

Increasing perceived usability in wrist exercise serious games

Diplomarbeit

zur Erlangung des akademischen Grades

Diplom-Ingenieur

im Rahmen des Studiums

Software Engineering and Internet Computing

eingereicht von

Maximilian Herfried Speil

Matrikelnummer 00926571

an der
Fakultät für Informatik der Technischen Universität Wien

Betreuer: Thomas Grechenig
Mitwirkung: René Baranyi

Wien, 20. Februar 2020

(Unterschrift Verfasser)

(Unterschrift Betreuer)



Increasing perceived usability in wrist exercise serious games

submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of

in

Software Engineering and Internet Computing

by

Maximilian Herfried Speil

Registration Number 00926571

elaborated at the
Institute of Information Systems Engineering
Research Group for Industrial Software
to the Faculty of Informatics
at TU Wien

Advisor: Thomas Grechenig

Assistance: René Baranyi

Vienna, February 20, 2020

Statement by Author

Maximilian Herfried Speil
Liniengasse 46/18, 1060 Wien

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.

I hereby declare that I am the sole author of this thesis, that I have completely indicated all sources and help used, and that all parts of this work – including tables, maps and figures – if taken from other works or from the internet, whether copied literally or by sense, have been labelled including a citation of the source.

(Place, Date)

(Signature of Author)

Acknowledgements

Optional acknowledgements may be inserted here.

Kurzfassung

Über diese Vorlage: Dieses Template dient als Vorlage für die Erstellung einer wissenschaftlichen Arbeit am INSO. Individuelle Erweiterungen, Strukturanpassungen und Layout-Veränderungen können und sollen selbstverständlich nach persönlichem Ermessen und in Rücksprache mit Ihrem Betreuer vorgenommen werden.

Diplomarbeiten aus Informatik können in deutscher oder englischer Sprache verfasst werden, Arbeiten aus Business Informatics müssen auf Englisch geschrieben werden.

Die Kurzfassung ist der Teil der Arbeit, der wohl am häufigsten gelesen wird – so wird sie beispielsweise im Epilog-Band der Fakultät publiziert und einem breiten Publikum verfügbar gemacht. Empfohlen wird, die Kurzfassung erst nach Finalisierung der gesamten Arbeit zu schreiben.

Aufbau: In der Kurzfassung werden auf einer 3/4 bis maximal einer Seite die Kernaussagen der Diplomarbeit zusammengefasst. Dabei sollte zunächst die Motivation/der Kontext der vorliegenden Arbeit dargestellt werden, und dann kurz die Frage-/Problemstellung erläutert werden, max. 1 Absatz! Im nächsten Absatz auf die Methode/Verfahrensweise/das konkrete Fallbeispiel eingehen, mit deren Hilfe die Ergebnisse erzielt wurden. Im Zentrum der Kurzfassung stehen die zentralen eigenen Ergebnisse der Arbeit, die den Wert der vorliegenden wissenschaftlichen Arbeit ausmachen. Hier auch, wenn vorhanden, eigene Publikationen erwähnen.

Wichtig: Verständlichkeit! Die Kurzfassung soll für Leser verständlich sein, denen das Gebiet der Arbeit fremd ist. Deshalb Abkürzungen immer zuerst ausschreiben, in Klammer dazu die Erklärung: z.B.: „Im Rahmen der vorliegenden Arbeit werden Non Governmental-Organisationen (NGOs) behandelt, ...“. In \LaTeX wird diese bereits automatisch durch verwenden des Befehls `\ac` erreicht. Für Details siehe Paket `glossaries`.

Bei theoretischen Diplomarbeiten, z.B. Literaturüberblick und Grundlagen zu einem größeren Themenblock, sollte in der Kurzfassung deutlich der Bedarf an einer solchen Übersicht und der Nutzen für die akademische Gemeinschaft aufgezeigt werden.

Schlüsselwörter

Abstract

About this template: This template helps writing a scientific document at INSO. Users of this template are welcome to make individual modifications, extensions, and changes to layout and typography in accordance with their advisor.

Writing an abstract: The abstract summarizes the most important information within less than one page. Within the first paragraph, present the motivation and context for your work, followed by the specific aims. In the next paragraph, describe your methodology / approach, and / or the specific case you are working on. The third paragraph describes the results and the contribution of your work.

