Entwicklung und Evaluation eines Muscle-Computer-Interfaces zur Unterstützung in der Handtherapie

Tommy Vinh Lam[1], Gerrit Meixner[2]

Studiengang Medizinische Informatik, Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg[1]
UniTyLab, Hochschule Heilbronn[2]

Zusammenfassung

Im Rahmen dieses Beitrages wurde in Zusammenarbeit mit zwei Physiotherapeuten ein Konzept für das heimbasierte Training in der Handtherapie erarbeitet. Das Konzept basiert auf der Thalmic Myo, einem Gestensteuerungssystem, das über den Arm gesteuert wird. Der Entwurf wurde prototypisch in Form einer Android Anwendung umgesetzt. Das Myo-Armband ist mit Bewegungssensoren und Elektroden ausgestattet, womit sich die Position von Hand und Arm im Raum erfassen und Bewegungen durch elektrische Signale von Muskeln erkennen lassen. Basierend auf dieser Technologie soll eine Möglichkeit zur Verlaufskontrolle der Adhärenz, die Einhaltung der gemeinsam gesetzten Therapieziele, gewährleistet werden können. Der Prototyp wurde mit sieben Physiotherapeuten hinsichtlich seiner Funktionalität untersucht und auf Akzeptanz evaluiert.

1 Einleitung

Bei einer komplexen Handverletzung wird nach einer Operation eine Rehabilitation eingeleitet, bei der der Patient bei der Wiederherstellung seiner körperlichen Funktionen mit Hilfe physiotherapeutischer Behandlung unterstützt wird. Hierbei spricht man von der Handtherapie, einer Untergruppe der Physiotherapie. In der Handtherapie soll die funktionsgestörte Hand mit Hilfe passiver, assistiver und aktiver Bewegung möglichst zur ursprünglichen Funktion zurückgeführt werden (Kisner & Carolyn 2010).

Damit das aktive Bewegen leichter ausgeführt werden kann, erfolgt in der ersten Phase eine passive Mobilisation durch den Therapeuten. Dies dient zur Dehnung der Strukturen und Verbesserung der Gelenksbeweglichkeit. In der zweiten oder dritten Phase, der sog. minimalen Schutzphase, sollen aktive Bewegungsübungen vom Patienten regelmäßig durchgeführt werden. Verschiedene Übungen werden dem Patienten gezeigt, welche in

Veröffentlicht durch die Gesellschaft für Informatik e.V. 2016 in
W. Prinz, J. Borchers, M. Ziefle (Hrsg.):
Mensch und Computer 2016 – Tagungsband, 4. - 7. September 2016, Aachen.
Copyright © 2016 bei den Autoren.
http://dx.doi.org/10.18420/muc2016-mci-0069

Eigenverantwortlichkeit und selbständig im heimbasierten Training durchgeführt werden sollen.

Ein Problem, das sich dabei bemerkbar macht ist, dass der Fortschritt des Patienten nicht konsequent überwachbar ist. Dieses ist aber für die Verlaufskontrolle und positiven Auswirkungen des Patienten von großer Bedeutung. Erfahrungsberichten zu Folge halten sich Patienten nicht konsequent an die zwischen ihnen und Therapeuten gemeinsam gesetzten Therapieziele. Das sei unter anderem durch mangelnde Motivation zu begründen. Für die Verlaufskontrolle bedarf es einer Möglichkeit, entsprechende Daten zu erfassen und Therapeuten zur Verfügung zu stellen. Mit diesem Beitrag wurde eine solche Möglichkeit untersucht.

Der Beitrag ist wie folgt gegliedert: Kapitel 2 gibt einen Überblick über die wichtigsten relevanten Grundlagen. Kapitel 3 beschreibt die Entwicklung des Prototyps und Kapitel 4 fasst die wesentlichen Evaluationsergebnisse zusammen. Kapitel 5 schließt den Beitrag mit einer kurzen Diskussion sowie einem Ausblick auf künftige Arbeiten ab.

2 Grundlagen

Im folgenden Kapitel wird zunächst kurz auf die Definition von Muscle-Computer-Interfaces eingegangen, einer Form der Benutzungsschnittstelle, zu der sich das Thalmic Myo-Armband[1] einordnen lässt. Anschließend wird dessen Funktionsweise kurz erläutert.

