

WINTEC 2018

Wissenschaftspreis Inklusion durch
Naturwissenschaften und TEChnik



Impressum

Medieninhaber und Herausgeber:

Bundesministerium für Arbeit, Soziales,
Gesundheit und Konsumentenschutz (BMASGK)
Stubenring 1, A-1010 Wien
+43 1 711 00-0
sozialministerium.at

Verlags- und Herstellungsort: Wien

Coverbild: © istcokphoto.com

Layout & Druck: BMASGK

ISBN: 978-3-85010-557-6

Weitere Informationen finden Sie auf www.sozialministerium.at/WINTEC



Alle Rechte vorbehalten:

Jede kommerzielle Verwertung (auch auszugsweise) ist ohne schriftliche Zustimmung des Medieninhabers unzulässig. Dies gilt insbesondere für jede Art der Vervielfältigung, der Übersetzung, der Mikroverfilmung, der Wiedergabe in Fernsehen und Hörfunk, sowie für die Verbreitung und Einspeicherung in elektronische Medien wie z. B. Internet oder CD-Rom.

Im Falle von Zitierungen im Zuge von wissenschaftlichen Arbeiten sind als Quellenangabe „BMASGK“ sowie der Titel der Publikation und das Erscheinungsjahr anzugeben.

Es wird darauf verwiesen, dass alle Angaben in dieser Publikation trotz sorgfältiger Bearbeitung ohne Gewähr erfolgen und eine Haftung des BMASGK und der Autorin/ des Autors ausgeschlossen ist. Rechtsausführungen stellen die unverbindliche Meinung der Autorin/des Autors dar und können der Rechtsprechung der unabhängigen Gerichte keinesfalls vorgehen.

Bestellinfos:

Kostenlos zu beziehen über das Broschürenservice des Sozialministeriums unter der Telefonnummer +43 1 711 00-86 25 25 sowie unter www.sozialministerium.at/broschuerenservice.

WINTEC 2018

Wissenschaftspreis Inklusion durch
Naturwissenschaften und TEChnik



WINTEC-Trophäe 2018: Man sieht den Blankopreis – im Entwurf verbinden sich Holz und Metall zu einer Skulptur. Zwei Säulen aus Altholz stehen für die Naturwissenschaft und für Tradition. Das Altholz wurde von uns gezielt gewählt, um auch den Aspekt der Inklusion von älteren Menschen, mit und ohne Beeinträchtigung, einzubinden. Die beiden Säulen werden durch einen eingetuteten Edelstahlstreifen miteinander verbunden. Zusätzlich sind in dem Edelstahl Zahnräder eingraviert, um den Aspekt der Technik und der Innovation zu verstärken.

© Team Styria GmbH

Inhalt

WINTEC Preis 2018.....	7
WINTEC Preis 2018 – Innovative Idee und kreative Umsetzung durch die Team Styria Werkstätten GmbH.....	10
Kurzbeschreibungen.....	15
1. Preis: BrailleRing.....	17
2. Preis: Welding Interaction in Future Industry (WIFI).....	29
3. Preis: PlayBionic.....	46



WINTEC-Trophäen 2018: Ausgeschnittener Bildbereich zweier hintereinander stehender Preise mit dem Schriftzug „WINTEC 2018“ prominent im Vordergrund.

© Team Styria GmbH

WINTEC Preis 2018

Nach den erfolgreichen beiden Wissenschaftspreisen Inklusion durch Naturwissenschaften und TECHnik (WINTEC) 2015 und 2016, fand 2018 die Verleihung nun bereits zum dritten Mal statt.

Der WINTEC dient der weiteren Stärkung von Innovationen im Themenfeld Inklusion und wird vom Bundesministerium für Arbeit, Soziales, Gesundheit und Konsumentenschutz ausgeschrieben.

Mit dem Wissenschaftspreis WINTEC werden Projekte, die zum Abbau von Barrieren und zur Stärkung des Inklusionsgedankens beitragen, ausgezeichnet. Gesucht werden innovative wissenschaftliche Projekte, die zukunftsweisend für die Inklusion von Menschen mit Behinderungen in der Gesellschaft sind. Die Termini „Naturwissenschaften“ und „Technik“ sind in diesem Zusammenhang in einem weiten Begriff zu verstehen. Dabei wird der Fokus auf Projekte gelegt, die geeignet sind, das gesellschaftliche Miteinander von Menschen mit und ohne Behinderungen zu fördern und damit die Inklusion voranzutreiben.

Inklusion

Mit dem Nationalen Aktionsplan für Menschen mit Behinderungen ist das Thema „Inklusion“ in den letzten Jahren vermehrt in das Zentrum der öffentlichen Wahrnehmung gerückt und gewinnt, immer mehr an Bedeutung.

Besondere Bedeutung bekommt in diesem Zusammenhang unter anderem die Barrierefreiheit für mobilitätseingeschränkte Personen, aber auch der barrierefreie Zugang zu Informationen im Zeitalter der virtuellen Informationsgesellschaft als wesentlicher Faktor der Inklusion. Auch andere Faktoren können oftmals einen wesentlichen Beitrag zu einer inklusiven Gesellschaft leisten.

Die Beseitigung von Barrieren in allen Bereichen ist wesentlich für die Gleichstellung und die Inklusion von Menschen mit Behinderungen in der Gesellschaft. Mit Inkrafttreten des Bundes-Behindertengleichstellungsgesetzes am 1. Jänner 2006 und der Ratifizierung der UN-Konvention über die Rechte von Menschen mit Behinderungen im Jahr 2008 wurden hierfür bereits wichtige Voraussetzungen geschaffen. Ein weiterer Schritt in diese Richtung war die Erstellung einer Strategie zur Umsetzung der UN-Behindertenrechtskonvention (Nationaler Aktionsplan Behinderung 2012–2020). Darin werden längerfristige behindertenpolitische Zielsetzungen und Maßnahmen für den Zeitraum bis 2020 definiert.

In diesem wurden von 250 Maßnahmen definiert, wodurch die UN-Behindertenrechtskonvention in Österreich umgesetzt werden soll. Diese Maßnahmen umfassen die Bereiche Behindertenpolitik, Diskriminierungsschutz, Barrierefreiheit, Bildung, Beschäftigung, Selbstbestimmtes Leben, Gesundheit und Rehabilitation sowie Bewusstseinsbildung und Information. Bereits über die Hälfte der NAP-Maßnahmen wurden erfolgreich umgesetzt. Der WINTEC ist eine dieser Maßnahmen.

Kriterien

Willkommen sind alle Einreichungen, die der gesteckten Zielsetzung dienen. Einreichungen **aus allen Wissenschaftsfeldern**, ohne Einschränkungen auf ein bestimmtes Feld der Naturwissenschaften und der Technik, in denen **innovative Lösungen zur Inklusion von Menschen mit Behinderungen** eingesetzt werden.

Dies kann sowohl im Bereich **Architektur**, in der **Informatik**, im **Maschinenbau** oder in anderen technischen Bereichen liegen, als auch Bereiche der **Medizin-** oder **Rehabilitationstechnik** als auch der **Pharmazie**, welche bahnbrechende Lösungen beinhalten, umfassen. Daher sind alle Einreichungen ausdrücklich erwünscht, die helfen, einen Schritt vorwärts zum gesellschaftspolitisch angestrebten **Ziel der Inklusion** zu machen.

Für den WINTEC 2018 konnten wissenschaftliche Arbeiten mit Österreichbezug eingereicht werden. Das heißt, sie mussten an österreichischen Universitäten oder Fachhochschulen publiziert bzw. eingereicht und bereits abgenommen worden sein, oder es handelte sich um Arbeiten, die in österreichischen wissenschaftlichen Fachblättern oder von österreichischen Staatsbürgerinnen und Staatsbürgern in internationalen Fachblättern publiziert wurden. Den Einreichungen musste eine Zusammenfassung im Ausmaß von max. 15 Seiten beigegeben sein, die eine Kurzfassung der Arbeit sowie eine Darstellung der konkreten Auswirkungen auf die Inklusion von Menschen mit Behinderungen enthielt.

Jury

Die eingereichten Projekte wurden von einer aus Expertinnen und Experten aus dem Bereich der Wissenschaft und der Inklusion von Menschen mit Behinderungen zusammengesetzten Fachjury bewertet:

- **DIⁱⁿ Dr.ⁱⁿ Michaela Fritz**, *Vizerektorin für Forschung und Innovation an der Medizinischen Universität Wien*
- **Univ.-Prof. Dr. Christoph Giesinger**, *Institutsdirektor der Haus der Barmherzigkeitgruppe, Leiter - Zentrum für Geriatrische Medizin und Pflege an der Donau-Universität Krems*
- **Dr. Hansjörg Hofer**, *Behindertenanwalt*
- **Rudolf Hundstorfer**, *Präsident der Österreichischen Bundessportorganisation*
- **Herbert Pichler**, *Präsident des Österreichischen Behindertenrates*
- **O.Univ.-Prof. Dipl. Ing. Dr. A Min Tjoa**, *Vorstand der ifs, Information & Software Engineering Group der TU-Wien*

Die drei erstgereihten und prämierten Projekte konnten sich über ein Preisgeld in der Höhe von EUR 10.000, 5.000 bzw. 3.000 freuen.

Anwesende WINTEC-Jury 2018 mit FBM Hartinger-Klein v.l.n.r. Fritz, Hofer, Sprengseis (Vertretung für Herrn Präsident Pichler), Hartinger-Klein, Schauer, Tjoa.



© bka/christopher.dunker

Darüber hinaus werden die ausgezeichneten Projekte in der vorliegenden Publikation des Sozialministeriums und auf der Internetseite des Sozialministeriums veröffentlicht.

Die Preisverleihung fanden am 6. September 2018 in den Räumlichkeiten des Sozialministeriums im Rahmen eines Festaktes statt. Dabei wurden im messeähnlichen Rahmen den Fest- und Ehrengästen die Projekte nochmals ganz konkret von den Preisträgerinnen und Preisträgern vorgestellt und erlebbar gemacht.

WINTEC Preis 2018 – Innovative Idee und kreative Umsetzung durch die Team Styria Werkstätten GmbH

Die Team Styria Werkstätten GmbH – der integrative Betrieb in der Steiermark – durfte heuer zum ersten Mal die WINTEC-Trophäe designen und fertigen.

Bei der Fertigung des WINTEC-Preises wird ein Großteil des hausinternen Leistungsspektrums eingebracht. Die Wahl bei den Materialien fiel auf den einzigartigen Rohstoff Holz und das hochwertige Produkt Edelstahl. Zwei Säulen aus Altholz stehen für die Naturwissenschaft und für Tradition.

Das Altholz wurde von Team Styria gezielt gewählt, um auch den Aspekt der Inklusion von älteren Menschen, mit und ohne Behinderungen, einzubinden. Die beiden Säulen werden durch einen eingeneteten Edelstahlstreifen miteinander verbunden. Am Sockel befindet sich eine weitere Edelstahlplatte, in welche Zahnräder eingraviert wurden, um den Aspekt der Technik und Innovation zu verstärken.

Wesentlich für die Team Styria Werkstätten GmbH war, dass alle Arbeitsschritte im Unternehmen durchgeführt werden konnten. Bei der Fertigung waren sowohl die Holzmanufaktur vom Standort Trieben als auch die Metalltechnik vom Standort Spielberg involviert.

Die Produktion erfolgte mit Fräs-, Bohr- und Lasermaschinen. Die Einzelteile wurden assembliert und zur WINTEC-Trophäe zusammengefügt.

Team Styria – mit der Kraft des steirischen Panthers

Die Team Styria Werkstätten GmbH ist der steirische Integrationsbetrieb und wurde 1982 als Geschützte Werkstätte (GW) in Graz gegründet. Ziel war und ist es, Menschen mit Behinderungen durch Beschäftigung und Qualifizierung in einem geschützten Rahmen für den ersten Arbeitsmarkt fit zu machen. Mittlerweile agiert das Unternehmen seit über 35 Jahren als kompetenter und starker Partner der heimischen Wirtschaft.

An vier Standorten bietet das zertifizierte Unternehmen Produkte und Dienstleistungen in den Bereichen Metall- und E-Technik und der Holzmanufaktur an. Weitere Bereiche sind das Printservice, das Facility Service, die Wohlfühläden sowie die Team Styria Akademie, in der praxisnah zukünftige Fachkräfte ausgebildet werden.

Als einer der größten integrativen Betriebe Österreichs beschäftigt man aktuell rund 380 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, davon 70 % mit Behinderungen.

Weitere Informationen zum Unternehmen finden Sie auf www.teamstyria.at



Geschäftsführer Ing. Bernhard Lambauer überreicht Sozialministerin Hartinger-Klein die produzierte Trophäe der Team Styria Werkstätten GmbH.

© bka/christopher.dunker



Lasergravur des WINTEC-Schriftzuges.
© Team Styria GmbH



Die Oberfläche der Metallteile wird gebürstet.
© Team Styria GmbH



Lasergravur der Zahnräder.
© Team Styria GmbH



Die Eiche-Altholzbalken werden gehobelt.
© Team Styria GmbH



Mitarbeiterin schneidet mit dem Handgewindebohrer Löcher in die Metallplatte.
© Team Styria GmbH



Ein Mitarbeiter baut die einzelnen Teile zusammen.
© Team Styria GmbH



Zusammenbau der Teile.
© Team Styria GmbH



Ausschnitt aus dem WINTEC-Logo.
© istockphoto.com

Kurzbeschreibungen

1. Preis: ARGE TETRAGON – BrailleRing

Bis zur Erfindung einer brauchbaren tastbaren Blindenschrift durch den Franzosen Louis Braille im Jahr 1825 war effektives Lesen und Schreiben für blinde Menschen nicht möglich. Erst die von ihm durch „Digitalisierung“ erzielte Vereinfachung von analogen Schriften mittels 6 tastbarer Punkte (heute würden wir Bit sagen) brachte den Durchbruch. 150 Jahre lang wurde Braille-Schrift ausschließlich in gedruckter Form (geprägt in dickes Papier) verwendet. Die Entwicklung von Computern machte es erforderlich, sogenannte Braille-Displays herzustellen, mit denen analog zu den Bildschirmen der Sehenden veränderbare Blindenschrift-Texte angezeigt werden können. Heutige marktübliche Braille-Displays stellen eine einzelne Zeile Blindenschrift auf einer ebenen Fläche dar. Mobile und kompakte Ausführungen können nur sehr kurze Textzeilen – also nur wenige Wörter – auf einmal darstellen. Ist die Textzeile dagegen lang, wird das Display unhandlich und teuer. Zeilen mit 80 Zeichen liegen preislich bei 7.000 EUR. Beim BrailleRing wird die Textzeile hingegen im Inneren eines rotierenden Ringes dargestellt. Während der Lesefinger im unteren Bereich aufliegt und die vorbeikommenden Zeichen ertastet, werden diese im oberen Bereich immer wieder neu gesetzt. So kann in einem sehr kompakten Gerät eine beliebig lange Zeile dargestellt werden. Da im neuen Konzept die Schriftzeichen anders als in bisherigen Braille-Displays gebildet werden, lassen sich zusätzlich größere Robustheit und deutlich geringere Produktionskosten erzielen. Vier bestehende Barrieren werden somit überwunden:

- a) Mobilitätsbarriere – BrailleRing passt in die Westentasche
- b) Anfälligkeit – BrailleRing verträgt feuchtes und sandiges Klima
- c) Preisbarriere – BrailleRing kann mittelfristig die Kosten drastisch reduzieren (1:10) und Braille für die Dritte Welt erschwinglich machen
- d) Analphabetismus, der durch die Verwendung von preiswerter Sprachausgabe entsteht, kann wirkungsvoll entgegengewirkt werden.

2. Preis: Team Augstein – Welding Interaction in Future Industry (WIFI)

Das Projekt Welding Interaction in Future Industry (WIFI) beschäftigt sich mit der menschenzentrierten Entwicklung alternativer Interaktionslösungen, die sowohl Menschen mit Tetraplegie bzw. Tetraparese, als auch industrielle Schweißerinnen und Schweißer bei ihren Arbeitsprozessen unterstützen sollen. Diese beiden, auf den ersten Blick sehr unterschiedlich erscheinenden, Zielgruppen verbinden viele Parallelen und damit auch potenzielle nachhaltige Synergieeffekte, die bisher kaum berücksichtigt und genutzt wurden.

3. Preis: Team PRAHM – PlayBionic

Der Verlust eines Körperteils ist ein dramatisches Erlebnis für jeden Menschen. Die körperliche Integrität wird verletzt und die Auswirkungen dessen ziehen auch psychologische Probleme nach sich. So ziehen sich Amputierte aus der Gesellschaft zurück, distanzieren sich auch sozial von ihren Familien und wollen ihnen nicht zur Last fallen. Der technische Fortschritt beeinflusst kontinuierlich die aktuelle medizinische Praxis und schafft neue Werkzeuge für die Therapie. Neuartige Rehabilitationsmethoden zielen darauf ab, neuroplastische Prozesse in der Erholungsphase zu nutzen und gleichzeitig motorische Defizite zu bekämpfen. Das Projekt „PlayBionic“ setzte sich zum Ziel, Patientinnen und Patienten moderne Rehabilitationserkenntnisse in technisch aufbereiteter Form anzubieten. Ziel war es, die klassische Therapie mit einem spielbasierten Ansatz zu unterstützen. „PlayBionic“ besteht aus einer wissenschaftlichen Studie und der anschließenden Entwicklung der muskelgesteuerten, spielbasierten Trainings-App „MyoBeatz“, die auf den Erkenntnissen der Studie aufbaut.

Michael Tremel und Andreas Dünser bekommen von Bundesministerin Hartinger-Klein den 1. Preis und den Siegerscheck im Wert von 10.000 EUR überreicht.

