



Analyse von Bedarf und Anforderungen an ein  
technisches Unterstützungssystem für Menschen  
mit traumatischer Plexuslähmung

---

**Präsentation der Ergebnisse der ersten Delphi-Runde**

Analysis of needs and requirements for a  
technical support system for people with  
traumatic brachial plexus injury (TBPI)

---

**Presentation of results of the first Delphi-round**



# **Analyse von Bedarf und Anforderungen an ein technisches Unterstützungssystem für Menschen mit traumatischer Plexuslähmung**

**- Präsentation der Ergebnisse der ersten Delphi-Runde**

Analysis of needs and requirements for a technical support system for people with traumatic brachial plexus injury (TBPI)

- Presentation of results of the first delphi-round

## **Autor:innen / Authors:**

Veronika Hofmann, Nadja Knoke, Christophe Maufroy, Peter Pott, Urs Schneider

Zeitraum der Datenerhebung:  
Juli – September 2023

Data acquisition period:  
July – September 2023



## Inhaltsverzeichnis / Table of content

<b>1</b>	<b>Hintergrund / Background</b>	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>Aktuelle Behandlungsoptionen / Current treatment options</b>	<b>8</b>
2.1	Analyse der Teilnehmenden / Analysis of participants	8
2.2	Anzahl der behandelten Patient:innen pro Monat / Number of treated patients per month	9
2.3	Methoden zur Evaluation / Methods used for evaluation	10
2.4	Größte alltägliche Schwierigkeiten / Greatest everyday difficulties	12
2.5	Kompensationsstrategien / Compensation strategies	13
2.6	Weitere Therapiemöglichkeiten / Alternative therapeutic options	14
2.7	Bisherige Verwendung von motorisierten Rehasystemen / Previous usage of motorized rehab systems	16
<b>3</b>	<b>Bedarfsanalyse für ein technisches Hilfsmittel / Analysis of needs for a technical assistive device</b>	<b>23</b>
3.1	Einschätzung des Bedarfs für eine aktive Orthese / Estimation of need for an active orthosis	23
3.2	Einschätzung der Bereitschaft für eine aktive Orthese / Estimation of willingness for an active orthosis	24
3.3	Vorteile bei der Nutzung einer aktiven Orthese / Advantages of using an active orthosis	24
3.4	Schwierigkeiten bei der Nutzung einer aktiven Orthese / Difficulties in using an active orthosis	25
3.5	Kontraindikationen für die Nutzung einer aktiven Orthese / Contraindications for using an active orthosis	26
3.6	Aktivitäten, für welche die Orthese ausgelegt werden soll / Activities the orthosis supposed to be designed for	27
3.7	Einschätzung des wichtigsten Freiheitsgrads für den Alltag / Perception of the most important Degree of Freedom (DOF) for everyday's life	28
<b>4</b>	<b>Anforderung an das technische Unterstützungssystem / Requirements for the technical support system</b>	<b>29</b>
4.1	Einstellmöglichkeiten / Adjustment options	29
4.2	Ergonomische Aspekte / Ergonomic aspects	30
4.3	Bedeutung funktionaler Aspekte / Importance of functional aspects	31
4.4	Bedeutung der Möglichkeit des Tragens unter der Kleidung / Importance of wearing orthosis underneath clothing	31
4.5	Anpassungsmöglichkeiten / Preference of customization	32
4.6	Art der Aktivierung / Type of activation	32
4.7	Weitere Anforderungen / Further requirements	32
<b>5</b>	<b>Analyse der individuellen Pathologie (nur Gruppe d) / Analysis of individual pathology (group d only)</b>	<b>39</b>
5.1	Traumatisches Ereignis / Traumatic event – (d)	39
5.2	Genaue Beschreibung der Pathologie / Detailed description of the pathology – (d)	39
5.3	Aktuelle Therapiemaßnahmen / Currently performed therapies – (d)	48
5.4	Weitere Aspekte / Additional aspects – (d)	49
5.5	Schmerzniveau / Pain level – (d)	50
<b>6</b>	<b>Impressum und Kontakt / Imprint and contact</b>	<b>51</b>

## Abbildungsverzeichnis / List of figures

Figure 2-1:	Number of participants _____	8
Figure 2-2:	Regions of participants _____	8
Figure 2-3:	Number of treated participants (Medical professionals) _____	9
Figure 2-4:	Number of treated participants (Therapists) _____	9
Figure 2-5:	Methods used for evaluation _____	10
Figure 2-6:	Comprehensive analysis of functionality _____	11
Figure 2-7:	Greatest everyday difficulties _____	12
Figure 2-8:	Compensation strategies _____	13
Figure 2-9:	Alternative therapeutic options _____	14
Figure 2-10:	Previous usage _____	16
Figure 3-1:	Need for an active orthosis _____	23
Figure 3-2:	Area of need _____	23
Figure 3-3:	Willigness for an active orthosis _____	24
Figure 3-4:	Advantages of using an active orthosis _____	24
Figure 3-5:	Difficulties in using an active orthosis _____	25
Figure 3-6:	Contraindications for using an active orthosis _____	26
Figure 3-7:	Activities for the orthosis _____	27
Figure 3-8:	Most important DOF _____	28
Figure 4-1:	Adjustment options _____	29
Figure 4-2:	Ergonomics aspects _____	30
Figure 4-3:	Functional aspects _____	31
Figure 4-4:	Importance of wearing orthosis underneath clothing _____	31
Figure 4-5:	Preference of customization _____	32
Figure 4-6:	Preference of activation _____	32
Figure 5-1:	Affected vertebral segment(s) _____	39
Figure 5-2:	Current therapies _____	48
Figure 5-3:	Additional aspects _____	49
Figure 5-4:	Pain level _____	50

## Hintergrund / Background

### Hintergrund der Umfrage:

Eine traumatisch bedingte Plexuslähmung kann zu schwerwiegenden Ausfällen des Schulter-/Armkomplexes führen und gravierende Folgen für die Betroffenen nach sich ziehen. Da eine komplette Wiederherstellung der Funktion auf chirurgisch medizinischem Wege meist nicht ermöglicht werden kann, geraten alternative Möglichkeiten, wie etwa die eines technischen Unterstützungssystems, in den Fokus.

### Aktuelles Forschungsprojekt:

Ein aktuelles Forschungsprojekt des Fraunhofer-Instituts für Produktionstechnik und Automatisierung (IPA), in Zusammenarbeit mit der Universität Stuttgart, adressiert genau diesen Bedarf an technischen Unterstützungssystemen für Menschen mit Plexuslähmung. So wird hierbei die Hypothese untersucht, ob ein aktives am Körpergetragenes Exoskelett bzw. eine Orthese die (Re-)Habilitation von Betroffenen ermöglicht. In einem ersten Schritt ist hierzu eine Analyse der Anforderungen und der Bedarfe der Nutzenden durchzuführen.

### Umfrage zur Bedarfsanalyse:

Im Rahmen dieser Bedarfsanalyse werden durch systematische Befragungen verschiedene Fokusgruppen um deren Expertise gebeten. Diese dient als Basis für weitere Entwicklungen. Die Expertise dieser fünf verschiedenen Personengruppen ist hierbei von besonderem Interesse:

- (a) Ärztliche Fachkräfte: (Neuro-)Chirurg:innen, Orthopäd:innen, Neurolog:innen
- (b) Therapeutische Fachkräfte: Physio- und Ergotherapeut:innen
- (c) Hilfsmittelversorger: Orthopädie-Techniker:innen
- (d) Betroffene einer Plexuslähmung
- (e) Sekundär Betroffene: Pflegepersonal und Angehörige

### Ablauf der Bedarfsanalyse:

Im Zuge der sogenannten Delphi-Methode werden verschiedene Expert:innen-Gruppen um deren Einschätzung gebeten. In mindestens zwei aufeinanderfolgenden Befragungsrunden werden die Ergebnisse zusammengetragen und schließlich zu einem Konsens geführt. Die Grundidee ist somit, Expert:innen-Meinungen zusammenzutragen, durch anonymes Feedback zu bewerten und folglich für eine konkrete Fragestellung zu nutzen.<sup>1</sup>

Dieses Dokument fasst die Ergebnisse der ersten Delphi-Runde zusammen.

### Anmerkungen zur Auswertung:

Die Daten wurden mithilfe der Software MATLAB (The MathWorks, Inc., Natick, Massachusetts, USA; version 2023a) ausgewertet. Die entstandenen Grafiken werden für die weiteren Delphi-Runden verwendet.

Die Überarbeitung der Freitextangaben beläuft sich auf die Verbesserung augenscheinlicher Rechtschreib- wie Grammatikfehler und der Übersetzung in die deutsche bzw. englische Sprache.

Ob und wie in der deutschen Sprachverwendung geändert wurde entzog sich dem Einfluss der Autor:innen. Die Freitextantworten wurden diesbezüglich so übernommen, wie diese in der Umfrage ausgefüllt wurden.

---

<sup>1</sup> Häder, Michael (2014): Delphi-Befragungen. Ein Arbeitsbuch. 3. Aufl. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden.

Background of the survey:

Brachial plexus injury (BPI) or Plexus paralysis caused by trauma can lead to severe deficits in the shoulder/arm complex and therefore have serious consequences for those who are affected. Since it is usually not possible to completely restore function by surgical means, alternative options, such as a technical support system, gain attention.

Current research project:

A current research project of the Fraunhofer-Institute for Manufacturing Engineering and Automation (IPA), Stuttgart, Germany in collaboration with the University of Stuttgart, addresses this need for technical support systems for people with plexus paralysis. Thus the hypothesis is investigated whether an active body worn exoskeleton/orthosis enables the (re-)habilitation of affected individuals. For this purpose, an analysis of the requirements and needs of users is to be conducted in a first step.

Survey to investigate needs:

As one part of this needs analysis, systematic surveys of various focus groups are used to solicit their expertise. This is the basis for further developments. The expertise of these five different groups of people is of particular interest:

- (a) Medical professionals: (neuro-)surgeons, orthopedists, neurologists
- (b) Therapeutic specialists: physiotherapists and occupational therapists
- (c) Health care providers: orthopedic technicians
- (d) Persons affected by plexus paralysis
- (e) Secondary affected persons: nurses and relatives

Survey Procedure:

In the course of the so called Delphi method, various groups of experts are asked for their assessment. In at least two successive rounds of questioning, the results are compiled and finally brought to a consensus. The basic idea is therefore to collate expert opinions, evaluate them through anonymous feedback and use them for a specific research question.<sup>1</sup>

This document summarizes the results of the first Delphi round.

Notes on the evaluation:

The data was analysed using MATLAB software (The MathWorks, Inc., Natick, Massachusetts, USA; version 2023a). The resulting graphs will be used for further Delphi rounds.

The revision of free-text responses is limited to improving obvious spelling and grammatical errors and translating them into German or English.

Whether and how gendering was used in the German answers eluded the influence of the authors. The free-text responses were adopted as they were filled out in the survey.

<sup>1</sup> Häder, Michael (2014): Delphi-Befragungen. Ein Arbeitsbuch. 3. Aufl. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden. (German).



## 2

### Aktuelle Behandlungsoptionen / Current treatment options

#### 2.1 Analyse der Teilnehmenden / Analysis of participants

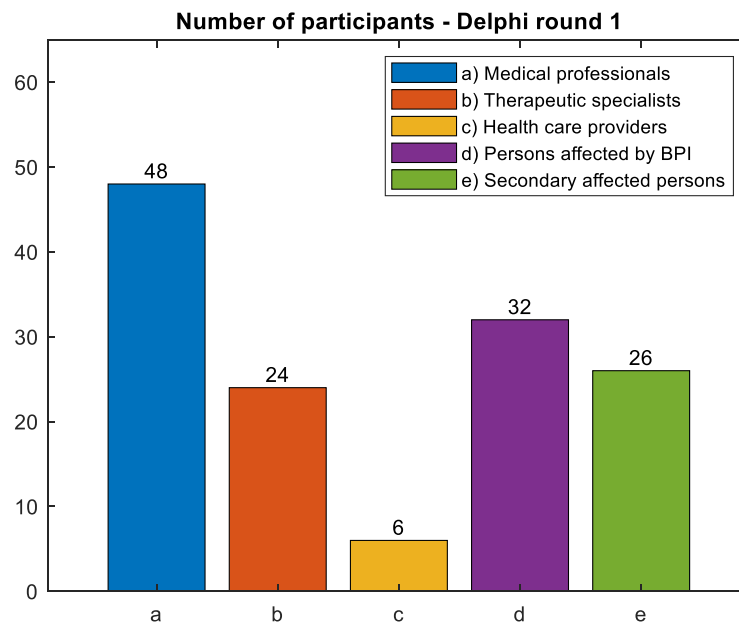


Figure 2-1:  
Number of  
participants

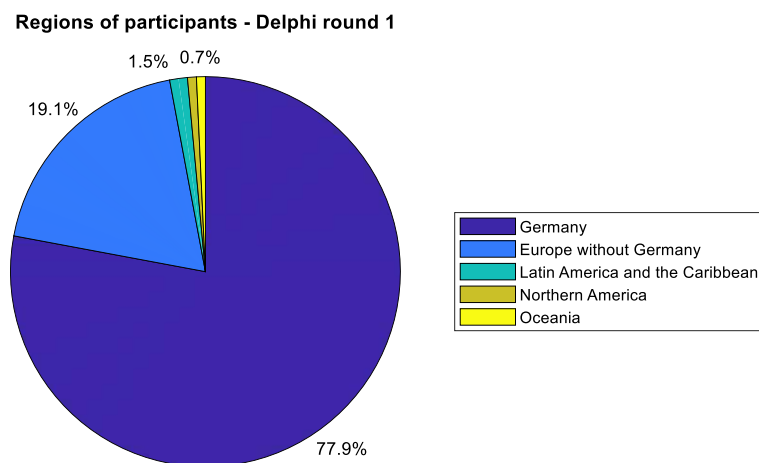
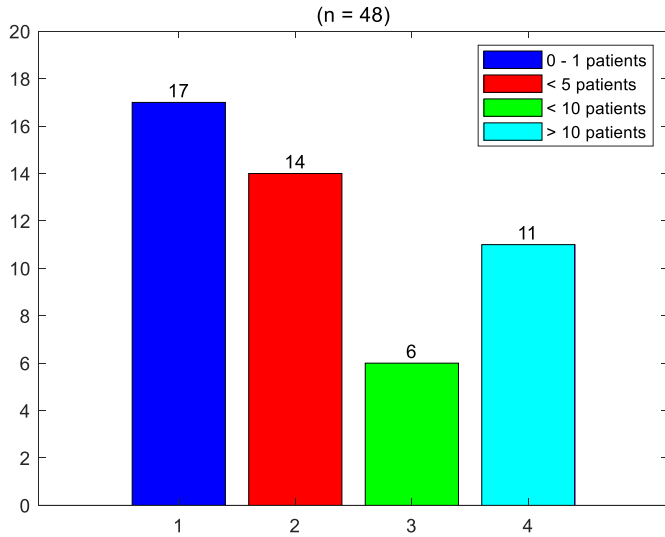


Figure 2-2:  
Regions of  
participants

2.2 Anzahl der behandelten Patient:innen pro Monat /  
Number of treated patients per month

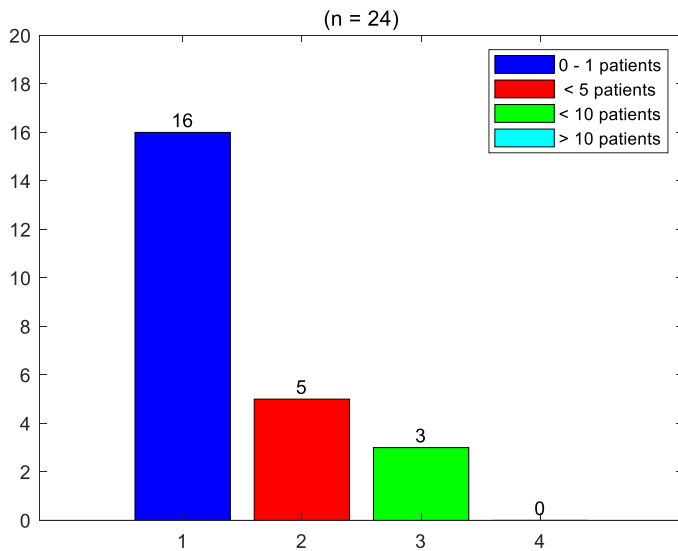
-----  
Aktuelle Behandlungsoptionen /  
Current treatment options  
-----

**Medical professionals: Number of treated patients per month - Delphi round 1**



*Figure 2-3:  
Number of  
treated  
participants  
(Medical pro-  
fessionals)*

**Therapists: Number of treated patients per month - Delphi round 1**



*Figure 2-4:  
Number of  
treated  
participants  
(Therapists)*

2.3 Methoden zur Evaluation (nur Gruppen a, b, c) /  
Methods used for evaluation (group a, b, c only)

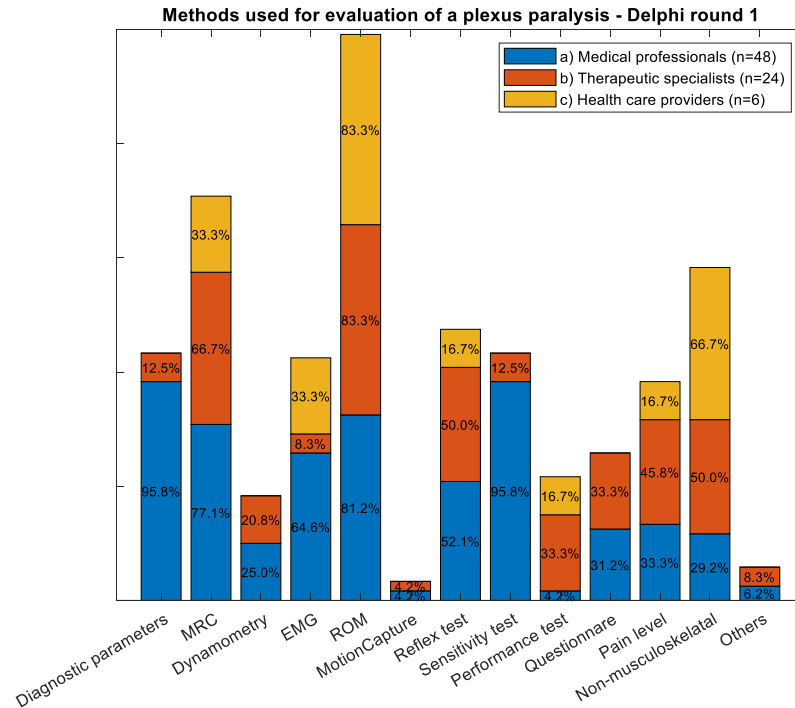


Figure 2-5:  
Methods  
used for  
evaluation

Anmerkungen/Notes:

MRC = Medical Research Council:

Scale for muscle strength measurement / Skala für Muskelkraftmessung

EMG = Elektromyographie / Electromyography

ROM = Range of Motion / Bewegungsumfang

**Freitextantworten „Sonstige“ / Free text responses „Others“ – (a), (b), (c):**

- "Video-Analyse" ("Video analysis")
- "Morphologie" ("Morphology")
- "Ggf. Neurosonographie" ("If applicable Neurosonography")
- "Psyche"
- "Boo - box of occupation bei Kindern" ("Boo – box of occupation for children")

