapeut/in kann einstellen, ob der/-die Patient/in die Einstellungen verändern darf	TN3
A.09	Der/Die Physiotherapeut/in muss alle gespielten Spiele einsehen können	TN1, TN3
A.10	Der Bewegungsverlauf des/der Patienten/Patientin muss für den/die Physiotherapeuten/Physiotherapeutin einsehbar sein	TN2, TN3
A.11	Die verwendeten Einstellungen bei einem Spiel müssen für den/die Physiotherapeuten/Physiotherapeutin einsehbar sein	TN1, TN3
A.12	Der/Die Patient/in soll nach der Übung Feedback über sein/ihr subjektives empfinden geben können	TN1, TN2
A.13	Patient/in sowie Physiotherapeut/in können Text-Anmerkungen zu den gespielten Spielen machen	TN1, TN2, TN3
A.14	Der/Die Physiotherapeut/in kann Text-Anmerkungen zu den Patienten/Patientinnen machen, die nur er/sie selbst sehen kann	TN3
B.01	Der/Die Patient soll Fotos hochladen können	TN1, TN2
B.02	Es soll ein Belohnungssystem für die Patienten/Patientinnen geben	TN1
B.03	Die Übungsausführung soll mittels Video aufgezeichnet werden	TN1, TN2
B.04	Patient/in sowie Physiotherapeut/in können Audio-Anmerkungen zu den gespielten Spielen machen	TN1

Tabelle 5.3: Auflistung der Anforderungen an die Plattform und die Serious Games

Die Anforderungen A.01 und A.02 sind besonders wichtig, da somit das Spiel an den aktuellen Fortschritt des/der Patienten/Patientin angepasst werden kann und die Beweglichkeit und Kraft überprüft werden kann. Ebenso wichtig, um das Spiel an den/die Spieler/in anpassen zu können, ist die Möglichkeit die Spielschwierigkeit zu steuern (A.03). Um die Ausdauer kontrollieren zu können und um dafür zu sorgen, dass sich der/die Patient/in nicht überlastet, wurden die Anforderungen A.04 und A.05 definiert. Für all diese Einstellungsmöglichkeiten muss der/die Physiotherapeut/in die Möglichkeit haben diese zu überwachen und ändern (A.06, A.07, A.08). Weiters müssen auch alle gespielten Spiele inklusive der verwendeten Einstellungen und dem Bewegungsverlauf für den/die Physiotherapeuten/Physiotherapeutin einsehbar sein (A.09, A.10, A.11). Um die subjektiven Empfinden des/der Patienten/Patientin dokumentieren zu können, wurde die Anforderung A.12 definiert. Für generelle Anmerkungen und für die Kommunikation zwischen Physiotherapeut/in und Patient/in gibt es A.13.

5.2 Architektur

Im folgenden wird auf die Architektur des Prototypen, welcher im Rahmen dieser Arbeit umgesetzt wurde, eingegangen. Zu aller erst werden der grundlegende Aufbau und die unterschiedlichen Komponenten, aus denen das System besteht, näher erläutert. Eine Visualisierung des ganzen Systems ist in der Abbildung 5.1 zu sehen. Das System ist in folgende Komponenten aufgeteilt: Web-App (Frontend), Daten-Server, Sensor-Server und Autorisierungs-Server. Für die Darstellung der Serious Games und die dazugehörigen Funktionalitäten, fiel die Wahl auf eine Web-App, da diese von nahezu jedem Gerät aus aufgerufen werden kann und keine zusätzliche Installation notwendig ist. Dies ist eine weitere Erleichterung der Zugänglichkeit der Plattform und der Spiele. In der Web-App werden alle relevanten Informationen angezeigt, Einstellungen können vorgenommen und die Serious Games können gespielt beziehungsweise gesteuert werden. Dabei werden alle anzuzeigenden Informationen vom Daten-Server bezogen oder über diesen persistiert. Der Aufruf der Web-App kann über einen Computer (zum Spielen) oder über ein Smartphone (für die Steuerung) erfolgen. Um ein Spiel über die die Web-App spielen und steuern zu können, wird der Sensor-Server benötigt. Dieser dient als Zwischenstelle und leitet die empfangenen Sensordaten eines Smartphones an die Web-App weiter, wo gerade das Spiel gespielt wird. Damit jedoch überhaupt eine Verbindung mit dem Daten- und Sensor-Server möglich ist, muss sich der Benutzer vorher über die Web-App und dem Autorisierungs-Server (OAuth 2.0) anmelden. Der genaue Aufbau der einzelnen Komponenten und wie sie miteinander interagieren wird im weiteren Verlauf erklärt.

Beim ersten Aufruf der Web-App, wird der/die Benutzer/in zu der Login-Seite weitergeleitet. Sofern bereits ein Account besteht, kann sich ganz normal angemeldet werden, ansonsten können sich Physiotherapeuten/Physiotherapeutinnen einfach einen Account erstellen. Für Patienten/Patientinnen läuft die Accounterstellung anders ab, hierzu muss im Vorfeld von dem/der Physiotherapeuten/Physiotherapeutin ein/e Patient/in angelegt werden. Daraufhin wird eine E-Mail an den/die Patient/in gesendet, mit der die Er-

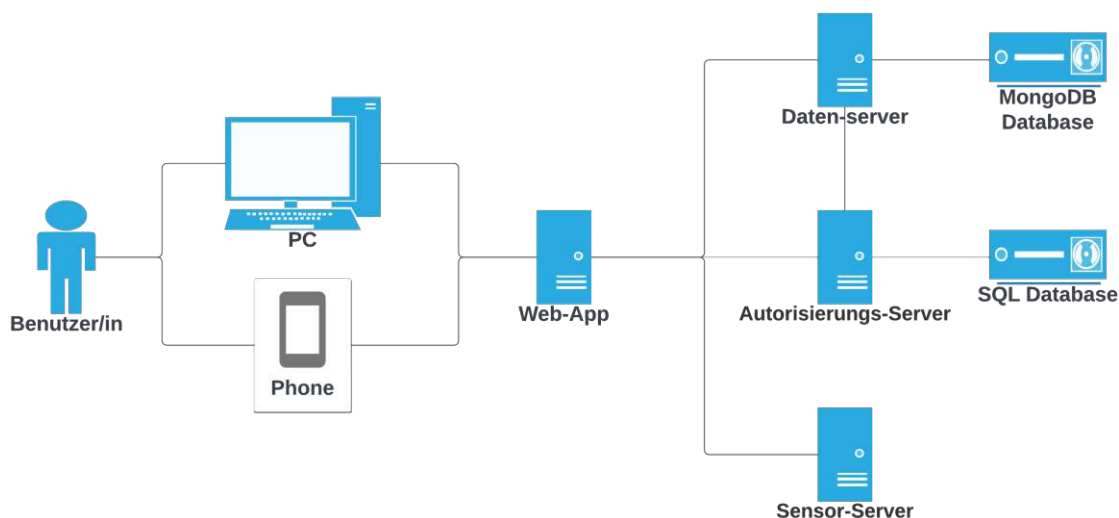


Abbildung 5.1: System Architektur

stellung des Accounts abgeschlossen werden kann. Nach einer erfolgreichen Anmeldung, bekommt der/die Benutzer/in einen Token und kann über die Web-App mit den anderen beiden Servern Daten kommunizieren. Welche Möglichkeiten die Physiotherapeuten/-Physiotherapeutinnen sowie Patienten/Patientinnen mit der Web-App haben ist in der Abbildung 5.2 dargestellt. Jeder/Jede Physiotherapeut/in hat eine Übersicht über alle seine/ihre Patienten/Patientinnen. Über diese Seite können auch neue Patienten/Patientinnen angelegt, oder Details zu den bestehenden geöffnet werden. Bei der Detailansicht werden die Patientendaten, individuellen Spieleinstellungen und alle gespielten Spiele des/der Patienten/Patientin angezeigt. Die Spieleinstellungen können dabei jederzeit angepasst werden. Die Übersicht aller gespielten Spiele kann aber auch außerhalb der Patienten-/Patientinnen-Ansicht geöffnet werden. Dies ist sowohl für die Physiotherapeuten/Physiotherapeutinnen sowie die Patienten/Patientinnen möglich, wobei erstere die Spiele aller ihrer Patienten/Patienten sehen und zweitere nur ihre eigenen. Bei der Auflistung können wieder Details geöffnet werden, wo unterschiedliche Informationen wie die Spieleinstellungen und der Bewegungsverlauf angezeigt werden. Zusätzlich können auch Kommentare verfasst werden. Der letzte Anwendungsfall ist das Spielen eines Serious Games. Dies ist auch für den/die Physiotherapeuten/in möglich, da dieser/diese auch die Möglichkeit zum Testen der Spiele haben muss. Bevor ein Spiel gestartet wird, gibt es noch eine Auswahl wo der/die Benutzer/in eines der konfigurierten Spiele auswählen muss. Nach Beendigung eines Spiels kann anschließend Feedback über das subjektive Empfinden gegeben werden. Wird die Spiele-Seite jedoch auf einem Smartphone aufgerufen, dann wird kein Spiel geladen, sondern es wird der Verbindungsstatus zum Sensor-Server angezeigt und die Sensor-Daten des Smartphones werden an den Server gesendet.

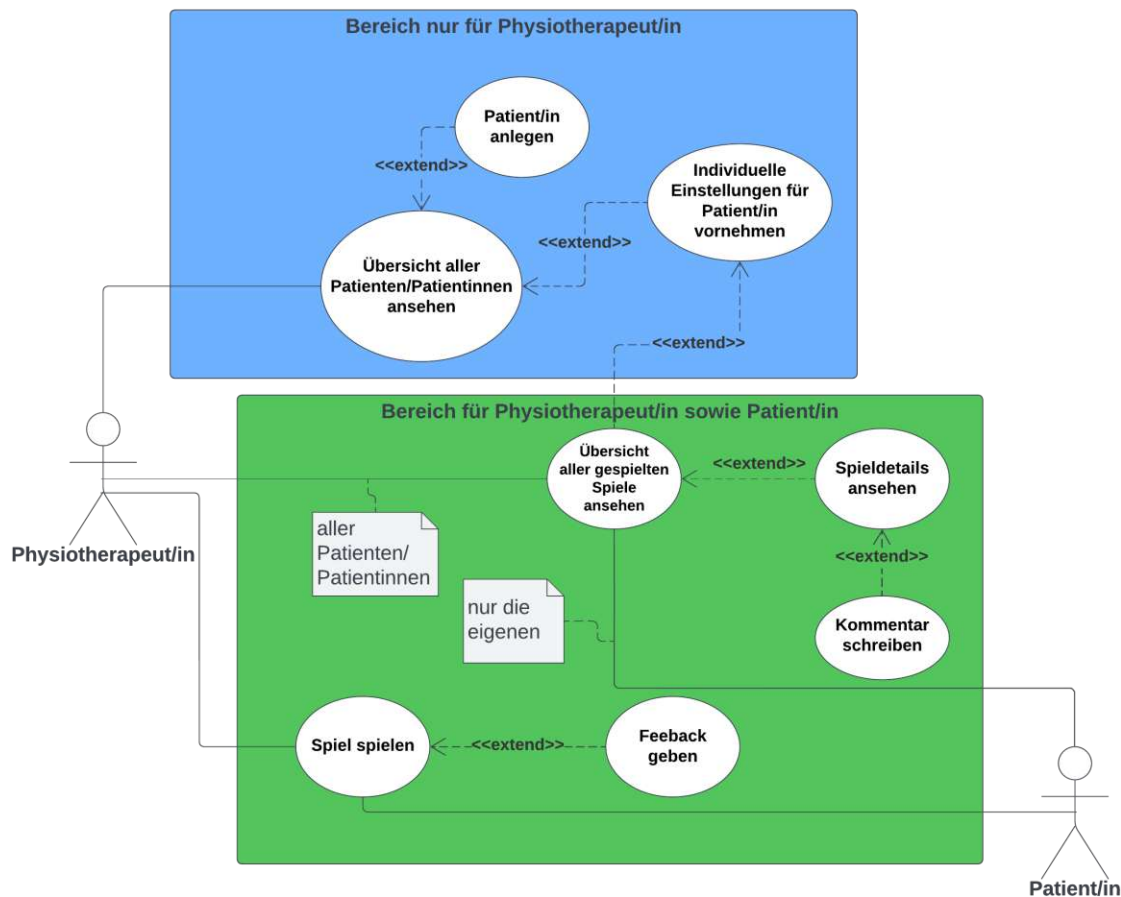


Abbildung 5.2: Anwendungsfall Diagramm der Web-App

5.2.1 Sensorik

Für die vorangegangene Bachelorarbeit wurde der MetaMotionR Sensor 5.3 von Mbi-entLab verwendet um das Spiel zu steuern. Bei der Umsetzung des Prototypen und dem Verfassen dieser Arbeit ist jedoch ein essenzieller Bestandteil, dass ein Smartphone anstatt des MetaMotionR als Sensor verwendet wird. Es wurde sich bewusst gegen den MetaMotion-Sensor entschieden, da mit der Verwendung eines Smartphones die Zugänglichkeit zur Plattform und den Serious Games erhöht werden soll. Ein zusätzlicher Sensor müsste wieder extra angeschafft werden und ist auch mit höheren Kosten verbunden. Smartphones sind heutzutage schon Bestandteil eines jeden Haushalts, somit entsteht kein Mehraufwand durch die Anschaffung eines Sensors und eine potentielle Hürde wird im vorhinein beseitigt. Im folgenden werden kurz die Unterschiede zwischen dem MetaMotionR Sensor und der Sensorik in einem Smartphone dargestellt. Der MetaMotionR ist eigentlich kein einzelner Sensor, sondern eine Kombination aus vielen verschiedenen Sensoren wie: Gyroskop, Beschleunigungssensor, Magnetometer, Barometer, Temperatursensor, Feuchtigkeitssensor, und Umgebungslichtsensor. Die für



Abbildung 5.3: MetaMotionR

die Serious Games relevanten Sensoren sind jedoch nur der Beschleunigungssensor und das Gyroskop. Diese beiden Sensoren sind auch in einem Smartphone verbaut, deshalb liefert der MetaMotionR hier keinen Mehrwert. Ein weiterer Vorteil mit dem Smartphone ist, dass die Bluetooth-Kommunikation mit dem Sensor wegfällt. Somit lässt sich sagen, dass die Verwendung eines Smartphones keine Nachteile hat, sondern sogar Vorteile bringt. [64]

5.3 Iteration 1 - Prototyp

Diese Iteration schließt direkt an die vorangegangenen Interviews und den daraus resultierenden Anforderungen an. In den folgenden beiden Abschnitten wird detailliert auf die Umsetzung der einzelnen Anwendungsfälle und die Integration des bestehenden Spieles eingegangen. Ein essenzieller Bestandteil bei der Einbindung der Spiele ist die Umsetzung der Steuerung mittels eines Smartphones. Weiters ist es wichtig, dass die spezifizierten Anforderungen in einem ersten Prototypen implementiert werden, da dadurch im Rahmen des iterativen Prozesses Feedback eingeholt werden kann und die Anforderungen gegebenenfalls überarbeitet werden können. Somit bildet dieser Schritt die Grundlage zur Beantwortung der Forschungsfragen. Bezieht sich in den anschließenden Kapiteln eine Implementierung/Beschreibung auf eine definierte Anforderung aus der Tabelle 5.3, dann wird die Anforderungsnummer in Klammern angegeben.