© bka/christopher.dunker



1. Preis: BrailleRing

A.o.Univ.-Prof Dipl.-Ing. Dr. Wolfgang L. Zagler, Dipl.-Ing. Dominik Busse und Dipl.-Ing. Michael Treml

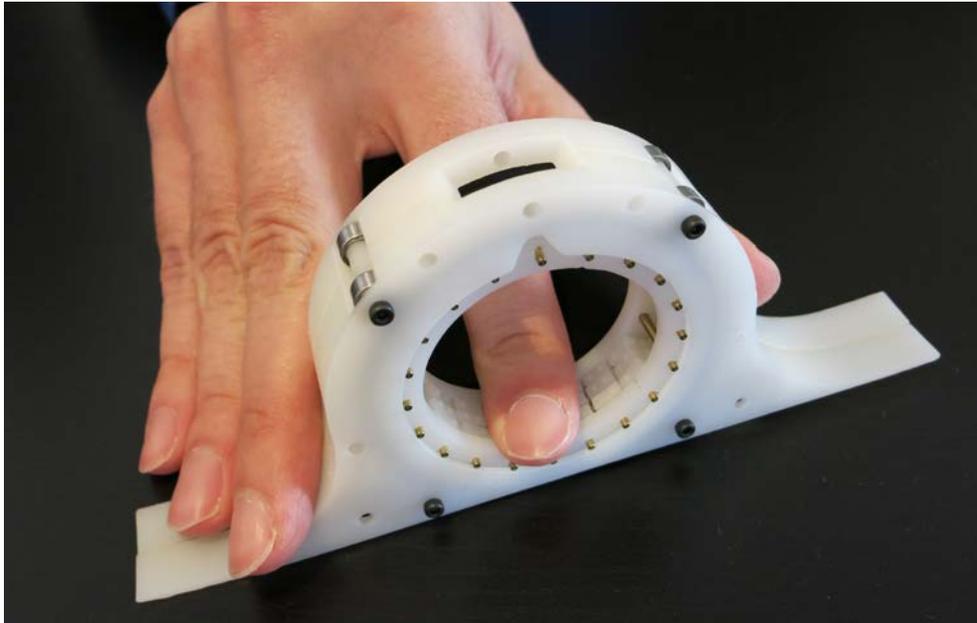


Abbildung 1: Person benutzt BrailleRing, um geschriebene Texte übersetzen zu lassen.
© ArgeTetragon

Das Projekt

1. Die Blindenschrift nach Louis Braille

Bei der 1825 von **Louis Braille** erfundenen und heute weltweit verwendeten Blindenschrift werden die Schriftzeichen mittels tastbarer Punkte in einer 2x3 Matrix dargestellt.

Bis vor rund 70 Jahren wurden diese tastbaren Punkte ausschließlich durch Prägen auf dickem Papier dargestellt. Unbeschadet davon, ob die Braille-Punkte auf Papier oder einer mechanischen Einrichtung dargestellt werden, müssen folgende grundlegende **Spezifikationen** eingehalten werden:

- Abstand der Punkte zueinander: 2,3 bis 3,2 mm (bevorzugt 2,4 bis 2,5 mm)
- Durchmesser der Punkte: ca. 1,5 mm
- Höhe der Punkte: 0,4 bis 0,8 mm
- Kraft, mit der gegen den Finger gedrückt wird: mindestens 200 mN (besser viel mehr)
- Möglichkeit, mit dem Finger in einer gleitenden Bewegung in beliebiger Geschwindigkeit und Richtung über eine Zeile zu lesen.

2. Vom Papier zum Braille-Display

Aufgabe eines Braille-Displays ist es, gemäß den oben angeführten Spezifikationen einen dem darzustellenden Zeichen entsprechenden Reiz auf der Fingerkuppe zu erzeugen. Neben der klassischen Methode, bei der wie beim Lesen von geprägtem Papier, ein **über den Finger gleitender Druckreiz** erzeugt wird (das Gleiten ist für eine schnelle und präzise Wahrnehmung unabdingbar), wurde und wird auch mit anderen Reizformen wie lateralen Verschiebungen, Haftkraft, Ultraschall und Elektrostimulation experimentiert.

Die Erzeugung eines mechanischen Reizes, um einen tastbaren Punkt zu erzeugen, erfordert die Bildung von **Auswölbungen aus einer Oberfläche**, die den darzustellenden Schriftzeichen entsprechen. In jedem Fall ist dazu ein **Antrieb** (Aktuator) erforderlich, der die Anforderungen hinsichtlich Platzbedarf, Gewicht, Energieverbrauch und Kraft erfüllt.

Nachfolgende Abbildung 2 zeigt links eine Braille-Zelle mit **elektromagnetischem** Antrieb der einzelnen Stifte [P08], wie sie für die ersten kommerziell verfügbaren Braille-Displays zwischen ca. 1973 bis 1990 verwendet wurden. Rechts ist die Konstruktion des ersten **Piezoelektrischen** Braille-Displays aus dem Jahr 1979 zu sehen. Beim Anlegen einer Spannung (ca. 80 V) verbiegen sich die Lamellen und heben die Stifte. Bis heute arbeiten alle verfügbaren Braille-Displays nach diesem oder einem ähnlichen Prinzip.

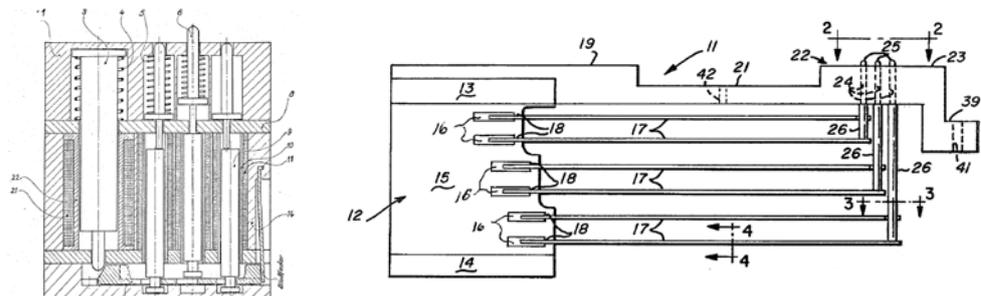


Abbildung 2: Links: Elektromagnetischer Antrieb. Rechts: Piezo-Antrieb. © ArgeTetragon

3. Stand der Technik heute

Schon früh wurde auch versucht, Braille mit **bewegten Stiften** auf einer **Trommel**, einer **Scheibe** oder mit **umlaufenden Blöcken** zu realisieren (Abbildung 3). Der Vorteil dieser Ansätze besteht darin, dass die Stifte nicht einzeln angetrieben werden müssen, sondern außerhalb des Lesebereiches von einem zentralen Antrieb verstellt werden. Keines dieser Konzepte wurde jedoch bisher in einem Produkt umgesetzt.

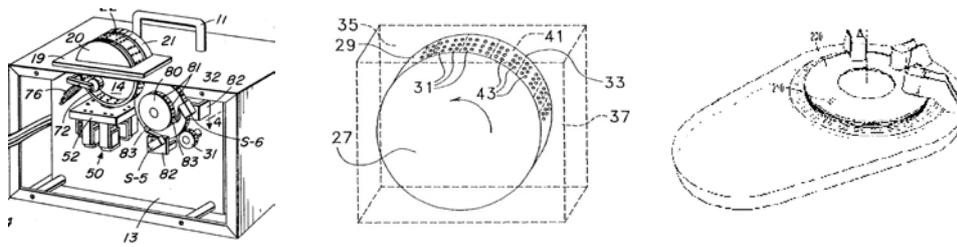


Abbildung 3: Stifte auf bewegten Trägerelementen; v.l.n.r. © ArgeTetragon

Da die Darstellung mit **einzel** bewegten **Stiften** seit jeher auch **Probleme** hinsichtlich der **Belastbarkeit und Robustheit** (Verschmutzung der Bohrungen) verursacht hat und **einzelne Antriebe unwirtschaftlich** sind, wurde bereits 1989 die Idee geboren, **starre Punkte** auf beweglichen **Trägerelementen** anzubringen. Abbildung 4 zeigt Lösungsvorschläge mit 8-seitigen Prismen, mit denen durch Verdrehung alle Kombinationen von drei Punkten dargestellt werden können. Ein aus sechs Punkten bestehendes Braille-Zeichen wird demnach aus zwei seitlich aneinandergfügten Prismen gebildet (für die heute übliche 8-Punkt Brailleschrift ist das Verfahren nicht geeignet).

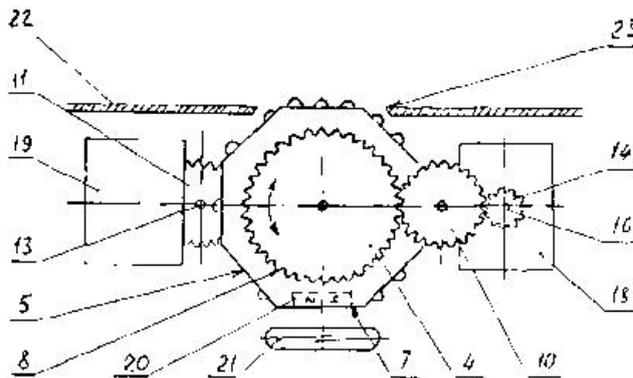


Abbildung 4: Innenleben des BrailleRings. © ArgeTetragon

4. Verfügbare Produkte und deren Nachteile

Von allen oben angeführten Entwicklungen hat sich heute nur die **Piezo-Technologie** von 1979 auf dem Markt behaupten können. Alle heute verfügbaren Produkte – auch wenn sie hinsichtlich Größe, Design und technischer Ausstattung sehr unterschiedlich sind – verwenden immer noch die gleichen **Piezo-Module wie vor 40 Jahren**.

Ein Durchbruch zu kompakteren, robusteren und auch preiswerteren Geräten ist aufgrund der bisherigen Erfahrungen nur durch einen radikal neuen Ansatz zu erwarten, der die alte Piezo-Technologie komplett ablöst.

5. Die technische Lösung BrailleRing

5.1 Braille-Punkte auf robusten Drehkörpern anstelle von Stiften

Alle derzeit handelsüblichen Braille-Displays verwenden einzelne Stifte, die in Bohrungen auf und ab bewegt werden. Als Antrieb werden elastische Lamellen aus Piezo-Keramik verwendet, von denen nur die minimal erforderliche Kraft (ca. 200 mN) zur taktilen Reizung aufgebracht werden kann (Abbildung 5 links).

Beim **BrailleRing** sind die Braille-Punkte massiv (also nicht axial verschiebbar) auf vier Seiten von drehbar gelagerten Quadern ausgebildet. Aus drei (für 6-Punkt Braille) bzw. vier (für 8-Punkt Braille) solchen Quadern, die auf einer bis zu 4 mm (!) dicken Achse gelagert sind, werden die verschiedenen Punkt-Kombinationen durch Verdrehen gebildet.

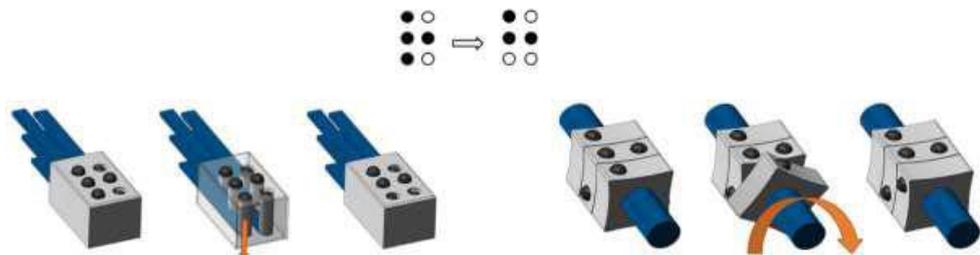


Abbildung 5: Gegenüberstellung konventionelle Braille-Zeile – BrailleRing „Quader“.
© ArgeTetragon

5.2 Verdrehung der Quader durch wenige zentrale Aktuatoren

Alle derzeit am Markt befindlichen Braille-Displays benötigen **für jeden einzelnen Stift einen eigenen Antrieb**. Für eine 8-Punkt Braille-Zeile mit 80 Zeichen bedeutet das 640 bewegliche Stifte und vor allem 640 Piezo-Antriebe. Der Preis für ein einziges Braille-Modul in Piezo-Technik wird derzeit mit 35 USD angegeben. Für das oben angeführte Beispiel ergeben sich daher 2.800 USD allein schon für die Braille-Module.

Beim **BrailleRing** erfolgt die Verstellung der Quader beim Vorbeigleiten an einer zentralen Aktuatoren-Gruppe, die für eine 8-Punkt-Darstellung lediglich zwölf Aktuatoren umfasst. Die Zahl der Aktuatoren kann daher bis um den Faktor 50 (!) geringer sein.

5.3 Kompaktheit durch rotierende Braille-Anzeige

Die radikalste Innovation beim **BrailleRing** besteht wohl darin, dass die Braille-Anzeige auf der Innenseite eines rotierenden Ringes erfolgt (Abbildung 6). Wird dieser Ring in Rotation versetzt, können die Quader im oberen Bereich immer wieder neu gesetzt werden, während man sie im unteren Bereich mit dem Finger liest. Dadurch gibt es **keine Begrenzung der Zeilenlänge** mehr. Man kann praktisch endlos lesen, ohne ständig absetzen zu müssen.

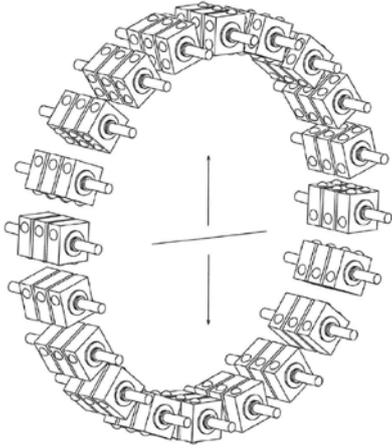


Abbildung 6: Funktion der BrailleRing-Innovation (innerer Ring mit den „Quadern“).
© ArgeTetragon

Würde man eine konventionelle Braille-Zeile auf die Baugröße des **BrailleRings** begrenzen, dann müsste sie auf eine Länge von etwa 14 Buchstaben beschränkt werden (gelb markierter Bereich in Abbildung 8 links). Dass damit ein flüssiges Lesen von Fließtext faktisch unmöglich wird, versteht sich von selbst, weil meist nach einem oder zwei Wörtern wieder am Anfang der Zeile begonnen werden muss.

In einer ersten Version des **BrailleRings** wird das gesamte Gerät beim Lesen wie eine Computer-Maus über die Tischfläche bewegt. Über ein Reibrad wird dabei der innere Ring in eine Drehbewegung versetzt und die Anwenderin/der Anwender hat den Eindruck, dass sich die Braille-Zeichen quasi auf der Tischfläche befinden. Jede Bewegung wird hinsichtlich Richtung und Geschwindigkeit auf die Braille-Anzeige übertragen.

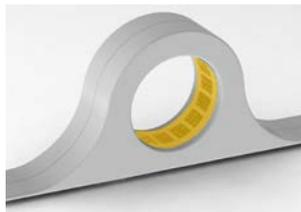


Abbildung 7–9: Vergleich konventionelle Braille-Zeile (links) mit dem BrailleRing (Mitte) und dessen Handhabung (rechts) © ArgeTetragon

In einer späteren Version ist auch an einen Motorantrieb für den Ring gedacht, damit auch ohne vorhandene Tischfläche in gleicher Weise gelesen werden kann.

6. Vorteile durch den BrailleRing

Während es in den vergangenen 40 Jahren bei Braille-Displays letztlich immer nur **inkrementelle Verbesserungen** gegeben hat, stellt der **BrailleRing** in mehrfacher Hinsicht eine **disruptive Innovation** dar. Diese erschließt für die **Anwenderinnen und Anwender** auf der einen Seite völlig **neue Möglichkeiten und Einsatzgebiete** für das Braille-Lesen, auf der anderen Seite kann der **Produzent** durch die wesentlich niedrigeren Herstellungskosten mit der **Erschließung neuer und größerer Märkte** bis hinein in Entwicklungs- und Schwellenländer rechnen, in denen 90% der blinden Menschen leben.

6.1 Mobilität

Da der **BrailleRing** etwa die Größe von zwei übereinandergelegten Smartphones hat, kann er problemlos überall hin mitgenommen werden. Trotzdem ist die Anwenderin/der Anwender nicht auf kurze Zeilen beschränkt und Braille wird dadurch endlich alltagstauglich für eine mobile Gesellschaft, die überall problemlos auf Information zugreifen kann.

6.2 Robustheit

Herkömmliche Braille-Displays sollten nur in sauberer Umgebung und mit reinen Fingern verwendet werden. Trotzdem ist eine Reinigung bzw. Generalüberholung durch eine Fachwerkstätte alle ein bis zwei Jahre üblich und mit Kosten zwischen 500 EUR und 1.000 EUR verbunden.

An eine Verwendung in Vorschule (Frühförderung blinder Kinder) und Volksschule ist wegen der Empfindlichkeit herkömmlicher Braille-Displays und wegen der hohen Kosten für Anschaffung und Wartung nicht zu denken.

Ähnliches gilt auch für den Einsatz in tropischen Gebieten (hohe Luftfeuchtigkeit) und überall dort, wo Sand und Staub nicht zu vermeiden sind (Outdoor-Einsatz, Urlaub, Schulen in der Dritten Welt etc.).

Beim **BrailleRing** ist die Display-Einheit (die innere rotierende Trommel) nicht nur wesentlich robuster ausgeführt, sondern sie ist von der empfindlichen Elektronik komplett gekapselt und kann zur Reinigung (durch die Anwenderin/den Anwender selbst) aus dem Gerät entfernt werden.

6.3 Preis

Durch die deutliche Reduktion der Zahl der Aktuatoren (bis um den Faktor 50 – siehe Kapitel 5.2) und sonstiger beweglicher Teile wird mit signifikant geringeren Fertigungskosten gerechnet.

Besonders ab einer höheren Stückzahl (Fertigung im Spritzgussverfahren und rationelle Montage) kann mit einem Endpreis in der Größenordnung heutiger Smartphones gerechnet werden.

Der geringere Preis zusammen mit der höheren Robustheit soll das Produkt sowohl für den Einsatz bei blinden Vorschul- und Volksschulkindern tauglich machen, als auch insbesondere die Ausbildung von blinden Schülerinnen und Schülern bzw. Studentinnen und Studenten in der Dritten Welt revolutionieren.

Erste Kontakte zu „Licht für die Welt“ bestehen bereits.