Comprehensibility: People with different backgrounds who are novel to your area of work should be able to understand the abstract. Therefore, acronyms should only be used after their full definition has given. E.g., “This work relates to non-governmental organizations (NGOs), ...”.

Keywords

Contents

1	Introduction	1
1.1	Problem description	1
1.2	Motivation	1
1.3	Expected results	2
1.4	Structure of the thesis	2
2	Fundamentals	3
2.1	Medical basics	3
2.1.1	Anatomy of the wrist	3
2.1.2	Endoscopic procedures	3
2.1.3	Peretendonitis or tenosynovitis	3
2.1.4	Guyons canal syndrome	3
2.1.5	Carpal tunnel syndrome	3
2.2	Game design basics	5
2.3	Graphics design basics	5
2.3.1	Psychological impact of aesthetics	5
2.4	Motivational theory	5
2.5	State of the art	6
2.5.1	Unterkapitel	6
2.5.2	Abbildungen	6
2.5.3	Tabellen	6
3	Konkrete Problemstellung – Umfeldbeschreibung	8
4	Ergebnisse	10
5	Diskussion	11
6	Zusammenfassung und Ausblick	12
	Bibliography	13
	References	13
A	Appendix	15

List of Figures

2.1	carpal tunnel syndrome (https://mylivinglocal.com/blog/carpal-tunnel-syndrome/) . .	4
2.2	xxx (Quelle zitieren, wenn nicht selbst erstellt)	6

List of Tables

2.1	xxx (Quelle angeben)	7
-----	--------------------------------	---

List of Abbreviations

CTS Carpal Tunnel Syndrome

ECTR Endoscopic Carpal Tunnel Release

HCI Human Computer Interaction

MND Median Nerve Distribution

NSAIDs Non-Steroidal Anti-Inflammatory Drugs

OCTR open carpal tunnel release

RSI repetitive stress injury

1 Introduction

er Einleitung eine modifizierte Version des Exposés als Basis verwendet werden.

1.1 Problem description

Wrist injuries are a major concern in today's workplace environment. Multiple billion USD are lost every year because of reduction in productivity, employee turnover and other indirect expenses associated with wrist pain[8]. The most common type of wrist injuries are carpal tunnel syndrome, tendonitis and tenosynovitis. These injuries are also known under the umbrella term repetitive stress injury (RSI). These injuries do not manifest themselves immediately but after performing repetitive tasks on a daily basis for a long period of time. Effective wrist injury prevention exercises are a well studied subject. While they are not very complicated to execute, positive training results can only be achieved after regular application resulting in slow training progress. This slow progress often leads to a lack of motivation in patients, which in turn results in a high abandonment rate of exercise regimens[5].

1.2 Motivation

A major goal of serious games is increasing motivation for tasks which are inherently dull which in turn makes these kind of games a perfect fit for the physiotherapy domain. Applying serious games to therapeutic exercises has been a well researched topic over the last view years[11][17][9]. Most of these serious games choose a "mini-game" design pattern for translating therapeutic exercises into game-play. In the context of this exposé a "mini-game" design pattern describes the approach of developing a distinct game mode for every single exercise. Since a single game mode only requires the execution of a single exercise there is no inherent modulation of movement patterns. Furthermore it cedes power of choice to the user, who might be overwhelmed by a plethora of options, or worse, chooses only game modes(e.g. exercises) which are easy to accomplish. While following a "mini-games" design pattern drastically reduces the complexity of game systems and ensures that exercises are represented in game as closely as possible to their real world counter parts the draw backs are substantial in terms of usability and user guidance.

Another source of problems in the serious games domain can be the over reliance on non-standard or hard to require hardware[3]. An example of such hardware would be the Nintendo Wii game console which has often been used in serious games studies because of its intuitive control interface[10]. But production of the console has stopped in 2013 and with no alternative on the market, which would satisfy the same requirements, the prototypes developed for this system cannot be easily used in follow up experiments. Further more, being reliant on additional hardware increases the threshold for patients to use these serious games in their own homes[16]. This nullifies one of the greatest strengths for serious games. Usage without the need of expensive hardware, rehabilitation facilities and permanent professional supervision.

In summary, therapeutic serious games are currently suffering from major usability problems in hardware, software and design domains. These drawbacks might be one of the reasons why therapeutic serious games are not really present in more casual settings, like at home or in the work-

place. Subsequently increasing usability and reducing entry barriers of use should be a major focus.