2.1 Muscle-Computer-Interfaces

Im Laufe der Zeit ließ sich in der Entwicklung von Mensch-Computer-Interaktion ein Trend beobachten, bei dem der Anspruch stetig wächst, diese nahezu nahtlos in unsere physikalische Umwelt zu integrieren. Begleitet wurde dieser mit ersten Überlegungen hinsichtlich einer neuen Eingabemethode, die auf der direkten Erkennung und Interpretation von Muskelaktivität beruht. Zu diesen zählt unter anderem die Arbeit von (Saponas et al. 2008), in der ein Design-Konzept vorgestellt wird, das Muscle-Computer-Interfaces (kurz „muCI“) erstmalig mit der Verwendung von Oberflächen-EMGs zur Messung von Muskelaktivität am Unterarm in Zusammenhang bringt. Elektromyographie (kurz „EMG“) wird in der Neurophysiologie angewendet und ist eine Untersuchungsmethode, womit festgestellt werden kann, ob eine Erkrankung des Muskels vorliegt. Aufbauend auf den Überlegungen lassen sich in der Umsetzung von muCIs drei elementare Ansätze beschreiben, aus denen sich ein grundlegendes Modell zusammensetzen lässt (Phinyomark et al. 2014).

- *Datensammlung und –Aufbereitung*: Zunächst gilt es EMG-Daten an Beispielen verschiedener Handgesten zu sammeln. Für die Datensammlung haben sich Oberflächen-EMGs bewährt. Des Weiteren ist es mit Rücksicht auf Signal- und Rausch-Verhältnissen unter Umständen notwendig, das EMG-Signal mit entsprechenden Hoch- und

[1] https://www.myo.com;04.04.2016.

Tiefpassfiltern zu behandeln. MuCIs setzen auf Lernalgorithmen, daher bedarf es das Signal abzutasten und in einzelne Segmente aufzuteilen, die sich in Folge dessen besser von maschinellen Lernverfahren verarbeiten lassen, zumal es sich bei EMG um ein kontinuierliches Signal-Output handelt.

- *Mustererkennung*: Mit Hilfe von maschinellen Lernalgorithmen, speziell aus der Mustererkennung, gilt es anschließend Gemeinsamkeiten und Strukturen in der gesammelten Datenmenge zu identifizieren. Insbesondere Klassifikationsverfahren können Datenobjekte anhand ihrer Merkmale gruppieren und in Kategorien einordnen, welche für die Wiedererkennung der Gesten genutzt werden.
- *Steuerungssystem*: Die Kategorien bzw. Zielklassen werden folglich als Steuerungsbefehle interpretiert, die daraufhin für die Interaktion mit einem System genutzt werden können.

Muscle-Computer-Interfaces haben bereits in verschiedenen Bereichen Anwendung gefunden. Beispielsweise entwickelten (Zhang et al. 2009) im Rahmen ihrer Forschungsarbeit ein Gestensteuerungssystem zur Lösung eines virtuellen Zauberwürfels. Den Einsatz von EMG-Sensoren untersuchten unter anderem auch (Wheeler & Jorgensen 2003) bei dem Versuch, Joystick-Bewegungen zu erkennen, während die Sensoren am Unterarm befestigt waren. In ähnlicher Form entwickelten (Naik et al. 2006) ein System, das mit Hilfe von EMG zwischen Hand- und Fingerbewegungen unterscheiden kann.

Neben einfachen Einsatzszenarien von muCI, gehen verschiedene Arbeiten auch auf die Möglichkeiten für körperlich beeinträchtigte Personen ein, unter anderem (Ho et al. 2011), die in ihrer Arbeit ein Außenskelett für die Hand entwickelten das über die Muskelströme gesteuert wird. Ihre Arbeit richtet sich insbesondere an Patienten, die einen Schlaganfall erlitten und infolgedessen unter Beeinträchtigungen der äußeren Extremitäten leiden. Ferner stellen (Pölzer & Miesenberger 2014) ein Anwendungsszenario vor, bei dem Gestensteuerungssysteme, wie das Thalmic Myo-Armband, zur Darstellung von nonverbaler Kommunikation für blinde Personen eingesetzt werden.