5.3.1 Umsetzung

Sobald sich ein/e Physiotherapeut/in eingeloggt hat, wird die Patienten-/Patientinnen-Übersicht als Startseite angezeigt (siehe Abbildung 5.4). Diese Seite wird von den

Physiotherapeuten/Physiotherapeutinnen als Userverwaltung verwendet. Wichtig hierbei ist, dass wirklich nur die Patienten/Patientinnen angezeigt werden, die zu dem/der jeweiligen Physiotherapeuten/Physiotherapeutin gehören. Somit ist sichergestellt, dass keine fremden Daten offenbart werden. Wird ein/e weiterer/weitere Patient/Patientin benötigt, so kann dieser/diese einfach über den Button im rechten oberen Eck der Übersicht angelegt werden. Danach öffnet sich eine Seite, auf welcher der Vor- und Nachname und die E-Mail Adresse eingetragen werden müssen (siehe Abbildung 5.5). Sobald der Vorgang abgeschlossen ist, erhält die Person eine E-Mail mit einem temporären Passwort. Mit diesem kann sie sich das erste Mal anmelden und muss dann ein eigenes Passwort eintragen.

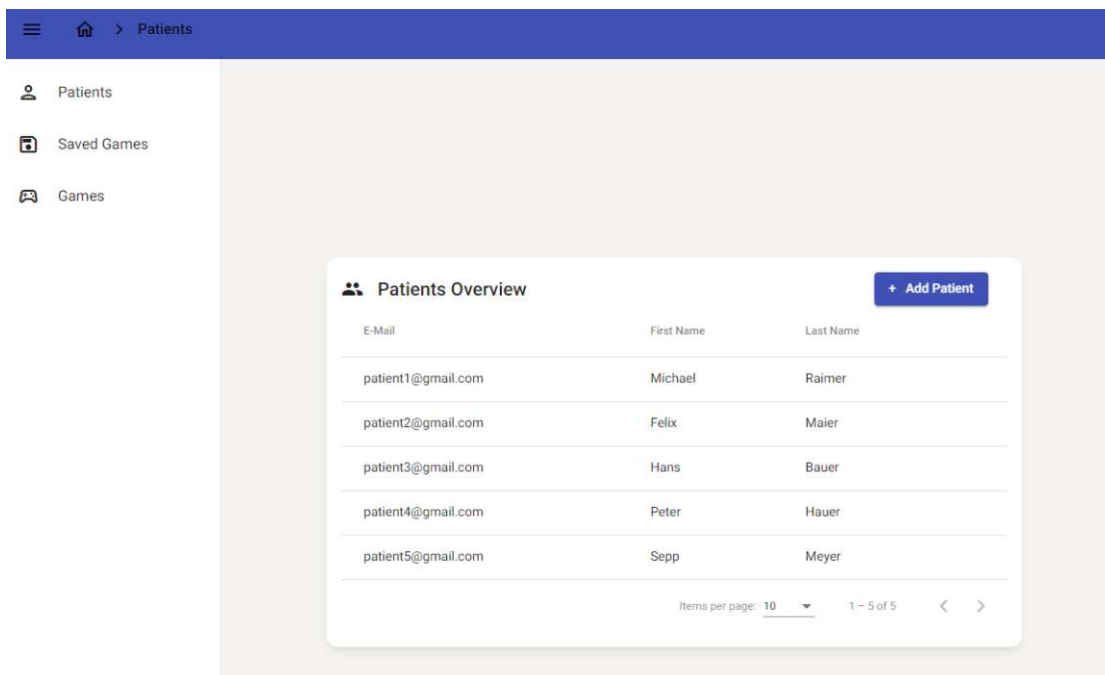


Abbildung 5.4: Patienten-/Patientinnen-Übersicht

Um Einstellungen an einem/einer Benutzer/in festlegen zu können, muss lediglich auf den/die entsprechende/n Benutzer/in geklickt werden und die Detailseite öffnet sich. Alle Seiten auf der Web-App sind mittels Kartenansicht in einen oder mehrere Bereiche unterteilt. Die Detailansicht eines/einer Patienten/Patientin besteht aus drei Bereichen, wobei der oberste Bereich die grundlegenden Informationen über den/die Patient/in darstellt (siehe 5.6). Hierbei hat der/die Physiotherapeut/in auch die Möglichkeit Notizen (A.14) einzutragen, die der/die Patient/in nicht sehen kann. Unterhalb dieser Ansicht befinden sich die Einstellungsmöglichkeiten. Je nachdem welches Serious Game ausgewählt wurde, können unterschiedliche Parameter (A.01, A.03, A.05 - A.07) festgelegt werden (siehe Abbildung 5.7). In diesem Fall wurde das Spiel *Plane* ausgewählt und dabei kann der Bewegungsradius, die Geschwindigkeit des Spielers und der Vögel (Gegner)

Abbildung 5.5: Hinzufügen eines/einer Patienten/Patientin

Abbildung 5.6: Detailseite Patient/in - grundlegende Informationen

und das Intervall der Vögel und der Power-Ups eingestellt werden. Zusätzlich muss bei jedem Spiel die Checkbox angehakt werden, um zu erlauben, dass dieser/diese Patient/in dieses Spiel spielen darf. Mit der zweiten Checkbox kann eingestellt werden, ob der/die Patient/in die Einstellungen verändern darf oder nicht (A.8). Dies ermöglicht es, wie von den Physiotherapeuten gewünscht, dass die Einstellungen individuell konfiguriert werden können. Der letzte Bereich auf dieser Seite beinhaltet alle gespielten Spiele der ausgewählten Person (siehe Abbildung 5.8).

Wie bei den Abbildungen 5.4 und 5.5 zu sehen ist, gibt es einen seitlichen Navigationsbereich, welcher sich auch verkleinern lässt und eine Menüleiste welche sich immer ganz oben am Bildschirm befindet. Diese Navigationsmöglichkeiten ziehen sich durch die ganze Anwendung. Bei der seitlichen Navigation kann zwischen den Hauptseiten (Übersicht Patienten/Patientinnen, Übersicht gespielter Spiele und Spiel spielen) gewechselt werden.

Game Settings

Here you can configure the game settings for the given patient. Please save the settings before you select another game.

Game
Plane ✓ Enabled Lock settings

Range Of Motion Minimum *
-25

Range Of Motion Maximum *
35

Player Speed: 1 ————— 400 (213)

Bird Speed: 1 ————— 500 (97)

Bird Interval: 1 ————— 10 (5)

Power Up Interval: 1 ————— 10 (10)

Games per Day: 0 ————— 20 (8)

Save

Abbildung 5.7: Detailseite Patient/in - Spieleinstellungen

Played Games

Game	User	Saved At
Plane	patient3@gmail.com	Oct 13, 2022, 1:11:53 PM
Plane	patient3@gmail.com	Oct 12, 2022, 3:12:53 PM
Plane	patient3@gmail.com	Oct 5, 2022, 6:05:02 PM

Items per page: 5 1 - 3 of 3 < >

Abbildung 5.8: Detailseite Patient/in - gespielte Spiele

Mittels der Navigation in der Menüleiste kann zu der generellen Startseite gewechselt werden und einen oder mehrere Schritte zurück navigiert werden, sofern es auf der Seite eine Navigation mit mehreren Ebenen gibt. In der Abbildung 5.9 ist ein Screenflow Diagramm abgebildet, welches die verschiedenen Möglichkeiten zur Navigation noch einmal grafisch darstellt. Die nächste Hauptseite ist die Übersicht der gespielten Spiele (siehe Abbildung 5.8). Für Physiotherapeuten/Physiotherapeutinnen werden alle Spiele ihrer

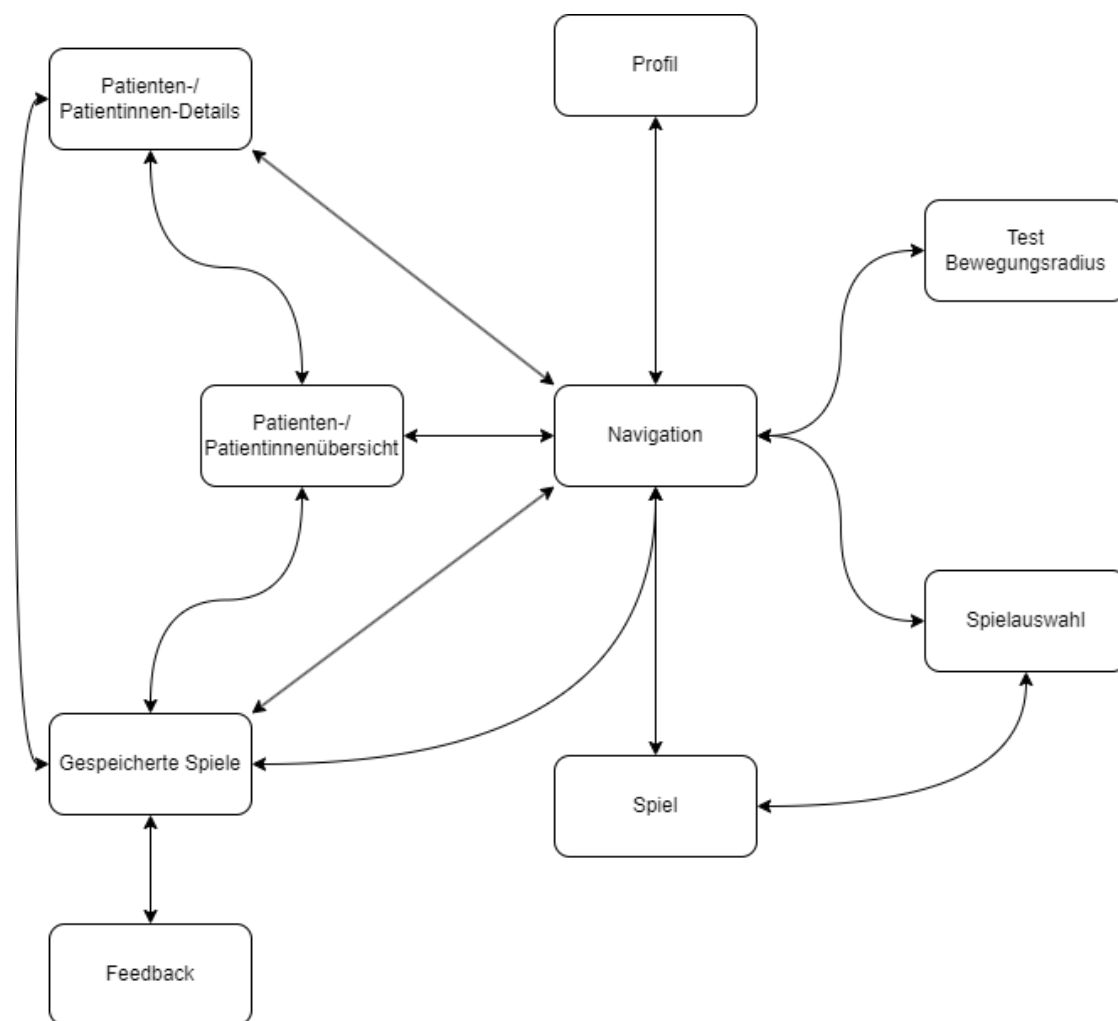


Abbildung 5.9: Screenflow Diagramm

Patienten/Patientinnen angezeigt (A.09), für Patienten/Patientinnen nur die eigenen. Außerdem wird der Username ausgeblendet bei der Anzeige der eigenen Spiele. Bei dieser Tabelle ist es ebenso, dass wenn auf einen Eintrag geklickt wird, sich die Detailansicht öffnet. Diese besteht wiederum aus mehreren Bereichen. Der oberste davon beinhaltet einen Graphen (A.02, A.10), welcher die aufgezeichnete Bewegung des Smartphonesensors während des Spieles widerspiegelt (siehe Abbildung 5.10). Dieser Graph kann, per Klick auf den Button im rechten oberen Eck, vergrößert werden und es besteht auch die Möglichkeit zu zoomen und ihn zu verschieben. Für die Darstellung des Bewegungsverlaufes wurde ein Liniendiagramm ausgewählt, da die Bewegungen beziehungsweise Richtungswechsel damit einfach und schnell zu erkennen sind. Zusätzlich dazu werden im Graphen auch noch jeweils eine grüne Linie für das Minimum und Maximum des eingestellten Bewegungsradius angezeigt. Wird die Maus auf eine der Linien gehalten, wird auch der

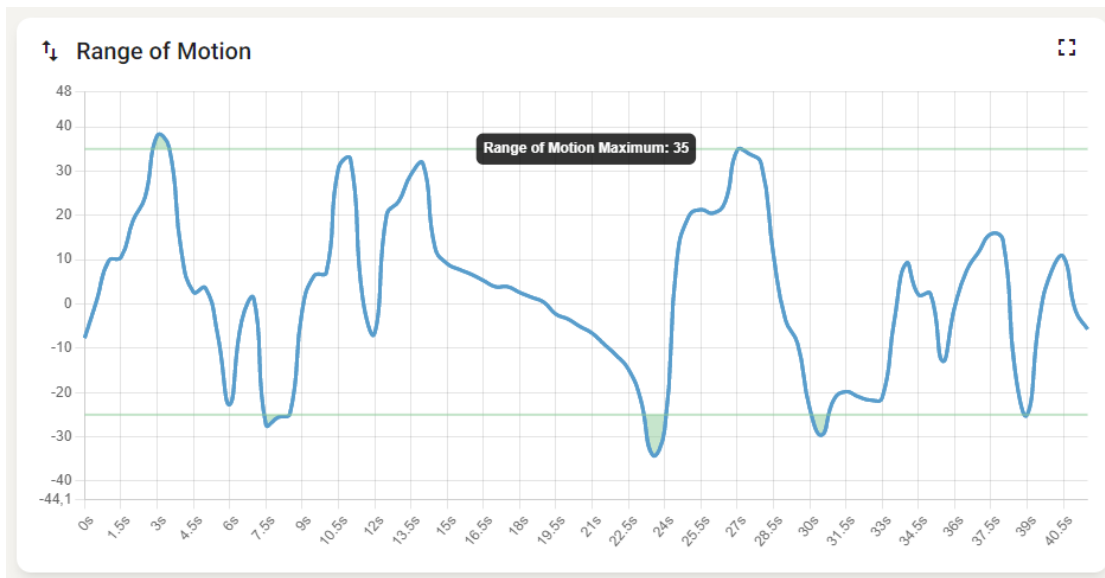


Abbildung 5.10: Gespeichertes Spiel - Bewegungsradius

entsprechende Wert angezeigt. Kommt ein/e Spieler/in mit der Bewegung über/unter die Begrenzungen, dann wird dieser Bereich grün gekennzeichnet. Somit können die Physiotherapeuten/Physiotherapeutinnen eine Steigerung des/der Patienten/Patientin erkennen bzw. ob der Bewegungsradius angepasst werden muss. Dies soll als Erleichterung für den/die Physiotherapeuten/Physiotherapeutin dienen.