1.3 Expected results

The goal of this thesis is to design and develop a prototype for a therapeutic serious game in the domain of wrist injury prevention in conjunction with domain specific experts. All entry barriers for actually using the game, at home and in a professional therapeutic setting, should be reduced as much as possible. This means that the user does not need to install any additional software on any device required for running the game. Further more, the only hardware requirements should be devices which can reasonably be expected to be presented in an average household.

1. What are the functional requirements for a therapeutic serious game related to wrist injury prevention and is it possible to satisfy these requirements without following the “mini-game” design pattern approach? Furthermore, is therapeutic success still guaranteed if multiple therapeutic wrist exercises are merged into a single serious game?
2. Is it possible to successfully develop a serious games prototype for therapeutic wrist exercises which facilitates the intuitive control schema introduced with specialized hardware, like the Nintendo Wii, without the need for said hardware? Are there any unwanted side effects introduced if the motion sensors of a smartphone are used as controller input? Last of all, how can these side effects, if present, be mitigated or even be totally removed?
3. Is it technical feasible to develop a serious game with motion controls leveraging a distributed controller setup? In this exposé the term “distributed controller setup” is defined as a setup where the controller and the system displaying the game state are not connected directly with the likes of cables or wireless connections. All of the communication between the devices is handled by a web server. A main concern with this setup is the amount of latency introduced.

1.4 Structure of the thesis

2 Fundamentals

2.1 Medical basics

This section will give a basic overview about RSI starting with a small introduction about the anatomy of the wrist. The most important kinds of RSI will be covered in more detail as well as how to diagnose these conditions and how to treat them. Effectiveness of these treatments will be discussed too. Since RSI is a rather broad topic this section, as well as the whole thesis, will only cover RSI of the wrist.

2.1.1 Anatomy of the wrist

2.1.2 Endoscopic procedures

In general, an endoscopic operation requires the surgeon to make a small incision at the surgical site and insert specialized surgical equipment into the incision. During the operation the surgeon

RSI symptoms

RSI treatment

2.1.3 Peritendinitis or tenosynovitis

2.1.4 Guyon's canal syndrome

2.1.5 Carpal tunnel syndrome

Carpal Tunnel Syndrome (CTS) is not only the most common form of RSI but in general the most prevalent neural injury[2]. In simplified terms CTS is a disorder of the median nerve. In the general population between 1% and 4% suffer from CTS[4]. 15% to 20% of workers with a high risk for RSI are reported to suffer from CTS. This high risk stems from workflows which require highly repetitive motions of the fingers and/or wrists like, for example, typing on a keyboard. There is no total consensus in the scientific literature on the definition of CTS[7]. In terms of physical symptoms some kind of tingling, pain, burning or general paraesthesia in the hands, fingers or wrists must be present for a prolonged period of time, even while sleeping. Diminished grip strength might also be present. Aside from physical symptoms, physical examination testing must also be conducted to properly diagnose CTS. An example of these tests would be the Phalen's maneuver in which the test subject is instructed to place both hands together for a prolonged period of time as to fully flex both wrists. The test indicates a case of CTS if the subject reports symptoms of paraesthesia, burning and/or numbness in the Median Nerve Distribution (MND). MND includes the wrist, palm and the first three digits.

Treatments for CTS can be classified into two distinct groups:

- Invasive treatments
- Non-invasive treatments

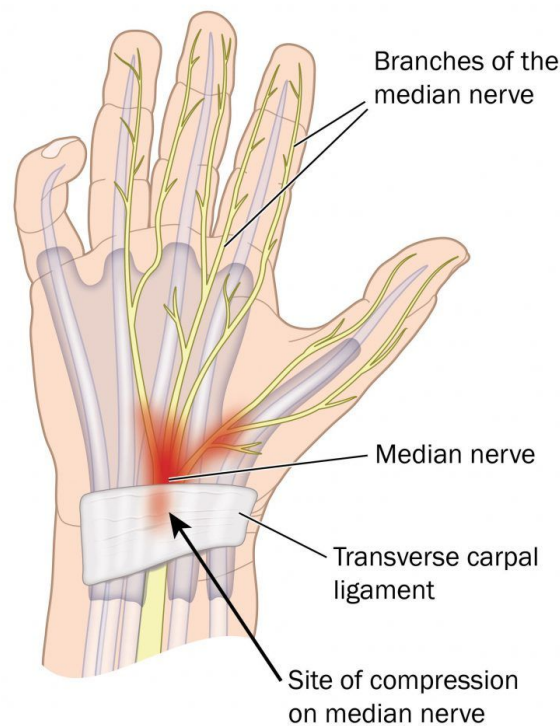


Figure 2.1: carpal tunnel syndrome (<https://mylivinglocal.com/blog/carpal-tunnel-syndrome/>)