2.2 Das Thalmic Myo-Armband

Das Myo-Armband der kanadischen Firma Thalmic Labs ist ein Gestensteuerungssystem, das sich mit Bewegungen der Hand und des Armes bedienen lässt. Hier werden zwei Techniken kombiniert: Durch die Nutzung von Elektroden, die in ähnlicher Form auch bei einer medizinischen Elektromyographie zum Einsatz kommen, können Bewegungen der Hand erfasst und mit Hilfe eines neun-Achsen Inertialsensors Beschleunigung, Orientierung und Drehung des Armes registrieren. Insgesamt besitzt das Myo-Armband acht EMG-Sensoren zur Erfassung der Muskelaktivität.

Das Armband wiegt insgesamt 93 Gramm, ist 11,5 Millimeter breit und lässt sich mit einem Armumfang von 19-34 Zentimeter am Unterarm tragen. Neben den Sensoren verfügt das Myo-Armband des Weiteren über Haptic Feedback, um den Anwender nach einer Aktion mittels Vibration Rückmeldung zu geben. Als ein gestenbasiertes Eingabegerät, werden Messungen der Muskelaktivität und Bewegungen des Armes interpretiert, um dem Anwender auf intuitive und natürliche Art und Weise, eine Interaktion mit einem

Computersystem zu ermöglichen. Das Myo-Armband verbindet sich über Bluetooth 4.0 mit einem Endgerät und lässt sich durch sein Lithium Ion-Akku nach einer Aufladung bis zu 24 Stunden nutzen.

3 Entwicklung des Prototyps

In diesem Kapitel werden zunächst die Anforderungen an die therapeutische Anwendung vorgestellt. Daraufhin wird kurz auf die Vorgehensweise im Projekt und die Umsetzungsschwerpunkte eingegangen.

3.1 Anforderungen

Um eine grundlegende Basis für die Entwicklung des Prototyps zu erhalten, wurde im Vorfeld eine strukturierte Anforderungsanalyse in Zusammenarbeit mit zwei Physiotherapeutinnen durchgeführt. Die wesentlichen Zielfunktionen der Anwendung sind:

1. Ein entsprechender Übungsmodus für die Durchführung von Bewegungsübungen und
2. die Möglichkeit einer Einsicht in die Übungssequenzen, die vom Patienten durchgeführt wurden.

Der *Übungsmodus* stellt die grundlegende Funktionalität der Anwendung dar. Für das heimbasierte Training soll zunächst ein Übungsplan mit verschiedenen Bewegungsübungen konfiguriert werden können. Neben der Auswahl an verschiedenen Übungen sollen entsprechende Parameter wie die *Anzahl an Wiederholungen* und eine *Zeitvorgabe* für die Durchführung eingestellt werden können. Der Übungsplan soll dem Patienten individuelle Übungseinheiten anzeigen, die er innerhalb eines bestimmten Zeitraums durchführen soll. Eine Einheit besteht aus verschiedenen Bewegungsübungen. Zudem sollen dem Patienten entsprechende Anleitungen und Beschreibungen bereitgestellt werden, welche eine richtige Ausführung der Bewegungen unterstützen sollen. Die Bewegungsausführungen werden durch das Thalmic Myo-Armband erfasst.

Aufbauend auf dem Übungsmodus soll die Anwendung darstellen, inwieweit der Übungsplan abgeschlossen wurde. Dies bietet Therapeuten die Möglichkeit zu überprüfen, ob Patienten sich tatsächlich auf die Therapieziele hinarbeiten. Basierend auf dieser *Fortschrittskontrolle* bildet sich eine neue Grundlage für die Kommunikation zwischen beiden Parteien. Entsprechende Statistiken können gemeinsam erörtert und das Heimprogramm individuell an die Bedürfnisse des Patienten angepasst werden.

3.2 Methodik

Hinsichtlich der Anforderungen wurden verschiedene Gestaltungsideen erarbeitet und zunächst in Form von Mockups umgesetzt. Diese wurden im Laufe des Projektes nach und nach evaluiert und eingegrenzt. Bei der Entwicklung des Prototyps bediente sich das Projekt dabei an der Theorie des „Design Funnels“ (dt. „Gestaltungstrichter“), speziell dem Ansatz des „Getting the right design“ (dt. „die richtige Gestaltung finden“), beschrieben von

(Buxton 2007) und (Greenberg et al. 2012). Mit diesem Ansatz wird versucht, möglichst früh im Entwicklungsprozess eine Vielzahl an Gestaltungsideen zu erarbeiten und diejenigen auszuwählen und prototypisch umzusetzen, die am vielversprechendsten erscheinen. Von einer initialen Menge an Gestaltungsideen, werden diese über mehrere Iterationen bis hin zu einer endgültigen Konzeptauswahl eingegrenzt.

