

# **Dissertation**

**Spiegeltherapeutische Interventionen bei  
Komplexem Regionalem Schmerzsyndrom (CRPS)  
Eine randomisierte kontrollierte Längsschnittstudie zur  
motorischen Funktionalität**

eingereicht von

**Mag.<sup>a</sup> rer. nat  
Manuela Christine Michenthaler**

zur Erlangung des akademischen Grades

**Doktorin der medizinischen Wissenschaft**

**Dr.<sup>in</sup> scient. med.**

an der Medizinischen Universität Graz

ausgeführt am

**Institut für Pathophysiologie der Medizinischen Universität Graz  
Klinikum Klagenfurt am Wörthersee**

unter der Anleitung von

**Priv.-Doz.<sup>in</sup> Mag.<sup>a</sup> Dr.<sup>in</sup> rer. nat. Adelheid Kresse  
Univ.-Prof. Dr. phil. Anton Sadjak  
Prim. Univ.-Prof. Dr. Rudolf Likar, MSc**

**2015**

## **Eidesstattliche Erklärung**

Ich erkläre ehrenwörtlich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig angefertigt und abgefasst und jene Personen und Institutionen die am Zustandekommen der Forschungsdaten beteiligt waren, namentlich genannt habe.

Andere, als die angegebenen Quellen habe ich nicht verwendet und die, den benutzten Quellen wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen habe ich als solche kenntlich gemacht.

Die Arbeit an der Dissertation und daraus entstandener Publikationen wurde gemäß den Regeln der „Good Scientific Practice“ durchgeführt.

Feldkirchen am ...

In der vorliegenden Dissertation wurde aufgrund der besseren Lesbarkeit auf eine geschlechterspezifische Differenzierung, wie zum Beispiel der Patient/die Patientin verzichtet. Entsprechend verwendete Begriffe gelten im Sinne der Gleichbehandlung für beide Geschlechter.

## Danksagung

Zur Entstehung dieser Dissertation hat eine Reihe von Personen einen großen Beitrag geleistet. Denen gebührt mein besonderer Dank:

Ein großes Dankeschön gebührt der medizinischen Direktion des Klinikum Klagenfurt am Wörthersee für die Erlaubniserteilung und die Bereitstellung der nötigen Ressourcen, welche dieses Studienvorhaben erst umsetzbar gemacht haben.

Ein herzliches Dankeschön möchte ich auch an das gesamte Team der Schmerzambulanz des Zentrums für Interdisziplinäre Schmerztherapie, Onkologie und Palliativmedizin richten. Allen voran danke ich Herrn Prim. Univ.-Prof. Dr. *Rudolf Likar*, MSc. für sein Mentoring, für die Diskurse auf den Kongressen und die motivierende Unterstützung während dieser herausfordernden Zeit.

Besonderer Dank gebührt neben meiner betreuenden Professorin und Mentorin Frau Priv.-Doz.<sup>in</sup> Mag.<sup>a</sup> Dr.<sup>in</sup> Adelheid Kresse, welche mit mir immer sehr wertschätzende, bereichernde und motivierende Gespräche führte, auch meinem zweiten Betreuer und Mentor Herrn Univ.-Prof. Dr. Anton Sadjak, welcher auch stets ein wertschätzendes offenes Ohr und E- Mail Account für meine Anliegen hatte. Ohne Ihr wertvolles akademisches Zutun wäre diese empirische Arbeit nicht entstanden.

Ein spezieller Dank gebührt auch den sehr kooperativen Patientinnen und Patienten der Schmerzambulanz Klagenfurt, ohne die Realisierung dieser Studie nie möglich gewesen wäre.

Last but not least möchte ich mich bei meiner Familie und meinen Freunden bedanken, die immer da waren wenn sie gebraucht wurden. Ihr seid die Besten!