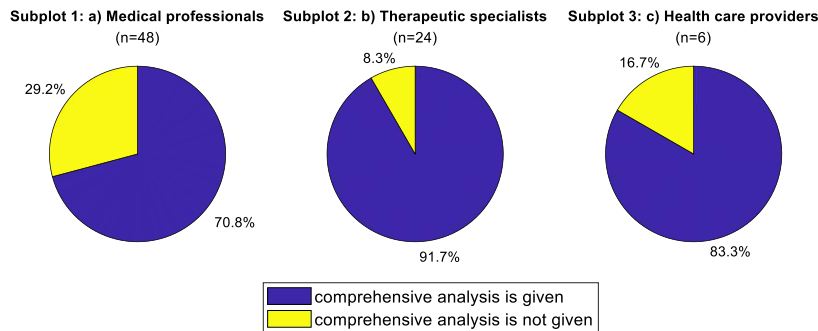


Figure 2-6:  
 Comprehensive  
 analysis of  
 functionality

### Freitextantworten „Welche Aspekte fehlen für eine zufriedenstellende Funktionalitätsanalyse?“ /

### Free text responses „ Which aspects are missing for a comprehensive functionality analysis?“ – (a), (b), (c):

- "Alltagsfunktion; Bewertung der Kompensationsmöglichkeiten; Psychosoziale Belastungen" ("Everyday function; evaluation of compensation options; psychosocial stress")
- "Kraft und Ausdauer, Alltagsnutzen, Veränderung des Alltags, psych. Belastung" ("Strength and endurance, everyday use, change in everyday life, psychological stress")
- "Bewegungsanalyse im zeitlichen Verlauf; bessere Abbildung von Alltagstätigkeiten mit z.B. Bewegungssensoren im Hausgebrauch" (Movement analysis over time; better reproduction of everyday activities with e.g. movement sensors in domestic use")
- "Video"
- "Alltagsrelevante Funktionalität" ("Functionality relevant for everyday life")
- "Gemeinsame, also multizentral angewandte Fragebögen, um letztlich an mehreren Zentren Plexus Patienten besser vergleichen zu können (Diagnostik, OP Technik und Outcome)" ("Combined, i.e. multi-centrally applied questionnaires in order to be able to better compare plexus patients at several centres (diagnostics, surgical technique and outcome)")
- "Psychology, functioning, expectation, engagement, activation" ("Psyche, Funktionalität, Erwartungen, Engagement, Aktivierung")
- "Coordinative scapular movement analysis is still a subjective expertise, but very relevant to outcome" ("Die Analyse der koordinativen Skapularbewegung ist immer noch eine subjektive Expertise, aber sehr relevant für das Ergebnis")
- "Prognose wird hierdurch nicht erfasst" ("Prognosis is not covered by this")
- "Die vollständige Funktionsanalyse ist nicht Ziel der Behandlung in unserer Abteilung" ("Complete functional analysis is not the aim of treatment in our department")
- "Funktionalität" ("Functionality")
- "ICF"Anmerkung/Note: ICF = International Classification of Functioning, Disability and Health
- "Evaluation von Alltagssituationen; Ausweichbewegungen; Kompensationsstrategien; Palpation von überbeanspruchten anderen Körperpartien" ("Evaluation of everyday situations; evasive movements; compensation strategies; palpation of overstrained other parts of the body")

- "Eine objektive Messung der tatsächlichen Nervenschädigung kann so nicht quantifiziert werden" ("An objective measurement of the actual nerve damage cannot be quantified in this way")
- "Quantifizierung" ("Quantification")
- "Neurologische Mitbeurteilung" ("Neurological co-assessment")
- "Elektrophysiologische Messungen" ("Electrophysiological measurements")

## 2.4 Größte alltägliche Schwierigkeiten / Greatest everyday difficulties

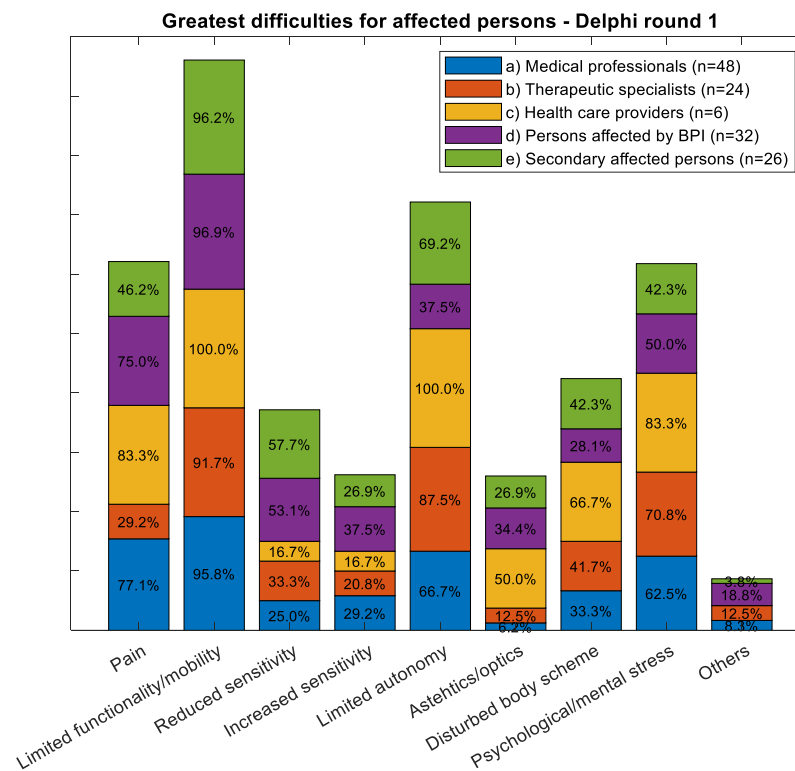


Figure 2-7:  
Greatest  
everyday  
difficulties

### Freitextantworten „Sonstige“ / Free text responses „Others“ – (a), (b), (c), (e)

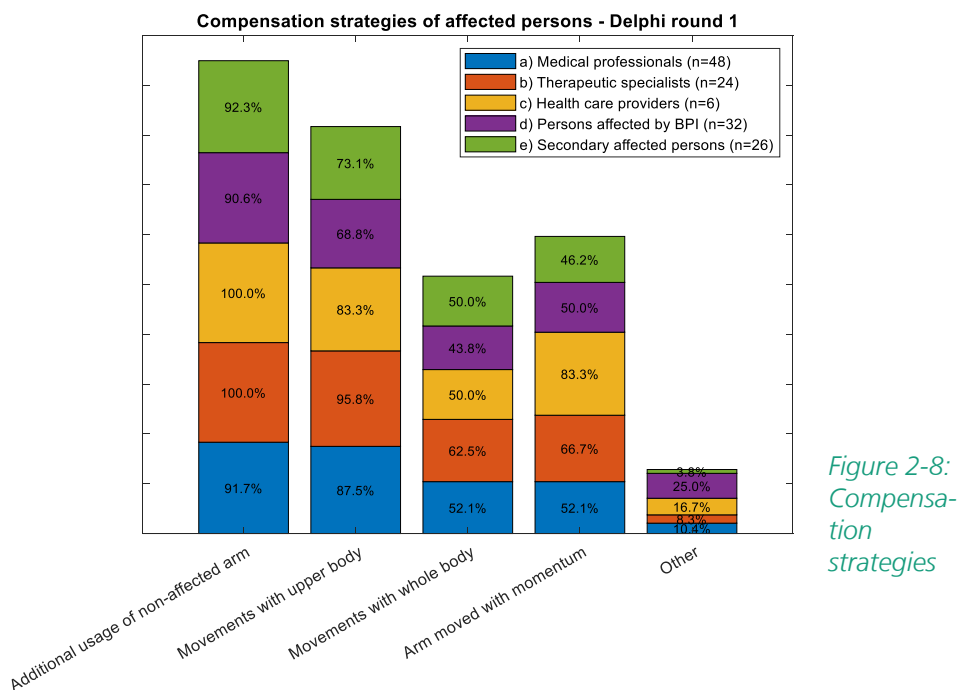
- "Eingeschränktes Arbeitsleben, aufgrund finanzieller Probleme" ("Restricted working life due to financial problems")
- "Zukunftsängste: Job, Alltag meistern, spielen mit den Kindern, Autofahren, ..." ("Fears about the future: job, coping with everyday life, playing with the children, driving a car, ...")
- "Einschränkungen im Alltag und Beruf" ("Restrictions in everyday life and work")
- "Fatigue" ("Ermüdung")
- "Unklarheit über die Prognose, bleibende Schäden und der Erforderlichkeit einer OP. Veränderungen für Alltag, soziale Umfeld und Beruf" ("Uncertainty about the prognosis, permanent damage and necessity of a surgery. Changes to everyday life, social life and work")
- "Überlastungen durch Kompensationen" ("Overload due to compensation")
- "Verzögerte sensomotorische Entwicklung" ("Delayed sensorimotor development")
- "Spätfolgen z.B. auf Wirbelsäule / Körperhaltung" ("Long-term effects, e.g. on the spine / posture")

## Freitextantworten „Sonstige“ / Free text responses „Others“ – (d)

- "Arthrose in der Halswirbelsäule, Migräne, die daraus resultiert" ("Osteoarthritis in the cervical spine, resulting migraine")
- "Sekundäre Schmerzen an verschiedenen Teilen des Rückens durch allgemeine schiefe Haltung" ("Secondary pain in various parts of the back due to generally crooked posture")
- "Behindert Hobbys wie Motorrad und Mountainbike fahren, Bogen schießen, joggen" ("Hindering hobbies such as motorcycling and mountain biking, archery, jogging")
- "Mit neuen Gegebenheiten klarkommen" ("Get along with new circumstances")
- "Rückenschmerzen durch Fehlhaltung" ("Back pain due to poor posture")
- "Nebenwirkungen der Medikamente" ("Side effects of medication")

-----  
 Aktuelle Behandlungsoptionen /  
 Current treatment options  
 -----

## 2.5 Kompensationsstrategien / Compensation strategies



## Freitextantworten „Sonstige“ / Free text responses „Others“ – (a), (b), (c), (e)

- "Trickbewegungen" ("Trick movements")
- "Kompensation durch andere Muskelgruppen am betroffenen Arm" ("Compensation by other muscle groups on the affected arm")
- "Fehlbelastung der gesamten Wirbelsäule" ("Incorrect loading of the entire spine")
- "Plexusarm zeigt vermehrten Verschleiß" ("Plexus arm shows increased wear")
- "Arm wird passiv in bestimmte Positionen gebracht - mithilfe des anderen Arms" ("Arm is brought passively into certain positions - with the help of the other arm")
- "Vermeidung" ("Avoidance")
- "Schonung des Armes bei kompletter schlaffer Lähmung" ("Protection of the arm in case of complete flaccid paralysis")
- "Tools to help with compensation" ("Hilfsmittel helfen bei der Kompensation")
- "Zähne. Sachen werden in den Mund genommen" ("Teeth. Objects are taken in the mouth")

### Freitextantworten „Sonstige“ / Free text responses „Others“ – (d)

- "Vermeidung" ("Avoidance")
- "Zuhilfenahme des anderen Armes, um eine Bewegung zu stabilisieren" ("Using the other arm to stabilize the movement")
- "Beine zur Hilfe von Halteaufgaben, Zähne zum Öffnen von Verpackungen, Arm in bestimmte Position klemmen" ("Legs to help with holding tasks, teeth to open packaging, securing the arm in a certain position")
- "Neue Methoden zur Aufgabenlösung" ("New methods for solving tasks")
- "Ernährung" ("Nutrition")
- "Arm auf Unterlagen abstützen" ("Support arm on underlays")
- "Plexus Arm wird mit dem anderen Arm geführt" ("Plexus arm is guided with the other arm")

### 2.6 Weitere Therapiemöglichkeiten / Alternative therapeutic options

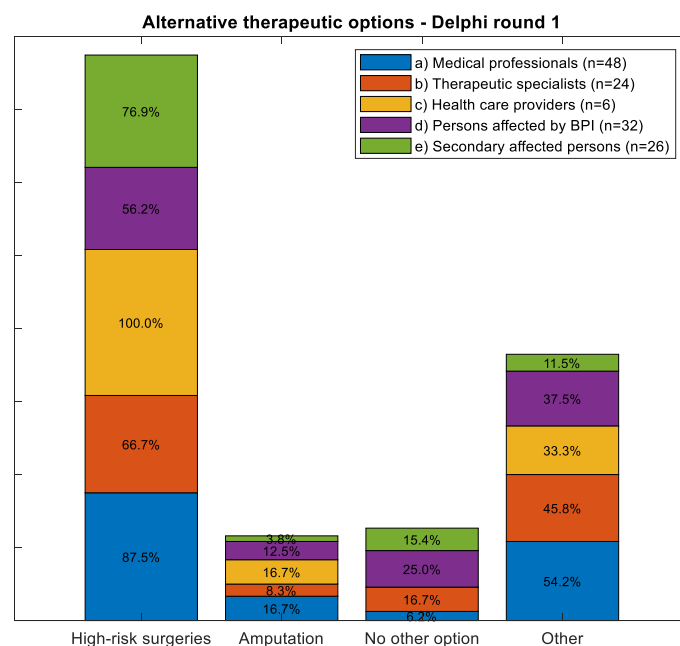


Figure 2-9:  
Alternative  
therapeutic  
options

### Freitextantworten „Sonstige“ / Free text responses „Others“ – (a), (b), (c), (e)

- "Nervenrekonstruktion, Nerventransfers, TMR, ..." ("Nerve reconstruction, nerve transfers, TMR, ...") Anmerkung/Note: TMR = Targeted Muscle Reinnervation
- "Myoelektrische Prothesen" ("Myoelectric prostheses")
- "Bioelektrische Orthesen" ("Bioelectric orthoses")
- "Die Frage ist missverständlich und suggeriert, dass eine OP gefährlich ist, und nur eine denkbare statt faktisch oft die einzige Therapieoption ist" ("The question is misleading and suggests that surgery is dangerous and only a conceivable therapy option instead of often the only one")
- "Therapien entwickeln zur Nervenregeneration bzw. Stimulation der Nerven, um sie zum Wachsen anzuregen" ("Develop therapies for nerve regeneration or stimulation of the nerves to activate them to grow")
- "Nerven Rekonstruktion mittels Transfers, Nerven-Transplantation" ("Nerve reconstruction by means of transfers, nerve transplantation")
- "Arthrodesis" ("Arthrodesis")

- "Nervenrekonstruktion, Umstellung-Osteotomien, Arthrodesen, Nervenrepositionierung" ("Nerve reconstruction, repositioning osteotomies, arthrodesis, nerve repositioning")
- "Nerventransfer, Operationen, abhängig vom Zeitpunkt" ("Nerve transfer, surgeries, depending on timing")
- "Exoskelettversorgung" ("Supply with exoskeletons")
- "Nervenrekonstruktion, Nerventransfer, Nervenstimulation (Rückenmark, Wurzelebene), Prothesenversorgung, schmerztherapeutische Anbindung" ("Nerve reconstruction, nerve transfer, nerve stimulation (spinal cord, root level), prostheses, cooperation with pain therapy")
- "Nervenrekonstruktion dann ggf. Sehnentransfers, Exoskelette" ("Nerve reconstruction then possibly tendon transfers, exoskeletons")
- "Immuntherapie" ("Immunotherapy")
- "Myomo, HKK Bionics Orthopädietechnik" ("Myomo, HKK Bionics orthopaedic technology")
- "Psychotherapeutische Betreuung" ("Psychotherapeutic support")
- "Funktionelle Elektrostimulation" ("Functional electrical stimulation")
- "Physiotherapie auf neurophysiologischer Basis, wird zurzeit nicht von den Krankenkassen als Regelbehandlung bezahlt, Dauertherapie (mit individuellen Unterbrechungen) sollte möglich sein, ohne das Budget des verordnenden Arztes zu belasten" ("Physiotherapy on neurophysiological basis, currently not covered by health insurance companies as a standard treatment, long-term therapy (with individual interruptions) should be possible without straining the prescribing doctor's budget")
- "Produktionstechnik" ("Production technology")
- "Hochkompetente medizinische, soziale, berufliche Unterstützung" ("Highly competent medical, social and occupational support")
- "Versorgung mit myoelektrischer Orthese" ("Supply with myoelectric orthosis")
- "Plexus-Nerven-Transplantation in einem Zentrum" ("Plexus nerve transplantation in rehabilitation center")
- "Myoelektrisch" ("Myoelectric")
- "Nervenrekonstruktionen" ("Nerve transplants")
- "Neurostimulation, zumindest falls kein Wurzelaustritt vorliegt" ("Neurostimulation, at least if there is no root avulsion")
- "Exoskelette" ("Exoskeletons")
- "Elektrotherapie, Spiegeltherapie" ("Electrotherapy, mirror therapy")
- "Virtual Reality Gadgets" ("Gadgets for virtual reality")
- "Elektrostimulation" ("Electrical stimulation")
- "Neurotrophe Medikation, Elektrotherapie sowohl stimulierend als auch schmerzlindernd, Magnetfeld, alle sonstigen konservativen Verfahren; Voraussetzung neurologische Funktionsdiagnostik und Elektrophysiologie zuvor und im Verlauf" ("Neurotropic medication, electrotherapy both stimulating and pain-relieving, magnetic field, all other conservative procedures; prerequisite is neurological functional diagnostics and electrophysiology before and during the course")
- "Physiotherapie, Spiegeltherapie" ("Physiotherapy, mirror therapy")
- "Nervenstimulation, wenn sinnvoll, Physiotherapie / Ergotherapie" ("Nerve stimulation, if advisable, physiotherapy / occupational therapy")
- "Anmerkung: Muskel/Sehnenverpflanzungen sind NICHT risikoreich, sondern etablierter Standard" ("Note: muscle/tendon transplants are NOT risky, but established standard")
- "Nervenchirurgische Eingriffe" ("Surgical interventions for nerves")
- "Nervenrekonstruktion" ("Nerve transplantation")
- "Arthrodesis (shoulder, wrist)" ("Arthrodesis (shoulder, hand joint)")
- "Es sollte leichter sein, mehr Physio zu bekommen" ("It should be easier to get more physio")

-----  
 Aktuelle Behandlungsoptionen /  
 Current treatment options  
 -----



- "Exoskelette, computergesteuerte Orthese" ("Exoskeletons, computer-controlled orthosis")
- "Hilfsmittelversorgung: Myomo MyoPro G2" ("Supply of assistive devices: Myomo MyoPro G2")
- "Versorgung mit MyoPro Orthese" ("Supply with MyoPro orthosis")
- "Nerventransfer" ("Nerve transfer")