Nachdem ein finales Konzept erarbeitet wurde, wurde dieses als Android-Applikation in Verbindung mit dem Myo-Armband realisiert. Der Prototyp deckt rudimentär die funktionalen Anforderungen der Anwendung ab und wurde daraufhin mit insgesamt sieben Physiotherapeuten evaluiert und auf Akzeptanz getestet. Für die Untersuchung wurden folgende Evaluationsinstrumente verwendet:

- der *AttrakDiff* zur Messung der hedonischen und pragmatischen Qualität, sowie der Attraktivität (Hassenzahl et al. 2003),
- der *INTUI-Fragebogen* zur Messung der Intuitivität (Ullrich & Diefenbach 2010),
- und das *Interaktionsvokabular* zur Charakterisierung der Interaktionseigenschaften (Diefenbach et al. 2010).

3.3 Umsetzungsschwerpunkte

Für die Entwicklung des Prototyps ist die Entscheidung auf einen mobilen Lösungsansatz gefallen und es wurde eine Android-Anwendung in Verbindung mit dem Myo-Armband entwickelt. Die Konzeptidee beschränkt sich jedoch nicht auf Android, sondern lässt sich grundsätzlich auf weitere Plattformen übertragen. Das derzeitige Myo Software Development Kit (kurz „SDK“) in der Version 1.00 ermöglicht die Entwicklung von Anwendungen unter anderem auch in den Programmiersprachen C++, Objective C und Python. Darüber hinaus stellt der Hersteller mit dem SDK die Implementierung von fünf verschiedenen Handgesten bereit, die durch das Myo-Armband wiedererkannt werden.

Mit dem mobilen Lösungsansatz wird darauf hingezielt, kostenaufwändige Anschaffungen seitens Therapeuten wie auch Patienten zu vermeiden. Das Konzept zielt darauf hin, dass Patienten ihr privates Smartphone in die Physiotherapie-Praxis mitbringen und zur Unterstützung im heimbasierten Training nutzen können.

Bei der Umsetzung wird neben der Funktionalität auch großen Wert auf ein ansprechendes Design und eine intuitive Bedienung gelegt, um eine Akzeptanz für die Anwendung zu schaffen. Aufgrund der losen Kopplung zwischen Smartphone und Myo-Armband, wird ein hohes Maß an Selbstbeschreibungsfähigkeit (gemäß DIN EN ISO 9241-110) verlangt, die dem Anwender mittels Hilfen und Rückmeldungen bei der Benutzung unterstützen. Neben der visuellen Rückmeldung seitens der Anwendung, könnten eine haptische Rückmeldung durch das Armband, wie auch eine akustische Rückmeldung seitens Smartphone, die Interaktion unterstützen. Die Usability soll über den therapeutischen Zweck hinaus die Motivation für das Heimtraining fördern.