DANKE

# Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis.....	4
Abkürzungsverzeichnis .....	9
Abbildungsverzeichnis .....	11
Figurenverzeichnis .....	11
Tabellenverzeichnis.....	12
Zusammenfassung.....	13
Abstract .....	14
Einleitung.....	15
I Theoretischer Teil.....	19
CRPS.....	20
1 CRPS - Geschichte und Definition des Komplexen Regionalen Schmerzsyndroms .....	20
1.1 Historie der Terminologie – Vom Morbus Sudeck zum CRPS.....	20
1.1.1 Die Kausalgie .....	20
1.1.2 Morbus Sudeck .....	21
1.1.3 Überblick Nosographie im Wandel der Zeit.....	23
1.2 Taxonomie Komplexes regionales Schmerzsyndrom – CRPS .....	24
1.3 CRPS I und CRPS II.....	25
1.4 Epidemiologie .....	26
1.4.1 Inzidenz- und Prävalenzraten des CRPS .....	26
1.4.2 Unterschiede der Gender- und Altersverteilungen .....	27
1.5 Ätiologie .....	28
1.5.1 Auslösende Faktoren .....	28
1.5.2 Psychische Symptome und Mechanismen.....	29
1.6 Klinisches Bild des CRPS .....	29
1.6.1 Störungssyndrome des Nervensystems .....	31
1.6.2 Muskel-, Gelenks- und Knochenveränderungen.....	37
1.7 Diagnostik .....	39

1.7.1	Die Budapestkriterien .....	39
1.7.2	Differenzialdiagnostik .....	40
1.7.3	Psychologische Diagnostik .....	40
1.7.4	Einteilung nach Schweregraden .....	41
1.7.5	Pathogenese .....	42
1.8	Therapie.....	43
1.8.1	Nicht medikamentöse Therapiestrategien .....	44
1.8.2	Medikamentöse Therapien.....	44
1.8.3	Weitere Therapieansätze .....	45
1.8.4	Invasive Verfahren .....	46
2	Spiegeltherapie .....	47
2.1	Indikationen für Spiegeltherapie.....	48
2.2	Rahmenbedingungen zur Durchführung und Therapiesetting .....	48
2.3	Spiegeltherapie Durchführung.....	51
2.4	Physische und psychische Voraussetzungen.....	52
2.5	Neurophysiologische Grundlagen .....	54
II	Empirischer Teil.....	56
3	Zielsetzung der Studie .....	57
3.1	Forschungsfragen.....	57
3.2	Forschungshypothesen .....	60
3.3	Studiendesign und Qualitätsmanagement (ICH – GCP) .....	64
3.4	Stichprobe und Studiendurchführung.....	66
3.4.1	Patientenkollektiv und Patientenrekrutierung .....	66
3.4.2	Einschlusskriterien .....	68
3.4.3	Ausschlusskriterien .....	69
3.4.4	Work Flow.....	70
3.4.5	Funktionelle MRT Aufnahmen – Design.....	78
3.5	Studienort.....	80
3.6	Material und Methoden.....	80
3.6.1	Schmerzoperationalisierung .....	81