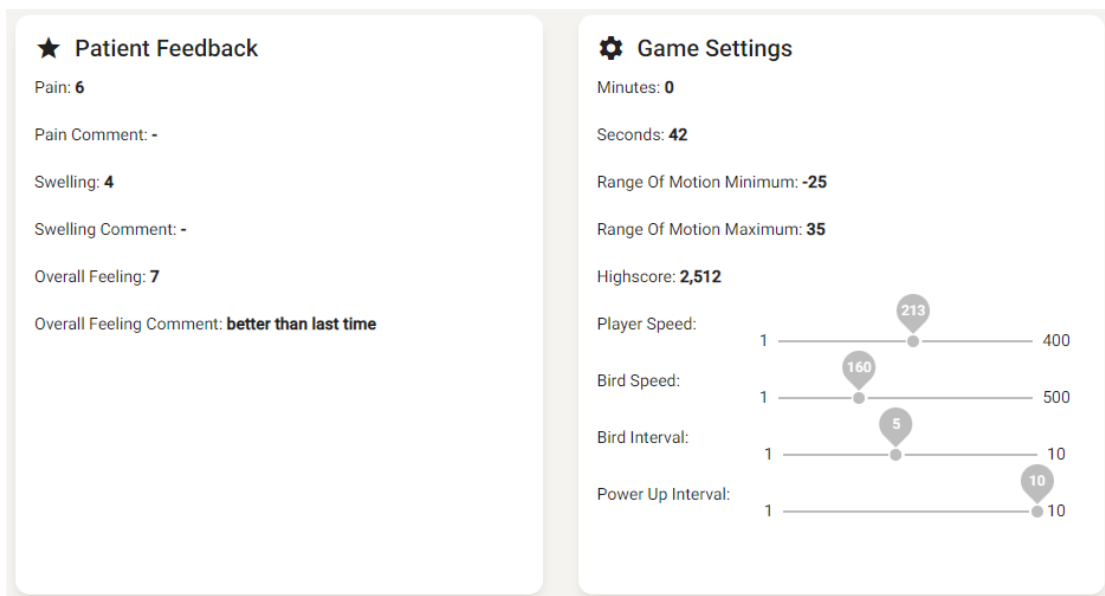


Abbildung 5.11: Gespeichertes Spiel - Feedback & Einstellungen

Unterhalb des Graphen befinden sich zwei Bereiche die nebeneinander angeordnet sind (siehe Abbildung 5.11). Der linke davon, listet die Informationen aus dem Feedback des/der Patienten/Patientin auf. Ist kein Feedback vorhanden, wird dem/der Physiotherapeuten/Physiotherapeutin eine entsprechende Meldung angezeigt. Für den/die Patienten/Patientin wird ein Button angezeigt, mit dem sich ein Pop-Up öffnet um das Feedback auszufüllen (A.12). Das Pop-Up mit dem Feedback-Formular ist in der Abbildung 5.12 zu sehen. Für die Werte Schmerz, Schwellung und insgesamt Empfinden können jeweils Werte einer Skala von eins bis zehn ausgewählt werden. Zusätzlich gibt es bei jedem Wert noch eine Text-Box, falls der/die Patient/in etwas anmerken will. Der Bereich auf der rechten Seite neben dem Feedback stellt alle Einstellungen (A.11), welche während des Spielens eingestellt waren, dar und liefert noch zusätzliche Informationen wie die Spieldauer oder den Highscore (A.04). Der letzte Abschnitt auf dieser Seite beinhaltet eine Kommentarfunktion (A.13, siehe Abbildung 5.13). Diese können sowohl Physiotherapeut/Physiotherapeutin als auch Patient/Patientin benutzen und es gibt keine Begrenzung wie viele Kommentare geschrieben werden können.

★ **Session Feedback**

Pain *

Tap to rate here... ▼

Other (describe)

Swelling *

Tap to rate here... ▼

Other (describe)

Overall Feeling *

Tap to rate here... ▼

Other (describe)

Close Complete

Abbildung 5.12: Gespeichertes Spiel - Feedback Formular

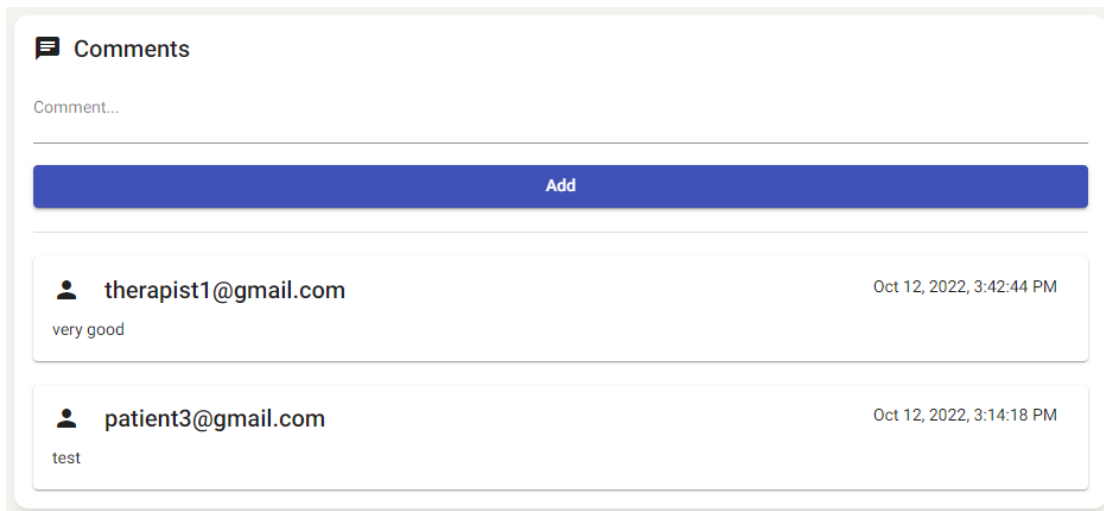


Abbildung 5.13: Gespeichertes Spiel - Kommentare

Die letzte Hauptseite, die ebenfalls für Patienten/Patientinnen und Physiotherapeuten/-Physiotherapeutinnen zugänglich ist, ist die Spiele-Seite. Hierbei wird als erstes eine Übersicht aller Spiele, die für den jeweiligen Account aktiviert sind, angezeigt (siehe Abbildung 5.14). Aus diesen Spielen kann dann das Spiel ausgewählt werden, welches gespielt werden soll. Nach der Auswahl lädt das Spiel und darüber wird der Verbindungsstatus mit dem Sensor-Server und dem Smartphone angezeigt (siehe Abbildung 5.15). Auf dem Smartphone wird lediglich der Verbindungsstatus angezeigt, da von diesem nur die Sensordaten gesendet werden. Mittels der zwei Buttons kann die Verbindung getrennt und wieder aufgebaut werden, sofern es Verbindungsprobleme gibt.

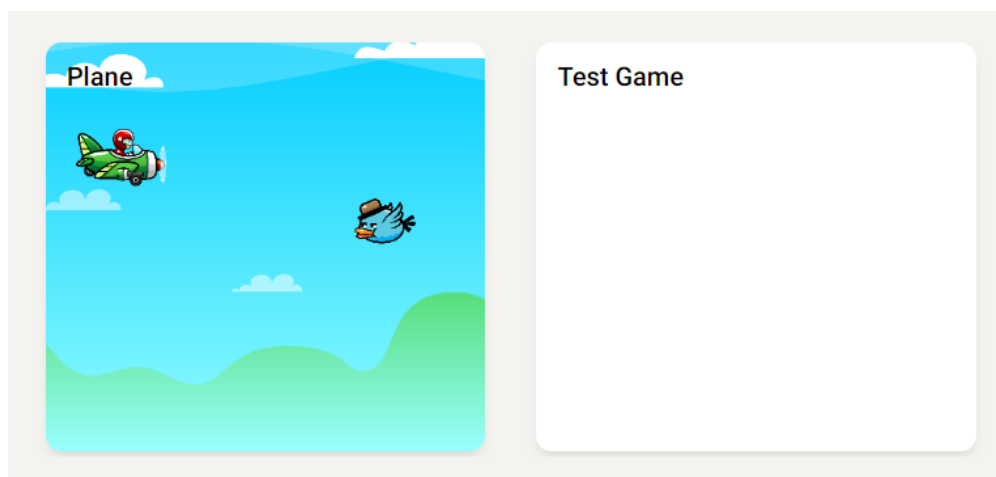


Abbildung 5.14: Übersicht Spielauswahl

Die Statusanzeige inklusive Sensordaten-Anzeige wurde in der ersten Iteration so belassen um den Physiotherapeuten die Funktionsweise besser demonstrieren zu können. In der zweiten Iteration wird diese Anzeige verbessert, um eine Verwirrung der Patienten/Patientinnen zu vermeiden. Ein Spiel kann jedoch erst gestartet werden, sobald die Web-App mit einem zweiten Gerät (z.B.: Smartphone) geöffnet ist. Das zweite Gerät muss außerdem einen Bewegungssensor besitzen, welcher ausgelesen werden kann und diese Daten an den Sensor-Server sendet. Die Implementierung wurde so gewählt, damit es nicht möglich ist ein Spiel zu starten, ohne dass alle notwendigen Verbindungen aufgebaut worden sind, da dies oftmals mehrere Sekunden dauern kann. Würde ein Spiel ohne Sensorverbindung gestartet werden, dann funktioniert die Steuerung nicht und das Spielergebn wird verfälscht.

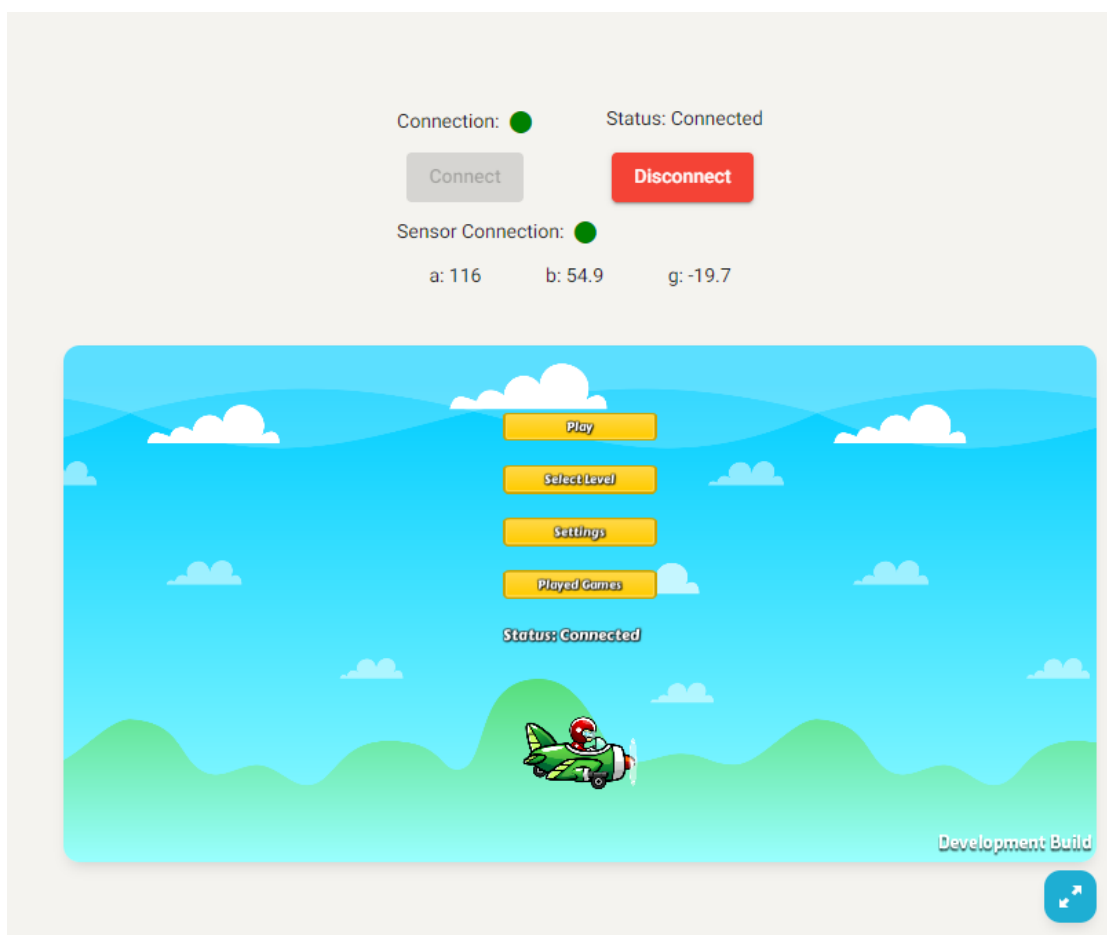
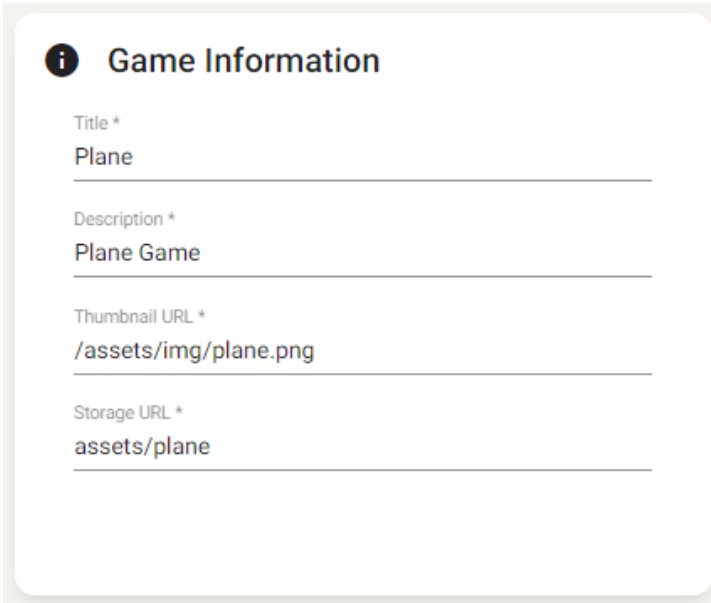


Abbildung 5.15: Spielübersicht

5.3.2 Serious Game Integration

Für die Integration des bestehenden Serious Games waren mehrere Schritte notwendig. Zu aller erst musste sicher gestellt werden, dass die Sensorinformationen des Smartphones zu dem Spiel gelangen. Dazu wurde der bereits erwähnte Sensor-Server implementiert. Die Anwendung, welche am Smartphone läuft, eröffnet eine Socket-Verbindung zu dem Server und sendet durchgehend die aktuellen Sensordaten, solange die Verbindung besteht. Auf der anderen Seite verbindet sich das Gerät, auf dem das Spiel gestartet wurde, ebenfalls mittels Socket-Verbindung mit dem Sensor-Server und empfängt alle Sensordaten. Diese Sensordaten werden dann an das Serious Game, welches als WebGL Anwendung im Browser läuft, weitergeleitet.



The image shows a form titled "Game Information" with an information icon (i) in a circle. It contains four input fields, each with a label and an asterisk indicating it is required:

- Title ***: The value entered is "Plane".
- Description ***: The value entered is "Plane Game".
- Thumbnail URL ***: The value entered is "/assets/img/plane.png".
- Storage URL ***: The value entered is "assets/plane".

Abbildung 5.16: Metadaten Serious Game

Zusätzlich wurde noch eine Seite für die Web-App entwickelt, um die unterschiedlichen Serious Games verwalten zu können. Somit können neue Spiele ganz einfach hinzugefügt und Konfigurationen für bestehende Spiele geändert werden. Diese Seite ist nur für einen Administrator zugänglich, nicht jedoch für Physiotherapeuten/Physiotherapeutinnen oder Patienten/Patientinnen. Dies ermöglicht es die Metadaten, also den Titel, die Beschreibung, die URL zu dem Thumbnail und den Pfad zu dem Spiel festzulegen (siehe Abbildung 5.16). Die Spielinformationen des Spiels werden mittel JSON übertragen, deshalb kann ein Mapping festgelegt werden, wo der Feld-Name von einem JSON-Attribut auf einen Titel gemappt wird. Zusätzlich kann eingestellt werden, ob dieser Wert in den Einstellungen von einem/einer Physiotherapeuten/Physiotherapeutin verändert werden darf und in welchem Bereich die Werte sein müssen (siehe Abbildung 5.17). Somit ist

dies sehr generisch gehalten und es ist sichergestellt, dass unterschiedliche Serious Games, mit verschiedenen Variablen und Einstellungsmöglichkeiten, unterstützt werden. Diese Umsetzung ermöglicht es in Zukunft auch weitere Spiele hinzuzufügen, ohne das an der Web-App Änderungen vorgenommen werden müssen.