4 Ergebnisse

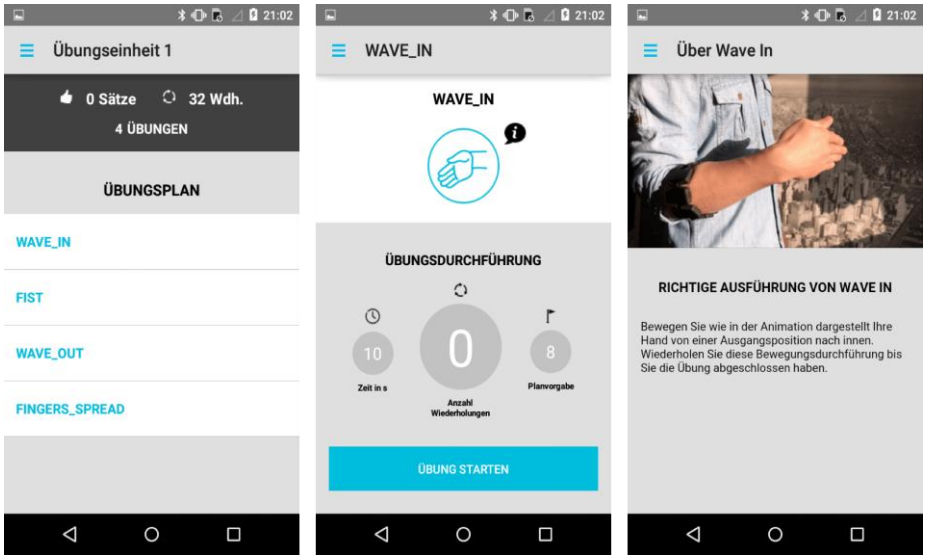
Im Folgenden werden zunächst ausgewählte Funktionen des Prototyps vorgestellt. Anschließend werden die Ergebnisse der Evaluierung wiedergegeben.

4.1 Praktische Umsetzung

Bevor ein Patient seine Übungen durchführen kann und das Myo-Armband diese erfasst, muss das Armband zunächst mit dem Smartphone verbunden und anschließend am Arm des Patienten synchronisiert werden. Dies ist die Voraussetzung für die weitere Nutzung der Anwendung. Hierzu wird der Patient auf der Startseite der Anwendung angeleitet. Die Anleitung ist dabei in drei Schritte aufgeteilt.

- *Übungsplan erstellen*: Bevor der Patient mit seinen Übungen beginnen kann, ist das Existieren eines gegenwärtigen Übungsplans Voraussetzung. Ein solcher Übungsplan soll durch den Therapeuten angeordnet und erstellt werden. Entsprechend den Anforderungen setzt sich ein Übungsplan aus mehreren Übungseinheiten zusammen. Eine Übungseinheit besteht aus einer Reihe von Bewegungsübungen, welche für einen Übungstag angesetzt werden. Mit der Zuordnung der Bewegungsübungen zu einer Einheit, müssen entsprechende Parameter konfiguriert werden, wie die Anzahl an Wiederholungssequenzen je Übung und die Angabe der Zeit, innerhalb dieser die Bewegungsübung durchzuführen gilt. Beim Einrichten eines Übungsplans wird zunächst überprüft, ob bereits ein gegenwärtiger Übungsplan vorhanden ist. Entsprechend den Anforderungen soll immer nur ein aktueller Plan existieren.

- *Übungsplan und -Durchführung*: Sobald ein unabgeschlossener Übungsplan vorhanden und das Myo-Armband mit dem Smartphone verbunden und synchronisiert ist, kann der Patient mit seinem Heimtraining beginnen. Im Übungsplan werden alle Übungseinheiten aufgelistet, die zuvor durch den behandelnden Physiotherapeuten angeordnet und mit der Anwendung konfiguriert wurden. Mit der Auswahl einer Übungseinheit, werden die Bewegungsübungen aufgelistet (vgl. Abbildung 1 (a)), woraufhin entsprechend der Übungsmodus gestartet werden kann (vgl. Abbildung 1 (b)). Bei den Bewegungsübungen handelt es sich um die Handgesten, die durch das Myo-Armband von Werk aus erkannt werden. Im Übungsmodus werden die Übungseinstellungen angezeigt, also Zeit- und Planvorgabe. Während der Übungsdurchführung gilt es die Anzahl der Wiederholungen nach Planvorgabe, innerhalb der angegebenen Zeitvorgabe zu erreichen. Jede korrekte Ausführung wird mitgezählt und die resultierende Anzahl angezeigt. Die Bewegungen werden durch das Myo-Armband registriert und der Anwender erhält zugleich ein akustisches Feedback durch die Anwendung, als auch eine haptische Rückmeldung durch das Armband, wodurch die Interaktion zusätzlich unterstützt wird. Das Ziel für den Patienten soll sein, alle Übungseinheiten samt Bewegungsübungen abzuschließen. Um einer Verunsicherung in der Bewegungsausführung entgegenzuwirken, sind zu jeder Bewegungsübung eine textuelle Anleitung und Videoanimation verfügbar (vgl. Abbildung 1 (c)).