3.6.2	Untersuchung Sensorik .....	81
3.6.3	Untersuchung Kraft und Motorik .....	82
3.6.4	Untersuchung autonomer und trophischer Symptomatik .....	86
3.6.5	Psychometrische Operationalisierungsverfahren .....	88
4	Auswertungsmethoden .....	91
4.1	Deskriptivstatistik .....	91
4.2	Interferenzstatistik.....	91
4.3	Statistische Testverfahren.....	92
4.4	fMRT Auswertungsverfahren FSL.....	93
5	Überprüfung der Hypothesen und Ergebnisse.....	93
5.1	Soziodemographische Darstellung der Stichproben.....	93
5.2	Lokalisation der CRPS Symptomatik und Lateralität .....	96
5.3	Erkrankungsdauer .....	97
5.4	Gruppenverteilung der CRPS Typologien.....	98
5.5	CRPS auslösende Faktoren.....	98
5.6	Autonome/Trophische/Neglect - Like Symptomatik.....	99
5.6.1	Hautfarbe und Beschaffenheit .....	99
5.6.2	Störungen der Hautanhangsgebilde .....	99
5.6.3	Neglect - Like Symptomatik .....	99
6	Ergebnisse Überprüfung der Forschungshypothesen .....	100
6.1	Ergebnisse der Überprüfung der Forschungshypothese 1 zum Unterschied der subjektiven Schmerzstärke im BPI vor und nach Beendigung der Therapie .....	100
	CRPS – Lokalisation obere Extremität .....	103
6.2	Ergebnisse der Überprüfung der Forschungshypothese 2 zum Unterschied der Gruppen in der Funktionalität der Palmarflexion der Daumengelenke (digitus manus I) der gesunden und der CRPS betroffenen Hand zu den drei Messzeitpunkten .....	103
6.3	Ergebnisse der Überprüfung der Forschungshypothese 3 zum Unterschied der Gruppen in der Funktionalität der Palmarflexion der Zeigefingergelenke (digitus manus II) der gesunden und der CRPS betroffenen Hand zu den drei Messzeitpunkten .....	106

6.4	Ergebnisse der Überprüfung der Forschungshypothese 4 zum Unterschied der Gruppen in der Funktionalität der Palmarflexion der Mittelfingergelenke (digitus manus III) der gesunden und der CRPS betroffenen Hand zu den drei Messzeitpunkten .....	109
6.5	Ergebnisse der Überprüfung der Forschungshypothese 5 zum Unterschied der Gruppen in der Funktionalität der Palmarflexion der Ringfingergelenke (digitus manus IV) der gesunden und der CRPS betroffenen Hand zu den drei Messzeitpunkten .....	112
6.6	Ergebnisse der Überprüfung der Forschungshypothese 6 zum Unterschied der Gruppen in der Funktionalität der Palmarflexion der kleinen Fingergelenke (digitus manus V) der gesunden und der CRPS betroffenen Hand zu den drei Messzeitpunkten .....	115
6.7	Ergebnisse der Überprüfung der Forschungshypothese 7 zum Unterschied der Gruppen in der Funktionalität der Palmarflexion des Handgelenkes der gesunden und der CRPS betroffenen Hand zu den drei Messzeitpunkten .....	118
6.8	Ergebnisse der Überprüfung der Forschungshypothese 8 zum Unterschied der Gruppen in der Funktionalität der Extension des Handgelenkes der gesunden und der CRPS betroffenen Hand zu den drei Messzeitpunkten .....	120
6.9	Ergebnisse der Überprüfung der Forschungshypothese 9 zum Unterschied der Gruppen in der Handkraft der gesunden und der CRPS betroffenen Hand zu den drei Messzeitpunkten.....	122
	CRPS – Lokalisation untere Extremität .....	124
6.10	Ergebnisse der Überprüfung der Forschungshypothese A zum Unterschied der Gruppen in der Funktionalität des Knies zu den drei Messzeitpunkten .....	124
6.11	Ergebnisse der Überprüfung der Forschungshypothese B zum Unterschied der Gruppen in der Funktionalität der Plantarflexion der Sprunggelenke zu den drei Messzeitpunkten.....	127
6.12	Ergebnisse der Überprüfung der Forschungshypothese C zum Unterschied der Gruppen in der Funktionalität der Dorsalextension der Sprunggelenke zu den drei Messzeitpunkten.....	130
	fMRT Ergebnisse Überprüfung Forschungshypothese .....	132
7	Resümee und Diskussion der Untersuchungsergebnisse .....	134
8	Ausblick .....	139
9	Literaturverzeichnis .....	141
10	Abbildungsverzeichnis Nachweise .....	153
11	Figurenverzeichnis Nachweise .....	155

12	Tabellenverzeichnis Nachweise.....	155
13	Verzeichnis der psychometrischen Messinstrumente .....	155
14	Anhang .....	156