6.4 Analphabetismus bekämpfen – Braille wieder attraktiv machen

Die breite und vor allem preiswerte bis kostenlose Verfügbarkeit von Sprachausgabesystemen (Siri, Alexa, Cortana etc.) hat im letzten Jahrzehnt verständlicherweise dazu geführt, dass blinde Menschen bei der Informationsbeschaffung statt auf teure Braille-Technologie auf „Text-to-Speech“ gesetzt haben. Das ist zwar für das Lesen z. B. von E-Mails, Zeitungen und Belletristik durchaus angemessen, aber in der Schulbildung und in vielen Arbeitsplatzsituationen schlichtweg desaströs. So ist die „Braille-Literacy-Rate“ (der Prozentsatz der Braille-kundigen blinden Personen) in westlichen Ländern in den letzten Jahren von 50 % bis auf 10 % gefallen. Ohne Lese- und Schreibkenntnisse schwinden aber die Chancen auf einen qualifizierten Arbeitsplatz erheblich. Diesem Trend kann nur dadurch begegnet werden, dass Braille wieder attraktiver und leistungsfähiger wird. Der **BrailleRing** schafft genau diese Voraussetzungen.

7. Anhang

Zur Verdeutlichung der wissenschaftlichen Qualität des oben beschriebenen Vorhabens folgt eine Zusammenstellung der wichtigsten Literatur und der relevantesten Patente auf dem Fachgebiet.

7.1 Patente

P01 **GB 645363 A** – N.N. / IBM – International Business Machines Corp.
1946-09-19 / 1947-09-05

Improvements in or relating to Braille or like Reading Apparatus

P02 **US 2891 324 A** – Gerald H. Zuk

1954-04-15 / 1959-06-23

Braille book reader

P03 **US 2924 896 A** – Gerald E. Kelly

1958-06-02 / 1960-02-16

Portable film type Braille reader

P04 **US 3103 074 A** – Samuel S. Daugherty

1960-11-28 / 1963-09-10

Braille tape reader

P05 **US 3341 950 A** – Trevor D. Reader / Rand Corporation

1965-07-07 / 1967-09-19

Braille reading device

P06 **US 3510 967 A** – William H. King; Keith L. Wallace; Robert A. Bruce

1968-09-09 / 1970-05-12

Apparatus for reading Braille

P07 **US 3659 354** – Norman B. Sutherland / Mitre Corp.

1970-10-21 / 1972-05-02

Braille display device

P08 **DE 2364 342 A1** – Lindenmüller Hans Peter; Schönherr Klaus-Peter / Uni Stuttgart

1973-12-22 / 1975-06-26

Elektromagnetische Vorrichtung zur Darstellung von Braille-Buchstaben

P09 **US 3987 438** – Lindenmüller Hans Peter; Schönherr Klaus-Peter
 1975-06-24 / 1976-10-19
Tactile indicating Device

P10 **DE 2707 362 B1** – Schönherr Klaus-Peter
 1977-02-21 / 1977-12-08
Bistabile Vorrichtung zur Darstellung wenigstens eines Punktes einer taktilen Information

P11 **US 4266 936 A** – Leonard Rose; Stanley E. Rose
 1978-11-06 / 1981-05-12
Braille display reader

P12 **US 4283 178 A** – James F. Tetzlaff / Telesensory Ssystems Inc.
 1979-06-02 / 1981-08-11
Electromechanical Braille Cell

P13 **DE 3042 390 A1** – N.N. / METEC
 1980-11-10 / 1982-06-16
Vorrichtung zur Darstellung taktiler Informationen

P14 **DE 3602 355 A1** – Wolfgang Zagler / Siemens
 1985-02-20 / 1986-08-21
Gerät zur Darstellung abtastbarer Tastschriftzeichen

P15 **US 4571 190 A** – Wolfgang Zagler; Wolfgang Oberleitner / Siemens
 1985-03-29 / 1986-02-18
Device for forming Braille tactile display

P16 **US 4586 904 A** – Lubomir Chlumsky / Siemens
 1885-03-29 / 1986-05-06
Device for forming tactile display

P17 **EP 0249920A1** – Lubomir Chlumsky; Wolfgang Zagler / Siemens
 1986-06-19 / 1987-12-23
Kommunikationsgerät für Blinde 13/15

P18 **AT 387 293 B-1** – Wolfgang Zagler
 1987-01-29 / 1988-12-27
Vorrichtung zur Anzeige von Blindenschrift

P19 **US 4772 205 A** – Lubomir Chlumsky; Leopold Hellinger; Christian Kauer / Siemens
 1987-04-22 / 1988-09-20
Tactile Braille or graphic display

P20 **SU 1633 445 A1** – Litinskij Petr
 1989-03-24 / 1991-03-07
 УСТРОЙСТВО ДЛЯ ВОСПРОИЗВЕДЕНИЯ ТАКТИЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ (*Tactile data representation Device*)

P21 **US 5580 251** – Alan M. Gilkes; Marvin W. Cowens; Larry A. Taylor / Texas Instruments Inc.
 1995-08-01 / 1996-12-03
Electronic refreshable tactile display for Braille text and graphics

P22 **DE 19 539 306 A1** – Kipke Siegfried; Kuhlendahl Marcus; Fürbeth Andreas / EHG
 1995-10-23 / 1996-05-30
Mobiles Blindenschrift-Lesegerät

P23 **US 6354 839** – Robert N. Schmidt; Frederick J. Lisy; Troy S. Prince; Greg S. Shaw
 1998-10-10 / 2002-03-12
Refreshable Braille display system

P24 **US 2002 045 151 A1** – John W. Roberts; Oliver T. Slattery; David W. Kardos et al.
 2001-08-06 / 2002-04-18
Apparatus and method utilizing bi-directional relative movement for refreshable tactile display

P25 **US 6743 021** – Troy S. Prince; Gerard G. Skebe; Frederick J. Lisy; Robert N. Schmidt
 2003-03-05 / 2004-06-01
Refreshable Braille display system with a flexible surface

P26 **EP 1429307 A1** – Kajino Jiro et al. / ASKK Co. Ltd.
 2003-11-20 / 2004-06-16
Rotating Braille display device

P27 **US 6881 063** – Peichun Yang
 2004-02-24 / 2005-04-19
Electroactive Polymer actuator Braille cell and Braille display

P28 **DE 10 2007 022 056 A1** – Schäfer Eugen; Grotz Uwe / METEC Stuttgart
 2007-05-08 / 2008-11-13
Taktiler Display

P29 **DE 10 2010 005 933 A1** – Grotz Uwe / METEC
 2010-01-26 / 2011-07-28
Anzeigeelement für ein taktiler Display

P30 **US 2013 203 022 A1** – Mahmoud Al-Qudsi
 2012-02-03 / 2013-08-08
Refreshable Braille display

P31 **US 8690 576** – Patrick Murphy; Todd Conard; Waldemar Tunkis; Michael Goldenberg / Freedom Scientific
 2012-02-28 / 2014-04-08
Braille display device and method of constructing same

P32 **US 2015 0287 344 A1** – Daniel Charles Minnich; Hanna Francis Bawab et al.
 2014-11-18 / 2015-10-08
Refreshable Braille display device

P33 **SI 25062 A** – Zeliko Kharmayer
 2015-09-30 / 2017-03-31
Graficni Braillov Prikazovalnik (A graphic Braille display)

P34 **WO 2017 072 781 A1** – Shyam Shah
 2015-10-25 / 2017-05-04
Braille cell and assembly for single-line Braille display 14/15

P35 **US 9524655 B1** – Gerardo M. Campos de Leon / IBM
 2016-01-05 / 2016-12-20
Interactive Braille display Apparatus

- P36 **WO 2017 191 892 A1** – Seo Insik
2016-05-02 / 2017-11-09
Display module for visually impaired persons, display system for visually impaired persons, and control method therefor
- P37 **BG 2237 U1** – Tsvetanova Kristina; Slavev Slavi; Slavev Stanislav; BLITAB
2016-05-31
ТАБЛЕТ ЗА СЛЕПИ (*Tablet for blind*)
- P38 **WO 2016 197 928 A1** – Chen Xin; Chen Houjin; Han Meng et al. / China Braille Library
2016-06-07 / 2016-12-15
Braille Display
- P39 **AT 518 530 A4** – Michael Tremml; Wolfgang Zagler; Dominik Busse / TU Wien
2016-07-07 / 2017-11-15
Vorrichtung zur Darstellung von tastbaren Zeichen
- P40 **WO 2017 203 536 A1** – Shyam Shah
2016-07-12 / 2017-11-30
A Braille cell and assembly for single-line Braille display
- P41 **RO 131752 A0** – Badila Dumitru; Manea Dragos-Costin
2016-10-06 / 2017-03-30
Ecran Tactil (Touch Screen)
- P42 **US 2017 287 359 A1** – Moslem Azamfar
2016-12-06 / 2017-10-05
Device and Method for continuously refreshing a tactile display
- P43 **CN 106 683 532 A-1** – Wang Lu
2017-05-17
Blind person reading ring

Das Team

Das internationale und interdisziplinäre Team unter der Leitung von Ao. Univ.-Prof. Dr. Zagler (TU Wien), Dipl.-Ing. Michael Tremel (TU Wien), Dipl.-Ing. Dominik Busse (TU Wien).



v.l.n.r. Michael Tremel, Andreas Dünser, Wolfgang Zagler, Dominik Busse. © ArgeTetragon

Wolfgang L. Zagler (1951) befasste sich schon während seines Studiums der Elektrotechnik an der TU Wien mit der Frage, ob und wie Menschen mit einer Behinderung durch zeitgemäße technische Entwicklungen im Alltag unterstützt werden können. Aus diesen Bestrebungen heraus konnte er einige Jahre später die „Forschungsgruppe für Rehabilitationstechnik forttec“ ins Leben rufen. Mit einem multidisziplinären Team ist es seither gelungen, zahlreiche nationale und europaweite Projekte zur Verbesserung der Lebensqualität blinder, sehbehinderter und in ihrer Mobilität eingeschränkter Menschen durchzuführen.

Als ab 2004 die EU durch „Ambient Assisted Living - AAL“ einen besonderen Schwerpunkt in Richtung technische Unterstützung der stark anwachsenden älteren Bevölkerung setzte, konnte die TU Forschungsgruppe die über Jahre gewonnenen Erfahrungen vorzüglich in das neue Forschungsgebiet einbringen. Dabei stehen neben den rein technischen Aufgaben vermehrt auch Fragen der Ethik, der Akzeptanz und der Usability im Vordergrund.

Mit Jahresbeginn 2012 wurde forttec als „Zentrum für Angewandte Assistierende Technologien - AAT“ in die Fakultät für Informatik aufgenommen und dem Institut für Gestaltungs- und Wirkungsforschung zugeteilt.



Wolfgang L. Zagler
© AAL Austria 2012

Weitere Angaben zur Person

- Autor bzw. Mitautor von über 150 wissenschaftlichen Veröffentlichungen. Vorträge auf Konferenzen in Österreich, Deutschland, Belgien, Schweiz, CSFR, Schweden und Frankreich.
- Acht erteilte österreichische Patente (Schweißnaht-Folgeeinrichtung, Blindenschrift-Ausgabe- und Kommunikationsgeräte, Buchscanner), drei österreichische Patentanmeldungen (Blindenhilfsmittel, System zur Erfassung von Verkehrsdaten), ein erteiltes europäisches Patent für ein Blindenschrift-Ausgabegerät, einige internationale Patentanmeldungen
- Betreuung von Diplomarbeiten und Dissertationen auf dem Gebiet der Rehabilitationstechnik und Abhaltung mehrerer einschlägiger Vorlesungen.
- Mitarbeit im Fachnormenausschuss „Technische Hilfen für Behinderte“ sowie Vorsitzender der Arbeitsgruppe „Blindenhilfsmittel“ im Österreichischen Normungsinstitut. Vorsitzender des SC4 des ISO TC173 (International Standardization Office) „Aids and Adaptations for Communication“ sowie Mitarbeit im einschlägigen CEN Gremium und dessen Arbeitsgruppe für Kommunikationshilfsmittel.
- In Zusammenarbeit mit der Österreichischen Computer-Gesellschaft wissenschaftliche Betreuung der zweijährlich stattfindenden „International Conference on Computers for Handicapped Persons“ als Vorsitzender des „Program Committee“.
- Mitbegründer der über den Modellversuch „Wissenschaftler gründen Firmen“ ins Leben gerufenen „CareTec Ges.m.b.H.“, die sich mit der Herstellung und dem Vertrieb von rehabilitationstechnischen Produkten befasst.
- Mitbegründer des „Interdisziplinären Instituts für Bioingenieurswesen der Niederösterreichischen Landesakademie in Krems“.
- Mitbegründer des „Interuniversitären Instituts für Informationssysteme zur Unterstützung sehgeschädigter Studierender“.
- Mitbegründer der TREVENTUS Mechatronics GmbH, 2007 für den ScanRobot mit dem ICT Grand Prize der Europäischen Union ausgezeichnet.
- Mitbegründer und Vorstandsmitglied des Vereins AAL Austria.

Auszeichnungen

- Senator Dr.h.c.Ing. W. Holzer Preis 1986
- Hans Lauda Innovationspreis der Wiener Industriellenvereinigung 1987
- Victor Kaplan Medaille 1992
- ICT Grand Prize 2007 mit dem ScanRobot der TREVENTUS GmbH
- Wilhelm Exner Medaille 2007 Roland Wagner Award 2016

2. Preis: Welding Interaction in Future Industry (WIFI)

Entwicklung neuartiger Interaktionshilfen für Menschen mit schweren Bewegungseinschränkungen

FH-Prof.ⁱⁿ DI (FH) Dr.ⁱⁿ Mirjam Augstein, Helmut Friedl und Stefan Schürz, BSc, cPMA

Institut für Embedded Systems, FH Technikum Wien

Email: christoph.veigl@technikum-wien.at



v.l.n.r. Schürz, Augstein und Friedl, bekommen von der Bundesministerin Hartinger-Klein die Trophäe und den Preisscheck zum 2. Platz überreicht.

© bka/christopher.dunker

Kurzfassung

Forschung und Entwicklung in den Bereichen assistierender Technologie und Industrie unterscheiden sich oft stark und werden selten vermischt, sodass es bisher kaum Transfer von Wissen und Erfahrungen zu assistierender Technologie in die Industrie oder umgekehrt gab. Dies ist verwunderlich, weil sich zahlreiche Parallelen und Synergieeffekte identifizieren lassen. Beispielsweise sind die Interaktionsanforderungen von Menschen mit Tetraplegie bzw. Tetraparese, die die oberen Extremitäten nicht oder nur eingeschränkt zur Interaktion mit Computer-basierten Systemen verwenden können, denen industrieller

Arbeiterinnen und Arbeiter sehr ähnlich. Letztere benötigen häufig beide Hände für komplexe Arbeitsprozesse wie z. B. manuelles Schweißen, sodass für die während des Prozesses notwendigen Interaktionsschritte (wie z. B. eine Parameteränderung) nicht oder nur sehr eingeschränkt eingesetzt werden können. Während das Industrieumfeld von den bisherigen Erkenntnissen und Lösungen im Bereich assistierender Technologie profitieren kann, kann eine neuartige Kooperation einen deutlich größeren Absatzmarkt und damit auch sinkende Preise für alternative Interaktionslösungen für Menschen mit Beeinträchtigung ermöglichen. Das Ziel des hier beschriebenen Projektes WIFI ist es, durch einen neuartigen Domänentransfer zwischen assistierender Technologie und Industrie im Bereich der Interaktionsmethoden die Grundlage für eine längerfristige Kooperation und damit auch nachhaltige Inklusion, z. B. durch die Öffnung neuer Arbeitsfelder für Menschen mit Beeinträchtigung, zu schaffen. Im Rahmen des Projektes werden Interaktionslösungen entwickelt, die Menschen mit Tetraplegie bzw. Tetraparese die Interaktion mit dem Computer, aber auch industriellen Schweißerinnen und Schweißern die Parameteränderung während eines aktiven Schweißprozesses ermöglichen. WIFI folgt einem, nach ISO-9241-210 adaptierten und um den Domänentransfer erweiterten, menschenzentrierten Designprozess, der beide Zielgruppen einbindet und eine enge Verzahnung der Schritte in beiden Domänen vorsieht. Dieser Artikel beschreibt die Motivation und Zielsetzung hinter dem Projekt WIFI, die eingesetzte Methodik sowie die Auswirkungen des Projektes auf die Inklusion von Menschen mit Beeinträchtigung.

1. Einleitung und Hintergrund

Inklusion bedeutet „Einbeziehung“ oder „Einschließung“ und würde damit voraussetzen, dass in einer Gesellschaft jeder Mensch, unabhängig von Geschlecht, Alter, Herkunft, Religionszugehörigkeit, Bildung oder etwaigen Beeinträchtigungen und sonstigen individuellen Merkmalen, akzeptiert wird und gleichberechtigt und selbstbestimmt teilhaben kann. Für viele Menschen mit Beeinträchtigung sind im praktischen Alltag jedoch weiterhin Barrieren unterschiedlichster Natur (z. B. technische Hürden, die den Zugang zu Computer-basierten Geräten und damit auch Medien aller Art erschweren) allgegenwärtig, auch wenn es in den vergangenen Jahren bereits unzählige Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten im Bereich assistierender Technologien gab, die auch bereits zu deutlichen Verbesserungen geführt haben. Beispielsweise wurden, oft stark personalisierbare und damit individuell unterstützende, Interaktionslösungen wie z. B. Mund- oder Augensteuerung und Richtlinien zur barrierefreien Gestaltung von Inhalten in Web und Print geschaffen. Der Entwicklungsprozess im Bereich assistierender Technologien ist in den meisten Fällen sehr genau auf die Bedürfnisse individueller Benutzerinnen und Benutzer oder zumindest kleinerer bzw. genau abgegrenzter Zielgruppen (z. B. Menschen mit Bewegungseinschränkung der oberen Extremitäten) abgestimmt. Dies ist natürlich sinnvoll, um diesen Personen eine bestmöglich zu ihren Anforderungen passende Unterstützung zu bieten. Allerdings ist damit auch häufig zu beobachten, dass sich zwei

unterschiedliche Zweige der Forschung und Entwicklung abzeichnen, von denen sich einer gezielt mit assistierender Technologie beschäftigt, der andere (z. B. im Bereich industrieller Forschung) dieses Thema jedoch kaum behandelt.