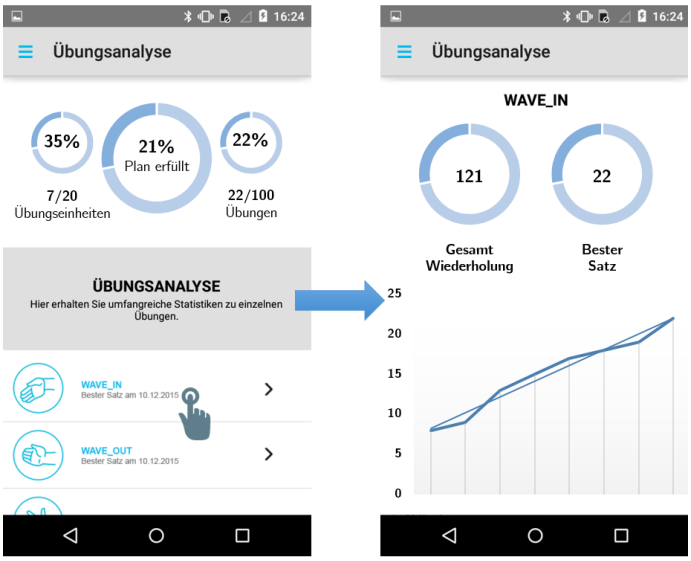
(a) Übungseinheit (b) Übungsmodus (c) Übungsanleitung

Abbildung 1: Ausgewählte Ansichten zum Übungsmodus.

- *Planarchiv*: Das Planarchiv listet alle Übungspläne auf, die durch den Therapeuten bisher angeordnet und vom Patienten durchgeführt wurden. Jede Übungseinheit samt den Bewegungsübungen lassen sich hier wiederfinden. Zugleich werden an dieser Stelle auch alle Übungsergebnisse gespeichert. Mit dieser Funktion werden die Behandlungsmaßnahmen automatisch dokumentiert. Der zeitliche Aufwand für die manuelle Dokumentation würde sich dadurch minimieren. Gleichzeitig stellt das Planarchiv eine Erinnerungshilfe für den Therapeuten dar.

- *Übungsanalyse*: Eine weitere Grundlage für vorausgehende Übungspläne bietet die Übungsanalyse. Die Übungsanalyse stellt den Fortschritt hinsichtlich der Erfüllung des aktuellen Übungsplans dar (lokale Übungsanalyse). Grafisch und durch Prozentangaben dargestellt werden die Anzahl aller bislang abgeschlossenen Übungseinheiten und Übungen (vgl. Abbildung 2 (a)). Die lokale Übungsanalyse gewährleistet dem Physiotherapeuten Transparenz darüber, inwieweit der Patient sich tatsächlich an die vereinbarten Therapieziele gehalten hat. Gleichzeitig wird davon ausgegangen, dass die Motivation des Patienten angeregt werden kann, indem der Patient die bestmöglichen Ergebnisse erzielen möchte. Neben der lokalen Übungsanalyse kann der Fortschritt einzelner Bewegungsübungen betrachtet werden. Hierfür werden die Übungsergebnisse aller abgeschlossenen Übungspläne zusammengefasst und für jede Bewegungsübung im Einzelnen dargestellt (globale Übungsanalyse). Ein Fortschritt lässt sich dabei anhand der steigenden Anzahl an Wiederholungssequenzen bestimmen (vgl. Abbildung 2 (b)). Zur globalen Auswertung wird zum einen die gesamte Anzahl an Wiederholungen dargestellt, die insgesamt mit einer Bewegungsübung im Einzelnen ausgeführt werden. Zum anderen

wird der beste Satz angezeigt: die höchste Anzahl an Wiederholungen, die mit der entsprechenden Übung erreicht wurde. Das Ziel für den Patienten soll sein, sich stetig verbessern zu wollen und damit die Leistung zu steigern. Zur Veranschaulichung wird auch dieser Fortschritt grafisch dargestellt. Darüber lässt sich der Trend ablesen, ob der Patient mit der jeweiligen Übung Erfolge nachweisen kann oder auch nicht.



(a) Lokale Übungsanalyse (b) Globale Übungsanalyse

Abbildung 2: Ansichten zur Übungsanalyse.