## Abkürzungsverzeichnis

Abb. = Abbildung

BL = Baselinemessung

bspw. = beispielsweise

bzw. = beziehungsweise

CRF = Case Report Form

CRPS = „komplexes regionales Schmerzsyndrom

CTS = Clinical Trial Spezialist

DIP = Articulatio interphalangealis distalis

DMSO = Dimethyl – Sulfoxid

EK = Ethik Kommission des Landes Kärnten

etc. = et cetera

FSL = fMRIB Software Library

GABA = Gamma-Aminobuttersäure

IASP = International Association for the Study of pain

ICD 10 = Die Internationale statistische Klassifikation der Krankheiten und  
verwandter Gesundheitsprobleme, 10. Revision

ICF = Informed consent form

ICH – GCP = International Conference on Harmonisation - Good Clinical Practice

M = Mittelwert

MCP = Metacarpophalangealgelenk

MD = Median

n = Stichprobengröße

N – ACC = N – Acetylcystein

ORBIS = ganzheitliches Krankenhaus – Informationssystem

OTA = Apertura thoracis superior

p = Wahrscheinlichkeit

PI = Prinzipal Investigator

PIP = Proximales Interphalangealgelenk

PNS = Peripheres Nervensystem

R = Range

ROM = Range of Motion

S = Seite

SCS = Spinal cord stimulation

SD = Standardabweichung

SI = Subinvestigator

SMP = sympathisch unterhaltener Schmerz

SOP = Standard Operating Procedures

SPSS = Statistical Package for the Social Sciences

Tab. = Tabelle

TENS = transkutane elektrische Nervenstimulation

usw. = und so weiter

VAS = Visuelle analog Skala

vgl. = vergleiche

WHO = World Health Organization

z.B. = zum Beispiel

ZISOP = Zentrum für Interdisziplinäre Schmerztherapie, Onkologie und

Palliativmedizin am Klinikum Klagenfurt am Wörthersee

ZNS = Zentrales Nervensystem

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Silas Weir Mitchell.....	20
Abbildung 2: Paul Hermann Martin Sudeck.....	22
Abbildung 3: CRPS der oberen und unteren Extremität desselben Patienten .....	33
Abbildung 4: Extreme trophische Veränderungen an der linken Hand.....	35
Abbildung 5: CRPS der rechten Hand im fortgeschrittenen Stadium .....	38
Abbildung 6: Therapiespiegel und Halterung – obere Extremität .....	50
Abbildung 7: Spiegeltherapie der oberen Extremität.....	51
Abbildung 8: Studien Work Flow.....	70
Abbildung 9: Spiegeltherapie Obere Extremität .....	74
Abbildung 10: Blockparadigma fMRT .....	78
Abbildung 11: Übungsmedium zur fMRT Untersuchung.....	79
Abbildung 12: Nine Hole Peg Test.....	82
Abbildung 13: Goniometer .....	83
Abbildung 14: Dynamometer .....	85
Abbildung 15: Volumetrie .....	86
Abbildung 16: Lateralisation und Lokalitätsverteilung CRPS Symptomatik.....	96

## Figurenverzeichnis

Figure 1: Frida Kahlo Tree of hope – Remain strong.....	18
Figure 2: Frida Kahlo.....	55