Das Projekt *Welding Interaction in Future Industry (WIFI)* verfolgt daher einen anderen Ansatz – den des angewandten Domänentransfers zwischen Industrie und assistierender Technologie während des gesamten Prozesses der menschenzentrierten Entwicklung von Interaktionslösungen (siehe auch Abschnitt 2). Damit wird angestrebt, Interaktionslösungen zu schaffen, die sowohl für die Bedienung von industriellen Geräten durch Menschen ohne bekannte motorische oder kognitive Beeinträchtigung als auch für die Bedienung von Computer-basierten Geräten durch Menschen mit (vorrangig motorischer) Beeinträchtigung gleichermaßen geeignet sind. Damit ergibt sich potenziell auch längerfristig die Öffnung neuer Arbeitsfelder für Menschen mit Beeinträchtigung, da i) die Bedienung der entsprechenden industriellen Geräte keine Barriere mehr darstellt, weil die entsprechenden Bedürfnisse während des industriellen Entwicklungsprozesses bereits berücksichtigt wurden und ii) während des gesamten Prozesses durch die gleichberechtigte Einbindung verschiedener Zielgruppen Berührungspunkte abgebaut und Kooperationen zwischen industriellen Partnern und Expertinnen bzw. Experten für assistierende Technologie etabliert wurden.

Dieser Artikel beschreibt die Motivation und Zielsetzung hinter dem Projekt *WIFI*, die Methodik und Vorgehensweise bei der domänenübergreifenden Entwicklung und Anwendung des menschenzentrierten Designprozesses sowie die Auswirkungen auf Inklusion im Bereich industrieller Forschung, aber auch im industriellen Arbeitsumfeld.

2. Das Projekt *WIFI*

Das Projekt *WIFI* ist ein von der FFG im Rahmen des *BRIDGE 1* Programms gefördertes Konsortialprojekt dreier Partner (FH Oberösterreich als wissenschaftlicher Partner und Projektleiter, *LIFEtool* als wissenschaftlicher Partner und Experte für assistierende Technologie, Fronius als industrieller Partner) und beschäftigt sich mit neuen Interaktionsmethoden, die sowohl industrielle Schweißerinnen und Schweißer bei der Interaktion mit dem Schweißgerät als auch Menschen mit Beeinträchtigung (v.a. Menschen mit Tetraplegie bzw. Tetraparese) bei der alltäglichen Arbeit mit dem Computer unterstützen sollen. Zwischen diesen beiden, scheinbar hoch diversen Zielgruppen gibt es zahlreiche Parallelen.

Menschen mit Tetraplegie bzw. Tetraparese sind in ihrer Interaktion mit dem Computer meist auf alternative Eingabegeräte und -methoden, z. B. die Mundsteuerung mit Hilfe einer Mundmaus wie der *IntegraMouse Plus* angewiesen (siehe Abbildung 1). Während viele dieser speziell für Menschen mit Beeinträchtigung entwickelten Eingabegeräte

und -methoden bereits ein sehr breites Spektrum des benötigten Funktionsumfangs abdecken, gibt es dennoch bei vielen spezifischen Anwendungen (wie z. B. komplexen Computerspielen, bei denen nicht nur der Funktionsumfang, sondern auch z. B. Geschwindigkeit eine Rolle spielt) noch Lücken und Verbesserungsbedarf, weil die Interaktion gerade für komplexe, zeitkritische Anwendungen oft zu langsam oder zu umständlich ist.



Abbildung 1: Interaktion mittels IntegraMouse Plus © LIFEtool

Im Bereich des industriellen Schweißens erfolgt ein Großteil der Anwendungen trotz der weit entwickelten Robotertechnik in diesem Bereich manuell. Die Interaktion des Menschen mit dem Schweißgerät ist daher für die Qualität des Schweißvorganges (u.a. Präzision, Geschwindigkeit und Effizienz) essenziell. Die Interaktion umfasst nicht nur das Starten und Beenden des Schweißvorganges, sondern auch die Konfiguration unterschiedlicher Parameter (wie z. B. Stromstärke). Der Schweißvorgang ist eine handwerkliche Tätigkeit, bei der die Brennerführung sehr exakt unter Verwendung beider Hände erfolgen muss (siehe Abbildung 2). Der Blick der Schweißerinnen und Schweißer muss beim Lichtbogen bleiben und jede Kleinstbewegung der Finger kann eine Ungenauigkeit im Schweißprozess verursachen. Aus diesem Grund liegt eine starke Funktionsbeeinträchtigung hinsichtlich der Nutzung der oberen Extremitäten während des Schweißvorganges zu parallelen Interaktionszwecken vor (gut vergleichbar mit der Beeinträchtigung von Menschen mit Tetraplegie bzw. Tetraparese). Daher sind die Interaktionsmöglichkeiten derzeit, auch bei aktuellen Brennergenerationen, stark eingeschränkt und umfassen häufig nur das Starten und Beenden des Schweißvorganges sowie in manchen Fällen die eingeschränkte Leistungsveränderung. Alle weiteren Parameter können nur durch ein externes, an der Stromquelle angebrachtes Bedienpanel eingestellt werden, was eine Unterbrechung des Schweißvorganges erfordert. Das führt oft nicht nur zu einer längeren Gesamtdauer des Vorganges, sondern auch zu Qualitätseinbußen.

Das Ziel des Projektes WIFI ist es daher, die identifizierten Parallelen gezielt zu nutzen und passende Interaktionsmethoden und -geräte auszuwählen, prototypisch zu entwickeln und systematisch zu evaluieren, die den Bedürfnissen beider Zielgruppen entsprechen und somit für beide potenziell eine signifikante Verbesserung des aktuellen Zustandes ermöglichen. Dies erfordert nicht nur die enge Abstimmung zwischen den Aktivitäten in beiden Domänen, sondern auch eine eng verzahnte menschenzentrierte Entwicklung in Form eines in diesem Bereich neuartigen Domänentransfers zwischen assistierender Technologie und Industrie.



Abbildung 2: Industrieller Schweißer während eines WIG-Schweißvorganges © Fronius

Der Domänentransfer ist einer der wichtigsten Erfolge des WIFI Projektes und basiert durch alle Phasen des Projektes hinweg auf einem gegenseitigen Austausch. So sollen Erkenntnisse und Entwicklungen aus dem Bereich alternativer Eingabemethoden für Menschen mit Beeinträchtigung einerseits in den Bereich der Interaktion mit industriellen Maschinen übertragen werden, andererseits liefert das industrielle Umfeld beispielsweise einen deutlich größeren Absatzmarkt für die entwickelten Lösungen, damit auch potenziell bedeutend größere Stückzahlen, womit der Preis für die Endkundin/den Endkunden deutlich sinken kann. Derzeit sind alternative Eingabegeräte häufig so speziell, dass sie, u.a. aufgrund der niedrigen Stückzahlen, relativ teuer sind. Beispielsweise werden im Jahr ca. 150 Exemplare der IntegraMouse Plus (die international ein Vorreiter im Bereich Mundmaus ist) verkauft (in Österreich belaufen sich die Kosten für ein Gerät auf 2160 EUR). Im Vergleich dazu verkaufte beispielsweise Fronius International GmbH als einer von mehreren Anbietern 2017 ca. 32.000 Schweißgeräte für den manuellen Einsatz. Durch die Einbindung von Menschen mit Beeinträchtigung während des gesamten Designprozesses kann sich zusätzlich auch die Öffnung neuer Arbeitsfelder für diese Zielgruppe ergeben (siehe Abschnitt 4).

Das Projekt WIFI setzt auf einen nach ISO 9241-210 (ISO, 2018) adaptierten menschenzentrierten Designprozess, der den Domänentransfer implementiert (siehe Abschnitt 3) und in ähnlicher Form auch für andere Domänen-übergreifende Projekte einsetzbar ist.

3. Domänen-übergreifende menschenzentrierte Entwicklung

Der in WIFI verfolgte menschenzentrierte Design- und Entwicklungsprozess basiert auf ISO 9241-210 und integriert dort den bereits erwähnten Domänentransfer. ISO 9241-210 sieht folgende Phasen vor: Planung des menschenzentrierten Gestaltungsprozesses, den Nutzungskontext verstehen und beschreiben, die Nutzungsanforderungen spezifizieren, Gestaltungslösungen entwickeln, die die Nutzungsanforderungen erfüllen, Gestaltungslösungen aus der Benutzerperspektive evaluieren. Der Prozess ist iterativ, die Schritte wiederholen sich, bis die Gestaltungslösungen die Nutzungsanforderungen erfüllen. Die Abbildung beschreibt die Vorgehensweise im WIFI-Projekt und die enge Abstimmung zwischen den beiden Domänen (in der Abbildung als Industrie und Assistierende Technologie [AT] bezeichnet). Wir fassen die ersten beiden von ISO 9241-210 definierten Phasen unter Anforderungsanalyse zusammen, obwohl diese Phase auch als zwei Teilphasen (Contextual Inquiry und Interviews) gesehen werden kann. Die Anforderungserhebung wurde zunächst in beiden Domänen getrennt bzw. parallel durchgeführt. Die Contextual Inquiries (siehe Abschnitt 3.1.2) und Interviews dienten dem Verständnis des Nutzungskontexts, während der in Abbildung 3 dargestellten Konsolidierung wurden anschließend Benutzeranforderungen spezifiziert. Die von ISO 9241-210 definierte Phase zur Entwicklung von Gestaltungslösungen wurde in Konzeptualisierung und Implementierung aufgeteilt. Wie in Abbildung 3 ersichtlich, wurde während der Konzeptualisierung und Implementierung nicht zwischen den beiden Domänen unterschieden, während die Anforderungserhebung und Evaluierung jeweils in beiden Domänen individuell stattfand. Der Prozess ist iterativ, sodass sich verschiedene Phasen wiederholen können, bis das Ergebnis den Anforderungen entspricht. Im Folgenden werden Methodik, Vorgehensweise und Ergebnisse während der einzelnen Phasen näher beschrieben.

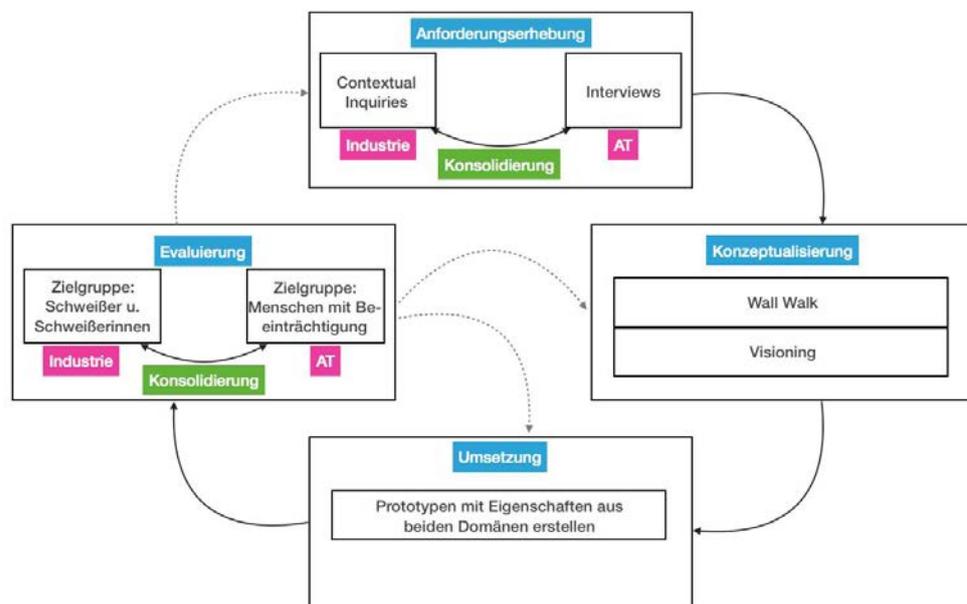


Abbildung 3: Der in WIFI konzipierte menschenzentrierte Designprozess adaptiert nach ISO 924-210 inklusive Domänentransfer.

© FHOÖ

3.1 Anforderungsanalyse

Um sicherzugehen, dass die Bedürfnisse beider Zielgruppen entsprechend berücksichtigt werden, wurde die Anforderungserhebung parallel in beiden Domänen (d.h. mit Menschen mit Tetraplegie bzw. Tetraparese und industriellen Schweißberinnen und Schweißern) durchgeführt.

3.1.1 Teil 1: Assistierende Technologie

Hier wurden während der Anforderungserhebung vor allem Personas und qualitative Face-to-Face Interviews eingesetzt. Die Expertinnen und Experten für assistierende Technologie im WIFI-Team definierten sechs Personas (Cooper, 1999), um die Bedürfnisse von Menschen mit Tetraplegie bzw. Tetraparese im WIFI-Konsortium entsprechend zu repräsentieren. Die Interviews wurden mit sechs Benutzerinnen und Benutzern (fünf männlich) zwischen 26 und 57 Jahren (M=40) durchgeführt. Fünf der Benutzerinnen und Benutzer hatten eine Wirbelsäulenverletzung, eine/einer eine Muskelerkrankung. Das wichtigste Auswahlkriterium war dabei, dass die Benutzerinnen und Benutzer regelmäßig einen Computer verwenden und diesen mit alternativen Eingabemethoden (z.B. Mund- oder Augensteuerung) bedienen. Die meisten der Teilnehmerinnen und Teilnehmer wurden für das Interview zu Hause, in ihrer familiären Umgebung besucht, auch um einen besseren Einblick in ihren Alltag und den Einsatz von assistierender Technologie in ihrem täglichen Leben zu bekommen. Die gestellten Fragen deckten Technologieaffinität, bisher verwendete assistierende Technologien, aber auch offene Wünsche und Anforderungen ab.

Als Ergebnis dieser Phase wurden zehn Benutzeranforderungen abgeleitet, die Konfigurierbarkeit von Softwarelösungen, Anpassbarkeit von Hardware, Ergonomie der Interfacelemente, Eingabemodalitäten, Feedback, Interoperabilität (z.B. Zusammenspiel mit bisher eingesetzten Lösungen) und Konnektivität umfassten.

3.1.2 Teil 2: Industrielles Schweißen

Da die wissenschaftlichen Partner im WIFI-Forschungsteam vor dem Projekt noch nicht über umfassendes Wissen aus dem Bereich des industriellen Schweißens verfügten, wurde mit der Contextual Design Methodik (Beyer & Holtzblatt, 1997; Holtzblatt & Beyer, 2014; Holtzblatt & Beyer, 2017; Holtzblatt, Burns Wendell & Wood, 2005) gearbeitet. In (Augstein, et al., 2018) wird die Vorgehensweise noch detaillierter beschrieben. Der Contextual Design Prozess umfasste im Rahmen der Anforderungserhebung als ersten Schritt die Durchführung so genannter Contextual Inquiries, die Interviews und Beobachtungen von industriellen Schweißberinnen und Schweißern in ihrer gewohnten Arbeitsumgebung und bei ihren alltäglichen Aufgaben beinhalteten. Insgesamt wurden acht Contextual Inquiries durchgeführt, wobei ca. zwölf Stunden aufgezeichnetes Audiomaterial, ca. 16 Stunden aufgezeichnetes Videomaterial, ca. 370 Fotos und ca. 35 Seiten handgeschriebener Notizen entstanden. Diese Informationen wurden später zu über 400 so genannten Affinity-Notizen (die die elementaren Grundbausteine der Contextual Design Methodik

darstellen) übersetzt. Affinity-Notizen können beispielsweise Beobachtungen beinhalten (z. B. „Teilnehmer verwendete ein Bauteil, das zufällig greifbar war, um sich von der Arbeitsfläche abzustützen“) oder auch relevante Zitate (z. B. „Ich würde mir einen Brenner wünschen, der so leicht wie ein Kugelschreiber ist.“). Auf Basis der Contextual Inquiries und der Affinity-Notizen wurden, ähnlich wie im Umfeld der assistierenden Technologie, drei Personas entwickelt. Die gesammelten Affinity-Notizen wurden im weiteren Prozess, wie von (Holtzblatt, Burns Wendell & Wood, 2005) beschrieben, in einem Teamprozess auf Basis der jeweils dahinterstehenden Semantik in einem so genannten Affinity-Diagramm kategorisiert und bezeichnet, wobei sich fünf Top-Level Kategorien (Schweißvorgang, Technische Neuerungen, Motorik & Kinästhetik, Schweißgerät & Konfiguration, Der Schweißer und sein Umfeld) sowie etliche Unterkategorien ergaben. Aus dem Affinity-Diagramm wurden als Ergebnis dieser Phase 18 Interaktions-Anforderungen (z. B. Bedarf an unmittelbarem Feedback zum Schweißprozess, Möglichkeit ohne Unterbrechung zu schweißen, keine Ablenkung vom Schweißprozess durch die Interaktion, Möglichkeit, die Haltung beizubehalten) sowie 18 damit im Zusammenhang stehende Systemanforderungen (z. B. Ausgabe von über verschiedene Kanäle wahrnehmbarem Feedback, Integration in den aktuellen Arbeitsprozess, so dass es dem Schweißer/der Schweißerin möglich ist, den Blick und die Konzentration auf dem Schweißvorgang zu belassen) abgeleitet.

3.1.3 Konsolidierung

Nachdem die beschriebenen Affinity-Notizen ausschließlich in der Domäne des industriellen Schweißens gesammelt wurden, wurde ein Konsolidierungsschritt mit allen Beteiligten beider Domänen durchgeführt. Dabei wurden vor allem Expertinnen und Experten in assistierender Technologie eingebunden, um die Anforderungen aus der Domäne des industriellen Schweißens aus der Perspektive der assistierenden Technologie zu diskutieren (und umgekehrt). Die erhobenen Anforderungen hatten in vielen Fällen Auswirkungen auf die jeweils andere Domäne, viele waren gleich oder ähnlich, z. B. die Notwendigkeit für zeitgerechtes Feedback zu einem Interaktionsvorgang, das Bedürfnis, den Interaktionsvorgang ohne die Verwendung der Hände durchführen zu können, die notwendige Stabilität des Interaktionsmechanismus bei lauter Umgebung (z. B. während des Computerspielens oder Schweißens), aber auch die Möglichkeit zu interagieren, ohne eine Positionsänderung vornehmen zu müssen (was z. B. aufgrund von Tetraplegie schwierig bis unmöglich, aber auch während eines aktiven Schweißvorganges äußerst unangenehm bis unmöglich sein kann). Ergebnis dieser Phase war eine konsolidierte Reihe von Anforderungen, die für beide Domänen gelten.