Configurable Variables

Highscore	highscore	▼
Player Speed	planeSpeed	✎ ▼
Bird Speed	birdSpeed	✎ ▼
Bird Interval	birdInterval	✎ ▼
Power Up Interval	powerUpInterval	✎ ▲
<p>Field Title * Power Up Interval</p> <p>Data Type Range ▼</p> <p>Minimum * 1</p> <p>Field Name * powerUpInterval</p> <p>Configurable <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>Maximum * 10</p> <p>Remove</p>		
Range Of Motion Minimum	from	✎ ▼
Range Of Motion Maximum	to	✎ ▼
Games per Day	empty	✎ ▼

⊕ ⊞

Abbildung 5.17: Individuelle Variablen-Konfiguration eines Serious Games

Da die Einstellungen für jeden/jede Patienten/Patientin individuell eingestellt und jederzeit verändert werden können, wird bei jedem Spielstart das JSON von der Web-App an das Spiel übermittelt und übernommen. Nach Beendigung einer Spielrunde wiederum werden die entsprechenden Daten als JSON vom Spiel an die Web-App gesendet um dort weiterverarbeitet und gespeichert zu werden. Diese Daten enthalten unter anderem die aktuellen Einstellungen, die Bewegungen (Sensordaten) im Spiel und andere Informationen

zum Spielergebnis. Die WebGL Anwendung läuft zwar innerhalb der Web-App, jedoch als eigenständige Komponente. Deswegen müssen Methoden definiert werden, um die Kommunikation zu ermöglichen. Um vom Serious Game aus Methoden von der Web-App aufrufen zu können, müssen diese in einer *plugin.jslib* Datei definiert werden (siehe Anhang 6.3). Diese muss im Unity-Projekt abgelegt werden und anschließend können diese Methoden vom Spiel aus aufgerufen werden. Die Kommunikation in die umgekehrte Richtung ist einfacher, da nichts extra definiert werden muss. Es muss lediglich die Methode *SendMessage* aufgerufen werden. Dieser Methode wird das entsprechende Unity-Objekt, die Methode die aufgerufen werden soll und der gewünschte Parameter, übergeben. Nachstehend ist die Methoden-Definition ersichtlich:

$$SendMessage(<Unity-Objekt>, <Methoden-Name>, <Parameter>)$$

Die Anforderungen an die Serious Games, welche in die Plattform integriert werden, sind, dass folgende drei Methoden existieren und unterstützt werden: *setSensorStatus*, *setSensorData* und *setSettings*. Mithilfe von *setSensorStatus* wird der Status der Verbindung mit dem Smartphone übermittelt, *setSensorData* sendet die aktuellen Sensordaten an das Spiel und *setSettings* liefert die Einstellungen die angewendet werden sollen.

5.4 Iteration 2 - Serious Game

In der zweiten Iteration wurde ein neues Serious Game entwickelt und in den Prototypen integriert. Sobald die erste Iteration abgeschlossen war, wurde mit einem Physiotherapeuten Kontakt aufgenommen, um gemeinsam ein Konzept für ein weiteres Serious Game zu entwickeln. Die Steuerung des Spiels musste dabei so ausgelegt sein, dass sie, ebenso wie beim ersten Spiel, mittels Smartphone erfolgen kann. Da die Plattform dafür vorgesehen ist, mehrere Spiele zu unterstützen, ist ein weiteres Spiel ein wichtiger Schritt, um die Integration dieser Serious Games zu testen. Essenziell ist dies auch für die Beantwortung der dritten Forschungsfrage, da somit die Interoperabilität zwischen der Plattform und den Serious Games festgestellt werden kann.

Die Umsetzung des zweiten Serious Games erfolgte in Zusammenarbeit mit dem Physiotherapeuten (TN2), mit dem das zweite Interview geführt wurde. Dieser hatte während dem Interview schon eine Idee für ein weiteres Spiel. Da mit dem bereits vorhandenen Serious Game die Dorsalextension und die Plantarflexion (siehe Abbildung 2.4 und 2.5) als Bewegungen abgedeckt werden, würde er es gut finden, wenn das zweite Spiel die Inversion und Eversion abdeckt. Dabei handelt es sich um die Innen- und Außenrotation des Fußes (siehe Abbildung 5.18). Weitere neue Anforderungen werden von ihm nicht genannt und er meint, dass es gut wäre, wenn das Spiel ähnlich wie das bereits vorhandene aufgebaut ist. Zum einen findet er das vorhandene Spiel sehr gut umgesetzt und zum anderen müssen sich die Patienten/Patientinnen somit nicht an völlig unterschiedliche Spiele gewöhnen. Dies könnte vor allem älteren und nicht computeraffinen Menschen entgegenkommen.



Abbildung 5.18: Inversion und Eversion [65]

Mit diesen Informationen wurde ein erstes Spielkonzept entworfen, welches dem Physiotherapeuten vor der Implementierung noch einmal präsentiert wurde. Der Aufbau und das Design des Menüs und der Einstellungsmöglichkeiten wurden dabei vom ersten Spiel übernommen, lediglich das grundlegende Spiel unterscheidet sich. Das Spielprinzip ist zwar wieder das Gleiche, der/die Patient/in muss ein Flugobjekt (Raumschiff) steuern und Gegnern (Meteoriten) ausweichen. Der Unterschied ist jedoch, dass die Steuerung dieses Mal horizontal erfolgt und nicht so wie beim ersten Serious Game vertikal. In der Abbildung 5.19 ist die erstellte Grafik mit dem Spielkonzept zu sehen, die dem Physiotherapeuten gezeigt wurde. Im Großen und Ganzen entsprach das Konzept seinen Vorstellungen, er hatte nur eine Anmerkung. Die Gegner sollen größer sein, damit das Ausweichen nicht so einfach ist. Dies brachte ihn auf die Idee, dass es vermutlich am Besten ist, wenn die Größe der Gegner und des Flugobjektes auch von dem/der Physiotherapeuten/Physiotherapeutin einstellbar ist. Somit kann die Spielschwierigkeit noch besser an den/die Patienten/Patientin angepasst werden.

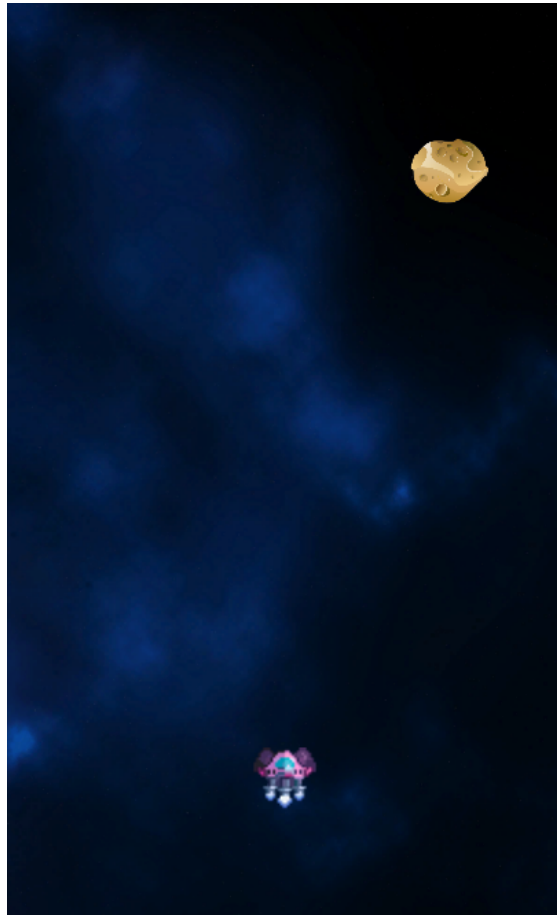


Abbildung 5.19: Spielkonzept

Das Spielkonzept wurde anschließend genau so, wie besprochen, umgesetzt und ist vom Aufbau und Aussehen her ziemlich ähnlich zum ersten Spiel. Es wurde jedoch nur ein Level entwickelt und die Power-Ups sind auch weg gelassen worden. Im Gegensatz zum bereits vorhandenen Spiel können bei dem neuen Spiel jedoch die Größe der Gegner und der Spielfigur eingestellt werden, welches eine neue Einstellungsmöglichkeit ist. Dies bietet eine weitere Möglichkeit um die Spielschwierigkeit zu verfeinern. In den Abbildungen 5.20 und 5.21 sind die beiden Serious Games während dem Spielen zu sehen. Auf der linken Seite ist das bestehende Serious Game, welches angepasst wurde, zu sehen und auf der rechten Seite befindet sich das neu entwickelte Spiel. Somit wird noch einmal der Unterschied der Spielausrichtungen, Steuerung und unterschiedlichen Fußbewegungen, die dafür benötigt werden, verdeutlicht. Weiters sind die Möglichkeiten für die Größenänderung des Raumschiffs und der Meteoriten gut dargestellt. In diesem Fall sind die Meteoriten auf die Maximalgröße und das Raumschiff auf die Minimalgröße eingestellt.

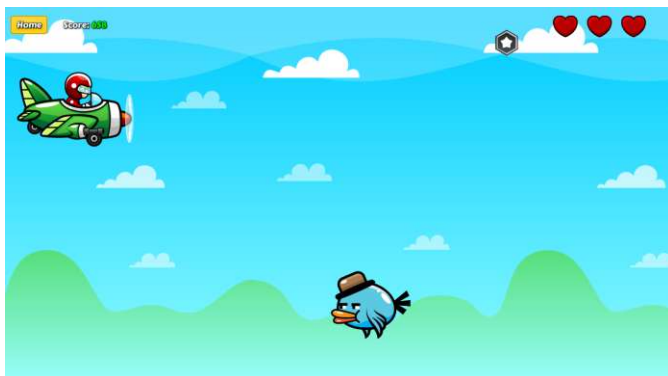


Abbildung 5.20: Bestehendes Serious Games



Abbildung 5.21: Neu entwickeltes Serious Games

5.5 Iteration 3 - Verfeinerung

Im Zuge der dritten Iteration wurde der vorhandene Prototyp aus der ersten Iteration inklusive dem Serious Game aus der zweiten Iteration den Physiotherapeuten TN1 und TN2 vorgeführt, um von ihnen Feedback für eine Verfeinerung des Prototypen zu erhalten. Diese neu gewonnenen Informationen, Änderungswünsche und Anmerkungen wurden analysiert und im Rahmen der zweiten Version des Prototypen umgesetzt. Der daraus resultierende Prototyp diente anschließend als Grundlage für die finale Evaluierung. Dieser Schritt war sehr wichtig um potentielle Fehler zu beheben und Funktionen zu verbessern, damit in der abschließenden Iteration ein qualitativ hochwertiges System für die Evaluierung zur Verfügung steht. Die Präsentation erfolgte Vorort bei den Physiotherapeuten und ihnen wurden alle Funktionen und Einstellungsmöglichkeiten erklärt. Danach hatten sie Zeit selbst einen Account anzulegen und alles auszutesten. Somit hatten sie auch die Möglichkeit die Plattform alleine für zwei Wochen zu testen. Die Abgabe des Feedbacks erfolgte abschließend mündlich.

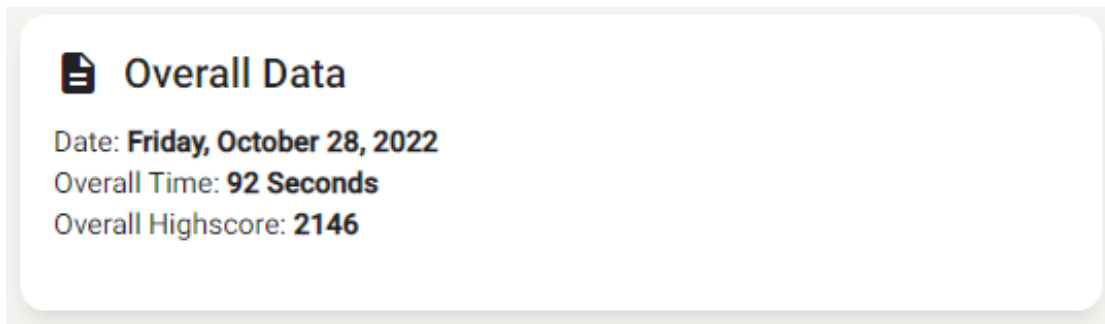


Abbildung 5.22: Zusammengefasste Daten aller Spiele



Abbildung 5.23: Tabs der gespielten Spiele

Ein Punkt der von beiden Physiotherapeuten angemerkt wurde, ist, dass die gespielten Spiele eines/einer Patienten/Patientin gruppiert werden sollen, da die Liste ansonsten zu unübersichtlich wird. Deshalb wurde beschlossen, dass die Informationen von einem Tag zu einer Spielesitzung zusammengefasst und in den Details die unterschiedlichen gespielten Spiele betrachtet werden können. Deshalb hat sich der Aufbau der Spieledetail-Seite auch ein wenig geändert. Ganz oben befinden sich nun zwei Bereiche nebeneinander. Auf der linken Seite ist der neu hinzugekommene Bereich, welcher Gesamtinformationen

(Highscore, Spielzeit) über alle gespielten Spiele dieses Tages anzeigt (siehe Abbildung 5.22). Auf der rechten Seite befindet sich der Bereich mit den Feedback-Informationen. Das Feedback bezieht sich dabei auf alle gespielten Spiele eines Tages und nicht auf ein spezifisches Spiel. Darunter ist der Bereich in voller Breite mit dem Diagramm des Bewegungsradius und unter diesem ist ebenfalls in voller Breite der Bereich der Spielestellungen. Da nun aber die Informationen von allen gespielten Spielen eines Tages angezeigt werden sollen, wurden für diese zwei Bereiche Tabs implementiert (siehe 5.23). Ein Tab steht somit für ein gespieltes Spiel und wird ein Tab in einem Bereich gewechselt, wechselt er in dem anderen Bereich automatisch mit.

Eine weitere wichtige Anmerkung ist von TN1 gekommen. Dieser meint, dass es wichtig wäre die neutrale Position vor jedem Spielstart zu ermitteln. Das heißt, der/die Patient/in muss den Fuß, mit den befestigten Smartphone, in die neutrale Ausgangsposition bringen und diese soll als Grundlage für die Steuerung dienen. Dies hat den Nutzen, dass in der Praxis das Smartphone vermutlich nicht immer gleich beziehungsweise perfekt am Fuß befestigt wird und die Ausgangslagen somit von Spiel zu Spiel unterschiedlich sein können. Damit die Winkel und der Bewegungsradius richtig gemessen und dargestellt werden können soll die neutrale Position herangezogen werden. Deshalb öffnet sich vor jedem Laden eines Spieles ein Pop-Up, bei dem der/die Patient/in aufgefordert wird die neutrale Position einzunehmen. Zu dem Zeitpunkt, in dem auf den Ok-Button geklickt wird, werden die Sensordaten herangezogen und als neutrale Position festgelegt.



Abbildung 5.24: Testseite Bewegungsradius

Zusätzlich dazu wurde eine neue Seite “Bewegungsradius” erstellt, bei der die Steuerung mittels Smartphone getestet und der Bewegungsradius (Minimum, Maximum und aktueller Wert) gemessen werden können (siehe Abbildung 5.24). Mittels “Reset” Button können alle Werte zurückgesetzt werden und mittels “Neutrale Position festlegen” Button

kann die neutrale Position erneut kalibriert werden. Optional ist es auch Möglich die aktuellen Werte mittels “Werte verwenden” Button für ein Spiel zu konfigurieren. Mit einem Klick auf den Button öffnet sich ein Pop-Up, bei dem das entsprechende Spiel ausgewählt werden muss und die zu speichernden Werte noch einmal angezeigt werden. Ebenfalls in der Abbildung zu sehen ist der neu hinzugefügte QR-Code. Dieser kann mit dem Smartphone gescannt werden um damit die Website zu öffnen. Dies soll dazu dienen den Verbindungsprozess zu vereinfachen.

Von TN2 kam die Frage, ob es möglich wäre, dass die Einstellungsmöglichkeiten direkt in den Spielen entfernt werden und nur über die Plattform einstellbar sind. Hierbei bezog er sich, wie bereits bei der zweiten Iteration, auf die Begründung, dass die Oberfläche für die Einstellungen dann für jedes Spiel gleich sind und es somit weniger Möglichkeiten für potentielle Verwirrung der Patienten/Patientinnen gibt. Weiters findet er es besser, wenn der/die Patient/in in der Spieleoberfläche nicht so viele Interaktionsmöglichkeiten besitzt, um den Fokus auf das Spiel zu lenken. Um dies umzusetzen, wurde eine Profil Seite angelegt. Diese ist über die Navigation oder über das Profil-Icon in der Menü-Leiste erreichbar. Diese Seite ist genau gleich aufgebaut, wie die Detail-Seite eines/einer Patienten/Patientin (siehe Abbildung 5.7). Somit besteht für die Physiotherapeuten/Physiotherapeutinnen auch die Möglichkeit die Einstellungen für sich selbst zu ändern, um die Spiele zu testen und die Patienten/Patientinnen haben die Möglichkeit die Einstellungen bei den Spielen zu ändern, bei denen es der/die Physiotherapeut/in erlaubt.