### Freitextantworten „Sonstige“ / Free text responses „Others“ – (d)

- "Ständige Physio- und Ergotherapie" ("Constant physiotherapy and occupational therapy")
- "Technische Hilfsmittel wie Kraftprothese" ("Technical support systems such as powered prosthesis")
- "Physiotherapie" ("Physiotherapy")
- "Unbekannt" ("Unknown")
- "Nicht-biologische Implantate" ("Non-biological implants")
- "Myoelektrische Orthesenversorgung" ("Myoelectric orthosis")
- "Operative Geradestellung des Handgelenkes, Korrektur des Daumengelenkes" ("Surgical straightening of the wrist, correction of the thumb joint")
- "Erneute Neurolyse" ("Repeated neurolysis")
- "Kontinuierliche Physiotherapie" ("Continuous physiotherapy")
- "Botox"

## 2.7 Bisherige Verwendung von motorisierten Rehasystemen /

### Previous usage of motorized rehab systems

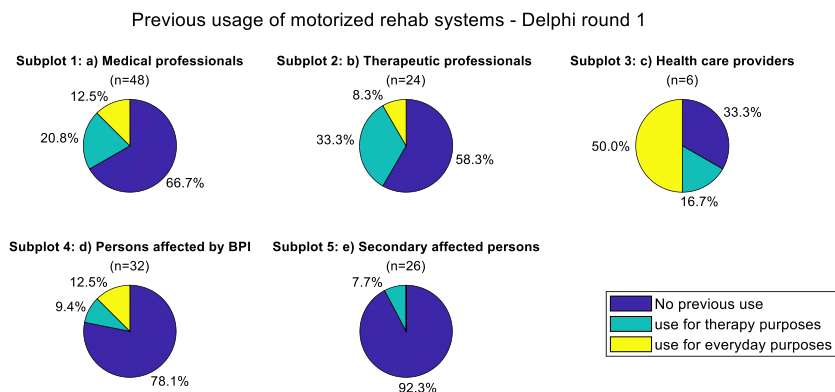


Figure 2-10:  
Previous  
usage

### Freitextantworten „Welche motorisierten Rehasysteme wurden verwendet?“ und „Wie war Ihre Erfahrung damit?“ / Free text responses „Which motorized rehabilitation systems have been used?“ and „How was your experience with it?“ – (a), (b), (c), (e)

- "Vincent, Myomo, Ottobock"
- "Omo Neurexa Plus"
- "Paresestim, MyoMo"
- "Name nicht bekannt" ("Name not known")
- "Individuell eher gut" ("Individually rather good")
- "Sehr gut" ("Very good")
- "Hervorragend" ("Excellent")
- "Nicht bekannt" ("Not known")

- "Vincent"
- "Armtrainer, Reha-Slide, funktionelle Elektrostimulation" ("Arm trainer, Reha-Slide, functional electrostimulation")
- "HKK Bionics (Ulm); Vincent (Karlsruhe)"
- "Myomo; HKK Bionics"
- "Lokomat G-EO; Eksobionics Exoskeleton; GloReha; ErigoPro; Atalante X Exoskeleton"
- "Peroneus-Schiene, Art Gilchristverband des Armes" ("Peroneal brace, type of Gilchrist bandage of the arm")
- "C-Brace"
- "Actigait Otto Bock"
- "Arthromot Schulter /Knie" ("Arthromot shoulder/knee")
- "Schulterstuhl" ("Shoulder exercise chair")
- "Galileo, ALTER G, Motomed, Artromot"
- "Motomed"
- "C-Brace"
- "Armeo Spring"
- "Testungen der Exomotion hand one, aber noch keine endgültige Versorgung" ("Tests with the Exomotion hand one, but no final fitting yet")
- "CPM Motorschiene" ("CPM motorised brace")
- "Noch im Anfangsstadium" ("Still in the early stages")
- "Abhängig von der Ausprägung der Läsion gut bis sehr gut" ("Depending on the extent of the lesion, good to very good")
- "Gut" ("Good")
- "Haben es bei Schlaganfall angewendet, da war es schwierig" ("We used it for strokes, which was difficult")
- "Bei richtiger Indikation durchweg positiv; Hohe Therapiemotivation; Hohe Therapeutenmotivation" ("With the right indication altogether positive; high therapy motivation; high therapist motivation")
- "Bei täglicher Überlastung hilfreich" ("Helpful for daily overload")
- "Gut: eine deutlich verbesserte Funktion bis hin zur nahezu vollständigen Teilhabe" ("Good: significantly improved function up to almost complete participation")
- "Gut" ("Good")
- "Gut" ("Good")
- "Kann auch zur aktiven Mitarbeit genutzt werden, nicht nur passive Mobilisation!" ("Can also be used for active participation, not just passive mobilisation!")
- "Gut, nicht in allen Fällen hilfreich" ("Good, not helpful in all cases")
- "Abhängig von den Fähigkeiten und der Adhärenz des Klienten und seines Umfeldes; Fehlt für Kinder" ("Dependent on the abilities and adherence of the client and their environment; Missing for children")
- "Ganz gut" ("Quite good")
- "Bewegung nicht dreidimensional genug; nur für ältere Patienten brauchbar" ("Movement not three-dimensional enough; only suitable for older patients")
- "Nicht zufriedenstellend" ("Not satisfactory")
- "Nicht wirklich geeignet für Plexusparese" ("Not really suitable for plexus palsy")

-----  
Aktuelle Behandlungsoptionen /  
Current treatment options  
-----

- "Artromot"
  - "Bewegungsschienen" ("Motion braces")
  - "Vincent"
  - "Therapieliege" ("Therapy table")
  
  - "Myomo; Hkk Bionics"
  - "Weiß ich nicht mehr. War vor vielen Jahren bei einem Kind" ("I don't remember. It was with a child many years ago")
  - "Ergotherapie über ca. 20 Monate und gelegentliches Tragen einer Handschiene" ("Occupational therapy for about 20 months and occasionally wearing a hand brace")
  - "Myomo MyoPro G2"
  - "MyoPro"
  
  - "Aktuell ist der Name nicht präsent, es handelt sich um eine Orthese mit Reaktion auf EMG, welche über Visualisierung am PC zum Üben benutzt wird, um z.B. das Armheben im Alltag wieder zu ermöglichen" ("The name is currently not present, it is an orthosis with a reaction to EMG which is used for training via visualisation on the PC, e.g. to enable the arm to be lifted again in everyday life")
- "Gut, löst aber das Problem auf Dauer nicht" ("Good, but does not solve the problem in the long term")
  - "Zur Wiedererlangung von Gelenkfunktion v.a. passiv" ("For regaining joint function, especially passively")
  - "Mässig" ("Moderate")
  - "Bestens geeignet um nach Voijta zu arbeiten" ("Ideally suited for working according to Voijta")
  - "Gut" ("Good")
  - "siehe links" ("see left")
  
  - "Es hat sich kein nennenswerter Erfolg eingestellt" ("There has been no significant success")
  
  - "Äußerst positiv" ("Extremely positive")
  - "Sehr gut. Damit wird sowohl Bewegung ermöglicht, manchmal Schmerz reduziert und eine Beidhändigkeit (Halten, Heben, Tragen, Bearbeiten) ermöglicht" ("Very good. It enables movement, sometimes reduces pain and enables ambidexterity (holding, lifting, carrying, working)")
  - "Es hilft, jedoch erfordert es sehr hohe Compliance des/der Patient:innen" ("It helps, but requires a very high level of compliance from the patients")

**Freitextantworten „Welche motorisierten Rehasysteme wurden verwendet?“ und „Wie war Ihre Erfahrung damit?“ / Free text responses „Which motorized rehabilitation systems have been used?“ and „How was your experience with it?“– (d)**

- "Armstütze für PC-Arbeiten" ("Arm support for computer work")
- "Ergotherapie; Physiotherapie; Chiropraktik; Operation; Schmerzmedizin (Ketamin Infusionen)" ("Occupational
- "Sehr gut" ("Very good")
- "Leider hat mir einzig und allein die Ergotherapie als Kind etwas gebracht. Durch diese habe ich eine gute Feinmotorik erlangt. Der Rest hat nichts gebracht" ("Unfortunately, occupational therapy

- |  |  |
|--|--|
| <p>therapy; physiotherapy; chiropractic; surgery; pain medicine (ketamine infusions)")</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- "Myomo Myopro"</li> <li>- "Myomo; Bewegungsstuhl für die Schulter" ("Myomo; movement chair for the shoulder")</li> <li>- "Myopro 2; Myopro 2+"</li> <li>- "Schultermotorschiene" ("Shoulder motor brace")</li> <li>- "Armeo Spring"</li> </ul> | <p>when I was a child was the only thing that helped. It gave me good fine motor control. The rest didn't help")</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- "Mit der Hand sehr gut, da ich bis zu 2h Dinge festhalten kann. Allerdings ist es im Oberarm noch nicht so gut, da kaum eine Restfunktion da ist, und viel Metall die Beweglichkeit dort einschränkt. Im Alltag für mich persönlich daher noch etwas schwierig einzuschätzen" ("Very good with my hand, as I can hold things for up to 2 hours. However, not so good in the upper arm, as there is hardly any residual function and a lot of metal restricts mobility there. So it's still a bit difficult for me personally to assess in everyday life")</li> <li>- "Myomo: Erhaltung der Selbstständigkeit, Vermeidung von Kontrakturen, durchblutungsfördernd, Erhalt von vereinzelt Muskeln; Bewegungsstuhl Schulter: Vermeidung von Kontrakturen (allerdings nur für 4 Wochen nach OP genehmigt worden von der Krankenkasse)" ("Myomo: Retaining independence, avoiding contractures, stimulating blood circulation, retain isolated muscles; shoulder movement chair: avoiding contractures (but only approved by the health insurance company for 4 weeks post surgery)")</li> <li>- "Positiv, leider schlechte Verarbeitungsqualität, viele Erfolge in Funktion des Armes nach C7-crosstransfer nach Armplexusläsion in Verbindung mit Polytrauma durch Motorradunfall 2019, Schulterfunktion fehlt im Alltag, gerne auch als rein mechanisches System über Zuggurt gesteuert, gerne aber auch myoelektrisch, gute Akkuleistung, schwache Motoren, fehlende Wasserfestigkeit, gute Passform, gutes Design, gute Gurtung" ("Positive, unfortunately poor manufacturing quality, many successes in arm function after C7-crosstransfer after arm plexus lesion in connection with polytrauma due to motorbike accident in 2019, shoulder function is missing in everyday life, also gladly as a purely mechanical system controlled via tension belt, but also myoelectric, good battery performance, weak motors, lack of water resistance, good fit, good design, good harnessing")</li> <li>- "Nur bis zum Beginn der Schmerzgrenze einsetzbar; wenige Grade; nichts gebessert!" ("Can only be used up to the beginning of the pain threshold; few degrees; nothing improved!")</li> <li>- "Sehr gut für die Therapie" ("Very good for therapy")</li> </ul> |
|--|--|

-----  
Aktuelle Behandlungsoptionen /  
Current treatment options  
-----

**Freitextantworten „Warum wurden motorisierte Rehasysteme bisher nicht verwendet?“ /**

**Free text responses „ Why have motorized rehabilitation systems not been used so far?“ – (a), (b), (c), (e)**

- "Wurde uns bis dato nicht angeboten bzw. haben wir diesbezüglich keine Informationen erhalten" ("Has not been offered to us to date or we have not received any information")
- "Weil nicht Bestandteil der Akutversorgung" ("Because not part of acute care")
- "Kennen wir nicht" ("We are not aware of it")
- "Bisher keine Informationen darüber erhalten" ("Haven't received any information about it yet")
- "Schwer verfügbar" ("Hardly available")
- "Patientenakzeptanz ist bereits bei regulären Prothesen extrem niedrig. Bei Orthesen in diesem Bereich noch mehr" ("Patient acceptance is already extremely low for regular prostheses. Even more so for orthoses in this area")
- "War bis jetzt nicht notwendig, unsere Tochter ist ein Jahr alt" ("Wasn't necessary until now, our daughter is one year old")
- "Kenne ich nicht" ("I am not familiar with it")
- "Keine Verfügbarkeit" ("No availability")
- "Bisher noch kein aktiver Bedarf" ("No active need yet")
- "Schwerpunkt chirurgische Versorgung" ("Focus on surgical care")
- "Wird durch die niedergelassenen Physiotherapeuten organisiert" ("Is organised by the resident physiotherapists")
- "Not widely available for majority of patients" ("Ist für die Mehrheit der Patienten nicht verfügbar")
- "Weil es der Arbeitgeber nicht anbot" ("Because the employer didn't offer it")
- "Nicht rentabel in einer Praxis mit zwei Therapeuten" ("Not profitable in a practice with two therapists")
- "Nicht ausreichend bekannt, nur wenige hierfür infrage kommende Patienten, eingeschränkte Akzeptanz seitens der Patienten" ("Not sufficiently well known, only a few patients are eligible for it, limited acceptance by patients")
- "Im Hause nicht vorhanden, nur in spezifischen Rehasentren verfügbar z.B. mit EMG Trigger" ("Not available in-house, only available in specific rehabilitation centres, e.g. with EMG triggers")
- "Ich arbeite mit Tieren (Ratten) nach experimenteller Läsion des Plexus parotideus. Eine Anwendung von elektrischen Stimulationen ist kontraproduktiv" ("I work with animals (rats) after experimental lesion of the parotid plexus. The use of electrical stimulation is counterproductive")
- "Ist nicht relevant" ("Is not relevant")
- "No availability; uncertain efficacy" ("Keine Verfügbarkeit; Ungewisse Wirksamkeit")
- "Noch nicht die Gelegenheit gehabt" ("Haven't had the opportunity yet")
- "Arbeite in einer Akutklinik" ("I work in an acute care clinic")
- "I am mother of a child with a Plexus injury through birth" ("Ich bin Mutter eines Kindes mit geburts-traumatischer Plexuslähmung")
- "Es wurden verschiedene Systeme von den Patienten etabliert und bei uns vorgestellt" ("Various systems were established by the patients and presented to us")
- "Für uns als kleine Praxis zu teuer" ("Too expensive for us as a small practice")
- "Patientenversorgung durch behandelte/n Arzt/in nicht immer adäquat" ("Patient care through doctor is not always adequate")
- "Weil die Betroffenen dies nicht verordnet bekommen haben" ("Because it has not been prescribed to those affected")
- "Bislang gab es keine Möglichkeit bzw. wurde die Möglichkeit nicht thematisiert" ("Until now, there was no possibility or the possibility was not thematised")
- "Keinen Zugang dazu" ("No access to it")
- "Nicht vorhanden" ("Not available")
- "Not available" ("Nicht vorhanden")

- "Wurde über die Reha durchgeführt" ("Was carried out during rehab")
- "Bisher nicht vorhanden" ("Not available so far")
- "Bisher keine Möglichkeiten kennengelernt, wird vor Ort nicht angeboten seitens der Versorger im KH, Reha oder Facharzt" ("Not aware of any options so far, not offered locally by the provider in the hospital, rehab centre or specialist")
- "Ist nicht Ziel/Aufgabe unserer Abteilung" ("Is not the aim/task of our department")
- "Wurden nicht vom Arzt bewilligt" ("Were not authorised by the doctor")
- "Ich vertraue da lieber meinen Händen" ("I prefer to trust my own hands")
- "This is not (yet) supported by rehab" ("Dies wird (noch) nicht von der Reha unterstützt")
- "Nichts bekannt" ("Lack of knowledge")
- "Fehlendes Wissen" ("Lack of knowledge")
- "Nicht bekannt" ("Lack of knowledge")
- "Steht mir in meiner Praxis nicht zur Verfügung" ("Not available in my practice")
- "Zu wenig Betroffene" ("Too few people are affected")
- "Not widely available" ("Nicht breit verfügbar")
- "Keine Möglichkeit" ("Not a possibility")
- "Nicht in diesem Ausmaß involviert gewesen" ("Not involved to this extent")
- "Keine Genehmigung der GKV bekommen" ("Did not receive authorisation from the health insurance") Anmerkung/Note: GVK = Gesetzliche Krankenversicherung
- "Bisher nicht angeboten bekommen, keine Erfahrung damit" ("Not yet offered, no experience with it")
- "Keine verfügbar. Hausärzte überfordert. Verweisen an Ergotherapeuten, die dann Akupressur machen" ("None available. General practitioner are overstrained. Referral to occupational therapists who then do acupressure")
- "Bislang keinen Kontakt hierzu gehabt bzw. keine Erfahrung bislang" ("No contact with this so far or no experience so far")
- "Fehlende Information" ("Lack of information")
- "Unavailable in my country" ("Keine Verfügbarkeit in meinem Land")
- "Molto costosi" ("Sehr teuer") ("Very expensive")
- "Do not have this in my institution" ("Wir haben dies nicht in meiner Einrichtung")
- "Kein Angebot" ("No offer")
- "Meine Tochter ist erst 8 Jahre, bis jetzt klappt alles soweit gut" ("My daughter is only 8 years old, so far everything is going well")
- "They aren't used in Bergamo" ("Diese werden in Bergamo nicht genutzt")
- "They were not used in Bergamo" ("Diese werden in Bergamo nicht genutzt")
- "Non conosco" ("Ich weiß es nicht") ("I don't know")
- "Weiterleitung in spezialisierte Einrichtungen" ("Forwarding to specialised facilities")
- "Because on the Italian national territory there are no integrated options for obstetric paralysis" ("Weil es auf dem italienischen Staatsgebiet keine integrierten Behandlungsmöglichkeiten für Geburtslähmung gibt")
- "It was not proposed" ("Es wurde nicht vorgeschlagen")
- "Bisher andere Methoden ausprobiert" ("Tried other methods so far")
- "Personally not as I am not effected; however I have come across different systems during studies, education and work in a biomechanic sector" ("Persönlich nicht, da ich nicht betroffen bin, aber ich habe während meines Studiums, meiner Ausbildung und meiner Arbeit in einem biomechanischen Sektor verschiedene Systeme kennengelernt")
- "Ich besitze keine körperliche Behinderung bei der ich solch ein System benutzen würde" ("I do not have a physical disability for which I would use such a system")
- "Weil ich nicht betroffen bin" ("Because I am not affected")
- "Kein Zugang" ("No access")
- "Kein Bedarf" ("No need")
- "Because I have never needed it" ("Weil ich es nie gebraucht habe")
- "I don't need it" ("Ich brauche es nicht")