3.2 Konzeptualisierung

Diese Phase wurde in enger Zusammenarbeit von Expertinnen und Experten für assistierende Technologie und industrielles Schweißen durchgeführt und bestand aus einer gemeinsamen strukturierten Recherche von Interaktionsmodalitäten, -methoden und -geräten, einem gemeinsamen so genannten Wall Walk und einem gemeinsam durchgeführten Visioningprozess, wie im Folgenden näher beschrieben.

3.2.1 Recherche von Interaktionsmethoden

Das Hauptergebnis dieser Phase waren zwei umfangreiche Kataloge zu Ein- und Ausgabemethoden, die jeweils alle derzeit denkbaren Lösungen, vorerst noch ohne Einschränkung durch die zuvor ermittelten Anforderungen, enthielten. Der Katalog zu den Eingabemethoden umfasste ca. 160 Seiten und beschrieb auf unterschiedlichen Ebenen sowohl allgemeine Eingabekonzepte (z. B. Gestensteuerung, Sprachsteuerung, Augensteuerung oder Mundsteuerung), basierend auf der Physiologie des Menschen (welche Eingabemöglichkeiten besitzt ein menschlicher Körper grundsätzlich, ungeachtet etwaiger [Funktions]beeinträchtigungen?), etwas konkretere Eingabemethoden (z. B. Dwelling oder Blinzeln beim Konzept der Augensteuerung), als auch derzeit verfügbare Technologien und Produkte (z. B. bestimmte Eyetracking-Lösungen). Der Katalog zu den Ausgabemethoden umfasste auf ca. 110 Seiten Beschreibungen zu allgemeinen Ausgabekonzepten (z. B. visuelle Ausgabe, haptische Ausgabe oder akustische Ausgabe), konkretere Ausgabemethoden (z. B. haptische Kleidung oder Braille-Zeilen beim Konzept der haptischen Ausgabe) und derzeit verfügbare Technologien und Produkte. Beide Kataloge beinhalteten außerdem insgesamt 16 objektive sowie 13 subjektive Bewertungskriterien. Objektive Kriterien umfassten z. B. Verzögerung zwischen Benutzereingabe und Befehlsdetektion, Störanfälligkeit gegen hohe Temperaturen, Störanfälligkeit gegen Schmutz und Staub, Störanfälligkeit gegen Lärm, Kosten oder Fallstabilität. Subjektive Bewertungskriterien umfassten z. B. die Einsetzbarkeit für Menschen mit Tetraplegie, die Wahrscheinlichkeit von Eingabefehlern, die Integration in bestehende Ausrüstung/verwendete Technologie, die geschätzte Lebensdauer oder die Komplexität der Eingabe für die Benutzerinnen und Benutzer. Anhand dieser Kriterien wurden alle Ein- und Ausgabemethoden sowie konkrete Technologien und Produkte von insgesamt 17 Personen (aller drei Konsortialpartner, d. h. auch durch Expertinnen und Experten für assistierende Technologie sowie Expertinnen und Experten für Schweißtechnik) auf einer zehnstufigen Skala und mit den zuvor erhobenen Anforderungen sowie dem eigenen Domänenwissen als Grundlage bewertet. Dieser Schritt führte zu einer ersten Priorisierung der denkbaren Ein- und Ausgabemethoden und zum Ausschluss eines Teils dieser Methoden.

3.2.2 Wall Walk

In diesem Schritt (siehe auch Abbildung 4) wurden auf Basis des Affinity-Diagramms gemeinsam Lösungsvorschläge und Designideen erarbeitet. Dabei wurden die Personas und Anforderungen beider Domänen berücksichtigt. Ein Wall Walk (Holtzblatt, Burns Wendell & Wood, 2005) beginnt mit einem individuellen Abschreiten und Vertiefen in das Affinity-Diagramm. Im nächsten Schritt wurden Kommentare, Gedanken und Designideen mit Post-Its an passender Stelle im Diagramm platziert. Dabei waren die Personas sowie Anforderungen beider Zielgruppen stets für alle Teilnehmerinnen und Teilnehmer gut sichtbar platziert. Insgesamt wurden ca. 30 konkrete und im Plenum als potenziell passend erachtete Designideen entwickelt.



Abbildung 4: Experten für industrielles Schweißen sowie assistierende Technologien und Forscher im Bereich Mensch-Maschine Interaktion beim Wall Walk am Affinity Diagramm (links auf den Pinnwänden sind Personas aus beiden Domänen platziert). © FHOÖ

3.2.3 Visioning

In diesem Schritt (siehe auch Abbildung 5) wurden die relevantesten Designideen und Lösungsvorschläge aus dem Wall Walk im Rahmen eines eintägigen Workshops gemeinsam ermittelt, visualisiert und bewertet. Teil nahmen hier ausgewählte 3 Expertinnen und Experten beider Domänen und generierten während eines Gruppen-basierten Storytelling-Prozesses insgesamt drei verschiedene so genannte „Visions“ (Sketches, die den zukünftigen Interaktionsprozess visualisieren sollen). Diese Visions wurden dann in weiterer Folge mittels einer Pro/Contra-Analyse gemeinsam bewertet. Auf Basis dieser bewerteten Visions wurde in einem separaten Termin eine konsolidierte Vision erstellt, die die positiv bewerteten Elemente aller drei Visions umfasste (solange deren Kompatibilität gewährleistet werden konnte). Die konsolidierte Vision berücksichtigte die Überlegungen und Anforderungen von Expertinnen und Experten beider Domänen im Hinblick auf beide Zielgruppen.

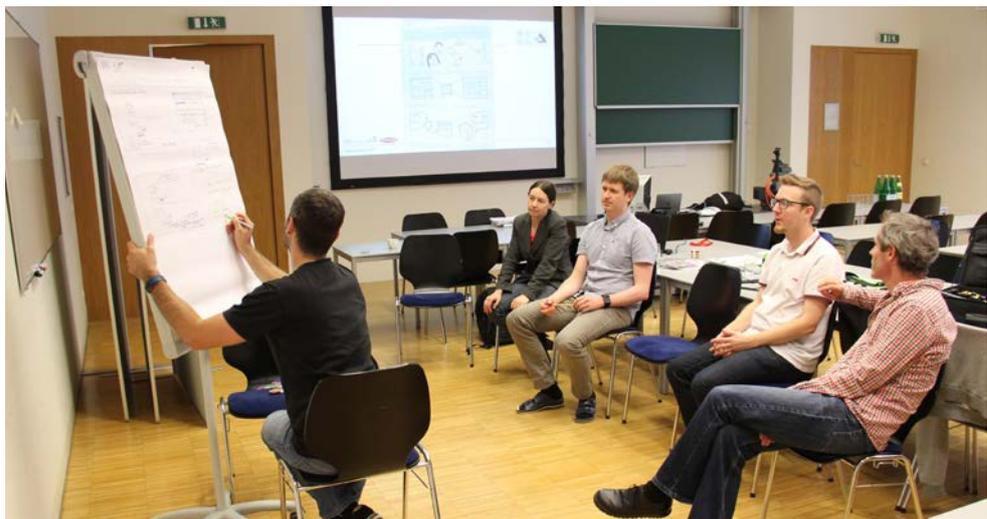


Abbildung 5: Ausgewählte Expertinnen und Experten beider Domänen während des gemeinsamen Visioning-Prozesses. © FHOÖ

3.3 Implementierung

Die Implementierungsphase wurde ebenfalls in enger Kooperation beider Domänen durchgeführt. Als Interaktionskonzept mit höchster Priorität wurde in den vorangegangenen Phasen die Sprachsteuerung in Kombination mit visueller und akustischer Ausgabe identifiziert. In der Implementierungsphase wurden daher zunächst nach dem Rapid Prototyping Modell schnelle Prototypen entwickelt, die dann schrittweise erweitert, verfeinert und angepasst wurden. Entwickler mit Erfahrung in jeweils einer der beiden Domänen erstellten zunächst mehrere (auf unterschiedlicher Spracherkennungstechnologie basierende) funktionale Minimalprototypen.

In weiterer Folge wurden zwei verschiedene Voice User Interfaces und Grammatiken entwickelt und gemeinsam mit den späteren Benutzerinnen und Benutzern getestet und evaluiert (siehe Abschnitt 3.4). Die Implementierungs- und Evaluationsphase waren daher eng verzahnt – so gab es beispielsweise in der Domäne des industriellen Schweißens insgesamt fünf Benutzertests mit Schweißerinnen und Schweißern, bevor die Implementierung abgeschlossen wurde. In beiden Domänen wurden zwei Phasen der späteren Verwendung des neuen Interaktionssystems unterschieden: i) während eines Arbeitsprozesses und ii) vor einem Arbeitsprozess. Der Arbeitsprozess ist entweder ein aktiver Schweißprozess oder z. B. ein laufendes Computerspiel. In beiden Domänen unterscheiden sich die Anforderungen an die Interaktionslösung während der beiden Phasen stark. Während eines aktiven Prozesses herrschen andere Umgebungsbedingungen (z. B. Lärm durch den Schweißprozess oder das Computerspiel) und Anforderungen, z. B. hinsichtlich Zeitdrucks. Während des Prozesses muss ein Kommando schnell abgesetzt und bearbeitet werden können, es ist allerdings nur eine kleinere Auswahl an Kommandos während des Prozesses relevant. Daher ist der Sprachumfang während dieser Phase gering, ein Feedback muss schnell und unmissverständlich über Kanäle erfolgen, die die Benutzerin/der Benutzer wahrnehmen kann, ohne den Fokus vom eigentlichen Arbeitsprozess abzuwenden. Aus diesen Gründen wurde hier eine Eingabe im Befehlsformat sowie eine akustische Ausgabe in Kombination mit einer einfachen LED-Ausgabe (die nicht erfordert, den Blick vom Arbeitsprozess abzuwenden) verwendet. Das relevanteste Vokabular wurde im Umfeld des industriellen Schweißens über einen mehrstufigen Wizard of Oz Test ermittelt (siehe Abschnitt 3.4.2). Im Umfeld der assistierenden Technologie wurden die am häufigsten verwendeten Kommandos herangezogen (diese wurden im Rahmen von Beobachtungen und Interviews mit zukünftigen Benutzerinnen und Benutzern erhoben). Vor dem eigentlichen Arbeitsprozess ist die Eingabe weniger zeitkritisch und der Befehlsumfang größer (sodass möglicherweise das Merken der möglichen Befehle vor allem für neue Benutzerinnen und Benutzer herausfordernd sein kann). Deshalb wurde hier kein Kommando-artiges Befehlsformat angestrebt, sondern ein vom System geführter Dialog. Auch hier wurden die relevanten Parameter sowie deren mögliche Werte bzw. Wertebereiche gemeinsam mit Endbenutzerinnen und -benutzern erhoben. Da in beiden Domänen auf dieselbe Technologie (eine Kombination aus Hard- und Software für Spracherkennung, Störgeräuschbehandlung und Mikrofonen) gesetzt wurde, erfolgte die Implementierung in enger Abstimmung.



Abbildung 6: Experten für assistierende Technologie und Entwickler von industrieller Schweißtechnologie bei der gemeinsamen Arbeit an einem Prototypen. © Mirjam Augstein

Die Abbildung zeigt Experten für assistierende Technologie und Entwickler von industrieller Schweißtechnologie bei der gemeinsamen Arbeit an einem Prototypen. Sie zeigt ein Entwicklermeeting mit Experten beider Domänen. Ergebnisse dieser Phase sind vier validierte Voice User Interface Designs (inklusive Feedback) für die beiden Zielgruppen und die beiden Phasen sowie zwei validierte und mit Benutzerinnen und Benutzern evaluierte funktionale Prototypen (für die Phase während des Arbeitsprozesses). Der Prototyp für industrielle Schweißerinnen und Schweißer ermöglicht es, während des Schweißvorganges per Sprache Werte für Parameter zu ändern (inkl. vollständiger Anbindung an die Schweißstromquelle), der Prototyp für Menschen mit Tetraplegie bzw. Tetraparese ermöglicht es Benutzerinnen und Benutzern der IntegraMouse Plus, beispielsweise während eines Computerspiels zeitkritische Kommandos per Sprache zu geben. Hierbei wurde versucht ein möglichst generisches User Interface zu entwickeln, welches die gesamte Tastatur mittels des Fliegeralphabets nach internationalem ICAO Standard abbildet. Diese Lösung soll in Zukunft ohne weitere Installationen auskommen und Out-of-the-Box weltweit identisch funktionieren. Damit soll es Menschen mit Behinderungen ermöglicht werden, ohne nennenswerte Nachteile State-of-the-Art AAA Titel zu spielen und die komplexen Key-Kombinationen auszuführen.

3.4 Evaluierung

Da die Evaluierung jeweils Erkenntnisse bezogen auf die jeweilige Zielgruppe liefern sollte, wurde sie parallel mit industriellen Schweißerinnen und Schweißern und Menschen mit Tetraplegie bzw. Tetraparese durchgeführt. Ähnlich wie in der Phase der Anforderungserhebung erfolgte danach ein Konsolidierungsschritt.

3.4.1 Teil 1: Assistierende Technologie

Hier umfasste die Evaluation mehrere Teilschritte: eine heuristische Evaluation nach (Nielsen & Molich, 1990) mit Expertinnen und Experten für Usability im Bereich assistierender Technologie und Szenario-basierte Benutzertests mit Power-Benutzerinnen und -benutzern assistierender Technologie. Die heuristische Evaluation verfolgte das Ziel, allgemeine Usability-Probleme aufzudecken, bevor Benutzerinnen und Benutzer das System testen und inkludierte sowohl den Großteil der bekannten Heuristiken von (Nielsen & Molich, 1990) als auch ergänzende, auf die Evaluation von Sprach-basierten Interfaces zugeschnittene Heuristiken. Neben einer Beobachtung während des Benutzertests wurden Daten im Rahmen eines semi-strukturierten Interviews und mittels des standardisierten User Experience Questionnaire (UEQ) (Laugwitz, Schrepp & Held, 2008) (zur subjektiven Beurteilung der User Experience) und NASA TLX (Hart & Staveland, 1988) (zur subjektiven Beurteilung der Belastung) erhoben. Diese Evaluationsschritte wurden, wie oben beschrieben, wiederholt und teilweise schon während der Implementierung vorgenommen, um eine laufende Überprüfung und Verbesserung zu ermöglichen.



Abbildung 7: Testbenutzer bei der Interaktion während eines Computerspiels mittels Sprache und Mundmaus. © LIFEtool

3.4.2 Teil 2: Industrielles Schweißen

In der Domäne des industriellen Schweißens wurde zunächst mit einem mehrstufigen Wizard of Oz Testverfahren gearbeitet. Dabei wurden im ersten Test durch Beobachtung der Kommunikation zweier Schweißerinnen und Schweißer (eine Schweißerin/ein Schweißer am Werkstück sowie eine Einstellerin/ein Einsteller zur Konfiguration an der Schweißstromquelle, siehe Abbildung 8) die wichtigsten Parameter, Werte-(Bereiche) für diese Parameter, am häufigsten verwendete Bezeichnungen dafür erhoben. Mit insgesamt fünf Schweißerinnen und Schweißern wurde ein Radverfahren eingesetzt, bei dem jeweils jede Schweißerin/jeder Schweißer zunächst als Schweißerin bzw. Schweißer und dann für die nächste Schweißerin/den nächsten Schweißer als Einstellerin bzw. Einsteller fungierte.

Dabei musste die Schweißerin/der Schweißer jeweils die zu tätigen Parametereinstellungen ausschließlich mündlich mitteilen. Dies erfolgte sowohl vor als auch während dem eigentlichen Schweißprozess. Die verwendete Aufgabe war für alle Schweißerinnen und Schweißer identisch und wurde so ausgewählt, dass sie eine Parameteränderung während des Prozesses erforderte. Im Anschluss an jeden Durchgang wurden die Erfahrungen der Schweißerin/des Schweißers mittels UEQ und NASA TLX erhoben. Außerdem wurde, für einen späteren Vergleich zum Schweißprozess ohne Sprachunterstützung, eine Zeitmessung vorgenommen. Zusätzlich wurden die Tests auf Video aufgezeichnet, um sie später analysieren zu können.

Auf Basis der Ergebnisse wurden in einem eintägigen Workshop mit Schweißerinnen und Schweißern, Entwicklerinnen und Entwicklern von Schweißtechnologie, aber auch Vertreterinnen und Vertretern aus dem Bereich assistierender Technologie Vokabular bzw. Grammatik für die Sprachsteuerung von Schweißgeräten abgeleitet. Dieser neu entwickelte Sprachumfang wurde dann in einem zweiten Wizard of Oz Test mit fünf Schweißerinnen und Schweißern validiert – dabei agierte der Wizard nicht mehr spontan, sondern nach dem vorgegebenen Protokoll für Reaktion und Feedback, um das spätere Verhalten eines Systems zu simulieren. Erhoben wurde mittels derselben Instrumente wie beim ersten Wizard of Oz Test. Nach einer erneuten Überarbeitung von Vokabular und Grammatik wurde dieses in einem funktionalen Prototypen implementiert, der dann wiederum mit mehreren Schweißerinnen und Schweißern getestet und evaluiert wurde (siehe Abbildung 9). Die letzten Evaluationschritte beliefen sich danach auf technische Optimierungen.



Abbildung 8: Konfiguration an der Schweißstelle © FHOÖ



Abbildung 9: Schweißer während eines Schweißvorgangs mit dem funktionalen Prototyp. © FHOÖ

3.4.3 Konsolidierung

Nach jedem Evaluationsschritt in einer der Domänen wurden die Erkenntnisse im Konsortium mit Vertreterinnen und Vertretern aller Domänen diskutiert. Vor allem hinsichtlich technischer Faktoren (wie z. B. Umgang mit Störgeräuschen, die in beiden Domänen präsent sind) gab es viele Synergieeffekte, die durch den laufenden Austausch in gemeinsamen Entwicklermeetings genutzt wurden.