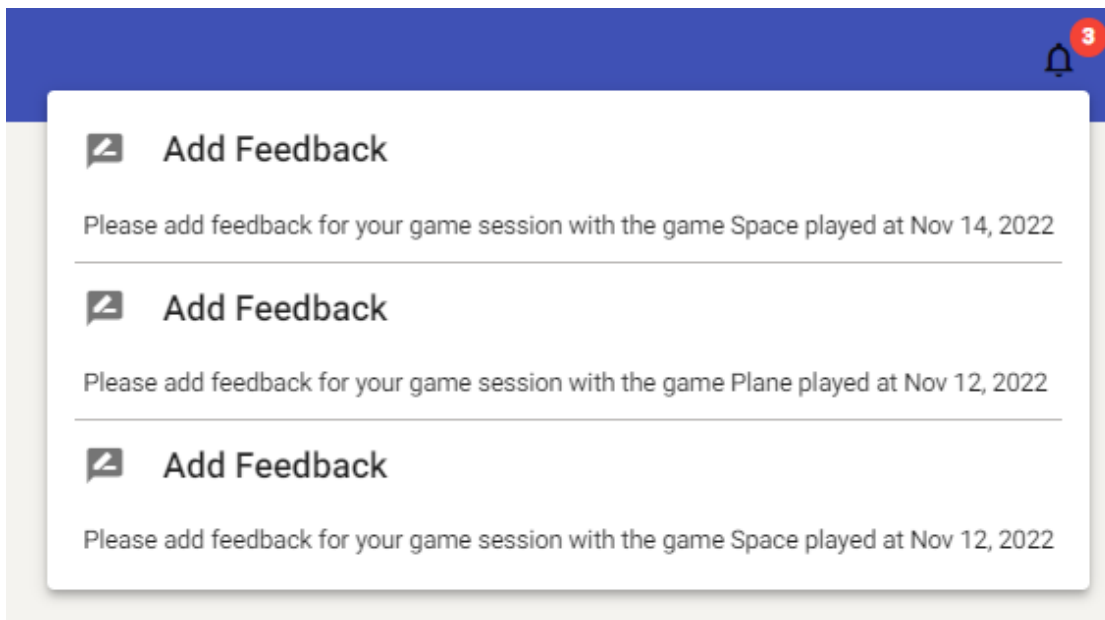


Abbildung 5.25: Feedback Benachrichtigungen

Der letzte Punkt der angemerkt wurde, kam von TN1. Es hält es für Notwendig, dass die Patienten/Patientinnen eine Art von Erinnerung erhalten, um das Feedback auszufüllen. Dadurch soll sichergestellt werden, dass dies nicht vergessen wird. In der Implementierung der ersten Iteration müsste der/die Patient/in extra das jeweilige gespeicherte Spiel öffnen um das Feedback zu geben. Mit den Änderungen dieser Iteration wurde neben dem Profil-Icon in der Menüleiste ein weiteres Icon für Erinnerungen beziehungsweise Benachrichtigungen eingeführt (siehe Abbildung 5.25). Bei diesem Icon gibt es eine Anzeige für die Anzahl der Benachrichtigungen und wenn darauf geklickt wird, öffnet sich eine Drop-Down-Liste. Wird ein Eintrag in dieser Liste angeklickt, dann kann das Feedback für eine entsprechende Spielesitzung ausgefüllt werden.

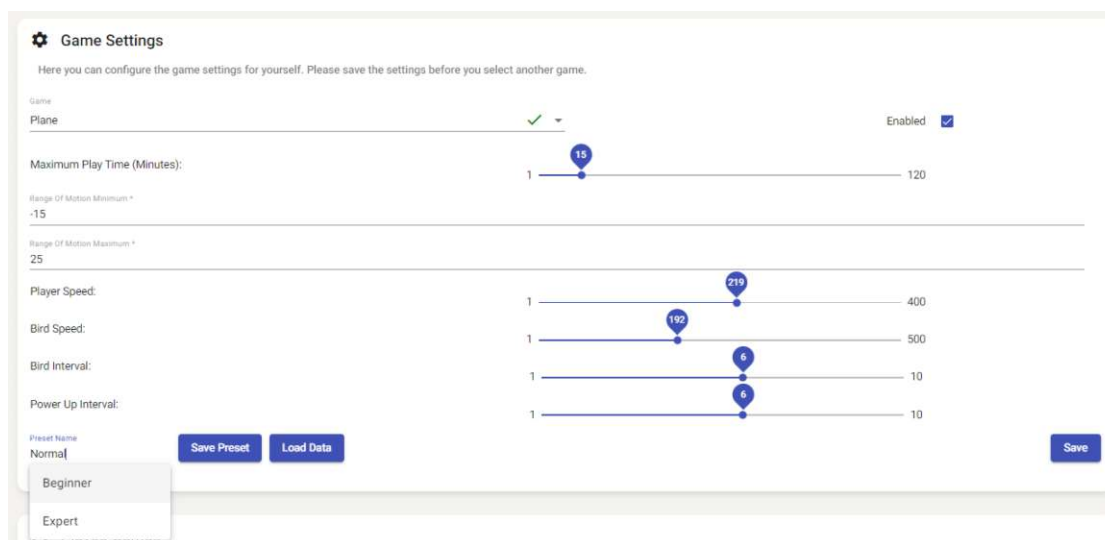


Abbildung 5.26: Gespeicherte Einstellungsmöglichkeiten

Von Rene Baranyi, dem Betreuer dieser Arbeit, gab es auch noch eine nützliche Anmerkung. Dieser meinte, dass es für die Physiotherapeuten/Physiotherapeutinnen nützlich sein könnte, wenn Einstellungen mit einem Namen abgespeichert werden können, um diese später einfach wieder verwenden zu können. Nach kurzer Absprache mit dem Physiotherapeuten TN2, welcher diese Idee sehr begrüßte, wurde diese Funktion ebenfalls noch umgesetzt. Dazu wurde bei den vorhandenen Einstellungsmöglichkeiten eine Auswahlliste mit der Möglichkeit zur Eingabe von Namen hinzugefügt (siehe Abbildung 5.26). Somit kann entweder eine vorhandene Einstellung ausgewählt werden, oder der Name für eine neue Einstellung eingegeben werden. Zusätzlich gibt es einen Button, mit dem eine neue Einstellung gespeichert werden kann und einen Button, welcher die Werte einer ausgewählten Einstellung lädt. Es besteht auch die Möglichkeit die Werte von einer vorhandenen gespeicherten Einstellung wieder zu überschreiben. Im Zuge dieser Änderung wurde im Admin-Bereich für die Spiele-Konfiguration noch ein Feld hinzugefügt, um einen Standardwert anzugeben (siehe Abbildung 5.27). Dies soll dazu dienen,

dass ein Spiel spielbar ist, selbst wenn noch keine Einstellungen vorgenommen wurden. Die Standardwerte werden also nur verwendet, wenn noch kein anderer Wert eingestellt wurde.

Abbildung 5.27: Standardwert festlegen

5.6 Iteration 4 - Evaluierung

Die abschließende Iteration war der wichtigste Schritt, um die Erkenntnisse für die Beantwortung der Forschungsfragen zu gewinnen beziehungsweise um Bestätigung für bereits gewonnene Erkenntnisse zu bekommen. Es erfolgte die Evaluierung des erstellten Prototypen in der ersten Iteration inklusive der Änderungen und Verbesserungen aus der dritten Iteration. Dazu gehört auch das integrierte bestehende Serious Game und das Serious Game, welches in der zweiten Iteration entwickelt wurde.

Die Evaluierung wurde in zwei Bereiche aufgeteilt. Im ersten Schritt wurde eine Evaluierung der Patienten-/Patientinnen-Ansicht mittels ausgewählten Personen aus dem Bekanntenkreis durchgeführt. Anschließend erfolgte die Bewertung der Physiotherapeuten-/Physiotherapeutinnen-Ansicht. Allen Teilnehmern/Teilnehmerinnen wurde zum Abschluss ein Fragebogen zum Ausfüllen übermittelt. Die Auswertung der Patienten-/Patientinnen-Ansicht und der Physiotherapeuten-/Physiotherapeutinnen-Ansicht erfolgte dabei getrennt. Der Fragebogen besteht aus zehn Fragen über die Benutzerfreundlichkeit, wobei die Antwort mittels einer fünfstufigen Skala angegeben wird. Die Fragen wurden dabei aus dem Artikel “SUS: A quick and dirty usability scale” [66] übernommen und ins Deutsche übersetzt. Zusätzlich wurden am Ende der Fragen noch vier Freitextfelder hinzugefügt, damit die Teilnehmer/innen auch noch Anmerkungen machen können. Die Fragen sind alle im Anhang (6.3) aufgelistet.

5.6.1 Evaluierung - Patienten-/Patientinnen-Ansicht

Die Evaluierung der Patienten-/Patientinnen-Ansicht wurde zuerst durchgeführt, um bestehende Probleme und Fehler festzustellen. Weiters konnte somit auch noch erkannt werden, in welchen Bereichen Verbesserungsbedarf bei der Benutzerfreundlichkeit besteht. Ausgewählt wurden sieben Personen aus dem Bekanntenkreis, wobei es vier männliche und drei weibliche Teilnehmer/innen gab. Der Altersschnitt lag bei 34 Jahren. Alle Teil-

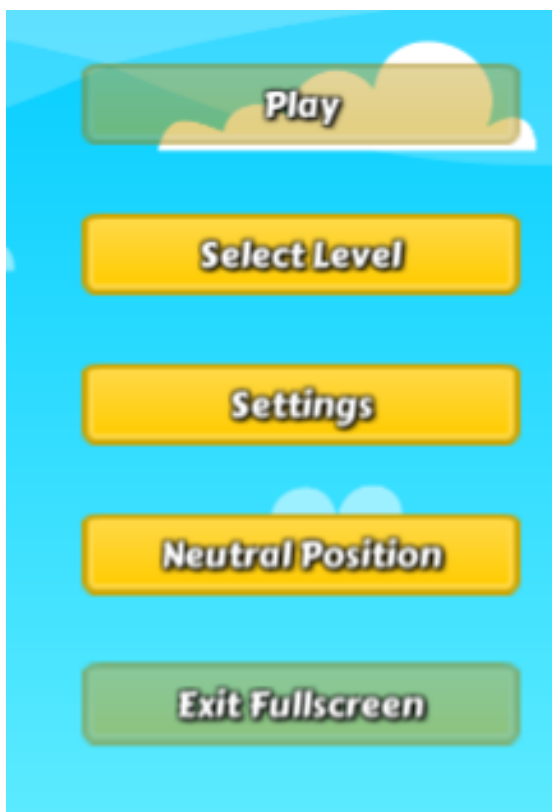


Abbildung 5.28: Neue Menü Buttons

nehmer/innen sind mit den entsprechenden Informationen in der Tabelle 5.1 aufgelistet. Es wurde allen über die Plattform ein Einladungslink gesendet, mit dem sie sich als Patient/in an der Plattform anmelden konnten. Weiters gab es vorab eine kurze Einschulung in die Plattform, um die Interaktion zwischen Therapeut/in und Patient/in zu simulieren. Nach einer zweiwöchigen Testzeit wurde allen Teilnehmer/innen der Fragebogen zum Ausfüllen übermittelt. Die Ausfüllung erfolgte anonymisiert, damit der Fragebogen auch wahrheitsgemäß beantwortet wird.

Besonders interessant waren die Antworten auf die Freitext-Felder, da somit noch festgestellt werden konnte, ob es Fehler oder Ungereimtheiten gibt, die vor der Evaluierung mit den Physiotherapeuten/Physiotherapeutinnen behoben werden müssen. Zwei Anmerkungen die im Rahmen dieser Iteration für beide Spiele umgesetzt wurden, ist die Möglichkeit den Vollbild-Modus im Spiel zu schließen und die neutrale Position erneut konfigurieren zu können (siehe Abbildung 5.28). Davor konnte der Vollbild-Modus nur mittels ESC-Taste geschlossen werden und die neutrale Position konnte nur beim Starten des Spiels festgelegt werden. Weiters gab es noch ein paar Kleinigkeiten die auch noch ausgebessert wurden. Auf einer Seite wurde noch der Text für Physiotherapeuten/Physiotherapeutinnen anstatt für Patienten/Patientinnen angezeigt. Das Festlegen

der neutralen Position konnte umgangen werden, indem der Vollbild-Modus sofort geöffnet wurde. Ein Problem welches leider nicht behoben werden kann, ist, dass sich der Smartphone-Bildschirm nach einer gewissen Zeit abdrehen. Dies hängt einerseits vom eingestellten Timeout am Smartphone und andererseits vom verwendeten Browser ab. Für gewissen Browser kann das Timeout nämlich umgangen werden, aber leider nicht bei allen. Zusätzlich sind an der Verbindungsanzeige und Verbindungsherstellung einige Verbesserungen vorgenommen worden, damit dies reibungsloser funktioniert. Die letzte und vermutlich wichtigste Änderung war das Hinzufügen von Videos, die zeigen, wie die Spiele verwendet werden können. Es wurde nämlich von mehreren Personen angemerkt, dass die Steuerung und Funktionsweise beim ersten Mal ausprobieren nicht ganz eindeutig war. Von einer Person kam zusätzlich der Vorschlag, dass Vorstellungsvideos hilfreich sein könnten. Somit wurde bei den Spieleinstellungen und bei den Spielen selbst, Buttons hinzugefügt, mit denen die Spielerklärung geöffnet werden kann (siehe Abbildung 5.29). In den Videos ist das aufgezeichnete Spiel zu sehen und zeitgleich ist im rechten unteren Eck die Steuerung mittels Fuß eingeblendet. Außerdem wurden bei der Bewegungsradius Test-Seite zwei Animationen hinzugefügt, mit denen verdeutlicht werden soll, über welche Achse des Smartphones die Spiele gesteuert werden können (siehe Abbildung 5.30).