Invasive treatments encompass a multitude of surgical intervention. A surgical intervention is normally only reserved for severe cases of CTS or if all non-invasive treatments have failed[13]. The goal of all surgical procedures is to reduce pressure on the median nerve. This can be achieved by cutting the transverse carpal ligament (figure 2.1), which subsequently increases wrist canal volume. A widely used procedure to achieve this effect is the standard open carpal tunnel release (OCTR). Over the years the standard OCTR has been refined to only require a two to three centimeter long incision at the palm of the hand[13]. No specialized tools are required for the operation. In general, most patients report that CTS related symptoms like daytime pain, tingling and numbness are reduced after OCTR[12]. The Endoscopic Carpal Tunnel Release (ECTR) is a less invasive form of the standard OCTR procedure. Since the transverse carpal ligament can be cut from within the carpal tunnel overlaying tissue can be left intact. This in turn should reduce post-operative morbidity[13], although no data comparing post-operative morbidity between OCTR and ECTR is currently available. In terms of patient satisfaction there seems to be no difference between the two surgical procedures[1].

Non-invasive treatments consist of the following broadly defined groups:

- No intervention
- Drug based treatments
- Movement restrictions
- Physical exercise

Drug based treatments include local corticosteroid injections, oral corticosteroids, Non-Steroidal Anti-Inflammatory Drugs (NSAIDs) and Pyridoxine. Pyridoxine is also better known as vitamin B6.

B₆. Most drug based treatments have the goal of providing short-term pain relief. Multiple trials have confirmed corticosteroids, administered either orally or through injection, have short-term benefits[15]. The long-term effectiveness of corticosteroids, as well as other drugs, is unknown.

Surgery Injections Stabilization

CTS -> Treatment [15]

2.2 Game design basics

This section will give an overview of the most important high level terms and theories in general game design.

Game loops

Winning states/Failure states

Randomness

How we learn to play. Game play literacy and other unknowns

2.3 Graphics design basics

Color theory

2.3.1 Psychological impact of aesthetics

ToDo: Describe what aesthetics are!

aesthetic scale in user tests to quantify aesthetics

Halo Effect

'prolongation of enjoyable experience' and 'increased motivation' is setting dependent [14]

One of the most well known publications about impact of visual aesthetics in Human Computer Interaction (HCI) has been written by Nick Cawthon and Andrew Vande Moere. „The effect of aesthetic on the usability of data visualization“. In: *2007 11th International Conference Information Visualization (IV'07)*. IEEE. 2007, pp. 637–648 <- NOT CORRECT REFERENCING. In this publication the authors set up a study to compare the efficiency and effectiveness of different data visualization methods. These methods were categorized through an online survey on a linear scale in terms of visual aesthetics, ranging from ugly to beautiful. Even though the results were rather conclusive the study design itself needs to be criticized. Visualization methods with beautiful aesthetics performed significantly better than ugly methods. But there was no indication if the different methods were even suited for handling the different study tasks.

Evaluation of visual design in state of the art

2.4 Motivational theory

Flow theory

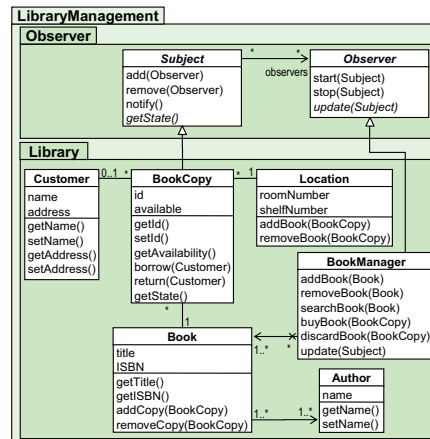


Figure 2.2: xxx (Quelle zitieren, wenn nicht selbst erstellt)

2.5 State of the art

Flow theory

2.5.1 Unterkapitel

Bei der Verwendung von Gliederungsebenen gibt es Folgendes zu beachten:

- Es sollten nicht mehr als 3 Gliederungstiefen nummeriert werden.
- Unterkapitel sind nur dann sinnvoll, wenn es auch mehrere Untergliederungen gibt. Ein Kapitel 2.1.1 sollte somit nur dann verwendet werden, wenn es auch 2.1.2 gibt.
- Oft ist es einfacher und besser verständlich, Aufzählungen als Text zu formulieren und somit weitere Gliederungsstufen zu vermeiden.