4. Inklusion und Auswirkungen auf beide Domänen

Die Domänen des industriellen Schweißens und der assistierenden Technologien profitieren in mehrerlei Hinsicht vom Projekt WIFI. Zum einen wurden erstmals assistierende Technologien und damit auch das fundierte Wissen über Interaktionsmethoden und -geräte aus diesem Bereich bei der Entwicklung von industriellen Lösungen berücksichtigt. Dies bedeutet einen nicht zu vernachlässigenden Wissenszuwachs. Zum anderen entstand hier eine neue Kooperation, die auch in Zukunft großes Potenzial für weitere enge Zusammenarbeit aufweist. Längerfristig kann sich dadurch eine Erweiterung des Arbeitsmarktes im industriellen Sektor für Menschen mit Beeinträchtigung ergeben, z. B. für die Steuerung halb-automatisierter Schweißvorgänge per Sprache. Darüber hinaus wurde die weitere Produktentwicklung im Bereich der assistierenden Technologien durch die eingesetzte Contextual Design Methodik inspiriert. Das Projekt WIFI fördert in einem ersten Schritt vor allem die Inklusion im Bereich des barrierefreien Gamings. Vom rein ökonomischen Standpunkt aus sind Anpassungen an unterschiedliche Behinderungen vor allem weitere Kosten, die aufgrund der verhältnismäßig kleinen Zielgruppe keinen Gewinn bringen. Wenn spezielle Hardware für Spielerinnen und Spieler mit Beeinträchtigung entwickelt wird, kommt sie bislang meist von innerhalb der Community selbst. Aufgrund der geringen Mengen und der hohen Produktionskosten ist sie allerdings extrem teuer oder schwer zu beschaffen. Der niederschwellige und einfache Zugang für Menschen mit Behinderungen zu einem sprachgesteuerten Gamecontroller eröffnet der Zielgruppe weitere Möglichkeiten, um gemeinsam mit Menschen mit oder ohne Behinderungen Spaß zu haben, gegeneinander anzutreten und dabei Freiheit und Gleichberechtigung auszuleben. Außerdem können dadurch die Teilnahme an E-Sport Events oder Live-Streaming-Videoportalen zur Übertragung von Videospiele realisiert, monetäre Einkünfte generiert und somit die Inklusion weiter vorangetrieben werden. Dies alles in Kombination leistet einen bedeutenden und vor allem nachhaltigen Beitrag zur Inklusion von Menschen mit Beeinträchtigung in die Gesellschaft im Allgemeinen und in den Industrie-Sektor im Speziellen. Gerade die potenzielle Reichweite des Letzteren kann sowohl einen signifikanten Fortschritt bei der Einbindung in den Arbeitsmarkt als auch eine deutliche Preissenkung bei assistierender Technologie und damit einfachere Verfügbarkeit bedeuten.

5. Zusammenfassung und Ausblick

Das WIFI-Projekt ist ein neuartiges Bestreben, einen Domänentransfer zwischen assistierender Technologie und industrieller Entwicklung zu schaffen, einen intensiven Austausch und eine längerfristige Kooperation zu ermöglichen und damit letztlich einen nachhaltigen Beitrag zur Inklusion von Menschen mit Beeinträchtigung vor allem im Bereich des barrierefreien Gamings, aber auch im industriellen Sektor zu leisten.

Im Rahmen des Projektes wurden folgende Ergebnisse, die für zukünftige ähnliche Kooperationsaktivitäten herangezogen werden können, erzielt: i) Entwicklung eines Methodenframeworks für Domänen-übergreifende menschenzentrierte Entwicklung im Kontext assistierender Technologie und Industrie, ii) umfassende Erhebung potenziell einsetzbarer Interaktionsmethoden (verwendbar sowohl im Bereich der assistierenden Technologie als auch der Interaktion mit industriellen Maschinen), iii) funktionale, mehrfach evaluierte Prototypen für die Sprachsteuerung zum Einsatz als Ergänzung zur Mundmaus oder anderen assistierenden Technologien und in industriellen Schweißprozessen, iv) fundierte Erkenntnisse zum Thema Sprachsteuerung für Menschen mit Beeinträchtigung und industrielle Arbeiterinnen und Arbeiter und v) eine neuartige Kooperation zwischen assistierender Technologie und Industrie. Die letztgenannte, im Projekt WIFI etablierte Kooperation soll längerfristig aufrechterhalten und ausgebaut werden. Damit wird ein kontinuierlicher Domänentransfer angestrebt, der durch den Wissensaustausch und den Gewinn zusätzlicher Zielgruppen und Absatzmärkte längerfristig vor allem die Inklusion von Menschen mit Beeinträchtigung fördern soll, beispielsweise durch sinkende Preise durch höhere Stückzahlen bei Interaktionslösungen, oder aber auch neue Arbeitsfelder.

Danksagung

Dieser Artikel gibt einen Überblick über das WIFI-Projekt sowie ausgewählte daraus bisher entstandene Publikationen. An den hier zitierten Publikationen waren neben Mirjam Augstein und Stefan Schürz folgende Personen beteiligt (gelistet nach Anteil): Thomas Neumayr, Sebastian Pimminger, Michael Gstöttenbauer, Josef Altmann, Werner Kurschl, Christine Ebner. Am WIFI-Projekt sind außer den drei Einreichenden und den bereits genannten Personen noch folgende Personen beteiligt (gelistet nach Zugehörigkeit zum jeweiligen Projektpartner und alphabetisch gereiht): Patrick Weinberger (FH Oberösterreich), Markus Becker, Thomas Burger und Karl Kaser (LIFEtool), Almedin Becirovic, Helmut Ennsbrunner, Harald Langeder, Günther Neubacher, Franz Niedereder, Christian Pointner, Thomas Rauch, Michael Weingartner, Martin Willinger und Manfred Wittman (Fronius).

Literaturverzeichnis

Augstein, M., Neumayr, T., Pimminger, S., Ebner, C., Altmann, J., & Kurschl, W. (2018). Contextual Design in Industrial Settings: Experiences and Recommendations. Proceedings of the 20th International Conference on Enterprise Information Systems. Funchal, Madeira, Portugal.

Beyer, H., & Holtzblatt, K. (1997). Contextual Design: Defining Customer-Centered Systems (1st Ausg.). Morgan Kaufmann.

Cooper, A. (1999). The Inmates are Running the Asylum. Why High-Tech Products Drive Us Crazy and How to Restore the Sanity. Sams Indianapolis.

Hart, S. G., & Staveland, L. E. (1988). Development of NASA-TLX (Task Load Index): Results of Empirical and Theoretical Research. *Advances in Psychology*, 52, 139–183.

Holtzblatt, K., & Beyer, H. (2014). Contextual Design Evolved. Morgan & Claypool Publishers.

Holtzblatt, K., & Beyer, H. (2017). Contextual Design. Design for Life (2nd Ausg.). Morgan Kaufmann.

Holtzblatt, K., Burns Wendell, J., & Wood, S. (2005). Rapid Contextual Design: A How-to Guide to Key Techniques for User-Centered Design. Morgan Kaufmann.

ISO. (2018). ISO 9241-210:2010(en). Von <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:9241:-210:en> abgerufen

Laugwitz, B., Schrepp, M., & Held, T. (2008). Construction and Evaluation of a User Experience Questionnaire. Proceedings of USAB 2008. Graz, Austria.

Neumayr, T., Augstein, M., Pimminger, S., Schürz, S., Gstöttenbauer, M., Kurschl, W., & Altmann, J. (2018). From Assistive Technology to Industry and Back - Experiences with an Applied Domain Transfer. to appear in Proceedings of the International Conference on Computers Helping People with Special Needs (ICCHP) 2018. Linz.

Nielsen, J., & Molich, R. (1990). Heuristic Evaluation of User Interfaces. Proceedings of the CHI Conference on Human Factors in Computing Systems, (S. 249–256).

3. Preis: PlayBionic

Mag. phil. Dipl.-Ing. Dr. techn. Michael Pucher,
Dipl.-Ing. Dr. techn. Markus Toman, Bettina Zillinger, MSc BSc,
Dr. Cassia Valentini Botinhao, Dr. Junichi Yamagishi,
Dipl.-Ing. Dr. Dietmar Schabus und Erich Schmid

Projektbeschreibung

Der Verlust eines Körperteils ist ein dramatisches Erlebnis für jeden Menschen. Die körperliche Integrität wird verletzt und die Auswirkungen dessen ziehen auch psychologische Probleme nach sich. So ziehen sich Amputierte aus der Gesellschaft zurück, distanzieren sich auch sozial von ihren Familien und wollen ihnen nicht zur Last fallen. Oft folgen mehrere Operationen aufeinander, um eine gute prothetische Funktion herzustellen. Doch auch ein chirurgisch objektiv sehr zufriedenstellendes Ergebnis führt noch nicht zu einer subjektiven Verbesserung der Patientinnen und Patienten. Um den Patientinnen und Patienten zu helfen, schnell wieder in die Selbstständigkeit zurück zu finden, liegen noch mehrere Wochen oder Monate an Physiotherapie vor ihnen. Die modernen Prothesen sind für die Patientinnen und Patienten anfangs nur schwierig zu kontrollieren und sie müssen viele Bewegungen, die vorher intuitiv waren, für eine Prothesensteuerung neu erlernen. Dies kann oft eine entmutigende Erfahrung sein. Aufgrund des langwierigen Rehabilitationsprozesses mit vielen repetitiven Übungen brechen viele Patientinnen und Patienten die Physiotherapie ab, oder führen die Übungen zu Hause nicht mehr aus. Anschließend verwenden sie ihre Prothese nicht, da sie Schwierigkeiten mit deren Steuerung haben. Ein ausreichendes und Patientinnen/Patienten-zentriertes motorisches Training während der Rehabilitation ist unerlässlich, um den Umgang mit einer Prothese zu erlernen. In der Spezialambulanz des Christian Doppler Labors für Rekonstruktion von Extremitätenfunktionen an der Medizinischen Universität Wien sind wir jeden Tag mit den Problemen konfrontiert, die die Patientinnen und Patienten während der Rehabilitation erfahren, und haben uns daher entschlossen, neue und innovative Ansätze zu verfolgen. Der technische Fortschritt beeinflusst kontinuierlich die aktuelle medizinische Praxis und schafft neue Werkzeuge für die Therapie. Neuartige Rehabilitationsmethoden zielen darauf ab, neuroplastische Prozesse in der Erholungsphase zu nutzen und gleichzeitig motorische Defizite zu bekämpfen. Spielbasierte Interventionen stellen eine wirksame Erweiterung zum herkömmlichen myoelektrischen (EMG) Training dar und können die Motivation zur Physiotherapie erhöhen.

Das Projekt „PlayBionic“ setzte sich zum Ziel, Patientinnen und Patienten moderne Rehabilitationserkenntnisse in technisch aufbereiteter Form anzubieten. Ziel war es, die klassische Therapie mit einem spielbasierten Ansatz zu unterstützen. „PlayBionic“ besteht aus einer wissenschaftlichen Studie und der anschließenden Entwicklung der muskelgesteuerten, spielbasierten Trainings-App „MyoBeatz“, die auf den Erkenntnissen der Studie aufbaut.

Es konnte gezeigt werden, dass spielerische Interventionen zu einer klinisch validierten Verbesserung der neuromuskulären Parameter beitragen und den Amputierten somit helfen, ihre Prothese besser steuern zu können. Aber auch die Phantomschmerzen, unter denen viele Amputierte leiden, konnten gelindert werden. Ein unerwartetes Ergebnis war die Tatsache, dass die Patientinnen und Patienten oft zusammen mit ihren Familien spielten, die ebenfalls Interesse an „MyoBeatz“ zeigten. Die App lässt sich auch von Gesunden spielen und die Patientinnen und Patienten fühlten sich wieder mehr in die familiären Strukturen inkludiert. Patientinnen und Patienten sowie ihre Familien und Freunde können zusammen an dem Training der Muskelsignale arbeiten, ohne dass es sich nach Training anfühlt. Da sich ein Trend zur ambulanten Therapie beobachten lässt, bietet die App darüber hinaus die Möglichkeit, zu Hause zu trainieren oder sogar in einem Kaffeehaus. Die notwendigen Präsenzeinheiten in der Klinik werden reduziert, was vor allem ein Vorteil für Patientinnen und Patienten ist, die nicht in Wien oder Umgebung ansässig sind. Dieses Projekt ist weltweit das erste, welches eine moderne Smartphone-Anwendung für die prothetische Rehabilitation entwickelt und wissenschaftlich untersucht hat. Es stellt auch die erste mobile langfristige Intervention in der Rehabilitation nach Amputation oder Nervenverlagerung dar und demonstriert damit das Potenzial, mobile Apps als neuen Standard in der motorischen Rehabilitation zu etablieren.

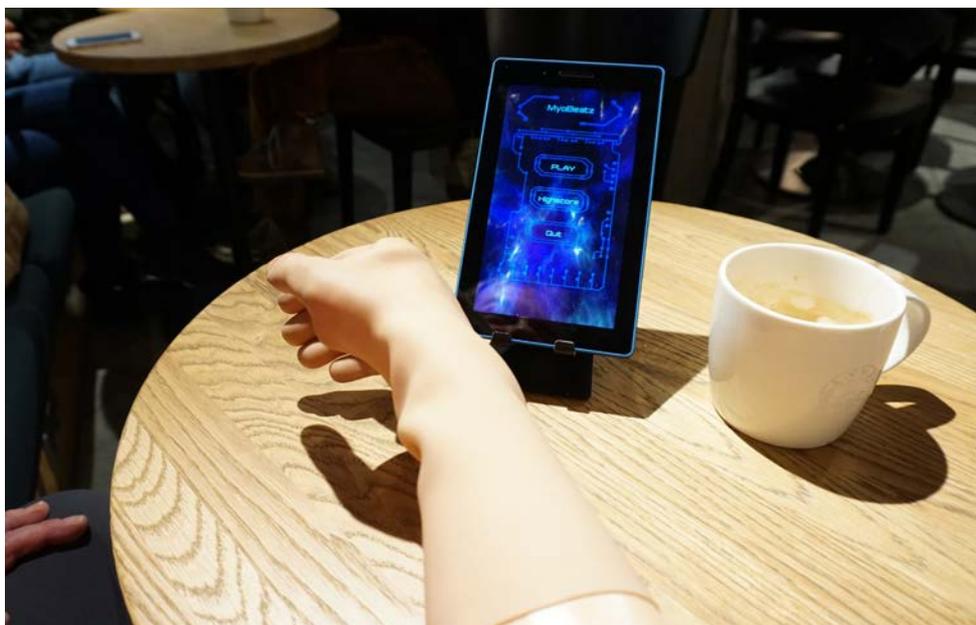


Abbildung 1: Bild der Prothese © Cosima Prahm/MUW

Einleitung

Um nach einer Amputation die körperliche Integrität, Funktion und Optik wiederherzustellen, wird den Patientinnen und Patienten eine prothetische Versorgung zur Verfügung gestellt. Kommt es zu einem Verlust von Hand oder Arm, werden im europäischen Raum üblicherweise myoelektrische Prothesen genutzt, die über die verbliebenen Muskeln im Stumpf der Patientin/des Patienten gesteuert werden. Besonders bei komplexeren Ansteuerungsmethoden, die für Prothesen mit vielen unterschiedlichen Griffaktionen eingesetzt werden, sind die EMG-Signale nicht leicht von Patientinnen und Patienten zu generieren und mit hohem kognitiven Aufwand verbunden. Die dazugehörigen rehabilitativen Maßnahmen sind komplex, langwierig und repetitiv, und können zusammen mit psychologischen Faktoren, wie Depressionen oder Isolation, dementsprechend frustrierend sein [1].

Außerdem funktioniert mit der Amputation auch das propriozeptive System nur noch eingeschränkt, weshalb der Einsatz von BioFeedback empfohlen wird, um der Patientin/dem Patienten eine sinnvolle Rückmeldung zur muskulären Aktivität geben zu können. Für ein optimales Ergebnis werden die Patientinnen und Patienten von qualifizierten Therapeutinnen und Therapeuten angeleitet und unterstützt, das Training erfordert aber dennoch eine langfristige Motivation und Anstrengung der Patientinnen und Patienten [2], [3]. Diese sind in vielen Fällen nur schwer aufrechtzuerhalten. Wird nun die Rehabilitation verfrüht abgebrochen oder nur mit geringer Intensität weitergeführt, kann mit einer weniger verlässlichen und unpräzisen Prothesensteuerung gerechnet werden. In weiterer Folge führt eine schlechte Prothesenfunktion dazu, dass die Prothese kaum oder nicht getragen wird [4], [5]. Spielbasierte Interventionen stellen eine Möglichkeit dar, die Motivation bei lang andauernden Rehabilitationsprozessen aufrechtzuerhalten und Heimtraining zu unterstützen. Diese werden bereits erfolgreich für die motorische Rehabilitation in den Bereichen der neurodegenerativen Erkrankungen wie z. B. Schlaganfall [6], [7] und Parkinson [8] eingesetzt. Studien belegen, dass mittels virtueller Trainingsumgebungen und digital verfolgbarer Trainingsprozesse eine Reihe von Anreizen für Therapeutinnen und Therapeuten sowie Patientinnen und Patienten geboten werden können, die zu einer höheren Anzahl von Wiederholungen von Übungen und zu einer höheren Patientinnen-/Patientenmotivation führen [9]–[12]. Im Laufe der letzten Jahre wurde auch die Rehabilitation der oberen Extremitäten zur Vorbereitung auf myoelektrische Prothesenkontrolle mit spielerischen Ansätzen bereichert. Da vor einer Prothesenanpassung die Schwierigkeit zumeist im Generieren eines passenden EMG-Signales durch präzise Muskelaktivierung liegt, wird dieselbe Steuerung für das Spiel verwendet [13]–[21]. Es besteht jedoch die Notwendigkeit, Bewegungen anzubieten, die den alltäglichen Aktivitäten einer Hand oder der Verwendung einer Prothese ähneln und auch motorische Anforderungen abdecken, wie maximale Muskelkontraktionskraft, proportionale Kraftentwicklung, separate Ansteuerung einzelner Muskeln, sowie gleichzeitige, gezielte Aktivierung zweier Muskelgruppen [22], [23]. Das Projekt „PlayBionic“ setzte sich zum Ziel, die Prothesenkontrolle durch

spielbasierte Rehabilitation zu verbessern. Die Motivation der Patientinnen und Patienten sollte auch über einen längeren Zeitraum aufrechterhalten werden, die Betreuung und die Qualität des Trainings gegenüber einer konventionellen Therapie erhalten bleiben. Die erste Phase des Projekts stellen die wissenschaftlichen Studien zur spielbasierten, virtuellen Rehabilitation „Virtual Rehab“ dar [24]–[26]. Die klinischen Parameter zur Prothesensteuerung, d. h. maximale Kontraktionskraft, proportional aktivierte Muskelkontraktionen und die Fähigkeit, Muskelgruppen funktional zu trennen, wurde während dieser Studie anhand eines spielbasierten Rehabilitationsprotokolls evaluiert.