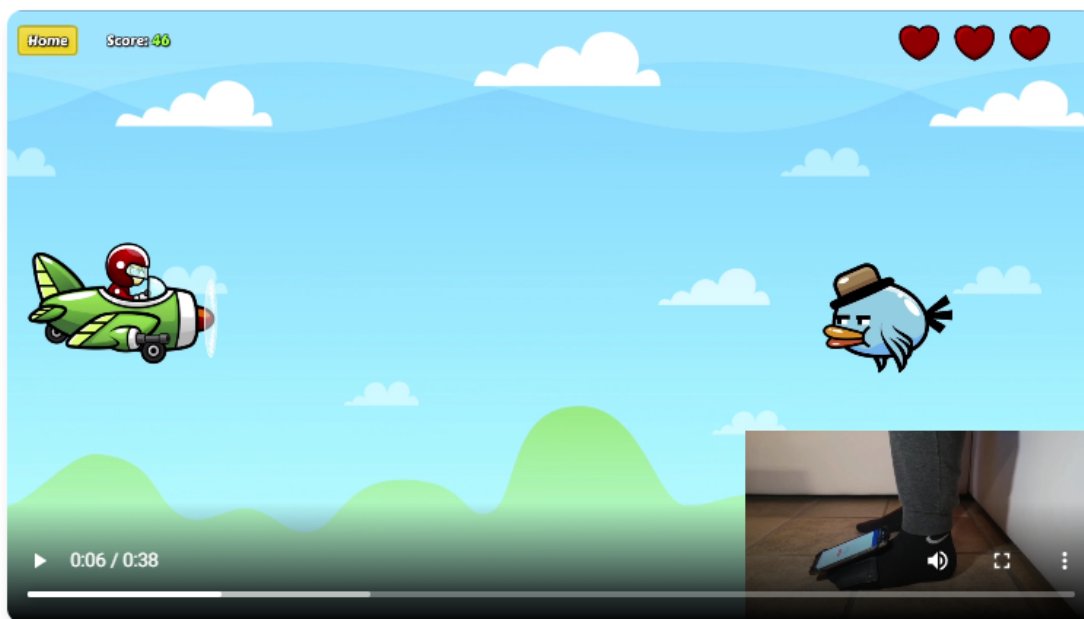


Abbildung 5.29: Erklärungsvideo

Zusätzlich zu den Freitext-Feldern wurde auch der Usability-Fragebogen ausgewertet. In der Tabelle 5.4 sind alle Fragen, mit dem jeweiligen Mittelwert aus allen Antworten, aufgelistet. Um die durchschnittliche Gesamtpunkteanzahl zu berechnen, wurde die selbe Methode aus dem Artikel [66] verwendet, aus dem auch die Fragen stammen. Dabei wird

die Punkteanzahl für die Fragen 1, 3, 5, 7 und 9 mittels folgender Formel berechnet:

$$(wert - 1) * 2.5$$

Für die Fragen 2, 4, 6, 8 und 10 wurde diese Formel verwendet:

$$(5 - wert) * 2.5$$

Bei der Erläuterung der Grundlagen wird noch einmal genauer auf die Berechnung der Punkteanzahl und auf den Fragebogen eingegangen (siehe Kapitel 2.6). Werden alle Werte zusammengezählt, dann ergibt sich bei den Patienten/Patientinnen ein Usability-Score von durchschnittlich 83.21 (der Bereich geht von 0 bis 100). Daraus lässt sich schließen, dass es beim Testen der Plattform zu keinen großen Problemen beziehungsweise Unklarheiten gekommen ist. Dies spiegelt sich auch mit den Antworten aus den Freitext-Feldern wieder. Geholfen hat hierbei aber sicherlich die kurze Einführung für die Testpersonen.

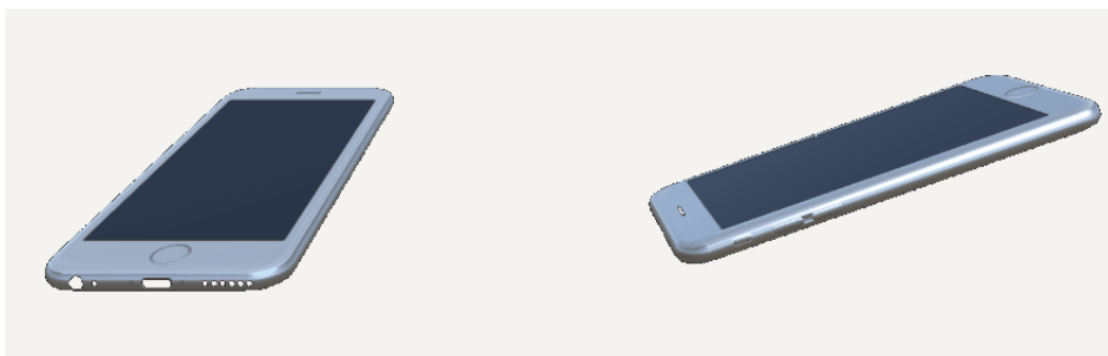


Abbildung 5.30: Steuerung mittels Smartphone

5.6.2 Evaluierung - Physiotherapeuten-/Physiotherapeutinnen-Ansicht

Zusätzlich zu den drei Physiotherapeuten aus den ersten drei Iterationen wurden für die Evaluierung noch vier weitere Therapeuten/Therapeutinnen befragt. Zwei dieser Therapeuten/Therapeutinnen wurden, ebenso wie die ersten drei, über den Bekanntenkreis kontaktiert. Die anderen beiden wurden per Email und Telefonisch kontaktiert, wobei die Vermittlung über Physio Austria [67] geschehen ist. Die demographischen Daten der neuen Teilnehmer/Teilnehmerinnen sind in der Tabelle 5.1 abgebildet. Diese hatten ebenfalls mehrere Wochen Zeit um die Plattform zu testen und den Fragebogen auszufüllen. Anschließend wurde noch ein Gespräch mit allen geführt, um offene Fragen zu klären und um das Feedback zu vervollständigen. Die Ergebnisse der Usability-Fragen sind in der Tabelle 5.5 abgebildet. Hierbei erfolgte bei der Auswertung das gleiche Vorgehen wie bei dem Patienten-/Patientinnen-Fragebogen. Verglichen mit dem Ergebnis von den Patienten/Patientinnen, fällt dieser Fragebogen mit einer durchschnittlichen Punkteanzahl von 63.87 deutlich schlechter aus. Dies deckt sich auch mit dem erhaltenen schriftlichen und mündlichen Feedback. Grund dafür könnte sein, dass es bei den

Fragen	Antworten (Durchschnitt)	Score
1. Ich denke, dass ich dieses System häufig nutzen würde.	3.86	7.14
2. Ich fand das System unnötig komplex.	1.71	8.21
3. Ich fand das System einfach zu bedienen.	4.00	7.50
4. Ich glaube, ich bräuchte die Unterstützung eines Technikers, um dieses System nutzen zu können.	1.00	10.00
5. Ich fand, dass die verschiedenen Funktionen in diesem System gut integriert waren.	4.23	8.57
6. Ich denke, es gibt zu viele Inkonsistenzen in diesem System.	1.71	8.21
7. Ich könnte mir vorstellen, dass die meisten Menschen sehr schnell lernen würden, dieses System zu benutzen.	4.43	8.57
8. Ich fand das System sehr umständlich zu bedienen.	1.86	7.86
9. Ich fühlte mich sehr sicher im Umgang mit dem System.	4.14	7.86
10. Ich musste eine Menge lernen, bevor ich mit diesem System umgehen konnte.	1.29	9.28
Gesamtpunkteanzahl		\sum 83.21

Tabelle 5.4: Patienten-/Patientinnen-Ansicht Usability Fragebogen

Therapeuten/Therapeutinnen auf der Plattform mehr Funktionen gibt und dass diese im Gegensatz zu den Patienten/Patientinnen keine Einführung erhalten haben. Hier ist jedoch anzuführen, dass bewusst keine Einführung mit den Therapeuten/Therapeutinnen gemacht wurde, um genau solche Schwächen bei der Usability herausfinden zu können.

Besonders interessant und hilfreich ist das schriftliche und mündliche Feedback, da hierbei noch einige Verbesserungen und Änderungen für die Zukunft sowie Unklarheiten aufgezeigt werden. Zum Thema Benutzerfreundlichkeit gab es viele Anmerkungen und Ideen. Dies ist jedoch nicht überraschend, da es sich um eine prototypische Umsetzung handelt und die Usability somit nicht um Vordergrund steht. Beispielsweise wurde sich von mehreren Therapeuten/Therapeutinnen gewünscht, dass es eine grafische Anleitung gibt, wie das Smartphone am Fuß befestigt werden soll. Weiters soll es auch eine grafische Richtungsanzeige am Smartphone geben, um die Steuerung verständlicher zu machen. Generell liegt der Wunsch bei mehr grafischen und weniger textuellen Elementen auf der Plattform. Von zwei anderen Therapeuten/Therapeutinnen kam der Wunsch, dass es eine

geführte Installation beziehungsweise eine Dokumentation gibt. All diese Forderungen und das Ergebnis des Usability-Fragebogens lassen darauf schließen, dass es bei der Benutzeroberfläche auf jeden Fall noch Verbesserungspotential gibt. Einer der Therapeuten gab an, dass das Erklären der Plattform im Vorfeld mit einem großen Zeitaufwand verbunden sei. Deshalb weiß er nicht, ob er das System in seine Arbeit integrieren kann. Eine Verbesserung der Usability würde auch dieses Problem beheben.

Um Fehler bei der Bedienung zu verhindern gab es ebenfalls Vorschläge seitens der Befragten. Da die Steuerung beim Spielen nur mit aktiviertem Bildschirm funktioniert wurde der Wunsch geäußert eine Anleitung einzubinden, wie der Bildschirm-Timeout am Smartphone umgestellt werden kann. Außerdem soll ebenfalls eine Anleitung eingebaut werden, die erklärt, wie das automatische Drehen des Bildschirms abgeschaltet werden kann. Die Drehung des Bildschirms während des Spielens kann die Anzeige am Smartphone falsch beeinflussen, dies soll somit unterbunden werden. Dies könnte auch in die vorhin angesprochene geführte Installation beziehungsweise in die Dokumentation eingebaut werden.

Das generelle Feedback zu der Plattform und den Spielen fiel sehr positiv aus. Die Therapeuten/Therapeutinnen sind der Ansicht, dass es sich um eine gute Idee mit viel Potential handelt. Große Vorteile sehen sie darin, den Motivationsfaktor von Patienten/Patientinnen steigern zu können. Weiters ist es eine hervorragende Ergänzung zu der Vorort-Therapie, um den Übungsfortschritt überwachen zu können. Der Graph als Anzeige des Bewegungsradius und das Feedback nach einer Übungssitzung eignet sich sehr gut festzustellen, ob ein/e Patient/in Probleme mit der Übungsausführung hat, oder ob es schon zu einfach ist. Zu der Umsetzung der zwei Serious Games gab es auch nur positives Feedback. Es wurde jedoch angemerkt, dass es noch wichtig wäre ein Spiel zu entwickeln, bei dem die Steuerung über mehrere Achsen erfolgt. Im fortgeschritteneren Verlauf der Rehabilitation ist es nämlich essenziell, dass das Training des Knöchels und des Sprunggelenks im mehrachsigen Raum erfolgt. Da die Plattform extra so ausgelegt worden ist, dass neue Spiele ohne großen Aufwand hinzugefügt werden können, kann dies in Zukunft noch erweitert werden. Von einem Physiotherapeuten kam auch noch der Wunsch nach einem Modus, bei dem nur der Bewegungsradius aufgezeichnet und kein Spiel gespielt wird. Somit kann die Plattform auch bei der herkömmlichen Übungsausführung verwendet werden und die Therapeuten/Therapeutinnen können trotzdem den Bewegungsradius und die Übungstätigkeiten überwachen. Die Kommentarfunktion wurde auch von mehreren Therapeuten/Therapeutinnen positiv hervorgehoben, da sie somit eine asynchrone Kommunikation mit ihren Patienten/Patientinnen haben. Die meisten Therapeuten/Therapeutinnen haben nämlich erst am späteren Nachmittag/Abend Zeit um zu Antworten, da sie unter Tags ihre Termine haben. Dazu wurde auch noch der Wunsch geäußert, dass es eine Benachrichtigung/Erinnerung bei Kommentaren gibt, um nicht auf das Antworten zu vergessen.

Abschließend lässt sich sagen, dass das Feedback zu der prototypischen Umsetzung

Fragen	Antworten (Durchschnitt)	Score
1. Ich denke, dass ich dieses System häufig nutzen würde.	2.71	4.29
2. Ich fand das System unnötig komplex.	1.71	8.21
3. Ich fand das System einfach zu bedienen.	3.42	6.07
4. Ich glaube, ich bräuchte die Unterstützung eines Technikers, um dieses System nutzen zu können.	2.14	7.14
5. Ich fand, dass die verschiedenen Funktionen in diesem System gut integriert waren.	3.57	6.43
6. Ich denke, es gibt zu viele Inkonsistenzen in diesem System.	2.57	6.07
7. Ich könnte mir vorstellen, dass die meisten Menschen sehr schnell lernen würden, dieses System zu benutzen.	3.86	7.14
8. Ich fand das System sehr umständlich zu bedienen.	2.00	7.50
9. Ich fühlte mich sehr sicher im Umgang mit dem System.	2.57	3.93
10. Ich musste eine Menge lernen, bevor ich mit diesem System umgehen konnte.	2.17	7.08
Gesamtpunkteanzahl		\sum 63.87

Tabelle 5.5: Therapeuten-/Therapeutinnen-Ansicht Usability Fragebogen

der Plattform gut ausgefallen ist. Aufbauend darauf ist es für die Weiterführung in der Zukunft wichtig, dass ein Hauptaugenmerk auf die Verbesserung der Usability gelegt wird. Zusätzlich dazu ist es auch wichtig, dass die Plattform auch auf iOS Geräten funktioniert, wie es sich von vielen Therapeuten/Therapeutinnen gewünscht wurde. Weiters muss die Kompatibilität mit unterschiedlichen Browsern getestet und erweitert werden, da nicht alle Patienten/Patientinnen den gleichen Browser verwenden. Der Idealfall ist, wenn es in Zukunft native Apps für Android und iOS gibt, mit denen die Steuerung der Spiele erfolgt. Der letzte und sehr wichtige Punkt, auf den jede/r Therapeut/in hingewiesen hat, ist der Datenschutz. Da es sich hierbei um ein Medizinprodukt handelt, ist es sehr wichtig, dass auf die Datenschutzkonformität geachtet wird, bevor die Plattform zum Einsatz kommt.



Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

KAPITEL 6

Diskussion

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse dieser Arbeit noch einmal zusammengefasst und analysiert. Anschließend werden die gewonnenen Erkenntnisse hinsichtlich deren Relevanz für die Beantwortung der Forschungsfragen interpretiert.

Ziel dieser Arbeit war es, eine prototypische Serious Games Plattform zu entwickeln, die bei der Rehabilitation nach einer Knöchelverletzung unterstützt. Diese soll sowohl für die Patienten/Patientinnen wie auch für die Therapeuten/Therapeutinnen einen Mehrwert bieten. Die Entwicklung geschah mittels eines mehrstufigen Prozesses. Begonnen wurde mit einer Literaturrecherche, um eine fundierte Basis zu schaffen. Darauf aufbauend wurden im Rahmen des Requirement Engineerings mehrere Experteninterviews mit Physiotherapeuten/Physiotherapeutinnen geführt. Anhand dieser Informationen konnten die ersten Anforderungen definiert und priorisiert werden.

Anschließend erfolgte die Implementierung des Prototypen mittels User Centered Design über vier Iterationen. Dabei wurden die Physiotherapeuten/Physiotherapeutinnen als Zielgruppe ausgewählt. In der ersten Iteration wurde die Plattform grundlegend implementiert und ein bereits bestehendes Serious Game integriert. Da die Plattform jedoch auch mit neuen und mehreren Spielen funktionieren soll, wurde in der zweiten Iteration ein neues Serious Game entwickelt und in die Plattform eingebunden. Dies geschah ebenso in Zusammenarbeit mit einem Physiotherapeuten. Daraufhin wurde den Physiotherapeuten/Physiotherapeutinnen die Plattform präsentiert und ihnen die Möglichkeit gegeben sie selbst auszutesten. Dadurch konnte Feedback gesammelt werden und die dritte Iteration wurde dafür genutzt, die erhaltenen Rückmeldungen einzubauen.

In der vierten und somit letzten Iteration erfolgte die Evaluierung. Diese wurde aufgeteilt auf die Patienten-/Patientinnen-Ansicht und die Therapeuten-/Therapeutinnen-Ansicht um von beiden Zielgruppen ein Feedback zu erhalten. Zuerst erfolgte die Evaluierung mit

Patienten/Patientinnen, da die erhaltenen Rückmeldungen noch genutzt wurden, um noch wichtige Änderungen vorzunehmen oder Fehler auszubessern. Im Rahmen der Evaluierung wurde auch ein Usability-Fragebogen ausgefüllt und ausgewertet. Dabei gab es für die Patienten-/Patientinnen-Ansicht eine besseren Usability-Score als bei der Therapeuten-/Therapeutinnen-Ansicht, jedoch wurde deutlich, dass es bei der Benutzerfreundlichkeit noch einiges zu verbessern gibt. Dies wurde auch durch das schriftliche und mündliche Feedback der Therapeuten/Therapeutinnen verdeutlicht, da diese viele Anmerkungen und Ideen zur Benutzeroberfläche hatten. Für die grundlegende Funktionalität, also die Motivation der Patienten/Patientinnen und das Überwachen des Übungsfortschrittes, gab es jedoch viele positive Rückmeldung zu der Umsetzung.