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Überblickstabelle Nosographie der vergangenen 100 Jahre .....	23
Tabelle 2: Leitsymptomatik des komplexen regionalen Schmerzsyndroms CRPS .....	30
Tabelle 3: IASP Budapestkriterien .....	39
Tabelle 4: Therapiealgorithmus bei CRPS .....	43
Tabelle 5: Beispiel Visuelle Analogskala VAS .....	81
Tabelle 6: Test der Innersubjekteffekte Schmerz BDI .....	101
Tabelle 7: Schmerzintensität der Gruppen zu den drei Messzeitpunkten .....	101
Tabelle 8: Funktionalität Palmarflexion der Daumengelenke der Gruppen zu T <sub>1</sub> und T <sub>2</sub> .....	103
Tabelle 9: Funktionalität Palmarflexion der Zeigefingergelenke der Gruppen zu T <sub>1</sub> und T <sub>2</sub> .....	106
Tabelle 10: Funktionalität Palmarflexion der Mittelfingergelenke der Gruppen zu T <sub>1</sub> und T <sub>2</sub> .....	110
Tabelle 11: Funktionalität Palmarflexion der Ringfingergelenke der Gruppen zu T <sub>1</sub> und T <sub>2</sub> .....	113
Tabelle 12: Funktionalität Palmarflexion der kleinen Fingergelenke zu T <sub>1</sub> und T <sub>2</sub> .....	116
Tabelle 13: Funktionalität Palmarflexion des Handgelenkes der Gruppen zu T <sub>1</sub> und T <sub>2</sub> .....	118
Tabelle 14: Funktionalität Dorsalextension des Handgelenkes der Gruppen zu T <sub>1</sub> und T <sub>2</sub> .....	120
Tabelle 15: Unterschied der Gruppen in der Handkraft zu den drei Messzeitpunkten .....	122
Tabelle 16: Funktionalität der Knieflexion der Gruppen zu den drei Messzeitpunkten .....	124
Tabelle 17: Funktionalität Plantarflexion der Sprunggelenke zu den Messzeitpunkten .....	127
Tabelle 18: Funktionalität Dorsalextension des Sprunggelenks zu den Messzeitpunkten .....	131
Tabelle 19: fMRT Aufnahmen Sensomotorischer Kortex .....	132
Tabelle 20: T- Test für abhängige Stichproben kortekale Reorganisation SI und SII .....	132
Tabelle 21: T- Test für abhängige Stichproben kortekale Reorganisation SI und SII .....	133
Tabelle 22: Wilcoxon Test für abhängige Stichproben .....	133

## Zusammenfassung

Der Symptomcluster des Komplexen Regionalen Schmerzsyndroms (CRPS) zeichnet sich durch eine erhebliche zugrundeliegende Heterogenität auf allen klinischen Dimensionen und Ebenen aus. So präsentiert sich dieses Schmerzbild auf der subjektiven psychoemotionalen Ebene für den Patienten als sehr quälend. Die subjektive Lebensqualität als auch der unmittelbare psychosoziale Kontext ist multipel belastet. CRPS entwickelt sich charakteristisch in den meisten Fällen aus einem vorangegangenen somatischen (Bagatell-) Trauma.

Die Spannbreite der klinischen Symptomatik erstreckt sich in einer neurologischen Trias aus autonomen, trophischen und motorischen Störungen. Diese scheinen auf einer kortikalen Reorganisation in den sensomotorischen Arealen zu basieren. Plastizität und Neuorganisation dürften auch die Basis des multimodalen Therapiealgorithmus der Spiegeltherapie darstellen.

In einer prospektiven, randomisierten, doppelverblindeten klinischen Langzeitstudie wurde die Effektivität der Spiegeltherapie im Experimental- und Kontrollgruppendesign in Bezug auf die Parameter Schmerzintensität, Lebensqualität, Motorik, Copingstrategien, Angst und Depressionswerte als auch die CRPS symptombedingte neurologische Trias evaluiert.

Es wurden 15 Patienten, des Zentrums für Interdisziplinäre Schmerztherapie, Onkologie und Palliativmedizin am Klinikum Klagenfurt mit CRPS Symptomatik der oberen als auch unteren Extremität, in die Studie eingeschlossen. Die Patienten der Experimentalgruppe erhielten, neben der medikamentösen Standardtherapie, über ein Zeitintervall von 7 Wochen je 2 Einheiten Spiegeltherapie pro Woche. Additiv konnten sie auch zu Hause üben. Patienten der Kontrollgruppe erhielten nur die medikamentöse Standardtherapie. Die Effekte in den beiden Gruppen wurden nach einem Katamnesezeitraum von 7 Wochen reevaluiert.