Aufbauend auf dieser ersten Phase des Projekts wurde in der zweiten Phase eine Trainings-App für Amputierte der oberen Extremität entwickelt und evaluiert, die die Erkenntnisse dieser Studien vereint und erweitert. Mit der Trainings-App „MyoBeatz“, die zusammen mit Therapeutinnen und Therapeuten entwickelt wurde, können Patientinnen und Patienten das Spiel mit denselben Signalen steuern, mit denen sie später ihre myoelektrische Prothese kontrollieren werden.

Wissenschaftliche Basis: „Virtual Rehab“ Studien-Design

In der Studie zur virtuellen Rehabilitation „Virtual Rehab“ nahmen 14 Patientinnen und Patienten (zwölf Männer, zwei Frauen) mit Amputation der oberen Extremität auf unterschiedlichen Niveaus, sowie zehn gesunde Probandinnen und Probanden (acht Männer, zwei Frauen) teil [24]. Die Teilnehmenden wurden in eine von drei Gruppen eingeteilt: jeweils sieben Patientinnen und Patienten wurden zufällig der Interventionsgruppe (Gruppe A) bzw. der Kontrollgruppe (Gruppe B) zugeordnet, während die zehn gesunden Teilnehmenden immer eine Kontrollgruppe (Gruppe C) bildeten (siehe Tabelle 1).

Diese Studie ist von der Ethikkommission der Medizinischen Universität anerkannt (1301/2015 und 1193/2017) und ist registriert bei Clinical Trials unter der ID NCT03547310.

Gruppe	Teilnehmende	Anzahl	Intervention
A	Patientinnen/Patienten	7	Spielbasiert
B	Patientinnen/Patienten	7	Keine
C	Gesunde	10	Spielbasiert

Jede Studienteilnehmerin/Jeder Studienteilnehmer wurde dreimal bezüglich ihrer/seiner myoelektrischen Kompetenz evaluiert: präinterventionell, postinterventionell und zwei Tage später in einer Folgeuntersuchung. Die initialen EMG-Messungen wurden mit jeder Teilnehmerin/jedem Teilnehmer zu Beginn der Studie durchgeführt. Nur Gruppe A und C erhielten im Anschluss die spielbasierte Intervention, während Gruppe B angeleitet wurde, zufällige EMG-Signale zu generieren.

Nach der Nutzung der myoelektrisch gesteuerten Spiele wurden die Teilnehmenden gebeten, eine kurze Umfrage zur Benutzerfreundlichkeit der Spiele durchzuführen und einen modifizierten Fragebogen zur intrinsischen Motivation auszufüllen.

Nach einer kurzen Pause wurden die EMG-Messungen für die Post-Interventionsevaluation wiederholt. Alle Teilnehmenden wurden zwei Tage später erneut eingeladen, um die EMG-Messungen ein letztes Mal durchzuführen und um zu untersuchen, ob die Verbesserung in der EMG-Kontrolle auch kurzfristig über zwei Tage anhält. Gruppe B erhielt zusätzlich die Möglichkeit, im Anschluss ebenfalls die Spiele ausprobieren zu können.

Alle drei Spiele wurden durch die EMG-Signale der Teilnehmenden gesteuert. Dabei wurden sowohl kurze als auch anhaltende Muskelkontraktionen benötigt, proportionale Aktivierung der Muskeln und eine gleichzeitige Kontraktion beider Muskeln. Im Spiel korrespondieren diese Muskelkontraktionen mit Links/Rechts-Bewegungen oder Aufwärts/Abwärts-Bewegungen. Die benötigten Muskelkontraktionen entsprechen genau den Bewegungen, die die Patientinnen und Patienten benötigen, um eine echte Prothese effektiv steuern zu können.

In der Studie wurden drei Videospiele eingesetzt, bei denen verschiedene Kontrollmöglichkeiten zum Einsatz kamen (siehe Abbildung 2):

1. Ein Geschicklichkeitsspiel, bei dem die Patientin/der Patient den Spielcharakter durch ein 2D-Labyrinth manövrieren musste (aufwärts, abwärts, links, rechts) [27].
2. Ein Rennspiel, bei dem die Spielerin/der Spieler gegen Computer-gesteuerte Mitspielerinnen und Mitspieler antrat und entweder links oder rechts drehen konnte [28].
3. Ein Rhythmusspiel, bei dem die Spielerin/der Spieler die Muskelaktivierung an den Takt eines Musikstücks anpassen musste [29].



Abbildung 2: Geschicklichkeitsspiel/Rennspiel/Rhythmusspiel © MUW

Evaluierung der klinischen Parameter

Die Patientinnen und Patienten absolvierten vier verschiedene EMG-Messverfahren zur Evaluierung ihrer Muskelkontrolle, -kraft, -koordination und -ausdauer. Sie wurden jeweils vor und nach der Intervention erhoben, sowie nach zwei Tagen zur Nachuntersuchung.

Evaluierung der maximalen Kontraktionsstärke

Die Patientinnen und Patienten wurden gebeten, jeweils einen Muskel bzw. eine Muskelgruppe zu kontrahieren und diese Anspannung für 1,3s zu halten. Die Verstärkung der Elektroden wurde dabei konstant gehalten. Die Muskelpotenziale wurden über drei Durchgänge pro Muskel gemittelt.

Evaluierung der proportionalen Muskelaktivierung

Die Evaluierung der proportionalen Muskelaktivierung untersuchte die Präzision, mit der die Patientin/der Patient eine Muskelkontraktion auslösen kann. Dabei musste die Patientin/der Patient mittels ihres/seines EMG-Signals eine Markierung erreichen, die eine bestimmte Kontraktionsstärke vorgibt. Die Patientin/Der Patient durfte ihre/seine Muskeln nur so stark kontrahieren, dass möglichst genau diese Markierung getroffen wird. Um ein Fluktuieren um diesen Wert auszuschließen, musste diese Markierung innerhalb von 300ms erreicht werden. Die zu erreichenden Werte der Markierung rangierten im Bereich von 10–90% der maximalen Kontraktionsstärke der Patientin/des Patienten und wurden zu Beginn der Studie randomisiert erstellt und während der Studie konstant gehalten. Insgesamt 30 Markierungen mussten die Patientinnen und Patienten pro Elektrode erreichen.

Evaluierung der Muskelseparation

Diese Evaluierung war ein Teilbereich der Evaluierung zur proportionalen Aktivierung. Während die Patientin/der Patient mit ihrem/seinem EMG-Signal die Markierung zu erreichen versuchte, wurde ebenfalls die Kontraktionsstärke der Gegenelektrode gemessen. Überschritt das Potenzial der Gegenelektrode einen bestimmten Wert (15% der maximalen Kontraktionsstärke), so galt diese Elektrode als aktiv und es wurde eine Ko-Kontraktion registriert. Eine Ko-Kontraktion bedeutet die Aktivierung zwei antagonistischer Muskelgruppen/Elektroden und wird in der Prothetik zum Umschalten zwischen verschiedenen Gelenken (z. B. von Hand zu Ellenbogengelenk) genutzt.

Evaluierung der Muskelausdauer

Die Evaluierung der Muskelausdauer bewertete sowohl die Muskelkoordination als auch die Muskelermüdung. Die Patientin/Der Patient musste versuchen, mittels ihrer/seiner EMG-Signale eine Sinuskurve (1/4 Hertz) für 5 Minuten mit möglichst geringem Abstand nachzuzeichnen. Die benötigte Muskelaktivierung, um die Maximalwerte der Sinuskurve zu erreichen, lag bei 60% der maximalen Kontraktionsstärke des der Patientin/des Patienten, um eine fordernde, jedoch nicht zu ermüdende Durchführung zu gewährleisten. Die positive Sinusamplitude entsprach der Aktivierung der ersten Elektrode, die negative Sinusamplitude der zweiten. Je besser die Patientin/der Patient ihre/seine EMG-Signale trennen konnte, desto enger konnte die Sinuskurve verfolgt werden. Die Abweichung des EMG-Signals von der Sinuskurve wurde als Korrelation r^2 pro Minute angegeben.

Fragebögen

Zur Evaluierung der intrinsischen Motivation wurde der IMI (Intrinsic Motivation Inventory [30]) benutzt. Die Teilnehmenden sollten sowohl ihre Erfahrung im Testen der Spiele, als auch mit einem üblicherweise in der myoelektrischen Rehabilitation eingesetzten Gerät, dem MyoBoy (siehe Abbildung 3), bewerten. Subskalen in dieser Studie waren: Freude, Druck, Kompetenz, Anstrengung und Nützlichkeit. Die Teilnehmenden konnten ihre Antwort auf einer 7-Punkte-Likert-Skala von 1 („nicht zustimmend“) bis 7 („sehr zustimmend“) markieren.



Abbildung 3: Gerät zum Messen von Muskelsignalen
© Otto Bock Healthcare GmbH

Ergebnisse

Klinische Parameter

Es konnte gezeigt werden, dass die Teilnehmenden der spielbasierten Intervention ihre Maximalkraft signifikant ($p=.02$) steigern konnten. Dieser Effekt konnte nicht in Gruppe B festgestellt werden, die das spielbasierte Rehabilitationsprotokoll nicht durchlaufen hatte. Die zu erreichenden Zielwerte zur proportionalen Muskelaktivierung wurden in drei äquidistante Kontraktionsintensitätsabschnitte unterteilt: niedrige, mittlere und hohe Intensität. Die Ergebnisse für die Gruppen A und C zeigen eine signifikante Verbesserung der proportionalen Aktivierung für alle Zielintensitäten ($p<.01$), während Gruppe B nur eine signifikante Verbesserung für die Ziele von mittlerer Intensität zeigt. Für alle Gruppen ist zu beobachten, dass die Schwankung der Abweichung um den Zielwert abgenommen hat. Die Standardabweichung um das Ziel war bei der letzten Messung (nach zwei Tagen) am geringsten. Darüber hinaus war für die Gruppen A und C über alle Messungen hinweg die niedrige Kontraktionsintensität deutlich leichter zu erreichen als die hohe ($p<.01$).

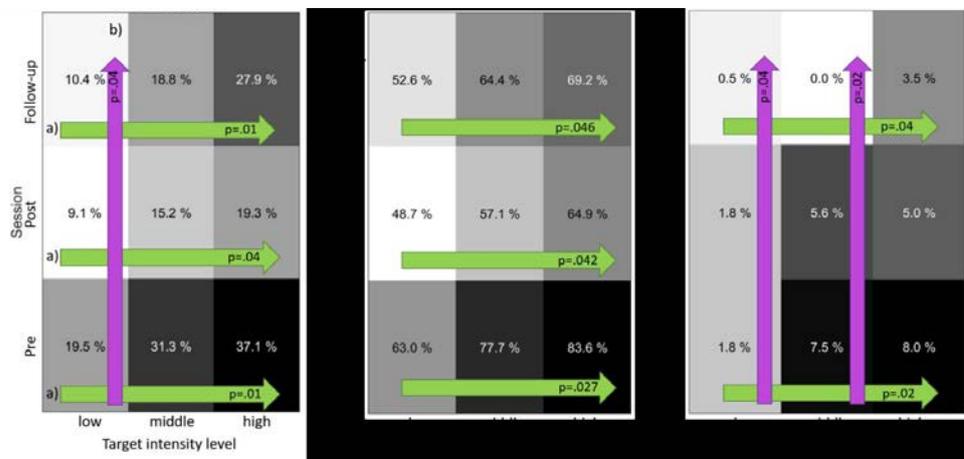


Abbildung 4: Pfeile zeigen signifikante Verbesserungen in der Muskelseparation an. © MUW

Die Aktivierung der antagonistischen Muskelgruppe ist bei allen Gruppen zurückgegangen, in Abbildung 4 sind alle signifikanten Verbesserungen mit Pfeilen gekennzeichnet. Für alle Teilnehmenden waren die Markierungen in der niedrigen Muskelkontraktionsstärke einfacher zu erreichen, als die in der hohen. Eine signifikante Verbesserung der Muskelseparation von der ersten zur letzten Messung konnten allerdings nur die Gruppen erreichen, die die spielbasierte Intervention durchlaufen hatten. Und auch bei diesen zwei Gruppen wurde im maximalen Kontraktionsbereich noch häufig die antagonistische Muskelgruppe aktiviert.

In der Evaluierung der Muskelausdauer konnte eine signifikante Verbesserung vor allem während der ersten Minute und letzten Minute bei allen Teilnehmenden, die die spielbasierte Intervention erhalten hatten, festgestellt werden. Im Vergleich der ersten Messung zur letzten Messung während der Nachuntersuchung haben sich die Teilnehmenden in Gruppe A und C (mit Intervention) im Mittel um 20% verbessert. Die Teilnehmenden hatten demnach in der fünften Minute des Sinuskurvennachfahrens noch immer genug Ausdauer, um der Kurve möglichst nah zu folgen.

Fragebögen

Die Ergebnisse der Fragebögen zu dem spielbasierten Rehabilitationsprotokoll und dem Standardtrainingsgerät MyoBoy sind in Abbildung 5 mit Mittelwert und Standardabweichung dargestellt. Die Patientinnen und Patienten hatten beim Spielen deutlich mehr Freude ($p < .01$) als bei der Verwendung des MyoBoy und haben sich beim Spielen auch mehr angestrengt ($p = .01$). Die Patientinnen und Patienten fühlten sich beim Spielen etwas mehr unter Druck gesetzt als bei der Verwendung des MyoBoy, insgesamt war der Leistungsdruck jedoch trotzdem gering. Auch wenn die Patientinnen und Patienten beim Benutzen des MyoBoy nicht viel Freude hatten, halten sie ihn dennoch für ein nützliches Mittel, um EMG-Signale zu trainieren. Das spielbasierte Protokoll bewerten sie jedoch als noch nützlicher.

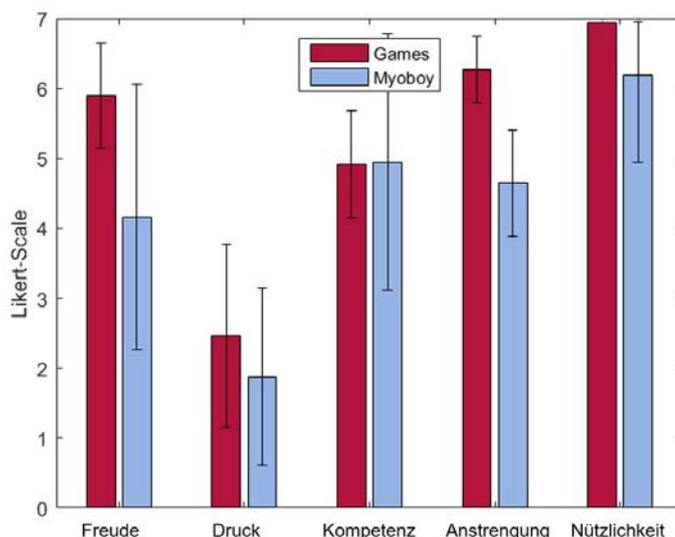


Abbildung 5: Auswertung der Fragebögen zur intrinsischen Motivation bezüglich des spielbasierten Rehabilitationsprotokolls und des MyoBoy, dem Standard EMG-Trainingsgerät.

© MUW

Mobile Rehabilitations-App: Making of „MyoBeatz“

Der zweite Teil des Projekts „PlayBionic“ war die Entwicklung der mobilen und spielbasierten Rehabilitations-App „MyoBeatz“. Den Patientinnen und Patienten sollte ein EMG-Trainingsgerät angeboten werden, das nicht nur effektiv die Muskeln trainiert und auf die Prothesenkontrolle vorbereitet, sondern das auch die Langzeitmotivation aufrechterhält. Dadurch sollen die Patientinnen und Patienten motiviert werden, ausreichend viel Zeit in die Rehabilitation zu investieren, um eine gute und nachhaltige Fähigkeit zur Prothesensteuerung zu erlernen.

Die „MyoBeatz“-App ist ein rhythmisches, musikbasierendes Spiel, das aus verschiedenen Spielmodi besteht. Es besitzt nicht nur eine Anzeige für Echtzeit-BioFeedback, sondern auch viele andere audiovisuell motivierende Anreize, um die Motivation aufrechtzuerhalten. Das Spielprinzip folgt populären Musikspielen wie „Guitar Hero“ oder „Dance Dance Revolution“, welches in der Studie zur „Virtual Rehab“ als unterhaltsamstes Spielprinzip ausgewählt wurde [24].