-----  
 Aktuelle Behandlungsoptionen /  
 Current treatment options  
 -----

**Freitextantworten „Warum wurden motorisierte Rehasysteme bisher nicht verwendet?“ /**

**Free text responses „Why have motorized rehabilitation systems not been used so far?“ – (d)**

- "Ich kenne keine" ("I don't know any")
- "Wurden mir bisher nicht angeboten; Der Arm kann feinmotorisch bewegt werden, grobmotorisch ist er eingeschränkt, kann durch pfuschen aber bewegt werden und funktioniert" ("It has not yet been offered; the arm can be moved with fine motor skills, coarse motor skills are limited, but can be moved by bungling and it works")
- "Präganglionärer Ausriss der Nerven" ("Preganglionic avulsion of the nerves")
- "Keine Info darüber/noch nie gehört" ("No information about it/have never heard of it")
- "Keine finanziellen Mittel, keine finanzielle Unterstützung" ("No financial resources, no financial support")
- "Hand ist voll funktionsfähig" ("Hand is fully functionable")
- "Wüsste nicht welche" ("I wouldn't know which one")
- "Stand bisher nie zur Debatte, da ich zu viel kann" ("Never been an issue because I can do too much")
- "Kein Zugang/Angebot bekommen" ("No access/offer so far")
- "War mir bisher zu groß, schwer, nicht praktisch genug und zu auffällig" ("For me it was too big, too heavy, not practical enough and too conspicuous so far")
- "Ich weiß nicht, ob es bei meinem leichteren Schweregrad überhaupt sinnvoll ist. Zudem kenne ich mich nicht damit aus" ("I don't know whether it makes sense at all for my mild degree of severity. I'm also not familiar with it")
- "Bin nicht auf die Idee gekommen, dass es sowas gibt" ("It never occurred to me that there was such a thing")
- "Ich kompensiere über links oder nutze eine Orthese" ("I compensate with my left side or use an orthosis")
- "Bisher kam es nur zum Test einer myoelektrischen Orthese (HKK bionics), dabei stellte sich allerdings heraus, dass mein betroffener Arm noch nicht alle Anforderungen zur praktikablen Anwendung einer solchen Orthese erfüllt. Das zusätzliche Gewicht der Orthese ist für meine subluxierte Schulter zu viel, vor allem bei längerer Anwendung" ("So far, I have only tested a myoelectric orthosis (HKK bionics), but it turned out that my affected arm does not yet fulfill all the requirements for the practical use of such an orthosis. The additional weight of the orthosis is too much for my subluxated shoulder, especially when used for long periods of time")
- "Wurde mir nicht angeboten" ("It hasn't been offered to me")
- "Ich weiß nicht was das ist. Davon höre ich zum ersten Mal" ("I don't know what this is. It is the first time I am hearing about it")
- "Wurde nicht angesprochen" ("It was never been talked about")
- "Habe hauptsächlich Schmerzprobleme und kann die Finger nicht bewegen, der Arm selbst funktioniert größtenteils" ("Mainly have pain problems and can't move my fingers, the arm itself works for the most part")
- "War mir nicht bekannt" ("I did not know about it")
- "Ich habe keine angeboten bekommen" ("It hasn't been offered to me")
- "Das wurde nie thematisiert" ("It was never been talked about")
- "Noch keine Reha gemacht, Neurologen haben keine Erfahrung mit Plexusparese" ("No rehab yet, neurologists have no experience with plexus arthroplasty")
- "Not available" ("Nicht verfügbar")
- "Wurde mir nie angeboten. Mit meinem Wissensstand gibt es keine Prothesen/Exoskelette, welche bei kompletter Plexusparese funktionieren" ("Was never offered to me. As far as I know, there are no prostheses/exoskeletons that work for complete plexus palsy")

### 3

## Bedarfsanalyse für ein technisches Hilfsmittel / Analysis of needs for a technical assistive device

Bedarfsanalyse für ein technisches  
Hilfsmittel /  
Analysis of needs for a technical  
assistive device

### 3.1 Einschätzung des Bedarfs für eine aktive Orthese / Estimation of need for an active orthosis

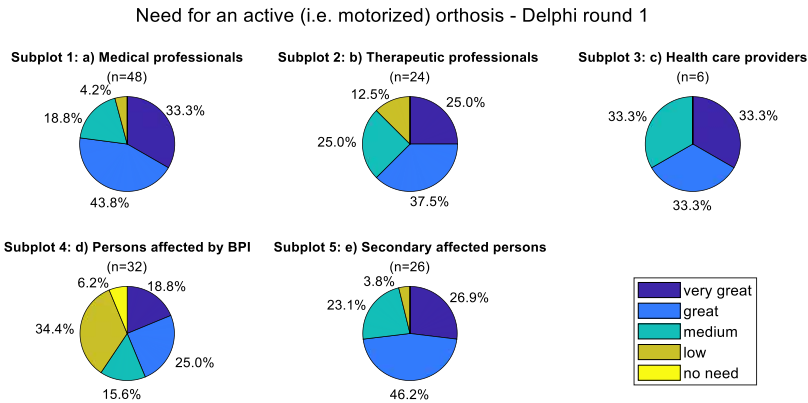


Figure 3-1:  
Need for  
an active  
orthosis

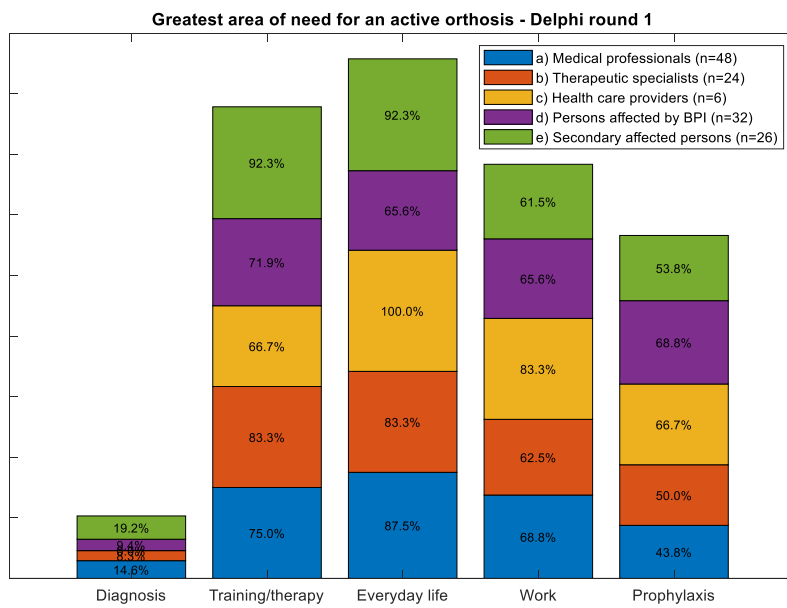


Figure 3-2:  
Area of  
need



### 3.2 Einschätzung der Bereitschaft für eine aktive Orthese / Estimation of willingness for an active orthosis

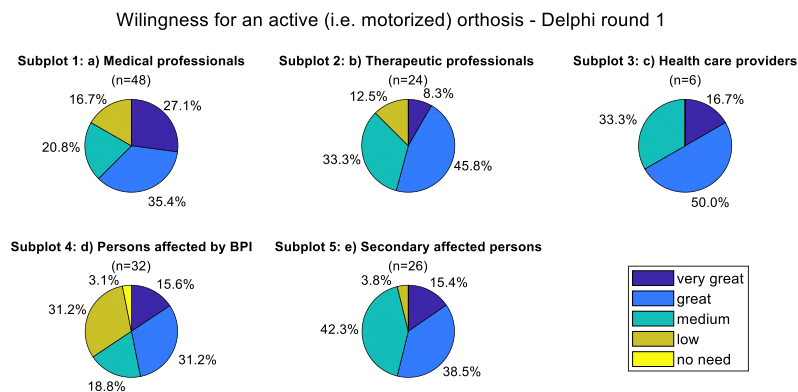


Figure 3-3: Willingness for an active orthosis

### 3.3 Vorteile bei der Nutzung einer aktiven Orthese / Advantages of using an active orthosis

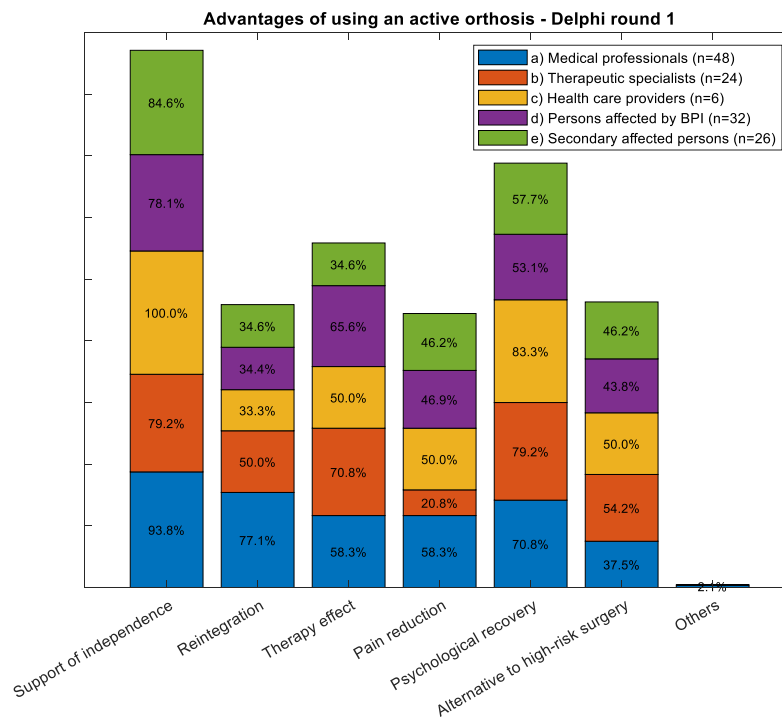


Figure 3-4: Advantages of using an active orthosis

#### Freitextantworten „Sonstige“ / Free text responses „Others“ – (a), (b), (c), (e):

- "Keine Alternative, jedoch Ergänzung zu Operationen, Verbesserung der Reha nach einer Operation" ("Not an alternative, but an addition to surgeries, improvement of rehabilitation after surgery")

3.4 Schwierigkeiten bei der Nutzung einer aktiven Orthese /  
Difficulties in using an active orthosis

Bedarfsanalyse für ein technisches  
Hilfsmittel /  
Analysis of needs for a technical  
assistive device

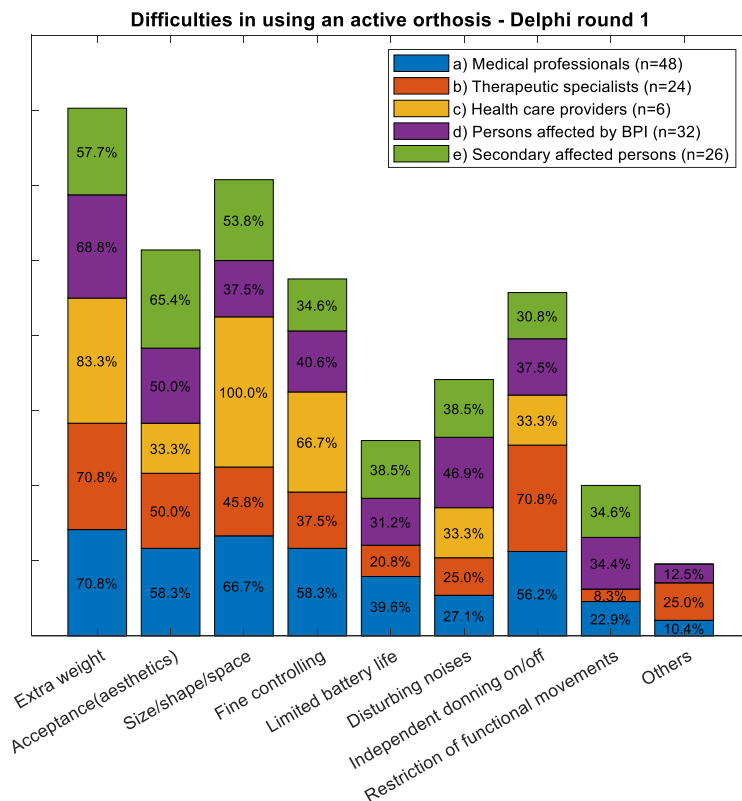


Figure 3-5:  
Difficulties in  
using an  
active  
orthosis

**Freitextantworten „Sonstige“ / Free text responses „Others“ – (a), (b), (c), (e):**

- "Abhängigkeit vom Gerät (Wartung) und der Firma" ("Dependence on the device (maintenance) and the company")
- "Kaum verfügbar, technische Betreuung" ("Hardly available, technical support")
- "Geld" ("Money")
- "Aktive Selbständigkeit wird unterbunden" ("Active independence is prevented")
- "Cost" ("Kosten")
- "Methode ist den Betroffenen kaum bekannt" ("Method is hardly known to those affected")
- "Kostenübernahme" ("Cost reimbursement")
- "Eine angeborene Läsion, also muss das Hilfsmittel im Säuglingsalter ansetzen/greifen" ("A congenital lesion, so the aid must start/be effective in infancy")
- "Absence of tactile feedback" ("Fehlendes taktiles Feedback")
- "Sicherheitsaspekte beim Akku" ("Safety aspects of the battery")
- "Price" ("Preis")

**Freitextantworten „Sonstige“ / Free text responses „Others“ – (d):**

- "Kann Schmerzen im Arm und den Nerven auslösen. Mein Plexus-Arm ist z.B. sehr empfindlich bei Berührung und Druck" ("Can cause pain in the arm and nerves. My plexus arm, for example, is very sensitive to touch and pressure")
- "Kosten" ("Cost")

- "Hauptprobleme bei Druck, Abklemmen der sensiblen Nerven durch festes Anlegen der Orthesen" ("Main problems with pressure, pinching off the sensitive nerves due to tight fitting of the orthoses")
- "Nützlicher Einsatz (nicht nur teure Spielerei)" ("Useful application (not just an expensive gimmick)")

### 3.5 Kontraindikationen für die Nutzung einer aktiven Orthese / Contraindications for using an active orthosis

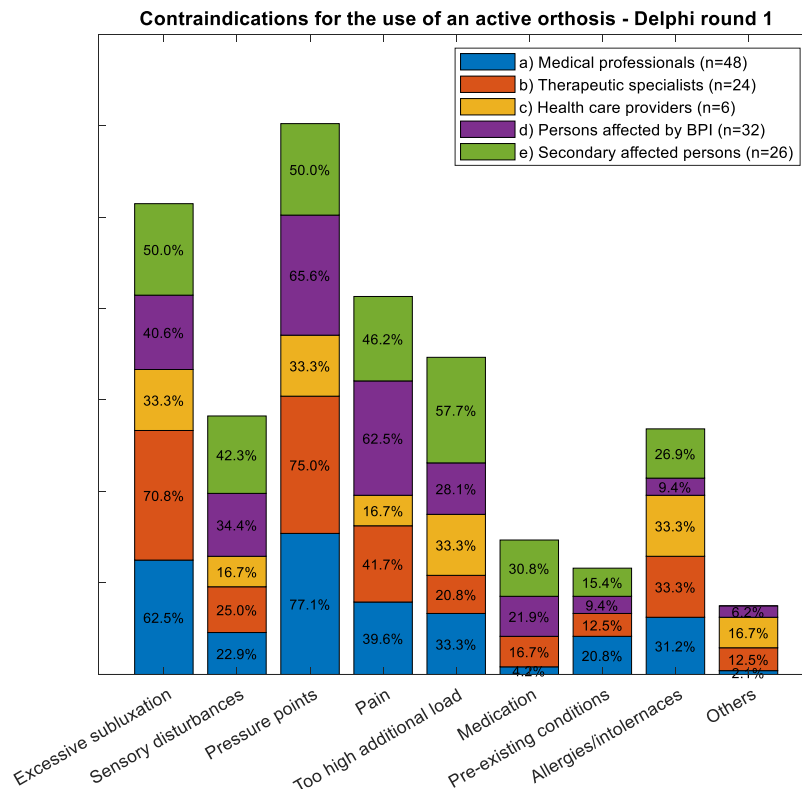


Figure 3-6:  
Contraindications for using an active orthosis

#### Freitextantworten „Sonstige“ / Free text responses „Others“ – (a), (b), (c), (e):

- "Wenn eine Orthese die Subluxation der Schulter verbessern könnte, wäre das eine sehr sinnvolle Indikation!" ("If an orthosis could improve the subluxation of the shoulder it would be a very reasonable indication!")
- "Schwäche" ("Weakness")
- "Zu hohe Erwartungen" ("Expectations too high")
- "Zu viel Gewicht; trägt unter Kleidung auf; Akku im Rucksack?" ("Too much weight; bulky underneath clothing; battery in backpack?")
- "Kognitive Fähigkeiten" ("Cognitive abilities")

#### Freitextantworten „Sonstige“ / Free text responses „Others“ – (d):

- "Wird wenig eingesetzt/zu unpraktikabel" ("Is rarely used/too impractical")
- "Schwitzen im Sommer" ("Sweating in summer")

3.6 Aktivitäten, für welche die Orthese ausgelegt werden soll /  
 Activities the orthosis supposed to be designed for

Bedarfsanalyse für ein technisches  
 Hilfsmittel /  
 Analysis of needs for a technical  
 assistive device

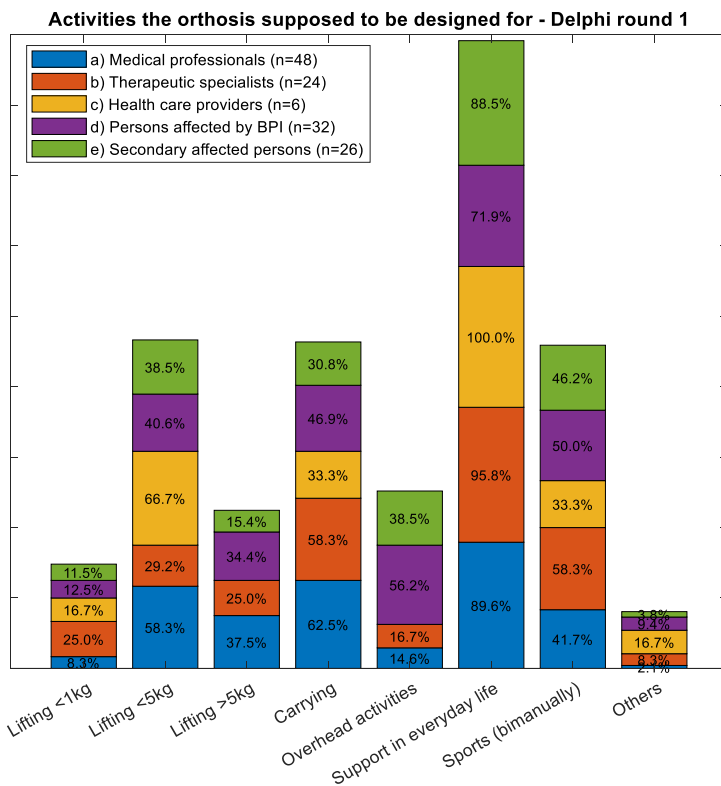


Figure 3-7:  
 Activities for  
 the  
 orthosis

**Freitextantworten „Sonstige“ / Free text responses „Others“ – (a), (b), (c), (e):**

- "Pinchgrip, lateral grip" ("Pinzettengriff, Seitengriff")
- "Feinmotorik wie Pinzettengriff oder Maus-Bedienung am PC" ("Fine motor skills such as pinch grip or using a mouse on a PC")
- "Unterstützung der sensomotorischen Entwicklung; Aufbau der bilateralen Integration" ("Support for sensorimotor development; development of bilateral integration")
- "General support in rough movements need to be accomplished. The support of fine movements would also be advantageous" ("Allgemeine Unterstützung bei groben Bewegungen muss erfüllt werden. Die Unterstützung von Feinbewegungen wäre auch von Vorteil")
- "Hand-Mund Funktion" ("Hand-mouth function")