2.5.2 Abbildungen

Beschreibungen zu Abbildungen und Tabellen stehen unter dem Bild. Jede Abbildung muss im Fließtext referenziert werden. In \LaTeX besitzen Abbildungen typischerweise Labels, welche zum referenzieren verwendet werden. Zudem platziert \LaTeX die Abbildungen an geeigneten Stellen, was meistens auch wünschenswert ist. Falls das nicht gewünscht wird, kann es durch Optionen beeinflusst werden.

Abbildung 2.2 verdeutlicht ...

(siehe Abbildung \ref{<label>})

2.5.3 Tabellen

Jede Tabelle muss im Fließtext referenziert werden. Für Tabellen gelten die selben Regeln, wie für Abbildungen (siehe dazu Abschnitt 2.5.2).

Eine Beispiel einer Tabelle ist in Tabelle 2.1 zu finden:

Linksbündig	Zentriert	Rechtsbündig
Zeile 1	xxx	xxx
Zeile 2	xxx	...
Zeile3	xxx	xxx
	xxx	xxx
xxx		

Table 2.1: xxx (Quelle angeben)

Bitte beachten Sie, dass Tabellen generell so einfach wie möglich gehalten werden sollen. Tabelle 2.1 dient unter anderem dazu Studierenden zu zeigen, wie Tabellen in \LaTeX erstellt werden können und wie Farben verwendet werden.

3 Konkrete Problemstellung – Umfeldbeschreibung

In diesem Kapitel wird die eigentliche Problemlösung in einem oder mehreren Unterkapiteln ausgeführt. Die Strukturierung dieses Kapitels ist naturgemäß sehr stark von der konkreten Aufgabenstellung abhängig. Der Name dieses Kapitels ist anzupassen, z.B. Umfeldbeschreibung – Fallbeispiel ..., konkreter schreiben je nach Art Diplomarbeit/Fragestellung. Nachfolgend einige Beispiele für unterschiedliche Arten von Diplomarbeiten.

Bei einer Software-Entwicklungsarbeit bieten sich folgende Unterkapitel an:

- Im Kapitel „Design“ sollte die konzeptionelle Lösung vorgestellt, diskutiert und begründet werden. Das Ergebnis dieses Kapitels könnte beispielsweise eine Protokoll-Architektur sein.
- Im Kapitel „Modelle“ erfolgt üblicherweise das Feindesign. In diesem Kapitel könnten beispielsweise einzelne Protokolle bzw. Algorithmen aus der vorher definierten Protokoll-Architektur eingeführt und diskutiert werden. Achtung: Generell darauf achten, bei der eingangs erläuterten Notation zu bleiben und nicht Synonyme zu verwenden, verwirrt den Leser.
- Das Kapitel „Implementierung“ sollte sich dann vorwiegend mit den Details der Umsetzung befassen. In diesem Kapitel sollte nur im Ausnahmefall exemplarisch Quellcode vorgeesehen werden. Vielmehr sollten alle Probleme, die bei der Realisierung aufgetreten sind, dokumentiert, interpretiert und die Lösung erläutert werden.

Bei einer Arbeit zu einem abstrakteren Thema, bei dem ein oder mehrere Fallbeispiele aus der industriellen Praxis bearbeitet werden, bieten sich folgende Unterkapitel an:

- Im Unterkapitel „Analyse der Problemstellung“ wird die konkrete Problemstellung (die Situation im betrachteten Unternehmen) der Fallbeispiele beschrieben. Das Ergebnis dieses Kapitels könnte eine schematische Netzwerk- oder Applikationsarchitektur sein.
- Im Unterkapitel „Fallbeispiel“ sollte sich (analog zur Implementierung in der Software-Entwicklung) mit den konkreten Details der Umsetzung befassen. Hier wird dargelegt, wie das zuvor identifizierte Lösungsschema konkret zur Anwendung gelangen kann bzw. welche Probleme während des Umsetzungsprojekts aufgetreten sind.