Abbildung 6: BioFeedback als Spiel-Elemente. © MUW

Die Patientinnen und Patienten müssen dabei ihre Muskeln zum Rhythmus eines bekannten Musikstücks kontrahieren und von unten hinauffliegende Pfeile treffen. Die Pfeile können dabei aus ein bis drei Segmenten bestehen, was unterschiedlichen Kontraktionsstärken entspricht (siehe Abbildung 6). Einfache Pfeile stehen für eine leichte Muskelkontraktion, doppelte Pfeile für eine mittlere und dreifache Pfeile für eine maximale Kontraktion. Als direktes BioFeedback ist im oberen Abschnitt des Bildschirms zu erkennen, wie stark die Aktivierung der jeweiligen Muskeln ist. Langgezogene Pfeile bedeuten, dass die Patientin/der Patient die Anspannung so lange halten muss, bis der Pfeil vollständig wieder verschwunden ist. Sollte sowohl ein linker als auch ein rechter Pfeil gleichzeitig auftauchen, so muss die Patientin/der Patient beide antagonistischen Muskeln anspannen. Dies entspricht einer Ko-Kontraktion, einem simultanes Anspannen beider Muskeln, welches in der Prothesenkontrolle benutzt wird, um zwischen den ver-

schiedenen prothetischen Gelenken umzuschalten – beispielsweise von Hand öffnen zu Handgelenk drehen. Eine oft missachtete Fähigkeit ist das willentliche Entspannen der Muskeln, das den Patientinnen und Patienten oft besonders schwerfällt, aber für die Prothesenkontrolle unerlässlich ist, da die Prothese sonst ständig aktiv wäre.

Genau wie die klassische Steuerung einer kommerziellen Prothese, werden die Muskelsignale von zwei Oberflächenelektroden abgegriffen und statt an eine Prothese, an die App auf dem Tablet über Bluetooth weitergeleitet. Bevor die Patientinnen und Patienten mit dem Spielen der App „MyoBeatz“ beginnen können, müssen sie die zwei Elektroden, mit denen sie das Spiel steuern, auswählen. Das Elektroden-Armband von Thalmic Labs besteht aus acht Elektroden und bietet den Vorteil, dass es sich verschiedenen Stümpfen anpasst. Nicht immer liegen die Muskeln noch an ihren ursprünglich anatomisch vorgesehenen Positionen, besonders nach einem Nerven- oder Muskeltransfer können die Strukturen sehr von denen einer/eines Gesunden abweichen. Weiter macht es auch einen Unterschied, ob das Armband am Unterarm oder Oberarm getragen wird. Dadurch, dass das Armband aus acht äquidistanten Elektroden besteht, können immer zwei unabhängige Elektroden ausgewählt werden.



Abbildung 7: „MyoBeatz“-System im praktischen Koffer.
© MUW



Abbildung 8: Highscore.
© MUW

Patientinnen und Patienten erhalten eine Rückmeldung über ihre Leistung durch das konstant angezeigte BioFeedback, aber auch durch Highscores der verschiedenen Levels und personalisierte Nutzerstatistiken. Es ist ebenfalls möglich, die Highscores anderer Patientinnen und Patienten zu sehen, sofern diese es zulassen (siehe Abbildung 8). Das Trainingssystem zu „MyoBeatz“ besteht aus einem Tablet, einem dazugehörigen Ständer, dem Elektroden-Armband, einem Ladegerät und einem Benutzerhandbuch (siehe Abbildung 7). Es wird in einem handlichen Koffer übergeben, der alle Komponenten enthält. Die Patientinnen und Patienten können das System somit unkompliziert überall hin mitnehmen, sie müssen nur das Tablet und das Armband herausnehmen und können starten. Diese Einfachheit in der Benutzung war ein entscheidender Faktor in der Ent-

wicklung, da Patientinnen und Patienten bei einem umständlichen Aufbau eher die Lust zum Training verlieren. Da die App zusammen mit Physiotherapeutinnen und -therapeuten entwickelt wurde, war es wichtig, dass diese auch die Nutzerstatistiken der Patientinnen und Patienten einsehen können, um die Therapie entsprechend anzupassen. So kann eine Therapeutin/ein Therapeut sehen, wie oft und wann die Patientin/der Patient die App benutzt hat, welche Bewegungen der Patientin/dem Patienten besonders schwerfielen und ob die Therapieziele eingehalten wurden.

Diskussion

Zunächst gingen wir davon aus, dass die Teilnehmenden der Studie ihre EMG-Kontrolle allein durch das Ausführen der Tests für die klinischen Parameter verbessern würden, allerdings mit der Zeit allmählich an Interesse und Motivation verlieren würden, was durch den ansprechenden Kontext eines Videospiele verhindert werden könnte [31]. Die Patientinnen- bzw. Patientengruppe, die die spielbasierte Intervention nicht erhielt, konnte sich jedoch bei keiner der klinischen Parameter signifikant verbessern, was zeigt, dass es einen Aspekt geben muss, der die Patientinnen und Patienten über diese Parameter hinaus trainiert. Der Hauptvorteil des spielbasierten Trainings gegenüber der konventionellen Therapie ist eindeutig der Motivationsaspekt.

Außerdem funktioniert mit der Amputation auch das propriozeptive System nur noch eingeschränkt, weshalb der Einsatz von BioFeedback empfohlen wird, um der Patientin/dem Patienten eine sinnvolle Rückmeldung zur muskulären Aktivität geben zu können [32]. Der MyoBoy ist ein klassisches Trainingsgerät zur neuromuskulären Rehabilitation und wurde von den Patientinnen und Patienten als nützliches BioFeedback-Gerät bewertet, obwohl das Benutzen sie weder motivierte, noch besonders gut funktionierte, wie wir Patientinnen- bzw. Patientenkommentaren entnehmen konnten. Dass er trotzdem im Fragebogen unter Nützlichkeit gut bewertet wurde, kann daran liegen, dass es für die Patientinnen und Patienten bisher keine Alternativen gab. Diese Alternative wollen wir nun mit „MyoBeatz“ bereitstellen. Die Trainings-App „MyoBeatz“ ist nicht nur bei Patientinnen und Patienten mit Amputationen der oberen Extremität einsetzbar, sondern gilt ebenso für die untere Extremität. Außerdem profitieren auch Patientinnen und Patienten mit neurodegenerativen Erkrankungen oder nach Schlaganfall von dieser mobilen Art der Physiotherapie.

Impact

Als Serious Game for Health wurde „MyoBeatz“ für die Preise „Most Significant Impact“ und „Most Innovative“ auf dem Games



for Change Festival nominiert¹. In jeder der vier Kategorien wurden nur jeweils vier Spiele aus insgesamt mehr als 150 Einreichungen ausgewählt. Die Games for Change Awards gelten als die renommiertesten Awards im Bereich der Serious Games.

Die Studien zur virtuellen Rehabilitation wurden 2017 in einem Top-Journal veröffentlicht [25], sowie auf nationalen und internationalen Konferenzen präsentiert, die mit zwei Vortragspreisen und einem Best Poster Award ausgezeichnet wurden (IK 2016, ICVR 2017 und DAM 2017) [24], [33]. Es besteht bereits Interesse, das System auch in internationalen Kliniken einzusetzen.

Media

Zur besseren Vernetzung mit anderen Kliniken, zur Information und zum Erfahrungsaustausch von bestehenden und zukünftigen Patientinnen und Patienten wurden einige Social Media-Seiten erstellt:

Homepage: www.bionicroconstruction.com/MyoBeatz

Youtube Kanal: https://www.youtube.com/channel/UCRIhpD_rfdWEIzjhu_7POHQ

Extended Trailer zu „MyoBeatz“: <https://www.youtube.com/watch?v=QtGelb03RqQ>

Email: PlayBionic@bionicroconstruction.com

Conclusio

Die meisten Amputierten der oberen Extremitäten steuern ihre Prothese mit zwei Oberflächenelektroden. Sie müssen in der Lage sein, zwischen verschiedenen prothetischen Griffarten und Bewegungen zu wechseln und ihre Muskelsignale über unterschiedliche Zeiträume proportional zu aktivieren. In der Studie „Virtual Rehab“ konnte gezeigt werden, dass diese Kontrollmethode durch die Integration einer spielbasierten Intervention in das Rehabilitationsprotokoll trainiert werden kann, was nicht nur die Motivation, das Engagement und den investierten Aufwand der Patientinnen und Patienten unterstützt, sondern auch zu einer Verbesserung gegenüber dem Einsatz eines Standard EMG-Trainingsgeräts führt. Basierend auf diesen Ergebnissen wurde die mobile Rehabilitations-App „MyoBeatz“ entwickelt. Diese innovative Trainings-App bietet nicht nur Anweisungen und Feedback zur korrekten Ausführung von myoelektrischen Kommandos, sondern erhält auch die Motivation der Patientin/des Patienten durch verschiedene Spielmodi und motivierende Spielmechaniken. Durch eine Übersicht des Trainingsfortschritts in Form von Nutzerstatis-

1 <https://www.polygon.com/2018/5/31/17411916/games-for-change-awards-2018-g4c-nominees>

tiken und Highscores kann der Rehabilitationsprozess überwacht und verglichen werden. Es konnte gezeigt werden, dass Patientinnen und Patienten nach Nerventransfer oder Amputation der oberen Extremität ihre neuromuskuläre Kontrolle und Koordination durch das Spielen signifikant verbessern konnten. Als Nebeneffekt konnte beobachtet werden, dass Patientinnen und Patienten über die App „MyoBeatz“ wieder Anschluss an ihre Familien finden konnten, indem sie zusammen mit ihren Ehepartnerinnen bzw. Ehepartnern oder Kindern spielten und mit familiärer Unterstützung die Rehabilitation fortführten.

Meine Rolle im Projekt „PlayBionic“ umfasste die Planung, Durchführung und Auswertung der Studien, die Betreuung von Masterarbeiten, die Konzeption, Projektleitung und technische Koordination der Umsetzung von „MyoBeatz“ und die Koordination von Publikations- und Disseminationsaktivitäten, die sich in mehreren hochqualitativen Erst-Autorinnen- und Autorenschaften gezeigt haben.

„PlayBionic“ ist es gelungen, wissenschaftliche Erkenntnisse gezielt in einer praxisrelevanten klinischen Anwendung zusammenzuführen. Das hat sich nicht nur in ermutigenden Ergebnissen in der Nutzung von „MyoBeatz“ durch Patientinnen und Patienten gezeigt, sondern wird auch durch die internationalen Award-Nominierungen des Spiels bestätigt.



Abbildung 9: Patient mit myoelektrischer Prothese © Cosima Prahm/MUW

Referenzen

- [1] L. Hruby, A. Pittermann, A. Sturma, and O. Aszmann, “The Vienna psychosocial assessment procedure for bionic reconstruction in patients with global brachial plexus injuries,” *PLoS One*, pp. 1–18, 2017.

- [2] K. Soyer, B. Unver, S. Tamer, and O. Ulger, "The importance of rehabilitation concerning upper extremity amputees: A systematic review," *Pakistan Journal of Medical Sciences*. 2016.
- [3] A. Sturma, M. Herceg, B. Bischof, V. Fialka-Moser, and O. C. Aszmann, "Rehabilitation Following Targeted Muscle Reinnervation in Amputees," in *Replace, Repair, Restore, Relieve--Bridging Clinical and Engineering Solutions in Neurorehabilitation*, Springer, 2014, pp. 775–779.
- [4] I. Dudkiewicz, R. Gabrielov, I. Seiv-Ner, G. Zelig, and M. Heim, "Evaluation of prosthetic usage in upper limb amputees," *Disabil. Rehabil.*, vol. 26, no. 1, pp. 60–63, 2004.
- [5] E. A. Biddiss and T. T. Chau, "Upper limb prosthesis use and abandonment: A survey of the last 25 years," *Prosthet. Orthot. Int.*, vol. 31, no. 3, pp. 236–257, Jan. 2007.
- [6] R. Lloréns, M. Alcañiz, C. Colomer, J.-A. Gil-Gomez, R. Llorens, M. Alcaniz, and C. Colomer, "Effectiveness of a Wii balance board-based system (eBaViR) for balance rehabilitation: a pilot randomized clinical trial in patients with acquired brain injury," *J. Neuroeng. Rehabil.*, vol. 8, no. 1, p. 30, 2011.
- [7] D. J. Reinkensmeyer and S. J. Housman, "If I can't do it once, why do it a hundred times?": Connecting volition to movement success in a virtual environment motivates people to exercise the arm after stroke," in *2007 Virtual Rehabilitation*, 2007, pp. 44–48.
- [8] N. B. Herz, S. H. Mehta, K. D. Sethi, P. Jackson, P. Hall, and J. C. Morgan, "Nintendo Wii rehabilitation ('Wii-hab') provides benefits in Parkinson's disease," *Park. Relat. Disord.*, vol. 19, no. 11, pp. 1039–1042, 2013.
- [9] S. K. Tatla, N. Shirzad, K. R. Lohse, N. Virji-Babul, A. M. Hoens, L. Holsti, L. C. Li, K. J. Miller, M. Y. Lam, and H. F. M. Van der Loos, "Therapists' perceptions of social media and video game technologies in upper limb rehabilitation.," *JMIR serious games*, vol. 3, no. 1, p. e2, 2015.
- [10] E. Flores, G. Tobon, E. Cavallaro, F. I. Cavallaro, J. C. Perry, and T. Keller, "Improving patient motivation in game development for motor deficit rehabilitation," in *Proceedings of the 2008 International Conference on Advances in Computer Entertainment Technology*, 2008, pp. 381–384.
- [11] P. Abellard and A. Abellard, "Virtual Reality and Serious Games for Rehabilitation," vol. 0, pp. 117–118, 2015.

- [12] K. Lohse, N. Shirzad, A. Verster, N. Hodges, and H. F. M. Van der Loos, "Video Games and Rehabilitation," *J. Neurol. Phys. Ther.*, vol. 37, no. 4, pp. 166–175, 2013.
- [13] M. Annett, F. Anderson, and W. F. Bischof, "Activities and Evaluations for Technology-Based Upper Extremity Rehabilitation," *Virtual Real. Enhanc. Robot. Syst. Disabil. Rehabil.*, p. 307, 2016.
- [14] F. Anderson and W. F. Bischof, "Augmented reality improves myoelectric prosthesis training," *Int. J. Disabil. Hum. Dev.*, vol. 13, no. 3, pp. 349–354, 2014.
- [15] H. Oppenheim, R. S. Armiger, and R. J. Vogelstein, "WiiEMG: A real-time environment for control of the Wii with surface electromyography," in *Proceedings of 2010 IEEE International Symposium on Circuits and Systems (ISCAS)*, 2010, pp. 957–960.
- [16] L. Van Dijk, H. Van Dijk, R. Bongers, and C. Van Der Sluis, "Serious Gaming for Prosthesis Use," 2014. .
- [17] H. Bouwsema, C. K. Van Der Sluis, and R. M. Bongers, "Effect of feedback during virtual training of grip force control with a myoelectric prosthesis," *PLoS One*, vol. 9, no. 5, 2014.
- [18] R. S. Armiger and R. J. Vogelstein, "Air-Guitar Hero: A real-time video game interface for training and evaluation of dexterous upper-extremity neuroprosthetic control algorithms," *Biomed. Circuits Syst. Conf.*, pp. 121–124, 2008.
- [19] A. Al-Jumaily and R. A. Olivares, "Electromyogram (EMG) Driven System Based Virtual Reality for Prosthetic and Rehabilitation Devices," in *Proceedings of the 11th International Conference on Information Integration and Web-based Applications & Services*, 2009, pp. 582–586. 15
- [20] N. Garcia-Hernandez, K. Garza-Martinez, and V. Parra-Vega, "Electromyography Biofeedback Exergames to Enhance Grip Strength and Motivation," *Games Health J.*, vol. 7, no. 1, pp. 75–82, Feb. 2018.
- [21] R. la Rosa, A. Alonso, S. de la Rosa, and D. Abasolo, "Myo-Pong: a neuromuscular game for the UVA-Neuromuscular training system platform," in *2008 Virtual Rehabilitation*, vol. 15, no. March 2007, 2008, p. 61.
- [22] M. R. Dawson, J. P. Carey, and F. Fahimi, "Myoelectric training systems," *Expert Rev. Med. Devices*, vol. 8, no. 5, pp. 581–589, 2011.

- [23] A. D. Roche, H. Rehbaum, D. Farina, and O. C. Aszmann, "Prosthetic Myoelectric Control Strategies: A Clinical Perspective," *Curr. Surg. Reports*, vol. 2, no. 44, pp. 1–11, 2014.
- [24] C. Prahm, F. Kayali, I. Vujaklija, A. Sturma, and O. Aszmann, "Increasing motivation, effort and performance through game-based rehabilitation for upper limb myoelectric prosthesis control," in *2017 International Conference on Virtual Rehabilitation (ICVR)*, 2017, pp. 1–6.
- [25] C. Prahm, I. Vujaklija, F. Kayali, P. Purgathofer, and O. C. Aszmann, "Game-Based Rehabilitation for Myoelectric Prosthesis Control," *JMIR Serious Games*, vol. 5, no. 1, p. 13, 2017.
- [26] C. Prahm, F. Kayali, A. Sturma, and O. Aszmann, "Recommendations for Games to Increase Patient Motivation During Upper Limb Amputee Rehabilitation," in *Converging Clinical and Engineering Research on Neurorehabilitation {II}*, Springer Nature, 2017, pp. 1157–1161.
- [27] C. Gramatke and S. Gramatke, "Pospos - Im Land der Chukchuks," Carmen Gramatke, Sven Gramatke, 2015.
- [28] J. Henrichs, M. Gagnon, E. Munoz, and S. Baker, "Super Tux Kart," Joerg Henrichs, Marian. Gagnon, Eduardo Hernandez Munoz, Steve Bak., 2015.
- [29] C. Danford and G. Maynard, "Step Mania 5," Chris Danford, Glenn Maynard, 2015.
- [30] R. M. Ryan and E. L. Deci, "Self-determination theory and the facilitation of intrinsic motivation, social development, and well-being.," *Am. Psychol.*, vol. 55, no. 1, pp. 68–78, 2000.
- [31] K. Lohse, N. Shirzad, A. Verster, and N. Hodges, "Video Games and Rehabilitation : Using Design Principles to Enhance Engagement in Physical Therapy," pp. 166–175, 2013.
- [32] S. S. Johnson and E. Mansfield, "Prosthetic training: Upper limb," *Physical Medicine and Rehabilitation Clinics of North America*. 2014.
- [33] C. Prahm, A. Sturma, and O. Mörth, EricAszmann, "Virtual Rehab: Interaktive Rehabilitation für Patienten nach Nerventransfer oder Amputation der oberen Extremität," in *39. Jahrestagung der Deutschsprachigen Arbeitsgemeinschaft für Mikrochirurgie der peripheren Nerven und Gefäße (DAM 2017)*, 2017, p. 1.