**Freitextantworten „Sonstige“ / Free text responses „Others“ – (d):**

- "Schwimmen, Radfahren" ("Swimming, cycling")
- "Zu physiologischerer Bewegungsführung bei Kräftigungsübungen" ("For more physiological movement control for strengthening exercises")
- "Autofahren ohne Umbau des Autos/Schaltwagen fahren" ("Driving a car without converting the car/driving a manual car")

3.7 Einschätzung des wichtigsten Freiheitsgrads für den Alltag /  
 Perception of the most important Degree of Freedom (DOF) for everyday's life

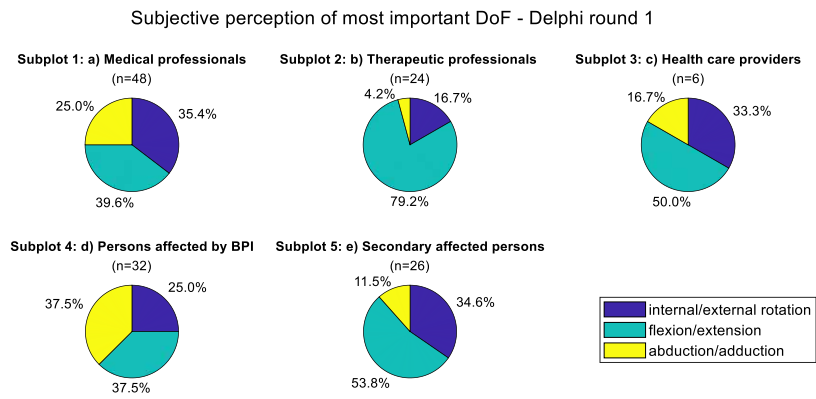


Figure 3-8:  
 Most important DOF

## 4

### Anforderungen an das technische Unterstützungssystem / Requirements for the technical support system

-----  
Anforderungen an das technische  
Unterstützungssystem /  
Requirements for the technical  
support system  
-----

#### 4.1 Einstellmöglichkeiten / Adjustment options

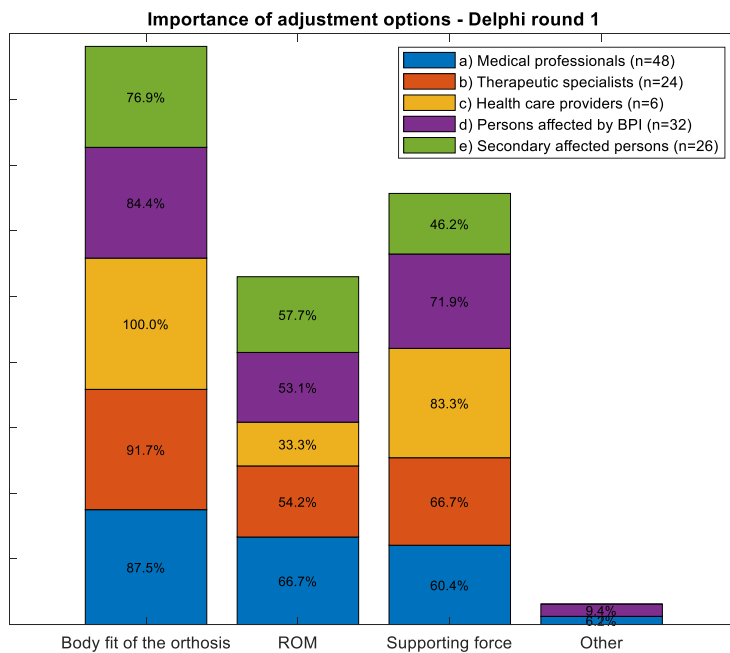


Figure 4-1:  
Adjustment  
options

#### Freitextantworten „Sonstige“ / Free text responses „Others“ – (a), (b), (c), (e):

- "Individuelle Dosierung der Elektroden-Motor-Schnittstelle" ("Individual dosage of the electrode-motor interface")
- "Keine invasiven Elektroden; Weiterbetreuung der Patienten bei funktionierender Orthese muss firmenunabhängig dauerhaft gesichert sein!" ("No invasive electrodes; continuing support of patients with a functioning orthosis must be permanently ensured independently of the company!")
- "Hohe oder zumindest gleichförmige Bewegungsgeschwindigkeit analog zum gesunden Arm" ("High or at least equable speed of movement analogous to the healthy arm")

#### Freitextantworten „Sonstige“ / Free text responses „Others“ – (d):

- "Sensibilität justieren" ("Adjust sensitivity")
- "Empfindlichkeit" ("Sensitivity")
- "Mit anderen Systemen verbinden, um bestmöglich unterstützen zu können (Schulter-, Oberarm- und Handeinschluss)" ("Connect to other systems in order to provide the best possible support (shoulder, upper arm and hand inclusion)")

## 4.2 Ergonomische Aspekte / Ergonomic aspects

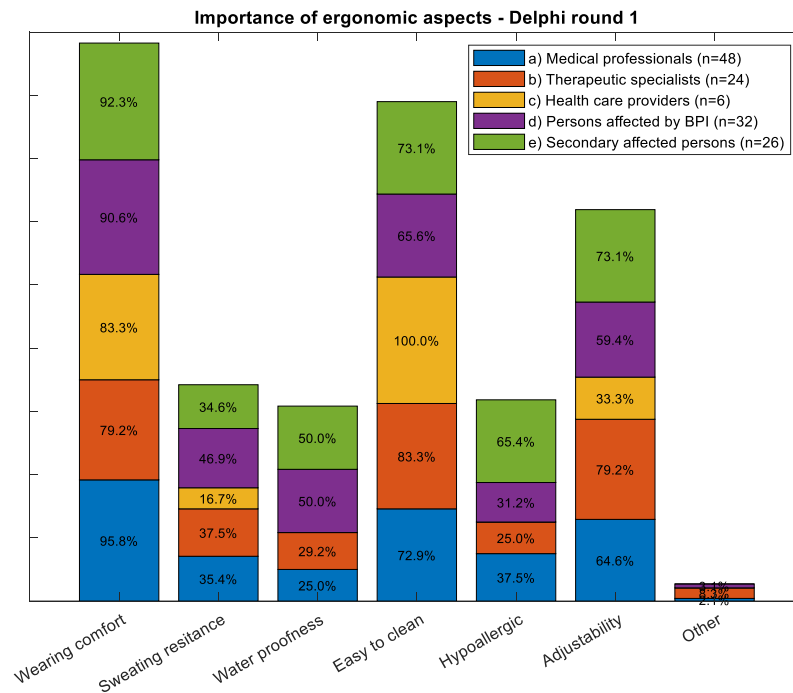


Figure 4-2: Ergonomics aspects

### Freitextantworten „Sonstige“ / Free text responses „Others“ – (a), (b), (c), (e):

- "Betroffene sollten die Orthese selbständig an- und ausziehen können" ("Affected persons should be able to don on and off the orthosis without help")
- "Aussehen; Mode-Aspekt" ("Appearance; fashion aspect")
- "Leichte Steuerbarkeit" ("Easy to control")

### Freitextantworten „Sonstige“ / Free text responses „Others“ – (d):

- "Größtmögliche Kraftunterstützung" ("Maximum possible power support")

### 4.3 Bedeutung funktionaler Aspekte / Importance of functional aspects

.....  
 Anforderungen an das technische  
 Unterstützungssystem /  
 Requirements for the technical  
 support system  
 .....

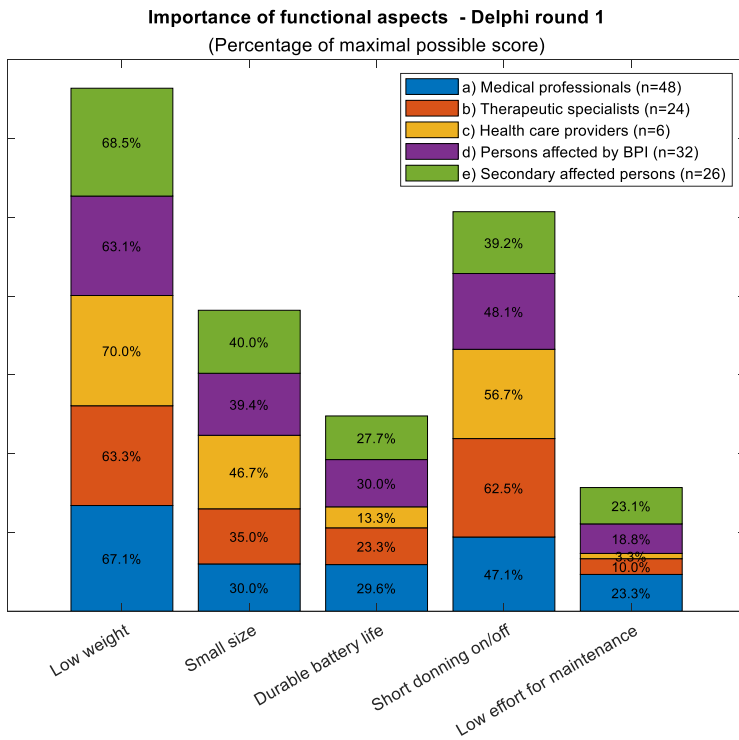


Figure 4-3:  
 Functional  
 aspects

### 4.4 Bedeutung der Möglichkeit des Tragens unter der Kleidung / Importance of wearing orthosis underneath clothing

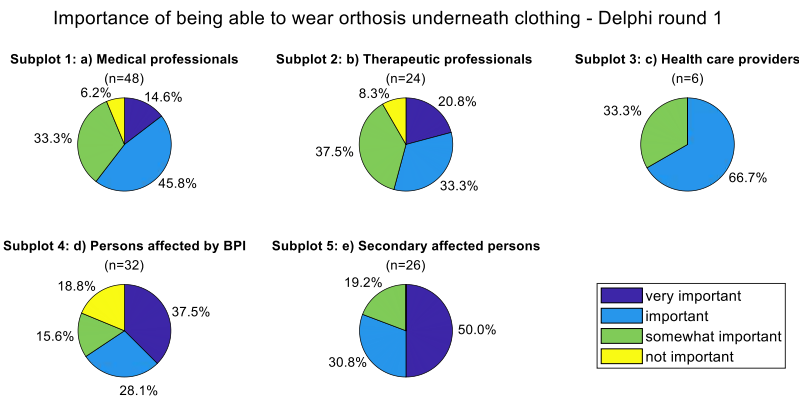


Figure 4-4:  
 Importance  
 of wearing  
 orthosis  
 underneath  
 clothing



#### 4.5 Anpassungsmöglichkeiten / Preference of customization

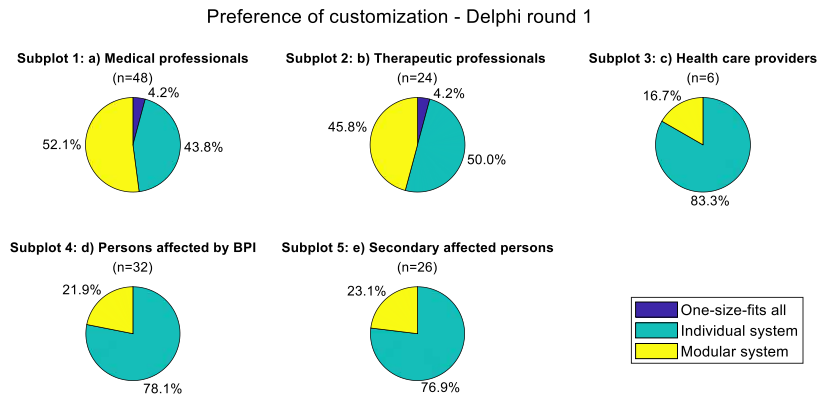


Figure 4-5: Preference of customization

#### 4.6 Art der Aktivierung / Type of activation

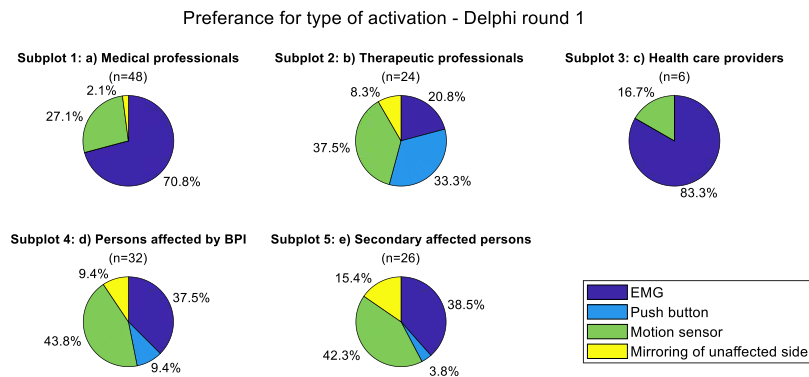


Figure 4-6: Preference of activation

#### 4.7 Weitere Anforderungen / Further requirements

**Freitextantworten „Haben Sie weitere spezifische Anforderungen an die Orthese?“ / Free text responses „Do you have any other specific requirements for the orthosis?“ – (a), (b), (c), (e):**

- "Finanzierbarkeit" ("Financial viability")
- "Sie sollte kaum sichtbar sein" ("It should be barely visible")
- "Muss für die sehr verschiedenen Ausmaße der Paresen anpassbar sein; Handfunktion mit unterstützen" ("Must be adaptable to the very different degrees of paresis; support of hand function")
- "Kortikale Steuerung" ("Cortical control")
- "Sie muss funktionellen Nutzen bringen" ("It must provide a functional benefit")

- "Dürfte nur in Verbindung mit Physio- und/oder Ergotherapie verordnet werden" ("Should only be prescribed in combination with physiotherapy and/or occupational therapy")
- "Covered by insurance; easy access to maintenance and support in case of problems" ("Übernahme durch die Versicherung; einfacher Zugang zu Wartung und Unterstützung bei Problemen")
- "Optik und Funktion müssen die Bedenken überwiegen, sich ein weiteres Hindernis an den Arm und die Funktion zu hängen" ("Appearance and function must outweigh concerns about adding another obstacle to the arm and function")
- "Modulare Anbauteile mit verschiedenen Zug und Lastpunkten" ("Modular attachments with different traction and load points")
- "Nicht allzu lange Herstellungszeiten" ("Not too long production times")
- "Gut mit VR-Brille kombinierbar; oder mit einem sensiblen Stimulationshandschuh (bspw. STIMEX) kombinierbar" ("Can be combined with VR glasses; or with a sensitive stimulation glove (e.g. STIMEX)") Anmerkung/Note: VR = Virtuelle Realität/Virtual Reality
- "As mentioned previously" ("Wie zuvor beantwortet")
- "Muss vom Patienten akzeptiert und getragen werden. Nicht jeder, nur teilparetische Patienten werden eine aufwendige Orthese wollen, wenn durch Trickbewegungen eine gewisse Gesamtfunktionalität hergestellt werden kann" ("Must be accepted and worn by the patient. Not every incomplete paretic patient will want a complex orthosis if a certain level of overall functionality can be achieved through trick movements")
- "Cost; Should be available" ("Kosten; sollte verfügbar sein")
- "Individuelles Training zur Eingewöhnung" ("Individual training for familiarization")
- "Aside from its general tasks people could be more comfortable if they could customize it (color schemes, powerbank for phone, bluetooth) (might be a bit difficult at the beginning)" ("Abgesehen von den allgemeinen Aufgaben könnten die Personen sich wohler fühlen, wenn sie es individuell anpassen könnten (Farbschemata, Powerbank fürs Handy, Bluetooth) (könnte am Anfang etwas schwierig sein)")
- "Die Öffnung der betroffenen Hand zu ermöglichen. Zum Beispiel um Gegenstände zu greifen" ("To allow the affected hand to open. For example, to grasp objects")
- "Für Anwender intuitiv zu bedienen" ("Intuitive for users to operate")

-----  
 Anforderungen an das technische  
 Unterstützungssystem /  
 Requirements for the technical  
 support system  
 -----

**Freitextantworten „Haben Sie weitere spezifische Anforderungen an die Orthese?“ / Free text responses „Do you have any other specific requirements for the orthosis?“ – (d):**

- "In Alltag ästhetisch integrierbar. Kostenvarianten (basic; premium)" ("Can be aesthetically integrated into everyday life. Cost variants (basic; premium)")
- "Gut wäre es für mich, wenn sie bei Bedarf für bestimmte Tätigkeiten verwendet werden kann, um vor allem den nicht betroffenen Arm zu entlasten, sodass Verspannungen des gesamten Körpers verhindert werden können, da dieser durch die Orthese endlich symmetrisch arbeiten kann. Beispiel Sport, Übungen, die ich nicht kann: Klettern, Liegestütze, Klimmzüge; Das Tragen der Orthese wäre für mich eher schlecht vorstellbar, wenn ein Gewöhnungseffekt eintritt, sodass ich nicht mehr auf sie verzichten kann und dauerhaft tragen MUSS, weil mein Rücken ohne Orthese z.B. nicht mehr arbeitet wie zuvor; Ich würde sie gerne nutzen, um Muskeln aufzubauen, um dann ohne Orthese stärker zu sein (als Therapie). Ich habe Schwierigkeiten an einer Staffelei zu malen oder an einer Tafel zu schreiben. Hier kann ich mir die Orthese sehr gut vorstellen, wobei dabei Präzision sehr wichtig wäre" ("It would be good for me if it could be used for certain activities if necessary, especially to relieve the unaffected arm, so that muscle tension in the

whole body can be prevented, as the orthosis finally allows the body to work symmetrically. For example in sports, exercises that I can't do: climbing, push-ups, pull-ups; Wearing the orthosis would be rather unimaginable for me if a habituation effect occurs so that I can no longer do anything without it and HAVE to wear it permanently, because without it my back, for example, would no longer work as before; I would like to use it to build up muscles so that I can be stronger without the orthosis (as therapy). I have difficulty painting on an easel/writing on a blackboard. I can imagine the orthosis working very well here, although precision would be very important")

- "Orthese ohne Ellenbogenfunktion, nur für Handgelenk/Finger; Mehr Griffmuster für alle 5 Finger" ("Orthosis without elbow function, only for wrist/fingers; more grip patterns for all 5 fingers")
- "Wasserfest oder mindestens Spritzwassergeschützt, damit die Orthese auch am oder auf dem Wasser (wenn nicht sogar im Wasser, wie die Prothesen von Vincent Systems) verwendet werden kann. Eventuell können sogar die Anforderungen erfüllt werden, dass die Orthese zum Auto/Motorrad fahren verwendet werden darf, ohne dass man die Fahrzeuge vorher umbauen muss" ("Waterproof or at least splash-proof so that the orthosis can also be used near water (if not in water, like the prostheses from Vincent Systems). It may even be possible to meet the requirement that the orthosis can be used for driving a car or motorcycle without having to modify the vehicle beforehand")
- "Nein, sie soll meinen Alltag erleichtern" ("No, it should make my everyday life easier")
- "Sollte ansehnlich sein" ("Should be attractive")
- "True functional use" ("Echte Funktionalität")
- "Z.B. restkraftunterstützender Modus für inkomplette Lähmungen" ("E.g. residual strength support mode for incomplete paralysis")
- "Berührung der Handinnenfläche löst bei mir starke Nervenschmerzen aus, daher sollte dieser Kontakt möglichst gemieden werden können" ("Touching the palm of my hand causes me severe nerve pain, so I should be able to avoid this contact as much as possible")