4.2 Evaluierung

Die Evaluierung wurde mit insgesamt sieben Physiotherapeuten durchgeführt. Von den Probanden war eine Person männlich und sechs weiblich. Der Altersdurchschnitt lag bei 30,56 Jahren. Die Probanden wiesen keine Vorerfahrung hinsichtlich der Thalmic Myo auf.

Die Ergebnisse der Beobachtungen ergaben, dass sich das Konzept der zeitlichen Vorgabe in den Bewegungsübungen als hinderlich erweist. Durch die Zeitvorgabe gerieten Probanden unter Druck, das sich zur Folge nachteilig auf die Bewegungsausführung auswirkte. Die zeitliche Vorgabe zunächst als Motivationsfaktor betrachtet, wurde hingegen als Auslöser von Frustration erlebt. Subjektiv betrachtet, wurden das Konzept und die Idee des Prototyps insgesamt akzeptiert. Die Anwendung sei eine „raffinierte“ Möglichkeit zu kontrollieren, ob der Patient tatsächlich seine Übungen im Heimtraining durchführt.

Bei der Messung der Attraktivität mittels AttrakDiff, zeigte die Auswertung in den Dimensionen der hedonischen, sowie pragmatischen Qualität ein überdurchschnittliches Ergebnis von 4,92 bzw. 5,14. Auch das Ergebnis von 5,29 des globalen Produkturteils (vgl. Skalen des AttrakDiff) deutet auf eine hohe Attraktivität des Prototyps hin.

Im Hinblick auf die Interaktion, zeigte sich in der Auswertung des INTUI eine starke Ausprägung auf der Skala der Verbalisierungsfähigkeit (s. INTUI-Fragebogen), die für eine logische Abfolge der Bedienschritte spricht. Des Weiteren spricht ein Mittelwert von 5,86 bei dem globalen Intuitivitätsurteil für eine intuitive Benutzung der Anwendung, die von den Probanden insgesamt wahrgenommen wurde.

Um die Wahrnehmung der Interaktion mit dem Prototyp zu charakterisieren, wurde das Interaktionsvokabular angewendet. Die deutlichsten Ausprägungen ergeben sich bei den Vokabeln „direkt“ und „offensichtlich“. Dieses Ergebnis wird durch die starke Verbalisierungsfähigkeit aus den Ergebnissen des INTUI unterstrichen. Mit der Evaluierung konnten erste Optimierungsansätze aufgewiesen werden. Auch wenn die Anzahl der Stichprobe statistisch nicht signifikant ist, geben die Ergebnisse der Evaluationsinstrumente ein erstes Indiz hinsichtlich der wahrgenommenen User Experience.

5 Diskussion und Ausblick

Die Ergebnisse der Untersuchung sprechen grundsätzlich dafür, dass das Konzept der Myo-Anwendung durchaus Akzeptanz findet. Zwar wurden in diesem Prototyp praktische Anforderungen aus der Physiotherapie berücksichtigt, jedoch stellten sich im Laufe der Untersuchungen weitere Aspekte heraus, die zur möglichen Ausarbeitung und Verbesserung der Anwendung führen könnten. Grundsätzlich bietet es sich an, das Konzept durch neue Anforderungen zu erweitern bzw. Änderungen einzelner Aspekte vorzunehmen, die sich aus der Untersuchung als hinderlich herausstellten. Primär lag der Fokus auf der Konzeption und Umsetzung der praktischen Anforderungen. Angesichts der Bewegungsübungen wurden deshalb fünf Handgesten verwendet, die durch das Myo-Armband von Werk aus erkannt werden. Um tatsächlich einen vernünftigen Gebrauch dieser Anwendung in der Praxis herbeizuführen, wäre die Implementierung geeigneter Bewegungsübungen aus der praktischen Physiotherapie notwendigerweise ein nächster Schritt. Dazu bedarf es zufolge den Ansätzen von Muscle-Computer-Interfaces zunächst eine große Menge an EMG-Daten zu generieren, aufzubereiten und in einem weiteren Schritt einen geeigneten Klassifikator zu entwickeln, der die Daten verarbeitet und infolgedessen zwischen realen Handübungen unterscheiden kann. Generell wäre es wünschenswert, eine Vielzahl an verschiedenen Handübungen mit dem Myo-Armband anwenden zu können. Weiterhin könnte über den Zugriff auf die EMG-Daten versucht werden, den Grad der Bewegung anhand der Intensität des Signals zu bestimmen, das sich im Verlauf der Untersuchungen als ein wichtiges Kriterium in der Behandlung von Handverletzungen herausgestellt hat. Folglich könnte das Bewegungsausmaß in die Übungsanalyse integriert werden, um die Verlaufskontrolle dahingehend zu stärken.