6.1 Forschungsfrage 1

Welche Anforderungen müssen aus Sicht der Physiotherapeuten/Physiotherapeutinnen erfüllt werden, um die Therapie von Knöchelverletzungen aus der Ferne unterstützen zu können?

Die Anforderungen, um die Therapie von Knöchelverletzungen aus der Ferne unterstützen zu können, wurden mithilfe von Literaturrecherche, Experteninterviews und Feedbackgesprächen zusammengetragen. Die wichtigsten Erkenntnisse werden im folgenden näher erläutert.

Bei der Physiotherapie ist es wichtig, den Bewegungsradius des/der Patienten/Patientin festzustellen, um somit den aktuellen Stand der Rehabilitation messen und die Übungen anpassen zu können. Deshalb ist es notwendig, dass der Verlauf des Bewegungsradius während dem Spielen aufgezeichnet und dem/der Physiotherapeuten/Physiotherapeutin grafisch dargestellt wird. Zusätzlich muss die Steuerung an den aktuellen Radius anpassbar sein, um die Serious Games in unterschiedlichen Stadien verwenden zu können. Dafür wurde auf der Plattform eine Einstellungsmöglichkeit eingebaut um die Range of Motion zu kalibrieren und speichern.

Damit die Patienten/Patientinnen nicht die Motivation an den Spielen beziehungsweise Übungen verlieren, muss die Spielschwierigkeit einstellbar sein. Das heißt der/die Physiotherapeut/in braucht die Möglichkeit, spezifische Änderungen für Benutzer/innen vornehmen zu können, um die Spiele einfacher oder schwieriger zu machen. Dies kann einerseits über den Bewegungsradius gesteuert werden und andererseits über spielbezogene Einstellungen, wie zum Beispiel die Spieler- oder Gegner-Geschwindigkeit.

Da die Patienten/Patientinnen von zu Hause aus nicht die Möglichkeit haben sich jederzeit an ihren Therapeuten/Therapeutin zu wenden, muss es eine Möglichkeit geben, um über die Plattform zu kommunizieren. Eine Kommentarfunktion hat sich als sehr nützlich erwiesen, da somit eine asynchrone Verbindung hergestellt wird und der/die Physiotherapeut/in antworten kann sobald er/sie Zeit hat. Durch die Verwendung des

Prototypen hat sich noch herausgestellt, dass Benachrichtigungen beziehungsweise Erinnerungen nützlich wären, um das Antworten nicht zu vergessen.

Da die Steuerung beim Prototypen nur für Android Geräte verfügbar war, ist die Anforderung aufgekommen, dass die Plattform sowie alle dazugehörigen Funktionen plattformunabhängig funktionieren sollen. Somit wird sichergestellt, dass die Patienten/Patientinnen die Plattform und die Spiele zu Hause verwenden können, ohne dass es zu Problemen kommt.

6.2 Forschungsfrage 2

Welche aufgezeichneten Daten sind für die Physiotherapeuten/Physiotherapeutinnen von Relevanz?

Bereits bei der Anforderungsfindung zeichnete sich ab, dass der aufgezeichnete Bewegungsradius am meisten Relevanz für die Physiotherapeuten/Physiotherapeutinnen hat. Dies hat sich dann auch während der unterschiedlichen Iterationsphasen und bei der abschließenden Evaluierung bestätigt. Diese Information ist notwendig, um Rückschlüsse über die Übungen und deren Ausführungsqualität ziehen zu können. Während der Arbeit wurde festgestellt, dass es am optimalsten wäre, wenn die Übungsausführung auch noch mittels Kamera aufgezeichnet wird und ebenfalls auf der Plattform abrufbar ist.

Weitere wichtige Daten sind die Antworten der Patienten/Patientinnen auf den Fragebogen. Für den/die Physiotherapeuten/Physiotherapeutin ist es essenziell zu wissen, wie sich sein/ihr Patient/Patientin bei den Übungen fühlt oder ob irgendwelche Probleme aufgetreten sind. Mit diesen Informationen kann auf Schmerzen und Komplikationen reagiert und gegebenenfalls Anpassungen vorgenommen werden.

Ebenfalls relevant für die Physiotherapeuten/Physiotherapeutinnen sind die Einstellungen, mit denen ein/e Patient/in die Serious Games gespielt hat. Somit ist es nachvollziehbar, mit welcher Schwierigkeit gespielt wurde. Gibt es Beschwerden oder fühlt sich der/die Patient/in unter- oder überlastet, können die Einstellungen überprüft und gegebenenfalls angepasst werden.

6.3 Forschungsfrage 3

Wie kann die Interoperabilität zwischen der Plattform und den Serious Games ermöglicht werden, um den individuellen Fortschritt verfolgen und Anpassungen vornehmen zu können?

Um die Interoperabilität zwischen der Plattform und den Serious Games gewährleisten zu können, wurde ein Framework entwickelt, welches die Serious Games unterstützen müssen.

Dabei handelt es sich um vordefinierte Funktionen, mit denen die Kommunikation zwischen der Plattform und einem Spiel abläuft. Für die Kommunikation von der Plattform zu den Spielen haben sich folgende Funktionen als besonders wichtig herausgestellt:

- **setSensorStatus():** Diese Funktion dient zum Übermitteln des Verbindungsstatus mit dem Smartphone. Damit soll sichergestellt werden, dass ein Spiel erst gestartet werden kann, sobald die Sensordaten verfügbar sind.
- **setSensorData():** Hiermit werden die aktuellen Sensordaten, welche vom Smartphone empfangen werden, an das Spiel übermittelt. Wie das Serious Game diese Daten für die Steuerung verwendet ist nicht vorgegeben und kann somit von Spiel zu Spiel unterschiedlich sein. Ohne dieser Funktion könnte keines der Serious Games auf der Plattform gespielt werden.
- **setSettings():** Um die Einstellungen für das Serious Game verändern zu können, muss diese Funktion aufgerufen werden. Über die Plattform kann konfiguriert werden, welche Einstellungsmöglichkeiten es gibt. Somit jedes Spiel individuell eingestellt werden.

Mit Hilfe dieser Funktionen werden Informationen von der Plattform zu den Spielen geschickt. Diese entscheiden dann was sie mit den erhaltenen Daten machen. Dies kann für jedes Spiel unterschiedlich gehandhabt werden. Für die umgekehrte Kommunikation von einem Spiel zu der Plattform gibt es wiederum andere Funktionen die implementiert sein müssen. Hierbei ist jedoch nur die **SyncGames()** Funktion für die Interoperabilität relevant. Damit werden die gespielten Spiele mit der Plattform synchronisiert. Dies beinhaltet die Sensordaten, die zur Steuerung verwendet worden sind und die aktuellen Einstellungen am Spiel. Jedes Serious Game muss dafür sorgen, dass die Funktion an den entsprechenden Stellen aufgerufen wird, damit keine Daten verloren gehen. Ohne dieser Funktion könnten ansonsten keine Spieldaten auf der Plattform angezeigt werden.

Abbildungsverzeichnis

2.1	Anatomie des Knöchels [12]	8
2.2	Fußstellungen der Lauge-Hansen Klassifikation [15]	9
2.3	Übung - Bewegungsradius [20]	11
2.4	Dorsalextension [22]	12
2.5	Plantarflexion [22]	12
2.6	Serious Game - Beispiel [26]	13
2.7	Klassifikation von Serious Games [33]	16
2.8	Requirements Engineering Iteration [35]	17
2.9	Prototyping Prozess [44]	20
2.10	Ablaufdiagramm Evolutionäres Prototyping [47]	21
3.1	D+R Therapy Aufzeichnungen [57]	29
3.2	Kinect System [58]	30
3.3	Rehab+ Aufbau [59]	31
3.4	Multi-Sensors Wearable System Aufbau [60]	32
3.5	BioKin Aufbau [33]	33
4.1	Methodik Ablaufplan	39
5.1	System Architektur	48
5.2	Anwendungsfall Diagramm der Web-App	49
5.3	MetaMotionR	50
5.4	Patienten-/Patientinnen-Übersicht	51
5.5	Hinzufügen eines/einer Patienten/Patientin	52
5.6	Detailseite Patient/in - grundlegende Informationen	52
5.7	Detailseite Patient/in - Spieleinstellungen	53
5.8	Detailseite Patient/in - gespielte Spiele	53
5.9	Screenflow Diagramm	54
5.10	Gespeichertes Spiel - Bewegungsradius	55
5.11	Gespeichertes Spiel - Feedback & Einstellungen	55
5.12	Gespeichertes Spiel - Feedback Formular	56
5.13	Gespeichertes Spiel - Kommentare	57
5.14	Übersicht Spielauswahl	57
5.15	Spielübersicht	58
		81

5.16	Metadaten Serious Game	59
5.17	Individuelle Variablen-Konfiguration eines Serious Games	60
5.18	Inversion und Eversion [65]	62
5.19	Spielkonzept	63
5.20	Bestehendes Serious Games	64
5.21	Neu entwickeltes Serious Games	64
5.22	Zusammengefasste Daten aller Spiele	65
5.23	Tabs der gespielten Spiele	65
5.24	Testseite Bewegungsradius	66
5.25	Feedback Benachrichtigungen	67
5.26	Gespeicherte Einstellungsmöglichkeiten	68
5.27	Standardwert festlegen	69
5.28	Neue Menü Buttons	70
5.29	Erklärungsvideo	71
5.30	Steuerung mittels Smartphone	72

Tabellenverzeichnis

2.1	Gegenüberstellung von Unterhaltungsspielen und Serious Games [24, 25] .	14
2.2	Vor- und Nachteile der Telerehabilitation [53]	24
3.1	State of the Art Gegenüberstellung	35
5.1	Auflistung aller Teilnehmenden Physiotherapeuten/Physiotherapeutinnen und Patienten/Patientinnen	42
5.2	Mitwirkung der Physiotherapeuten/Physiotherapeutinnen und Patienten/Patientinnen	43
5.3	Auflistung der Anforderungen an die Plattform und die Serious Games . .	46
5.4	Patienten-/Patientinnen-Ansicht Usability Fragebogen	73
5.5	Therapeuten-/Therapeutinnen-Ansicht Usability Fragebogen	75

Wissenschaftliche Literatur

- [1] Shrushti Prashant Jachak u. a. „Great awakening-Telerehabilitation in physiotherapy during pandemic and impact of COVID-19“. In: *J Evolution Med Dent Sci* 9.45 (2020), S. 3387–3393.
- [2] Lisa Happe u. a. „Machbarkeit und Akzeptanz videobasierter Physiotherapie“. In: *Zeitschrift für Gerontologie und Geriatrie* 54.4 (2021), S. 346–352. ISSN: 1435-1269. DOI: 10.1007/s00391-021-01899-3. URL: <https://doi.org/10.1007/s00391-021-01899-3>.
- [3] Lindsay M Bearne, William J Gregory und Michael V Hurley. „Remotely delivered physiotherapy: can we capture the benefits beyond COVID-19?“ In: *Rheumatology* 60.4 (Feb. 2021), S. 1582–1584. ISSN: 1462-0324. DOI: 10.1093/rheumatology/keab104. eprint: <https://academic.oup.com/rheumatology/article-pdf/60/4/1582/36912677/keab104.pdf>. URL: <https://doi.org/10.1093/rheumatology/keab104>.
- [4] Thomas Wilde und Thomas Hess. „Methodenspektrum der Wirtschaftsinformatik: Überblick und Portfoliobildung“. In: (Jän. 2006).
- [5] Naeem Arshad Chaudri. „Adherence to Long-term Therapies Evidence for Action“. eng. In: *Annals of Saudi Medicine* 24.PMC6147925 (2004), S. 221–222. ISSN: 0975-4466. DOI: 10.5144/0256-4947.2004.221. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6147925/>.
- [6] Jing Jin u. a. „Factors affecting therapeutic compliance: A review from the patient’s perspective“. eng. In: *Therapeutics and clinical risk management* 4.18728716 (Feb. 2008), S. 269–286. ISSN: 1178-203X. DOI: 10.2147/tcrm.s1458. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2503662/>.
- [7] Fred Rosner. „Patient noncompliance: causes and solutions.“ eng. In: *The Mount Sinai journal of medicine, New York* 73 (2 März 2006), S. 553–9.
- [8] B. Blackwell. *Compliance*. 1992. DOI: 10.1159/000288624. URL: <https://www.karger.com/DOI/10.1159/000288624>.

- [9] Marie T. Brown u. a. „Medication Adherence: Truth and Consequences“. In: *The American Journal of the Medical Sciences* 351.4 (2016). The Diabetes Initiative of South Carolina Celebrates Over Twenty Years of Professional Diabetes Education, S. 387–399. ISSN: 0002-9629. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.amjms.2016.01.010>. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0002962915379969>.
- [10] S. Hammer. *Mein Patient macht nicht mit - was nun?: Compliance als Schlüssel zum Therapieerfolg*. Das Gesundheitsforum. Schulz-Kirchner, 2012. ISBN: 9783824809974. URL: <https://books.google.at/books?id=clwCoQEACAAJ>.
- [11] Uwe Ochs, Eugen Winter und Kuno Weise. „Malleolenfrakturen“. In: *Trauma und Berufskrankheit* 3.4 (2001), S. 338–343. ISSN: 1436-6282. DOI: 10.1007/s10039-001-0518-2. URL: <https://doi.org/10.1007/s10039-001-0518-2>.
- [13] M. Müller-Gerbl. „Anatomie und Biomechanik des oberen Sprunggelenks“. In: *Der Orthopäde* 30.1 (2001), S. 3–11. ISSN: 0085-4530. DOI: 10.1007/s001320050567. URL: <https://doi.org/10.1007/s001320050567>.
- [14] S. Rammelt u. a. „Anatomie, Biomechanik und Klassifikation der Sprunggelenkfrakturen“. In: *Trauma und Berufskrankheit* 6.4 (2004), S384–S392. ISSN: 1436-6282. DOI: 10.1007/s10039-003-0804-2. URL: <https://doi.org/10.1007/s10039-003-0804-2>.
- [15] S. Rammelt und H. Zwipp. „Sprunggelenk und Fuß“. In: *Praxisbuch Unfallchirurgie*. Hrsg. von Bernhard Weigel und Michael L. Nerlich. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2011, S. 691–769. ISBN: 978-3-642-10789-4. DOI: 10.1007/978-3-642-10789-4_11. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-642-10789-4_11.
- [16] S. Hillbricht, A. P. Schulz und M. M. Kaiser. „Oberes Sprunggelenk“. In: *Frakturen: Klassifikation und Behandlungsoptionen*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2010, S. 215–231. ISBN: 978-3-540-72512-1. DOI: 10.1007/978-3-540-72512-1_14. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-540-72512-1_14.
- [17] M. J. Raschke und N. P. Haas. „Malleolarfrakturen“. In: *Chirurgie: mit integriertem Fallquiz — 40 Fälle nach neuer AO*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2006, S. 875–878. ISBN: 978-3-540-30639-9. DOI: 10.1007/978-3-540-30639-9_94. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-540-30639-9_94.
- [18] G. Streicher und H. Reilmann. „Tibiaschaft-/Sprunggelenksfrakturen“. DE. In: *Orthopädie und Unfallchirurgie up2date* 2.03 (2007), S. 157–178. ISSN: 1861-1982. DOI: 10.1055/s-2007-966667. URL: <http://www.thieme-connect.com/products/ejournals/abstract/10.1055/s-2007-966667>.
- [19] Frank Wernicke und Wieland Otto. „Knöchelbruch—eine einfache Fraktur?“ In: *Trauma und Berufskrankheit* 5.2 (2003), S. 149–155. ISSN: 1436-6282. DOI: 10.1007/s10039-003-0732-1. URL: <https://doi.org/10.1007/s10039-003-0732-1>.