### **Freitextantworten „Was würde eine motorisierte am Körper getragene Orthese zu einem Erfolg machen?“ /**

### **Free text responses „What do you think would make a motorized body-worn orthosis a success?“ – (a), (b), (c), (e):**

- "Alltagstauglichkeit" ("Suitability for everyday use")
- "Geringes Gewicht, schnelles Anlegen, Multifunktion" ("Low weight, quick to don on, multifunction")
- "Wenn dadurch weitere durch Kompensation entstehende Einschränkungen verhindert oder behoben werden können; Wenn der Alltag erleichtert werden würde" ("If further limitations caused by compensation can be prevented or remedied. If everyday life would be made easier")
- "Einfache Handhabung auch bei gelähmtem Arm durch die Betroffenen, geringes Gewicht, gute Feinjustierung für den individuellen Bedarf (z.B. rollstuhlbedürftig vs. gehfähig, etc.)" ("Easy to use by those affected, even with a paralyzed arm, low weight, good fine adjustment for individual needs (e.g. wheelchair need vs. walking ability, etc.)")
- "Wenn die Kosten von der Krankenkasse übernommen werden; Störungsarme Technik; Natürliche Bewegungen" ("If the costs are covered by health insurance; technology with low-disturbance; natural movements")
- "Funktionalität" ("Functionality")
- "Bei kompletter Parese, dass die Funktion der Schulter gestärkt wird und der Arm auch über den aktuellen Bewegungsradius trainiert werden kann" ("In the case of

complete paresis, that the function of the shoulder is strengthened and the arm can also be trained over the current range of motion")

- "Typisches Plexuspatienten Klientel ist "der junge Motorradfahrer", männlich, technikaffin. Würde ein gutes Interesse dieser Gruppe an einem derartigen technischen Hilfsmittel erwarten" ("A typical plexus patient client is "the young motorcyclist", male, tech-savvy. Would expect this group to be very interested in such a technical aid")
- "Einfache Verwendbarkeit, spürbare Verbesserung der Funktion im Alltag wären m.E. wichtig" (Ease of use, noticeable improvement in function in everyday life would be important in my opinion.)
- "Die soeben benannten Faktoren" ("The factors just mentioned")
- "Kortikale Steuerung" ("Cortical control")
- "Anerkanntes Hilfsmittel; Verordnungshilfe; Zuverlässig verfügbarer Servicetechniker" ("Registered aid; Prescription assistance; Reliably available service technician")
- "Funktionalität" ("Funktionalität")
- "Funktion und damit Lebensqualitätsverbesserung; Integration in den Beruf" ("Function and therefore improved quality of life; integration into the workplace")
- "Keep it easy and simple" ("Halte es einfach und unkompliziert")
- "Wenn der betroffenen Person dadurch die Partizipation am individuell bedeutsamen sozialen Leben ermöglicht wird" ("If this enables the affected person to participate in individually significant social life")
- "Wiedereingliederung in den Beruf, bessere und selbständige Bewältigung des Alltags, Vermeidung von Folgeschäden, auch von Folgeschäden durch die Orthese" ("Reintegration into work, better and independent coping with everyday life, avoidance of consequential damage, including consequential damage caused by the orthosis")
- "Aktive, verbesserte Bewegungsmöglichkeiten" ("Active, improved movement options")
- "Die Einbindung in die Alltagsbewegung" ("Inclusion in everyday movements")
- "If it is almost invisible, well fitted, light and durable and actually works" ("Wenn sie fast unsichtbar, gut angepasst leicht und robust wäre und wirklich funktionieren würde")
- "Jede Verbesserung der Teilhabe" ("Any improvement in participation")
- "Während der primären Reha sehr früh trainieren, um sich kompensatorische Ausweichbewegungen gar nicht erst anzueignen" ("Train very early during primary rehabilitation so that compensatory movements are not learned in the first place")
- "Wenn der Anwender trotz eines technischen Bauteils wieder am Alltagsleben, Arbeit etc. ggf. auch am Sport teilhaben kann. Kann es bei Ersatz von Gliedmaßen durchaus sehen und beurteilen. Plexusparesen hängen leider nur rum" ("If the user can take part in everyday life, work, sports etc. again despite a technical component. Can certainly see and assess this in the case of limb replacements. Unfortunately, plexus pareses just hang around")
- "Hoher Tragekomfort, spürbare Verbesserung der funktionellen Einsatzes des Arms, Verbesserung der Selbständigkeit" ("Very comfortable to wear, noticeable improvement in the functional use of the arm, improvement in independence")
- "Wenn sie auf Kommandos eine Bewegung ermöglichen würde. Wenn sie leicht ist und ohne großen Aufwand anzulegen wäre" ("If it would allow movement on command. If it was light and easy to put on")
- "Intuitive Nutzung ausschließlich durch den Patienten" ("Intuitive use exclusively by the patient")
- "Bio-integration, low cost, light weight, sensory input" ("Bio-Integration, geringe Kosten, geringes Gewicht, sensorischer Input")
- "Wenn er kurz nach Geburt am Säugling anwendbar wäre" ("If it could be used on infants shortly after birth")

-----  
Anforderungen an das technische  
Unterstützungssystem /  
Requirements for the technical  
support system  
-----

- "Improvement of daily activities" ("Verbesserung alltäglicher Aktivitäten")
- "Wenn Betroffene weniger das Gefühl haben, dass sie auffallen aufgrund ihrer fehlenden Armfunktionen" ("If patients feel less conspicuous because of their lack of arm function")
- "Wenn diese akzeptiert wird" ("If it is accepted")
- "Leichter Bau, gute Beweglichkeit und Kraftunterstützung" ("Lightweight construction, good mobility and strength support")
- "Gute Passform, geringes Geräuschlevel, wenig zusätzliches Gewicht" ("Good fit, low noise level, little additional weight")
- "Geringes Gewicht und leichtes Anziehen....es muss vor allem funktionieren" ("Low weight and easy to put on .... it must work above all")
- "All the characteristics listed before" ("Alle zuvor genannten Eigenschaften")
- "In my reality: 1) price 2) possibility to observe on great scale, i. e., in a great number of patients how things go on" ("In meiner Realität: 1) Preis 2) Möglichkeit, in großem Maßstab, d.h. bei einer großen Zahl von Patienten, zu beobachten, wie es weitergeht.")
- "Un ottima cosa" ("Eine gute Sache") ("A good thing")
- "Wiederherstellung verlorengegangener Funktionen. Gehfähigkeit mit Exoskelett. Armhebungen über die Horizontale" ("Restoration of lost functions. Ability to walk with exoskeleton. Lifting arm above the horizontal")
- "Comfort and trust of the user. Accomplish tasks of a certain parameter. Training and help for the user to be able to use the orthosis to its full potential" ("Komfort und Vertrauen der Nutzenden. Erledigung von Aufgaben mit bestimmten Parametern. Schulung und Hilfe für die Nutzenden, um das volle Potenzial der Orthese nutzen zu können")
- "Wenn diese im alltäglichen Leben die Funktion der Hand verbessern würde" ("If it would improve the function of the hand in everyday life")
- "Wenn sie für den Alltag leicht gebräuchlich wäre, um die Person in vielerlei Hinsicht zu unterstützen und dabei das An- und Ausziehen der Orthese nicht allzu schwer ist" ("If it would be easy to use in everyday life to support the person in many ways and not too difficult to don on and off the orthosis")
- "Myoelektrische Elektroden, schlankes Design und geringes Gewicht. Schalen in 3D Druck. Modellerstellung per Scan und CAD" ("Myoelectric electrodes, slim design and light weight. Shells in 3D printing. Model creation via scan and CAD")
- "Für Anwender intuitiv zu bedienen" ("Intuitive for users to operate")
- "Wenn der Anwender dadurch seinen Alltag wieder komplett selbst und uneingeschränkt bestreiten kann" ("If the user is able to make their everyday life completely on their own again without restrictions")
- "Erleichterung des Alltags; Resozialisierung; Wiedererlangen motorischer Fähigkeiten" ("Making everyday life easier; re-socialization; regaining motor skills")

### **Freitextantworten „Was würde eine motorisierte am Körper getragene Orthese zu einem Erfolg machen?“ /**

### **Free text responses „What do you think would make a motorized body-worn orthosis a success?“ – (d):**

- "Ich habe im Austausch mit anderen Betroffenen gelernt, dass so ziemlich jede Plexusparese unterschiedlich ist. Daher sollte auch die Orthese individuell anpassbar sein" ("I have learnt from talking to other affected persons that pretty much every Plexus palsy is different. The orthosis should therefore also be customisable")
- "Relativ unauffällig zu tragen, leicht, einfach anlegbar" ("Relatively unobtrusive to wear, lightweight, easy to put on")
- "Wenn sie relativ günstig erworben werden könnte; wenn sie nicht extra individuell angepasst werden müsste; wenn man sie zuerst testen kann; wenn es Plex-

usbetroffene auch erfahren" ("If it could be purchased relatively cheaply; if it didn't have to be customised; if it could be tested first; if people with BPI hear from it")

- "Wenn sie Muskulatur nicht nur erhält, sondern weiter aufbaut" ("If it not only preserves muscles, but also helps to gain them")
- "Mehr Selbstständigkeit fördern. Den Arm auch mal hochbringen. Mehr Kraft haben um Gegenstände zu lupfen" ("Promote more independence. Bring the arm up sometimes. Have more strength to lift objects")
- "Wenn sie funktioniert und im Alltag hilft" ("If it works and helps in everyday life")
- "Wenn Sie unauffällig ist und sich gut in den Alltag eingliedern lässt" ("If it is inconspicuous and can be easily integrated into everyday life")
- "Trainingserfolge erzielen können, Trainings und Übungen durchführen, die ich sonst eher vermeide: klettern, Liegestütze, Klimmzüge, Bankdrücken, Rudern, ... Alltag erleichtern, Alltag ohne Rückenschmerzen nach Überanstrengung: Übungen über Kopf oder welche, die die Außenrotation benötigen: z.B. Wände streichen, Malen an einer Staffelei" ("Being able to achieve training success, doing workouts and exercises that I usually tend to avoid: climbing, push-ups, pull-ups, bench presses, rowing, ... Make everyday life easier, everyday life without back pain after overexertion: Overhead exercises or those that require external rotation: e.g. painting walls, painting on an easel")
- "Wenn sie die Bewegungen unterstützen würde, die ich nicht kann und wenn ich damit physiologischerer trainieren könnte" ("If you could support the movements that I can't do and if I could train more physiologically")
- "Zuverlässigkeit" ("Reliability")
- "Geringes Gewicht und kompakt, einfache Handhabung, garantierte Kostenübernahme von den Krankenkassen, Tragen von Kleidung unter und über der Orthese, App für Handy, um Einstellungen schnell und selbst vorzunehmen" ("Lightweight and compact, easy to use, guaranteed cost coverage by health insurance, wearing clothes under and over the orthosis, app for mobile phone to make settings quickly and by yourself")
- "Eine mit dem menschlichen Körper vergleichbare Kraft" ("A force comparable to the human")
- "Geringes Gewicht; praktikabel (leicht selbst anziehbar); erleichtert den Alltag enorm (beim Abwasch, Wäsche aufhängen, ...); hilft (sportliche) Tätigkeiten bis zu einem gewissen Grad wieder ausüben zu können; ermöglicht es eventuell wieder im ausgeübten Beruf tätig zu sein oder einen bestimmten Job zu erlernen, der beidhändige Aufgaben beinhaltet" ("Lightweight; practical (easy to put on yourself); makes everyday life much easier (doing dishes, hanging up laundry, ...); helps to be able to carry out (sporting) activities again to a certain extent; may make it possible to work in the same profession again or to learn a specific job that involves two-handed tasks")
- "Dass sie so angenehm zu tragen ist, wie wenn keine Orthese benötigt würde. So angepasst, nicht, dass das Gefühl entsteht, einen Fremdkörper zu tragen" ("That it is as comfortable to wear as if no orthosis was needed. Fitted in such a way that you don't feel like you're wearing an alien element")
- "Beweglichkeit des Armes, etwas Selbständigkeit zurück, Hilfe und Unterstützung im Alltag" ("Mobility of the arm, some independence back, help and support in everyday life")
- "Mir Kraft geben, meinen Alltag wieder alleine zu bewältigen, ..." ("Giving me the strength to cope with everyday life on my own again, ...")
- "Ich persönlich habe eine Kontraktur im Ellenbogengelenk durch die Beugespastik. Wenn diese verbessert werden könnte, wäre es schön" ("I personally have a contracture in my elbow joint due to the flexor spasticity. It would be nice if this could be improved")

-----  
Anforderungen an das technische  
Unterstützungssystem /  
Requirements for the technical  
support system  
-----

- "Effective placement connection to the body for true shoulder stabilization and function" ("Effektive Verbindung zum Körper für eine echte Stabilisierung der Schulter und für die Funktion")
- "Sobald ein Nutzen beim Tragen/Halten von Gegenständen vorhanden ist, würde ich es als Erfolg ansehen" ("As soon as it could be used for carrying / holding objects, I would consider it a success")

## 5

### Analyse der individuellen Pathologie (nur Gruppe d) / Analysis of individual pathology (group d only)

.....  
Analyse der individuellen  
Pathologie (nur Gruppe d) /  
Analysis of individual pathology  
(group d only)  
.....

#### 5.1 Traumatisches Ereignis / Traumatic event – (d)

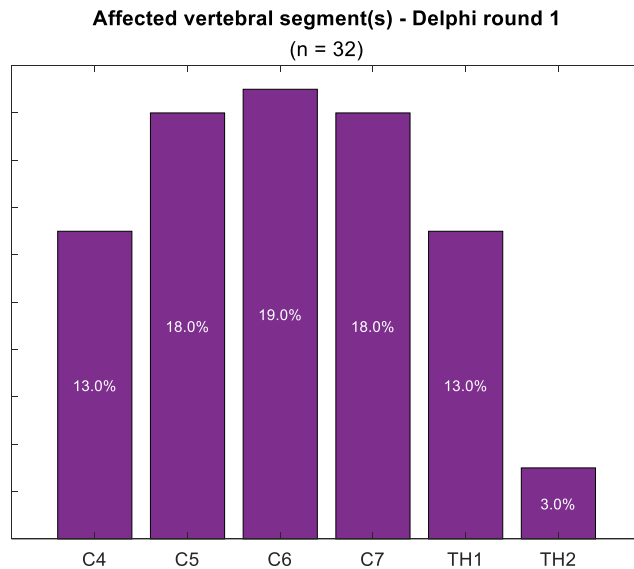


Figure 5-1:  
Affected  
vertebral  
segment(s)

#### „Wann ist der Unfall/das traumatische Erlebnis passiert?“ / „When did the accident/traumatic experience happen?“ – (d):

- Im Durchschnitt vor 17 Jahren / On average 17 years ago

#### 5.2 Genaue Beschreibung der Pathologie / Detailed description of pathology – (d)

##### Freitextantworten „Können Sie die genaue Diagnose beschreiben?“ / Free text responses „Can you describe the exact diagnosis “ – (d):

- "Armplexuslähmung nach TOS-Operation, Verletzung C6/Th1 und Zerrungsschaden" ("Arm plexus paralysis after TOS surgery, injury C6/Th1 and traction damage") Anmerkung/Note: TOS = Thoracic-outlet-syndrom
- "Plexus Parese rechts bei Geburt" ("Right plexus paresis at birth")
- "Präganglionärer Ausriss" ("Preganglionic avulsion")
- "Traumatische Geburtsparese rechts" ("Traumatic birth palsy on the right")
- "Serratus Lähmung" ("Serratus paralysis")
- "Inkomplette Plexus Brachialis Läsion links; Das gleiche Symptom am linken Fuß" ("Incomplete brachial plexus lesion on the left; same symptom on the left foot")



- "Obere Plexusparese links nach Plexusanästhesie" ("Upper left brachial plexus palsy after plexus anaesthesia")
- "Verdacht TOS" ("Suspected TOS")
- "Geburtstraumatische Plexusparese" ("Traumatic birth plexus palsy")
- "Plexusparese am rechten Arm und Schulter. Ist bei der Geburt passiert" ("Plexus pharesis on the right arm and shoulder. Happened during birth")
- "Plexus Schaden links, kein Ausriss, Wirbelsäule in Ordnung, Störung konnte damals nicht genau festgestellt werden. Schulter- und Armbeugung funktioniert teilweise" ("Plexus damage on the left, no avulsion, spine alright, disorder could not be precisely determined at the time. Shoulder and arm flexion works partially")
- "Leider nicht genau, aber Wurzelaustriss der angegebenen Wirbel" ("Unfortunately not exact but root avulsion of the vertebrae indicated")
- "Geburtstraumatische Plexusparese rechts. Hand voll funktional, leichte Zugbewegung nach innen (Faust) des Ring- und kleinen Fingers; Innenrotation funktioniert: Bewegungen vor dem Körper (z.B. Schreiben, Comutermouse benutzen) sind gut möglich; Bewegung zum Kopf hin ist mit Schwung durchführbar. Arm lässt sich über den Kopf heben, aber ist schwach; Außenrotation nicht bzw. fast nicht möglich; Arm ist insgesamt gebeugt, Schulter geht nach vorne und Schulterblatt zieht nach außen" ("Ostetric traumatic plexus palsy on the right. Hand fully functional, slight inward pulling movement (fist) of the ring and little finger; internal rotation works: Movements in front of the body (e.g. writing, using a computer mouse) are possible; movements towards the head can be performed with momentum. Arm can be lifted above the head, but is weak; external rotation not or almost not possible; arm is flexed overall, shoulder moves forward and shoulder blade pulls outwards")
- "Plexusparese bei Geburt. Typ Erb'sche Lähmung links" ("Plexus palsy at birth. Type of Erb's palsy on the left")
- "Es wurden die Plexusnerven bei einer Halsoperation verletzt (Lymphknotenentnahme). Die Lähmung ist inkomplett und betrifft den N. Accessorius, sowie den N. Thiracicus Longus, zudem sind die Hautnerven entsprechend geschädigt. Läsionshöhe ist nicht genau bestimmt worden, der Hals wurde etwa auf Höhe von C2 bis C7 aufgeschnitten" ("The plexus nerves were injured during neck surgery (lymph node removal). The paralysis is incomplete and affects the accessory nerve and the long thiracic nerve; the cutaneous nerves are also damaged. The lesion level has not been precisely determined, the neck was cut open at about the level of C2 to C7")
- "Komplette Plexusläsion links C5 bis TH1 mit Wurzelaschenausriss C7 bis TH1 nach Polytrauma vom 06.06.21" ("Complete left plexus lesion C5 to TH1 with root pocket avulsion C7 to TH1 after poly-trauma from 06/06/21")
- "Inkomplette, hochgradige Armplexusläsion in Höhe der Achsel links! Keine Versetzung von Wirbelkörpern! (Musste bei der vorherigen Frage allerdings irgendetwas angeben)" ("Incomplete, high-grade arm plexus lesion at the level of the left axilla! No displacement of vertebral bodies! (Had to specify something in the previous question though)")
- "Vor allem kompletter Plexuswurzelaustriss links C5/6 bis TH1/2" ("Esp. complete avulsion of the left brachial plexus roots from C5/6 to TH1/2")
- "Plexus brachialis Läsion links (inkompletter Ausriss C6-TH1) mit stattgefundenener autologer Nervenreplantation beider N. suralis auf den Plexus brachialis links (Prof. Antoniadis, Günzburg); großflächige Ablederung linker Arm mit freiliegendem Bizeps brachii und Spalthautreplantation; mehrfragmentäre teils grob dislozierte, offene Trümmerfraktur mit Beteiligung von Ulna und Radius → Plattenosteosynthese ulnar und radial; Unterarmchaftfraktur mit Kirschner-Draht-Versorgung; Fraktur MHK-I mit Plattenosteosynthese → die letzten drei Punkte führen zu einer passiven Bewegungseinschränkung und zu einer immer noch veränderter Anatomie des Armes, inklusive der empfindlichen Spalthaut am Ellen-

bogen (durch Ossifikationen im Ellenbogen, ist die Spalthaut mit dieser verwachsen und ist deswegen deutlich brüchiger)" ("Left brachial plexus lesion (incomplete avulsion C6-TH1) with autologous nerve transplantation of both sural nerves to the left brachial plexus (Prof. Antoniadis, Günzburg, Germany); extensive left arm ablation with exposed biceps brachii and split skin transplantation; multi-fragmentary, partly severely dislocated, open comminuted fracture with involvement of ulna and radius → plate osteosynthesis ulnar and radial; forearm shaft fracture with Kirschner-wire treatment; fracture MHK-I with plate osteosynthesis → the last three points lead to a passive restriction of movement and still altered anatomy of the arm, including the sensitive split skin on the elbow (due to ossifications in the elbow, the split skin has grown together with it and is therefore much more fragile)")