Bei einer Arbeit, deren Grundlage eine Auswahl eines Softwaresystems ist, bieten sich folgende Unterkapitel an:

- IST-Analyse
- Hardware und Softwareausstattung
- Beschreibung der Geschäftsprozesse

- Schwachstellenanalyse des Unternehmens
- SOLL-Konzeption
- Auswahlverfahren möglicher verfügbarer Systeme – Kriterienkatalog
- Einführung des neuen Systems

Bei einer Arbeit, deren Fokus auf der Durchführung und Auswertung von Fragebögen liegt, bieten sich folgende Unterkapitel an:

- Im Kapitel „Problemstellung und Fragebogendesign“ wird die fachliche Problemstellung detailliert erläutert und der Inhalt des Fragebogens in Bezug zur Problemstellung dargestellt.
- Im Kapitel „Befragungsmethode“ werden die Untersuchungsobjekte (z.B. Praktische Ärzte), die Grundgesamtheit (Anzahl praktische Ärzte in Venezuela), Stichprobengesamtheit und das Verfahren zur Stichprobenziehung und das Erhebungsverfahren (Verteilung und Rücklauf der Fragebögen) beschrieben.
- Im Kapitel „Auswertungsmethode“ werden die möglichen Auswertungsmethoden aufgelistet und ggf. begründet die ausgewählte Methode beschrieben.
- Im Kapitel „Befragungsdurchführung“ wird die Untersuchungsdurchführung (z.B. Zeit, Ort der Befragung, Zeitraum der gesamten Befragung, besondere für das Untersuchungsergebnis oder zukünftige Forschungsarbeiten relevante Vorkommnisse etc.) dargestellt.

Hier intensive Rücksprache mit Ihren jeweiligen Fachbetreuern halten, mehrere Diplomarbeiten der Fakultät zu diesem Themenbereich durchsehen. Unabhängig vom Typ der Diplomarbeit werden im nachfolgenden Kapitel die konkreten Ergebnisse beschrieben.

4 Ergebnisse

Die Resultate der Arbeit präsentieren und nach Möglichkeit aussagekräftige, eigenständige Abbildungen einbauen. Namen des Kapitels konkretisieren, an jeweilige Arbeit anpassen – Lösungsvorschlag/Implementierung im Titel des Kapitels benennen. Bei einer Software-Entwicklungsarbeit ggf. eine Beschreibung der Qualitätsmerkmale der neuen Implementierung (Performance, Sicherheit, Messergebnisse etc.) geben.

Bei einer Arbeit zu einem abstrakteren Architekturthema können hier die Eigenschaften nach der Anwendung der konzipierten Architektur beschrieben werden. Kommt sie in mehreren Fallbeispielen zum Einsatz, erfolgt hier ein Vergleich der jeweiligen Ergebnisse (z.B. gab es Unterschiede im Umsetzungserfolg, die sich auf konkrete Eigenschaften der betrachteten Fallbeispiele zurückführen lassen).

Bei einer Arbeit zur Softwareauswahl und Einführung wird eine Beschreibung von Qualitätseigenschaften des mit der Einführung neu geschaffenen SOLL-Zustands gegeben.

Bei einer Arbeit, deren Fokus auf der Durchführung und Auswertung von Fragebögen liegt, erfolgt in diesem Kapitel die Auswertung der Fragebögen.

5 Diskussion

Den akademischen Wert der Arbeit hervorheben, Vergleich mit verwandten Arbeiten: In welchem Verhältnis stehen die Ergebnisse der Diplomarbeit zu den Ergebnissen anderer Studien? Wo gibt es Unterschiede, wo Gemeinsamkeiten? Warum?

Diskussion offener Punkte, Darstellen der Stärken und Schwächen der vorliegenden Ergebnisse.

6 Zusammenfassung und Ausblick

Die Zusammenfassung ist nach der Kurzfassung der am häufigsten gelesene Teil, da viele Leser aus Zeitknappheit Arbeiten im Schnellverfahren konsumieren und rasch zur Zusammenfassung blättern. Hier hat man die Chance, dem Leser noch einmal die zentralen Ideen und Ergebnisse der Diplomarbeit zu vermitteln.