- [20] Carl G. Mattacola und Maureen K. Dwyer. „Rehabilitation of the Ankle After Acute Sprain or Chronic Instability.“ eng. In: *Journal of athletic training* 37 (4 Dez. 2002), S. 413–429.
- [21] Knut Beitzel u. a. „Sprunggelenk: Rehabilitation“. In: *Rehabilitation in der orthopädischen Chirurgie: OP-Verfahren im Überblick - Physiotherapie - Sporttherapie*. Hrsg. von Andreas B. Imhoff u. a. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2015, S. 209–234. ISBN: 978-3-662-43557-1. DOI: 10.1007/978-3-662-43557-1_15. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-662-43557-1_15.
- [22] Margrit List. „Physiotherapeutische Behandlung nach Frakturen und Luxationen im Bereich der Sprunggelenke, nach Band- und Achillessehnenverletzungen“. In: *Physiotherapeutische Behandlungen in der Traumatologie*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2004, S. 295–312. ISBN: 978-3-662-09357-3. DOI: 10.1007/978-3-662-09357-3_18. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-662-09357-3_18.
- [23] Ralf Dörner u. a. *Serious Games: Foundations, Concepts and Practice*. Jän. 2016. ISBN: 978-3-319-40611-4. DOI: 10.1007/978-3-319-40612-1.
- [24] K Becker. *What's the difference between gamification, serious games, educational games, and game-based learning?* 2021. DOI: 10.20935/AL209.
- [25] Tarja Susi, Mikael Johannesson und Per Backlund. *Serious Games : An Overview*. Techn. Ber. HS-IKI-TR-07-001. University of Skövde, School of Humanities und Informatics, 2007, S. 28.
- [26] Stefan Göbel. „Serious Games Application Examples“. In: *Serious Games: Foundations, Concepts and Practice*. Hrsg. von Ralf Dörner u. a. Cham: Springer International Publishing, 2016, S. 319–405. ISBN: 978-3-319-40612-1. DOI: 10.1007/978-3-319-40612-1_12. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-319-40612-1_12.
- [27] Susanne Strahringer und Christian Leyh. *Gamification und Serious Games - Grundlagen, Vorgehen und Anwendungen*. Mai 2017. ISBN: 978-3-658-16741-7 978-3-658-16742-4. DOI: 10.1007/978-3-658-16742-4.
- [28] Ivo Blohm und Jan Marco Leimeister. „Gamification“. In: *WIRTSCHAFTSINFORMATIK* 55.4 (2013), S. 275–278. ISSN: 1861-8936. DOI: 10.1007/s11576-013-0368-0. URL: <https://doi.org/10.1007/s11576-013-0368-0>.
- [29] Armando M. Toda u. a. „Analysing gamification elements in educational environments using an existing Gamification taxonomy“. In: *Smart Learning Environments* 6.1 (2019), S. 16. ISSN: 2196-7091. DOI: 10.1186/s40561-019-0106-1. URL: <https://doi.org/10.1186/s40561-019-0106-1>.
- [30] Cathie Marache-Francisco und Eric Brangier. „Process of Gamification. From The Consideration of Gamification To Its Practical Implementation“. In: Okt. 2013.

- [31] Damien Djaouti, Julian Alvarez und Jean-Pierre Jessel. „Classifying Serious Games: the G/P/S model“. In: *Handbook of Research on Improving Learning and Motivation through Educational Games: Multidisciplinary Approaches* (Jän. 2011). DOI: 10.4018/978-1-60960-495-0.ch006.
- [32] Daniel Thalmann u. a. „An Overview of Serious Games“. In: *International Journal of Computer Games Technology 2014* (2014), S. 358152. ISSN: 1687-7047. DOI: 10.1155/2014/358152. URL: <https://doi.org/10.1155/2014/358152>.
- [33] M. Sajeewani Karunarathne u. a. „Remote Monitoring System Enabling Cloud Technology upon Smart Phones and Inertial Sensors for Human Kinematics“. In: *2014 IEEE Fourth International Conference on Big Data and Cloud Computing*. 2014, S. 137–142. DOI: 10.1109/BDCLOUD.2014.62.
- [34] Manfred Broy u. a. „Ein Requirements-Engineering-Referenzmodell“. In: *Informatik-Spektrum* 30.3 (2007), S. 127–142. ISSN: 1432-122X. DOI: 10.1007/s00287-007-0149-5. URL: <https://doi.org/10.1007/s00287-007-0149-5>.
- [35] Marja Käpyaho und Marjo Kauppinen. „Agile requirements engineering with prototyping: A case study“. In: *2015 IEEE 23rd International Requirements Engineering Conference (RE)*. 2015, S. 334–343. DOI: 10.1109/RE.2015.7320450.
- [36] Brian Still und Kate Crane. *Fundamentals of user-centered design : a practical approach*. eng. First edition. Boca Raton, FL: CRC Press, 2017. ISBN: 1315200929. URL: 10.4324/9781315200927.
- [37] Ji-Ye Mao u. a. „The State of User-Centered Design Practice“. In: *Commun. ACM* 48.3 (März 2005), S. 105–109. ISSN: 0001-0782. DOI: 10.1145/1047671.1047677. URL: <https://doi.org/10.1145/1047671.1047677>.
- [38] Jürgen Bortz und Nicola Döring. „Qualitative Methoden“. In: *Forschungsmethoden und Evaluation: für Human- und Sozialwissenschaftler*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2006, S. 295–350. ISBN: 978-3-540-33306-7. DOI: 10.1007/978-3-540-33306-7_5. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-540-33306-7_5.
- [39] Katrin Bähring u. a. „Methodologische Grundlagen und Besonderheiten der qualitativen Befragung von Experten in Unternehmen: Ein Leitfaden“. In: 92 (Jän. 2008), S. 89–111.
- [40] Sandra Wassermann. „Das qualitative Experteninterview“. In: *Methoden der Experten- und Stakeholdereinbindung in der sozialwissenschaftlichen Forschung*. Hrsg. von Marlen Niederberger und Sandra Wassermann. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, 2015, S. 51–67. ISBN: 978-3-658-01687-6. DOI: 10.1007/978-3-658-01687-6_4. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-658-01687-6_4.

- [41] Renate Liebold und Rainer Trinczek. „Experteninterview“. In: *Handbuch Methoden der Organisationsforschung: Quantitative und Qualitative Methoden*. Hrsg. von Stefan Kühn, Petra Strodtholz und Andreas Taffertshofer. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften, 2009, S. 32–56. ISBN: 978-3-531-91570-8. DOI: 10.1007/978-3-531-91570-8_3. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-531-91570-8_3.
- [42] Eric Cook. *Prototyping*. eng. 21st century skills innovation library. Ann Arbor, MI: Cherry Lake Publishing, 2015. ISBN: 1631888935.
- [43] Ben Coleman und Dan Goodwin. *Designing UX : prototyping*. eng. 1st edition. Aspects of UX. Collingwood, Victoria: SitePoint, 2017. ISBN: 1492019232.
- [44] Valdis Berzins. „Software Prototyping“. In: *Encyclopedia of Computer Science*. GBR: John Wiley und Sons Ltd., 2003, S. 1636–1638. ISBN: 0470864125.
- [45] W.R. Bischofberger und G. Pomberger. *Prototyping-Oriented Software Development: Concepts and Tools*. Monographs in Computer Science. Springer Berlin Heidelberg, 2012. ISBN: 9783642847608. URL: <https://books.google.de/books?id=XMWqCAAQBAJ>.
- [46] R. Budde und H. Zullighoven. „Prototyping revisited“. In: *COMPEURO'90: Proceedings of the 1990 IEEE International Conference on Computer Systems and Software Engineering - Systems Engineering Aspects of Complex Computerized Systems*. 1990, S. 418–427. DOI: 10.1109/CMPEUR.1990.113653.
- [47] Mahil Carr und June Verner. „Prototyping and software development approaches“. In: *Department of Information Systems, City University of Hong Kong, Hong Kong (1997)*, S. 319–338.
- [48] Chris Rupp, Matthias Simon und Florian Hocker. „Requirements Engineering und Management“. In: *HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik* 46.3 (2009), S. 94–103. ISSN: 2198-2775. DOI: 10.1007/BF03340367. URL: <https://doi.org/10.1007/BF03340367>.
- [49] Jack M. Winters. „Telerehabilitation research: emerging opportunities.“ eng. In: *Annual review of biomedical engineering* 4 (2002), S. 287–320.
- [50] U. Meyding-Lamadé u. a. „Telerehabilitation: von der virtuellen Welt zur Realität - Medizin im 21. Jahrhundert“. In: *Der Nervenarzt* 92.2 (2021), S. 127–136. ISSN: 1433-0407. DOI: 10.1007/s00115-020-01058-w. URL: <https://doi.org/10.1007/s00115-020-01058-w>.
- [51] Michael Pramuka und Linda van Roosmalen. „Telerehabilitation technologies: accessibility and usability.“ eng. In: *International journal of telerehabilitation* 1 (1 Fall 2009), S. 85–98.
- [52] Belinda Lange, Sheryl Flynn und Albert Rizzo. „Game-based telerehabilitation“. In: *European journal of physical and rehabilitation medicine* 45 (Apr. 2009), S. 143–51.

- [53] Ewa Piotrowicz u. a. „Telerehabilitation in heart failure patients: The evidence and the pitfalls“. In: *International Journal of Cardiology* 220 (2016), S. 408–413. ISSN: 0167-5273. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2016.06.277>. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167527316312888>.
- [54] James R. Lewis und Jeff Sauro. „The Factor Structure of the System Usability Scale“. In: *Human Centered Design*. Hrsg. von Masaaki Kurosu. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2009, S. 94–103. ISBN: 978-3-642-02806-9.
- [55] Brandy Klug. „An Overview of the System Usability Scale in Library Website and System Usability Testing“. In: *Weave: Journal of Library User Experience* 1 (Apr. 2017). DOI: 10.3998/weave.12535642.0001.602.
- [56] Mandy R. Drew, Brooke Falcone und Wendy L. Baccus. „What Does the System Usability Scale (SUS) Measure?“. In: *Design, User Experience, and Usability: Theory and Practice*. Hrsg. von Aaron Marcus und Wentao Wang. Cham: Springer International Publishing, 2018, S. 356–366. ISBN: 978-3-319-91797-9.
- [57] Abhishek Vaish, Saif Ahmed und Anan Shetty. „Remote physiotherapy monitoring using the novel D+R Therapy iPhone application“. In: *Journal of Clinical Orthopaedics and Trauma* 8.1 (2017), S. 21–24. ISSN: 0976-5662. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jcot.2016.08.008>. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0976566216301680>.
- [58] Octavian Postolache u. a. „Physiotherapy assessment based on Kinect and mobile APPs“. In: *2015 6th International Conference on Information, Intelligence, Systems and Applications (IISA)*. 2015, S. 1–6. DOI: 10.1109/IISA.2015.7388013.
- [59] Paula Alexandra Rego u. a. „A Serious Games Platform for Cognitive Rehabilitation with Preliminary Evaluation“. In: *Journal of Medical Systems* 41.1 (2016), S. 10. ISSN: 1573-689X. DOI: 10.1007/s10916-016-0656-5. URL: <https://doi.org/10.1007/s10916-016-0656-5>.
- [60] Salvatore Tedesco u. a. „A Multi-Sensors Wearable System for Remote Assessment of Physiotherapy Exercises during ACL Rehabilitation“. In: *2019 26th IEEE International Conference on Electronics, Circuits and Systems (ICECS)*. 2019, S. 237–240. DOI: 10.1109/ICECS46596.2019.8965214.
- [61] F. Paetsch, A. Eberlein und F. Maurer. „Requirements engineering and agile software development“. In: *WET ICE 2003. Proceedings. Twelfth IEEE International Workshops on Enabling Technologies: Infrastructure for Collaborative Enterprises, 2003*. 2003, S. 308–313. DOI: 10.1109/ENABL.2003.1231428.
- [62] Achim Hildebrandt u. a. „Experteninterviews“. In: *Methodologie, Methoden, Forschungsdesign: Ein Lehrbuch für fortgeschrittene Studierende der Politikwissenschaft*. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, 2015, S. 241–255. ISBN: 978-3-531-18993-2. DOI: 10.1007/978-3-531-18993-2_10. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-531-18993-2_10.

- [63] Masitah Ghazali, Nurul Amira Mat Ariffin und Ridha Omar. „User centered design practices in healthcare: A systematic review“. In: *2014 3rd International Conference on User Science and Engineering (i-USEr)*. 2014, S. 91–96. DOI: 10.1109/IUSER.2014.7002683.
- [66] John Brooke. „SUS: A quick and dirty usability scale“. In: *Usability Eval. Ind.* 189 (Nov. 1995).



Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Online-Referenzen

- [12] Wikimedia. 27. Mai 2022. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:919_Ankle_Feet_Joints.jpg.
- [64] MBIENTLAB INC. 27. Mai 2022. URL: <https://mbientlab.com/>.
- [65] Wikimedia. 20. Nov. 2022. URL: https://de.m.wikipedia.org/wiki/Datei:Eversion_and_inversion.jpg.
- [67] Physio Austria. 10. Jän. 2023. URL: <https://www.physioaustria.at/>.



Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Anhang

Fragebogen - Interview

1. Demographische Daten erheben (Name, Alter, Geschlecht, Dauer der Berufstätigkeit, evtl. Anzahl der Knöchelverletzungen)
2. Haben Sie schon etwas von Serious Games gehört?
 - a) Wenn ja, was halten sie davon?
 - b) Wenn ja, haben Sie schon mit welchen gearbeitet gearbeitet?
3. Welche Informationen benötigen Sie um den Fortschritt eines/einer Patienten/Patientin feststellen zu können?
4. Halten Sie es für möglich und sinnvoll, den Fortschritt eines/einer Patienten/Patientin von der Ferne aus zu beobachten?
 - a) Sind dazu die gleichen Informationen notwendig wie bei einer Vorort Therapie, oder werden zusätzliche Informationen benötigt, wenn ja, welche?
5. Welche Einstellungsmöglichkeiten werden im Spiel benötigt, wenn ein/e Patient/in die Therapie von zuhause aus betreibt?
6. Welche Funktionen muss die Plattform zur Verfügung stellen, um die Teletherapie zu ermöglichen/erleichtern?

plugin.jslib

```
var plugin = {
  SyncGames: function(data) {
    if (window.gameSyncListener) {
      window.gameSyncListener(Pointer_stringify(data));
    }
  },
  GameLoaded: function(data) {
    if (window.gameLoadListener) {
```

```
        window . gameLoadListener ( true );
    }
};

mergeInto ( LibraryManager . library , plugin );
```

Fragebogen - Evaluation

Usability Fragen:

1. Ich denke, dass ich dieses System häufig nutzen würde.
2. Ich fand das System unnötig komplex.
3. Ich fand das System einfach zu bedienen.
4. Ich glaube, ich bräuchte die Unterstützung eines Technikers, um dieses System nutzen zu können.
5. Ich fand, dass die verschiedenen Funktionen in diesem System gut integriert waren.
6. Ich denke, es gibt zu viele Inkonsistenzen in diesem System.
7. Ich könnte mir vorstellen, dass die meisten Menschen sehr schnell lernen würden, dieses System zu benutzen.
8. Ich fand das System sehr umständlich zu bedienen.
9. Ich fühlte mich sehr sicher im Umgang mit dem System.
10. Ich musste eine Menge lernen, bevor ich mit diesem System umgehen konnte.

Freitext Felder:

1. Änderungswünsche/Änderungsideen
2. Bugs/Fehler
3. Unklarheiten
4. Feedback