- "Frühkindliche ausgeprägte Läsion des oberen und unteren Plexus (Biceps/Triceps) brachialis C5-TH1 mit Fehlstellung und nahezu Funktionsunfähigkeit des verkürzten rechten Armes und der Hand; die Fingerfunktion ist erheblich gestört. Der rechte Arm ist um eine Handlänge verkürzt. Durch diese Fehlbildung ist die Muskulatur des gesamten Oberkörpers beeinträchtigt. Das Schultergelenk ist praktisch steif. Moderate degenerative HWS-Veränderung, Myalgie im Hals-Nacken-Bereich; LWS Fehlstatik sowie Beckenschiefstand" ("Early childhood pronounced lesion of the upper and lower brachial plexus (biceps/triceps) C5-TH1 with malposition and almost functional incapacity of the shortened right arm and hand; the finger function is considerably impaired. The right arm is shortened by one hand length. This deformity impairs the musculature of the entire upper body. The shoulder joint is almost stiff. Moderate degenerative cervical spine change, myalgia in the cervical-neck area; lumbar spine malalignment and pelvic obliquity")
- "Plexusparese" ("Plexus palsy")
- "TOS, inverse Schultertotalendoprothese-OP nach mehrfachen Totalrupturen Rotatorenmanschette, Plexusläsion u Axillaris, 2. TOS-OP und Neurolyse Plexus" ("TOS, inverse total shoulder end prosthesis surgery after multiple total rotator cuff ruptures, plexus lesion and axillaris, 2nd TOS surgery and neurolysis of the plexus")
- "Wurzelkompression C3/4, C4/5, C5/6, C6/6, Durchtrennung Ramus spinales Nervus Accessorius, Durchtrennung Plexus cervicobrachialis" ("Root compression C3/4, C4/5, C5/6, C6/6, transection of the spinal branch of the accessory nerve, transection of the cervicobrachial plexus")
- "Teilausriss am 4. Halswirbel nach einem Verkehrsunfall" ("Partial avulsion of the 4th cervical vertebra after a road traffic accident")
- "TOS links, Neurolyse des Plexus Brachialis" ("TOS left, neurolysis of the brachial plexus")
- "Traumatische Plexusläsion" ("Traumatic brachial plexus lesion")
- "Erb'sche Lähmung" ("Erb's palsy")
- "Geburtstraumatische Plexusparese" ("Traumatic birth plexus palsy")
- "Pan Plexus injury 12/15/2002. C5, C6, C7 nerve root avulsions. Reconstructive surgery at Mayo Clinic 3/15/2003. Hemi-C7 contralateral crossover to deltoid, free gracilis transfer to biceps with two intercostals to gracilis and two to biceps, partial ulnar nerve to long head of triceps, wrist flexor tendon transfers to finger extensors (middle, ring, and pinky finger)" ("Pan-Plexus-Verletzung 15.12.2002. C5, C6, C7 Nervenwurzelaurisse. Rekonstruktive Operation in der Mayo Clinic 15.03.2003. Hemi-C7 kontralateraler Crossover zum Deltoid, freier Gracilis-Transfer zum Bizeps mit zwei Interkostalen zum Gracilis und zwei zum Bizeps, partieller Ulnar-Nerv zum langen Kopf des Trizeps, Handgelenkbeugesehnen-Transfers zu den Fingerstreckern (Mittel-, Ring- und Kleinfinger)")
- "Iatrogene Armplexusläsion links mit hochgradiger proximaler Armparese und chronisch-neuropathischem Schmerzsyndrom" ("Iatrogenic left arm plexus lesion with severe proximal arm paresis and chronic neuropathic pain syndrome")

-----  
 Analyse der individuellen  
 Pathologie (nur Gruppe d) /  
 Analysis of individual pathology  
 (group d only)  
 -----

- "Komplette Plexusläsion rechts mit Wurzelavulsion von C7, C8 & TH1. C5 & C6 wurden mittels 3x 7cm Nervenrekonstruktion vor 17 Monaten rekonstruiert. Dies ist die Folge eines E-Bike Unfalls" ("Complete plexus lesion on the right with root avulsion of C7, C8 & TH1. C5 & C6 were reconstructed with 3x 7cm nerve grafts 17 months ago. This is the result of an e-bike accident")
- "Paralisi ostetrica" ("Geburtstraumatische Lähmung") ("Obstetrical paralysis")

**Freitextantworten „Welche weitere:n Verletzung:en gab es?“ /  
Free text responses „What other injury/injuries have there been?“ – (d):**

- "Betroffene Nerven: medianus und radiales, am Daumen keine Muskeln mehr. Muskeln sind abgebaut" ("Affected nerves: median and radial, no more muscles on the thumb. Muscles are degraded")
- "Im Rahmen der Plexusparese keine" ("None in the context of the BPI")
- "Mehrere Frakturen an Beinen und Füßen, am anderen Arm, Beckenringfraktur" ("Several fractures on legs and feet, on the other arm, pelvic ring fracture")
- "Bandscheibenprobleme dadurch; Skoliose dadurch; Ständige Nackenverspannung" ("Intervertebral disc problems as a result; scoliosis as a result; constant neck tension")
- "Keine" ("None")
- "3. gradig offene Trümmerfraktur Bein links" ("3rd degree open comminuted fracture of the left leg")
- "Tuberculum Majus Abrissfraktur" ("Tuberculum majus avulsion fracture")
- "Vorherige Bursitis; Chronische Nervenentzündung der Sehne am rechten Oberarm" ("Previous bursitis; chronic inflammation of the tendon of the upper arm on the right")
- "Verletzung des Plexus brachialis" ("Injury of the plexus brachialis")
- "Keine" ("None")
- "I-gradig offene Unterschenkelfraktur links; Abriss Processus styloideus ulnae links; Rippenserienfraktur (1. Rippe links, 4.-5. Rippe rechts); Lungenkontusion beidseits; Facettengelenksfraktur Halswirbelkörper 6/7 mit Querfortsatzfrakturen Halswirbelkörper 6 und 7 links und fraglicher Instabilität; Armplexusläsion links; Hypothermie (32,8°C)" ("I-grade open fracture of the lower leg on the left; avulsion of the ulnar styloid process on the left; serial rib fracture (1st rib on the left, 4th-5th rib on the right); pulmonary contusion on both sides; facet joint fracture cervical vertebrae 6/7 with transverse process fractures cervical vertebrae 6 and 7 on the left and questionable instability; arm plexus lesion on the left; hypothermia (32.8°C)")
- "Keine" ("None")
- "\_"
- "Auch an Multipler Sklerose erkrankt" ("Also diagnosed from multiple sclerosis")
- "Weiterhin finden sich Sensibilitätsstörungen im Gesicht, am Hinterkopf, am Ohr sowie am Hals auf der rechten Seite" ("Furthermore, there are sensory disturbances in the face, the back of the head, the ear and the neck on the right side")
- "Scapulartrümmerfraktur, Typ Euler und Rüedi C3B, kompletter Abriss des Nervus suprascapularis und der begleitenden Gefäße; Distale Humerustrümmerfraktur AO 13C, mit langstreckender Kontusion des Nervus Ulnaris und Proximale Ulnartrümmerfraktur Schatzker Typ D, mehrfragmentäre Radiuschaftfraktur (AO 22B), mehrfragmentäre Basisfraktur der Mittelhandknochen II, III und IV" ("Scapular comminuted fracture, type Euler and Rüedi C3B, complete avulsion of the suprascapular nerve and the accompanying vessels, distal humerus comminuted fracture AO 13C, with long-distance contusion of the ulnar nerve and proximal ulnar comminuted fracture Schatzker type D, multi-fragmentary radial shaft fracture (AO 22B), multi-fragmentary base fracture of the metacarpal bones II, III and IV")
- "Depressionen, Spannungsmigräne" ("Depression, tension migraine")

- "Polytrauma, unter anderem offener Oberschenkelbruch mit Sehenschäden, Patellafraktur, Kniegelenksbruch, Pneumothorax beidseitig, Nieren/Leber/Blase/Lunge/Gehirn beschädigt, Arm links Trümmerfrakturen, Halswirbelbrüche, diverse andere kleine Muskellähmungen in allen Körperbereichen, Gedächtnisverlust, anfängliche Vollkörperlähmung, mehrere Wochen Koma, C7 Cross-transfer 10 Monate nach Unfall" ("Polytrauma, including open femur fracture with tendon damage, patella fracture, knee joint fracture, pneumothorax on both sides, kidney/liver/bladder/lung/brain damage, left arm comminuted fractures, cervical vertebrae fractures, various other minor muscle paralyses in all areas of the body, memory loss, initial full body paralysis, several weeks coma, C7 cross-transfer 10 months after accident")
- "Rippenserienfraktur links 07/2019; Asplenie nach notfallmäßiger Splenektomie bei Milzruptur 07/2019; Faktor-V-Leidenmutation mit stattgefundenener TVBT links 09/2012, seitdem unter Einnahme von Blutverdünnern(Xarelto)" ("Serial rib fracture on the left 07/2019; Asplenia after emergency splenectomy for splenic rupture 07/2019; Factor V Leiden mutation with TVBT on the left 09/2012, since then under blood thinning (Xarelto)")
- "Beckenschiefstand, Lumbalgie, mit Schmerzen in das linke Bein ausstrahlend, Skoliose, Schulterhochstand, Schulter-Nackemusculatur druckempfindlich und verhärtet" ("Pelvic misalignment, lumbalgia, with pain radiating into the left leg, scoliosis, shoulder elevation, shoulder-neck muscles pressure-sensitive and hardened")
- "-"
- "Wie vorhin" ("As mentioned before")
- "Durchtrennung Nervus Accessorius, Durchtrennung C2, Durchtrennung Plexus Cervicobrachialis, Meningeom(?) C5, Sinterungsfraktur C5, multiple Tumoren durch Schwannomatose, Neurinom L1/2 (entfernt), Cages C4/5, C5/6, z.N. Hirnblutung, Hemianopsie, Dysmetrie, Dysdiadochokinese, Hüftkopfnekrose" ("Transection of nervus accessorius, transection C2, transection of plexus cervicobrachialis, meningioma(?) C5, sintering fracture C5, multiple tumours due to schwannomatosis, neurinoma L1/2 (removed), cages C4/5, C5/6, for the assessment of possible cerebral haemorrhage, hemi-anopsia, dysmetria, dysdiadochokinesia, femoral head necrosis")
- "Gehirnblutung; Knochenbrüche" ("Cerebral haemorrhage; bone fractures")
- "TOS links, transaxilläre Exartikulation der 1. Rippe mit Neurolyse des Plexus Brachialis, Endometriose mit mehreren Bauchoperationen, Gebärmutterentfernung, danach Blasenentleerungsstörung/Blasenatonie mit anschließender Implantation von zwei Blasenstimulatoren/Neurostimulation, Lungenembolie, Thrombophilie, Faktor VIII Erhöhung, genetisch bedingte Hyperlipidämie" ("TOS left, transaxillary disarticulation of the 1st rib with neurolysis of the brachial plexus, endometriosis with several abdominal surgeries, hysterectomy, then bladder leakage disorder/bladder atony with subsequent implantation of two bladder pacemakers/neurostimulation, pulmonary embolism, thrombophilia, factor VIII elevation, genetically determined hyperlipidaemia")
- "Sprengung Sternoclaviculargelenk, Subluxation Clavicula hinter Brustbein, leichter Ausriss Nervenwurzel, Prellung Brustkorb, Impressionsfraktur Humerus" ("Sternoclavicular joint rupture, subluxation of the clavicle behind the sternum, slight nerve root avulsion, contusion of the rib cage, compression fracture of the humerus")
- "Bruch des nicht betroffenen Oberarmes" ("Fracture of the unaffected upper arm")
- "Keine" ("None")
- "None" ("Keine")
- "Zustand nach Lymphknotenentfernung; Morbus Still" ("Condition after lymph node removal; Still's disease")

-----  
 Analyse der individuellen  
 Pathologie (nur Gruppe d) /  
 Analysis of individual pathology  
 (group d only)  
 -----

- "Schädel-Hirn Trauma; Schlüsselbein- & Schulterblattbruch; Starkes chronisches Schmerzsyndrom" ("Craniocerebral trauma; Collarbone & scapula fracture; Severe chronic pain syndrome")
- "No" ("Nein")

**Freitextantworten „Welche Operationen wurden bereits durchgeführt?“ /  
Free text responses „What surgeries have already been performed?“ – (d):**

- "Resektion der 1. Rippe und zusätzlicher Halsrippe nach TOS" ("Resection of the 1st rib and additional neck rib after TOS")
- "Keine" ("None")
- "Diverse zur Versorgung des Polytraumas" ("Several for the treatment of polytrauma")
- "Keine" ("None")
- "Nerventransfer; Muskeltransfer" ("Nerve transfer; muscle transfer")
- "Freilegung und Entfernen des Narbengewebes vom in Kontinuität erhaltenen Plexus Brachialis 6 Mon. nach Unfall; Chirurgische Versorgung des Beines" ("Exposure and removal of scar tissue from the brachial plexus preserved in continuity 6 months after accident; surgical treatment of the leg")
- "Neurolyse" ("Neurolysis")
- "Keine" ("None")
- "Muskeltransfer Schulter; Bizepssehnentransfer" ("Muscle transfer shoulder; biceps tendon transfer")
- "Muskeltransfer. Radiusköpfchen wurde geschliffen" ("Muscle transfer. Radius head was polished")
- "Keine" ("None")
- "Rekonstruieren Bizeps mit Zwerchfellnerv; C7 Crosstransfer Finger Beuger/Strecke; Muskeltransplantation Fingerbeuger" ("Reconstruct biceps with phrenic nerve; C7 crosstransfer finger flexor/extensor; muscle transplant finger flexor ")
- "\_"
- "Keine" ("None")
- "Keine. Vorgeschlagen wurde eine Fixation des Schulterblatts zur Stabilisierung" ("None. A fixation of the shoulder blade for stabilisation was suggested")
- "Die ersten 9 Operationen waren wegen den Brüchen und einer Endzündung nach den ersten Operationen. Die 10. und letzte OP war am 22.09.21 an der medizinischen Hochschule Hannover. Dort wurde geschaut, ob man noch etwas retten kann und eventuell Muskeln durch andere zu ersetzen sind (weiß leider nicht wie das richtig gesagt wird)" ("The first 9 surgeries were due to the fractures and a terminal inflammation after the first surgery. The 10th and last surgery was on 22 September 2021 at the Hannover Medical University. There they tried to see if anything could be saved and to replace muscles with others (unfortunately I don't know the correct way to say this).")
- "Noch keine" ("Not yet")
- "C7 Crosstransfer; Circa 20 weitere Operationen an verschiedensten Körperregionen, Bein, Brust, Schambein, Oberschenkel, Unterschenkel, Arm, Rückenmark, Metallentfernung, Repositionieren rotiert verwachsener Knochen" ("C7 cross-transfer; approx. 20 further surgeries on various body regions, leg, breast, pubic bone, thigh, lower leg, arm, spinal cord, metal removal, repositioning of rotationally fused bones")
- "Autologe Nerventransplantation beider N. suralis auf den Plexus brachialis links nach inkomplettem Plexus brachialis Ausriss C6-TH1 (Prof. Antoniadis, Günzburg); großflächige Ablederung linker Arm mit freiliegendem Bizeps brachii und Spalthauttransplantation; Fixateur externe und Plattenosteosynthese des offenen Trümmerbruchs ulnar und radial links; Kirschnerdraht-Versorgung der Unterarmschaftfraktur links; Plattenosteosynthese der MHK-I Fraktur" ("Autologous

nerve transplantation of both sural nerves to the left brachial plexus after incomplete brachial plexus tear C6-TH1 (Prof. Antoniadis, Günzburg); extensive left arm ablation with exposed biceps brachii and split skin transplantation; external fixateur and plate osteosynthesis of the open comminuted fracture ulnar and radial left; Kirschner-wire treatment of the left forearm shaft fracture; plate osteosynthesis of the MHK-I fracture")

- "4 Hand-OPs" ("4 hand surgeries")
- "Sehnentransfer Operation; Operation gegen Fallhand" ("Tendon transfer surgery; surgery against wrist drop")
- "Wie vorhin" ("As mentioned before")
- "Multiple Tumorexcisionen, Rekonstruktionsversuche Plexus/Ansa/N. accessorius, zwei Cages HWS, Core decompression" ("Multiple tumour excisions, reconstruction attempts plexus/ ansa/accessorius nerve, two cages cervical spine, core decompression")
- "Unterarm Nerv wurde freigelegt und nach einer Quetschung gesucht, ebenso im Schlüsselbeinbereich; Schmerzsonde implantiert" ("Forearm nerve was exposed and searched for a contusion, also in the clavicle area; pain detector implanted")
- "Siehe oben genannt" ("As mentioned above")
- "Rekonstruktion Sternoclaviculargelenk, Heraushebeln der Clavicula" ("Reconstruction of the sternoclavicular joint, levering out the clavicle")
- "Sehnenverlagerung nach Hofer Art; Sehnenverlängerung Pectoralis Major; Abtragen der Vernarbungen" ("Hofer-style tendon displacement; tendon lengthening of the pectoralis major; removal of scarring")
- "Keine" ("None")
- "Answered already in previous response" ("Wurde bereits zuvor beantwortet")
- "Accessoriusneurolyse; Plexusneurolyse; Einsetzen eines spinalen Schmerzschrittmachers" ("Accessorius neurolysis; plexus neurolysis; insertion of a spinal pain pacemaker")
- "Plexus brachialis-Revision rechts; intraplexuläre Rekonstruktion mit N. ulnaris Transplantaten: Nerventransfer C5 mittels 7 cm N. ulnaris Transplantat auf N. suprascapularis; Nerventransfer C5 mittels 7 cm N. ulnaris Transplantat auf die laterale Division; Nerventransfer C6 mittels 7 cm N. ulnaris Transplantat auf die posteriore Division supraclaviculär; Entnahme des N. ulnaris auf ganzer Länge Ober- und Vorderarm sowie N. cutaneus antebrachii und brachii medialis; Tisseel-Ummantelung" ("Right brachial plexus revision; intraplexular reconstruction with ulnar nerve grafts: Nerve transfer C5 using a 7 cm ulnar nerve graft to the suprascapular nerve; Nerve transfer C5 using a 7 cm ulnar nerve graft to the lateral division; Nerve transfer C6 using a 7 cm ulnar nerve graft to the supraclavicular posterior division ulnaris graft to the lateral division; Nerve transfer C6 using a 7 cm ulnaris graft to the posterior supraclavicular division; removal of the ulnar nerve over the entire length of the humerus and forearm as well as the ante-brachial and medial brachial cutaneous nerves; Tisseel sheathing")
- "Two" ("Zwei")