Literaturverzeichnis

Buxton, B. (2007). *Sketching User Experiences: Getting the Design Right and the Right Design. 1. Auflage*. San Francisco, Calif: Elsevier/Morgan Kaufmann.

Diefenbach, S., Hassenzahl, M., Kloeckner, K., Nass, C. & Maier, A. (2010). *Ein Interaktionsvokabular: Dimensionen zur Beschreibung der Ästhetik von Interaktion*. In Brau, H., Diefenbach, S., Göring, K., Peissner, M. & Petrovic, K. (Hrsg.) *Usability Professionals 2010*, Stuttgart: German Chapter der Usability Professionals' Association e.V., S.22-32.

Greenberg, S., Carpendale, S., Marquardt, N., & Buxton, B. (2012). *Sketching User Experiences – The Workbook*. Amsterdam: Elsevier.

Hassenzahl, M., Burmester, M. & Koller, F. (2003). *AttrakDiff: Ein Fragebogen zur Messung wahrgenommener hedonischer und pragmatischer Qualität*. In Ziegler, J. & Szwillus, G. (Hrsg.): *Mensch & Computer 2003. Interaktion in Bewegung*. Stuttgart: B.G. Teubner, S.187-196.

Ho, N. S., Tong, K. Y., Hu, X. L., Fung K. L., Wei, X. J., Rong, W. & Susanto, E. A. (2011). *An EMG-driven exoskeleton hand robotic training device on chronic stroke subjects: task training system for stroke rehabilitation*. In *IEEE International Conference on Rehabilitation Robotics (ICORR)*. IEEE, S. 1-5.

Kisner, L. A. & Carolyn, C. (2010). *Grundlagen der Physiotherapie – Vom Griff zur Behandlung; 65 Tabellen. 3. überarbeitete und erweiterte Auflage*. Stuttgart: Thieme.

Naik, G. R., Kumar, D. K., Singh, V. P. & Palaniswami, M. (2006). *Hand gestures for HCI using ICA of EMG*. In *VisCHI '06 Proceedings of the HCSNet workshop on Use of vision in human-computer interaction – Volume 56*, S. 67-72.

Phinyomark, A. Quaine, F. & Laurillau, Y. (2014). *The relationship between anthropometric variables and features of electromyography signal for human-computer interface*. In: *Applications, Challenges, and Advancements in Electromyography Signal Processing*. *IGI Global*, Kapitel 5, S.321-353.

Pölzer, S. & Miesenberger, K. (2014). *Presenting non-verbal communication to blind users in brainstorming sessions.* In *Computer Helping People with Special Needs.* Schweiz: Springer International Publishing, S. 220-225.

Saponas, T. S., Tan, D. S., Morris, D. & Balakrishnan, R. (2008). *Demonstrating the feasibility of using forearm electromyography for muscle-computer-interfaces.* In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computer Systems.* New York: ACM.

Ullrich, D. & Diefenbach, S. (2010). *INTUI – Exploring the facets of intuitive interaction.* In Ziegler, J. & Schmidt, A. (Hrsg.), *Mensch & Computer 2010*. München: Oldenbourg, S.251-260.

Wheeler, K. R. & Jorgensen, C. C. (2003). *Gestures as input: Neuroelectric joysticks and keyboards*. In *Journal IEEE Pervasive Computing (Volume: 2, Issue: 2)*. IEEE, S. 56-61.

Wixon, D. & Wigdor, D. (2011). *Brave NUI World – Designing Natural User Interfaces for Touch and Gesture.* 1. Auflage. Amsterdam: Elsevier.

Zhang, X., Chen, X., Wang, W., Yang, J., Lantz, V. & Wang, K. (2009). *Hand gesture recognition and virtual game control based on 3D accelerometer and EMG sensors.* In *IUI '09 Proceedings of the 14th international conference on intelligent user interfaces.* New York: ACM, S. 401-406.