Im Gegensatz zur Kurzfassung sind die Leser mit der Problemstellung und der Terminologie bereits vertraut. In der Länge hat man deutlich mehr Spielraum als bei der Kurzfassung, die Zusammenfassung sollte inklusive Ausblick 2 bis max. 10 Seiten umfassen. Hier sollten kompakt die Antworten auf die in der Zielsetzung aufgeworfenen Fragen (Hypothesen) gegeben werden.

Neben einer Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse sollte auch ein Ausblick gegeben werden: Aufzeigen des Bedarfs an zukünftiger Forschung, potentielle Anwendungsmöglichkeiten der vorgestellten Lösung etc.

In Summe sollte die Zusammenfassung dem Leser die wissenschaftliche und, wenn vorhanden, praktische Relevanz der Arbeit klar und verständlich darlegen.

Bibliography

References

- [1] Isam Atroshi et al. „Extended follow-up of a randomized clinical trial of open vs endoscopic release surgery for carpal tunnel syndrome“. In: *Jama* 314.13 (2015), pp. 1399–1401.
- [2] Ruth Ballester-Pérez et al. „Effectiveness of nerve gliding exercises on carpal tunnel syndrome: a systematic review“. In: *Journal of manipulative and physiological therapeutics* 40.1 (2017), pp. 50–59.
- [3] Thiago VV Batista et al. „FarMyo: A Serious Game for Hand and Wrist Rehabilitation Using a Low-Cost Electromyography Device“. In: *International Journal of Serious Games* 6.2 (2019), pp. 3–19.
- [4] Frans JM Bongers et al. „Carpal tunnel syndrome in general practice (1987 and 2001): incidence and the role of occupational and non-occupational factors“. In: *Br J Gen Pract* 57.534 (2007), pp. 36–39.
- [5] R Campbell et al. „Why don't patients do their exercises? Understanding non-compliance with physiotherapy in patients with osteoarthritis of the knee“. In: *Journal of Epidemiology & Community Health* 55.2 (2001), pp. 132–138.
- [6] Nick Cawthon and Andrew Vande Moere. „The effect of aesthetic on the usability of data visualization“. In: *2007 11th International Conference Information Visualization (IV'07)*. IEEE. 2007, pp. 637–648.
- [7] Alexis Descatha et al. „Comparison of research case definitions for carpal tunnel syndrome“. In: *Scandinavian journal of work, environment & health* 37.4 (2011), p. 298.
- [8] Hélder Freitas et al. „Serious games development as a tool to prevent repetitive strain injuries in hands: first steps“. In: *International Conference on Interactive Collaborative Learning*. Springer. 2017, pp. 954–964.
- [9] Maja Goršič, Imre Cikajlo, and Domen Novak. „Competitive and cooperative arm rehabilitation games played by a patient and unimpaired person: effects on motivation and exercise intensity“. In: *Journal of neuroengineering and rehabilitation* 14.1 (2017), p. 23.
- [10] Ron S Leder et al. „Nintendo Wii remote for computer simulated arm and wrist therapy in stroke survivors with upper extremity hemiparesis“. In: *2008 virtual rehabilitation*. IEEE. 2008, pp. 74–74.
- [11] Keith R Lohse et al. „Virtual reality therapy for adults post-stroke: a systematic review and meta-analysis exploring virtual environments and commercial games in therapy“. In: *PloS one* 9.3 (2014).
- [12] Dexter L Louie et al. „Outcomes of open carpal tunnel release at a minimum of ten years“. In: *The Journal of bone and joint surgery. American volume* 95.12 (2013), p. 1067.
- [13] Rob JPM Scholten et al. „Surgical treatment options for carpal tunnel syndrome“. In: *Cochrane Database of Systematic Reviews* 4 (2007).
- [14] Andreas Sonderegger and Juergen Sauer. „The influence of design aesthetics in usability testing: Effects on user performance and perceived usability“. In: *Applied ergonomics* 41.3 (2010), pp. 403–410.

- [15] Maurits Van Tulder, Antti Malmivaara, and Bart Koes. „Repetitive strain injury“. In: *The Lancet* 369.9575 (2007), pp. 1815–1822.
- [16] Josef Wiemeyer and Annika Kliem. „Serious games in prevention and rehabilitation—a new panacea for elderly people?“ In: *European Review of Aging and Physical Activity* 9.1 (2012), p. 41.
- [17] Pieter Wouters et al. „A meta-analysis of the cognitive and motivational effects of serious games.“ In: *Journal of educational psychology* 105.2 (2013), p. 249.

A Appendix

Listings, data models, forms, ...