-----  
 Analyse der individuellen  
 Pathologie (nur Gruppe d) /  
 Analysis of individual pathology  
 (group d only)  
 -----

**Freitextantworten „Welche anatomischen Veränderungen ergaben sich aus dem Unfall bzw. den nachfolgenden Operationen?“ /**

**Free text responses „ What anatomical changes resulted from the accident or subsequent surgeries?“ – (d):**

- "Armplexusläsion und linkes Auge ist kleiner; Linke Hand kann kaum noch genutzt werden" ("Arm plexus lesion and left eye is smaller; left hand can hardly be used")
- "Ich habe mittlerweile verhärtete Muskeln (nehme täglich Muskelrelaxan) im Nacken/ Schulterbereich, welche auf die Nerven zum Kopf drücken. Arthrose in der HWS, etc" ("I now have hardened muscles (I take muscle relaxant daily) in the neck/shoulder area, which press on the nerves to the head. Osteoarthritis in the cervical spine, etc")

- "Schiefstand der Körperhaltung" ("Misalignment of the posture")
- "-"
- "Einschränkungen in Schulter/Arm rechts" ("Restrictions in the right shoulder/arm")
- "Arm: Am Anfang totale Lähmung, nach Freilegung ca. 10% Funktionalität: Strecker and Abduktion = 0%, Beuger = 20%; Bein- und Fuß-Verkürzung, Versteifung" ("Arm: total paralysis at the beginning, after exposure approx. 10% functionality: extensor and abductor = 0%, flexor = 20%; leg and foot shortening, stiffening")
- "Muskelatrophie" ("Muscle atrophy")
- "Fehlhaltungen" ("Poor posture")
- "Vermindertes Wachstum der betroffenen Extremität, starke Bewegungseinschränkungen zwischen Elle und Speiche durch Versteifung" ("Reduced growth of the affected extremity, severe movement restrictions between ulna and radius due to stiffening")
- "Muskel wurde umgesetzt auf den Schultermuskel" ("Muscle was transferred to the shoulder muscle")
- "Linker Arm sehr dünn" ("Left arm very thin")
- "Nicht bekannt" ("Not known")
- "Armschiefhaltung/gebeugt, Schulter gekrümmt, Schulterblatt steht etwas ab" ("Arm misalignment/flexed, shoulder bent, shoulder blade protrudes slightly")
- "Keine" ("None")
- "Das Schulterblatt ist instabil und kippt bei Belastung weg, die Schulter hängt nach vorne. Ich kann sie über Muskelspannung aufrichten, dann aber aufgrund der kompensatorischen Überspannung keine Bewegungen mit dem Arm ausführen" ("The shoulder blade is unstable and collapses under load, the shoulder drops forward. I can straighten it using muscle tension, but then I can't make any movements with my arm due to the compensatory overtension")
- "Sehr viele Narben durch die OPs. Außerdem hängt der Arm im Stehen immer in einer speziellen, leicht angewinkelten Stellung" ("Lots of scars from the surgeries. In addition, the arm is always hanging down in a special, slightly bent position when standing")
- "Skoliose HWS, Arthrose: Schulter, Handgelenk, Hüfte und Knie" ("Scoliosis cervical spine, arthrosis: shoulder wrist hip and knee")
- "Mittlerweile wieder halbwegs stabiles Körperbild, joggen, Fahrrad fahren, Skateboard fahren, leichter Sport, Ballsport wieder möglich. Trotzdem oft hängender Oberkörper, verkrampfter Nacken, genereller Haltungsschaden" ("Now partially stable body image again, jogging, cycling, skateboarding, light sports, ball sports possible again. Nevertheless, often drooping of upper body, tense neck, general postural problems")
- "Vollständige aktive Bewegungseinschränkung links: Flexion Ellenbogen, Extension Handgelenk, Extension Finger; inkomplette aktive Bewegungseinschränkung links: Abduktion Schulter, Flexion Schulter, Extension Schulter, Außen- und Innenrotation Schulter, Flexion Handgelenk, Flexion Finger; (nahezu) keine aktive Bewegungseinschränkung links: Adduktion Schulter, Extension Ellenbogen; passive Bewegungseinschränkung links: veränderte Anatomie des linken Armes, inklusive empfindliche Spalthaut am Ellenbogen und Bizeps brachii, außerdem ist die Spalthaut mit Ossifikationen im Ellenbogen verwachsen und ist anfälliger für Verletzungen, Druckstellen und Abschürfungen, Subluxation links vor allem bei Mehrgewicht als nur der Arm (bei aktiver Ansteuerung rutscht der Humeruskopf korrekt in die Schultergelenkpfanne, bei zu starker Entspannung kommt es wieder zur Subluxation)" ("Complete active restriction of movement on the left: Flexion elbow, extension wrist, extension finger; incomplete active restriction of movement on the left: Abduction shoulder, flexion shoulder, extension shoulder, external and internal rotation shoulder, flexion wrist, flexion finger; (almost) no active restriction of movement on the left: Adduction shoulder, extension elbow; Passive

restriction of movement on the left: altered anatomy of the left arm, including sensitive split skin on the elbow and biceps brachii, the split skin is also fused with ossifications in the elbow and is more prone to injuries, pressure points and abrasions, subluxation on the left, especially with more weight than just the arm (with active activation, the humeral head slips correctly into the shoulder joint socket, subluxation occurs again with excessive relaxation)"

- "Bis heute keine Verbesserungen" ("No improvements to date")
- "Schiefhaltung des Oberkörpers" ("Misaligned posture of the upper body")
- "Muskelatrophien, Steifheit des gesamten Schultergelenkes, Unbeweglichkeit des Oberarmes" ("Muscle atrophy, stiffness of the entire shoulder joint, immobility of the upper arm")
- "Funktionseinschränkung unter anderem rechter Arm, der HWS, der Hüfte, Arm kann nicht über die Horizontale angehoben werden, Rotationsstörungen Hüftköpfe, Schwäche rechter Arm" ("Functional impairment of the right arm, cervical spine, hip, arm cannot be raised above the horizontal, rotational dysfunction of the femoral head, weakness of the right arm")
- "Die betroffene Hand ist wesentlich schwächer und dünner" ("The affected hand is much weaker and thinner")
- "Viele Narben, Gefühlsstörungen" ("Many scars, sensory disturbances")
- "Schulterinstabilität, Muskeldegeneration, Thorax Outlet Syndrom, Fehlstellung Sternoclaviculargelenk/Schlüsselbein" ("Shoulder instability, muscle degeneration, thoracic outlet syndrome, malposition of sternoclavicular joint/clavicle")
- "Arm ist deutlich kleiner und dünner, als der nicht betroffene Arm. Muskulatur ist deutlich schwächer. Einschränkungen der Bewegungen in allen Bereichen" ("Arm is significantly smaller and thinner than the unaffected arm. Musculature is significantly weaker. Restricted movement in all ranges")
- "Einschränkungen in Schulter, Ellenbogen, Handgelenk, Finger" ("Restrictions in shoulder, elbow, wrist, fingers")
- "Muscle atrophy throughout arm, chest, shoulder, and hand. Gracilis transfer attached at collarbone near shoulder" ("Muskelschwund in Arm, Brust, Schulter und Hand. Gracilis-Transfer am Schlüsselbein in der Nähe der Schulter angebracht")
- "Narben, Schiefhaltung" ("Scars, misaligned posture")
- "Komplette schlaffe Plexusparese rechts. Mittlerweile mit leichter Abduktion und leichter Aktivität im Bizeps Bereich; Die Sensibilität ist ab dem Ellenbogen bis zur Hand komplett ausgefallen, außer den Nervenschmerzen, welche in der Hand wahrgenommen werden" ("Complete flaccid plexus palsy on the right. Now with slight abduction and slight activity in the biceps area; sensitivity is completely lost from the elbow to the hand, except for the nerve pain perceived in the hand")
- "No" ("Nein")

-----  
Analyse der individuellen  
Pathologie (nur Gruppe d) /  
Analysis of individual pathology  
(group d only)  
-----



### 5.3 Aktuelle Therapiemaßnahmen / Currently performed therapies – (d)

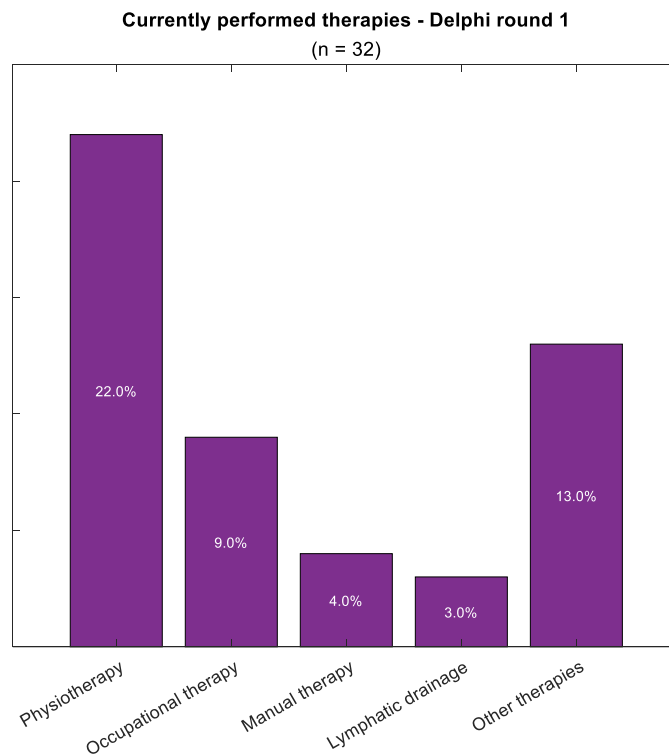


Figure 5-2:  
Current  
therapies

#### Freitextantworten „Sonstige“ / Free text responses „others“ – (d)

- "Regelmäßig Rehabilitationsmaßnahmen" ("Regular rehabilitation measures")
- "Sport" ("Sports")
- "Psychotherapie" ("Psychotherapy")
- "Osteopathie" ("Osteopathy")
- "Keine, die ersten 3 Jahre EMS und Physiotherapie" ("None, the first 3 years EMS and physiotherapy") Anmerkung/Note: EMS = Electromyostimulation
- "Nur leichte Dehnübungen" ("Only light stretching exercises")
- "Ich führe täglich eigene Übungen durch" ("I do my own exercises every day")
- "Massage"
- "Keine" ("None")
- "Keine" ("None")
- "Keine Therapie, da die Ärzte keine Besserung hierdurch erwarten" ("No therapy, as the doctors don't expect any improvement")
- "None" (Keine)
- "Funktionelle Elektrostimulation" ("Functional electrical stimulation")

5.4 Weitere Aspekte / Additional aspects – (d)

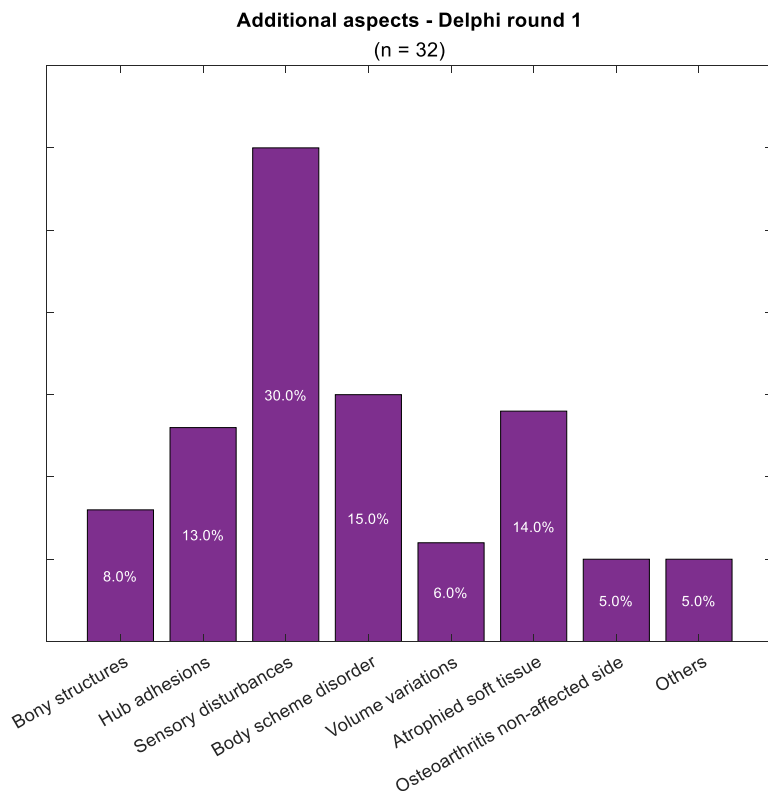


Figure 5-3:  
Additional aspects

.....  
Analyse der individuellen  
Pathologie (nur Gruppe d) /  
Analysis of individual pathology  
(group d only)  
.....

**Freitextantworten „Sonstige“ / Free text responses „Others“ – (d)**

- "Muskel verhärten sich, Plexus- Arm versteift sich" ("Muscles harden, BPI-arm stiffens")
- "Sensibilitätsstörungen sind eher leicht" ("Sensory disturbances are rather mild")
- "Sehr sehr starke Nerven- bzw. Phantomschmerzen" ("Very severe nerve/phantom pain")
- "Zeitweise Gelenkschmerzen der nicht-betroffenen Seite nach Überbelastung" ("Temporarily joint pain on the unaffected side after overloading")
- "Schmerzen im Handgelenk der nicht betroffenen Seite durch Überbelastung" ("Pain in the wrist on the unaffected side due to overloading")

## 5.5 Schmerzniveau / Pain level – (d)

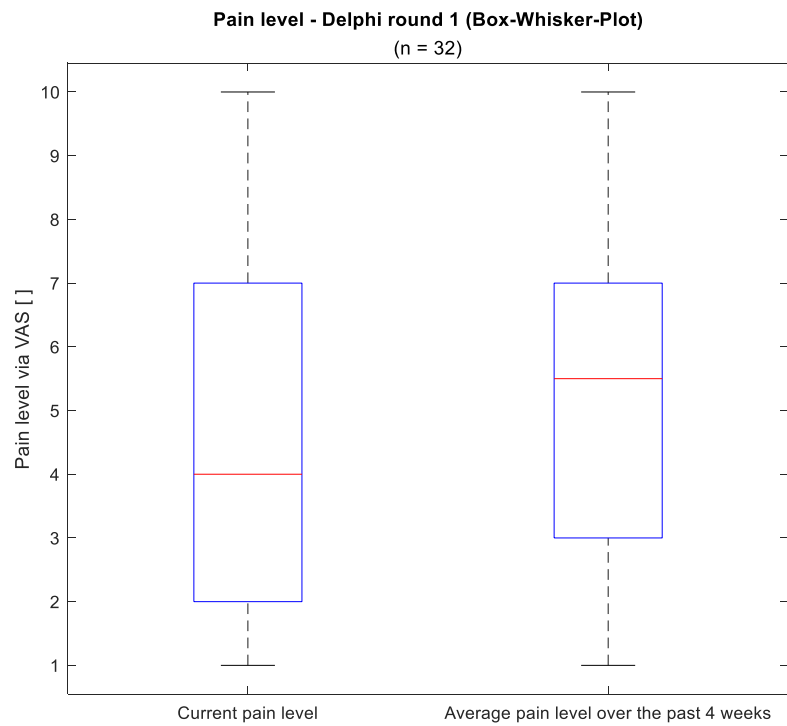


Figure 5-4:  
Pain level

## 6 Impressum und Kontakt / Imprint and contact

---

### Autorinnen und Autoren / Authors

Veronika Hofmann, Nadja Knoke, Dr. Christophe Maufroy, Dr. Urs Schneider  
(Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA /  
Fraunhofer Institute for Manufacturing Engineering and Automation IPA)

Prof. Peter Pott  
(Universität Stuttgart Institut für Medizingerätetechnik IMT /  
University of Stuttgart Institute of Medical Device Technology IMT)

### Bildquellen (Titelbild) / Image sources (Cover)

Michael Fuchs  
(Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA /  
Fraunhofer Institute for Manufacturing Engineering and Automation IPA)

### Kontaktadresse / Contact

Veronika Hofmann M.Sc.  
Wissenschaftliche Mitarbeiterin / Research Associate  
Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA /  
Fraunhofer Institute for Manufacturing Engineering and Automation IPA  
Abteilung Biomechatronische Systeme / Department Biomechatronic Systems  
Nobelstraße 12 | 70569 Stuttgart | Germany  
Telefon/Phone +49 711 970-3510  
veronika.hofmann@ipa.fraunhofer.de  
www.ipa.fraunhofer.de

### DOI-Nummer / DOI number

DOI: 10.24406/publica-2229

### Online verfügbar unter / Online available at

<https://doi.org/10.24406/publica-2229>

### Lizenz / Licence



Dieses Werk ist lizenziert unter einer Creative Commons Namensnennung -  
Nicht kommerziell - Keine Bearbeitungen 4.0 International Lizenz (CC BY-NC-ND 4.0 DE):  
This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives  
4.0 International Licence (CC BY-NC-ND 4.0 EN):  
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.de>

### Alle Rechte vorbehalten / All rights reserved

© Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA  
© Fraunhofer Institute for Manufacturing Engineering and Automation IPA

Januar 2024 / January 2024



## Autor:innen/Authors

---

**Veronika Hofmann**

Phone +49 711 970-3510  
veronika.hofmann@ipa.fraunhofer.de

**Nadja Knoke**

nadja.knoke@ipa.fraunhofer.de

**Dr. Christophe Maufroy**

Phone +49 711 970-1167  
christophe.maufroy@ipa.fraunhofer.de

**Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA**

Nobelstraße 12  
70569 Stuttgart  
www.ipa.fraunhofer.de

**Prof. Dr. Peter Pott**

Phone +49 711 685 68390  
peter.pott@imt.uni-stuttgart.de

**Dr. med. Urs Schneider**

Phone +49 711 970-3630  
urs.schneider@ipa.fraunhofer.de