Es zeigten sich in der Experimentalgruppe hoch signifikante Werte bezüglich der Schmerzintensität ( $p = 0,000$ ), in der emotionalen Belastung als auch in der Zunahme in der funktionalen Beweglichkeit der Extremitätengelenke. In den FMRT Aufnahmen ließen sich keine Effekte eruieren.

Basierend auf den Ergebnissen dieser Studie, scheint Spiegeltherapie einen guten Ansatz darzustellen, CRPS betroffene Patienten holistisch zu behandeln.

## Abstract

Complex regional pain syndrome (CRPS ) is a chronic painful disease that may develop as a disproportionate consequence of a trauma affecting the limbs.

It is clinically characterized by sensory, motor and autonomic symptoms. This randomized double - blind prospective clinical trial was conducted to compare the effectiveness of mirror therapy on pain, limb function and psychological parameters on CRPS of upper and lower limb patients. Although the mechanism of action in mirror therapy is unknown, some studies in complex regional pain syndrome (CRPS) patients have indicated reorganization in the somatosensory cortex. To show probable effects we included some functional magnetic resonance imagings (fMRI).

Fifteen planned CRPS patients of the department Zentrum für Interdisziplinäre Schmerztherapie, Onkologie und Palliativmedizin (ZISOP) at the Klinikum Klagenfurt am Wörthersee were enrolled in this study. The patients were assigned to either a mirror therapy group or control group with only a standard medication treatment. The patients received mirror therapy with a 7 week treatment phase and a 7 week follow-up. Duration of therapy was half an hour, twice a week. Patients were also instructed to practice at home. The primary endpoints were a reduction in the visual analogue scale score of pain (VAS), an improvement of the motoric limb function as assessed by Motor Activity Log and an improvement in the mental stress and life quality, assessed by Hospital Anxiety and Depression Scale (HADS – D) and 12-Item Short Form Health Survey (SF-12).

Statistically significant improvements in VAS ( $P < .000$ ) and a refinement in range of motion were evaluated in mirror group. Patients also felt less depressed and anxious. They also reported an improvement in their quality of life. fMRI analysis revealed no changes in the signal asymmetry in the areas of somatosensory cortex.

No improvement was observed in the CRPS control group during the study period.

The results indicate that mirror therapy seems to be a good way to treat patients with CRPS holistically.

## Einleitung

„Schmerz“ – bezeichnet eine Sinnesmodalität, welche niemanden von uns fremd ist. Wir alle sind den unterschiedlichsten Formen von Schmerz im Alltag unterworfen. Sei es als somatische Empfindung mit affektiver, vegetativer, sensorisch – diskriminativer und motorischer Komponente als auch als psychische Dimension mit behavioralen und kognitiven Aspekten. Schmerz ist in unserem Leben allgegenwärtig. Schmerz ist, wie wir als Kind bereits gelernt haben, in vielen Fällen gut kausal behandelbar. Wenn es aber nicht mehr möglich erscheint, dieser Empfindung therapeutisch adäquat zu begegnen, entwickelt sich die Symptomatik zu einem eigenständigen Krankheitsbild mit vielfältigsten bio – psycho – sozialen Konsequenzen für den betroffenen Menschen.

Die vorliegende empirische Arbeit wird sich mit einem, aufgrund seiner Heterogenität klinisch schwer fassbaren und für Patienten physisch wie psychisch sehr belastenden Schmerzsymptomcluster auseinandersetzen: dem „komplexen regionalen Schmerzsyndrom“ („Complex regional pain syndrome“ – „CRPS“)

Das Krankheitsbild des CRPS wird von einer Trias aus autonomen, sensorischen und motorischen Störungen sowie, für den Patienten sehr belastenden Schmerzen geprägt. Dies impliziert, dass CRPS sowohl für die betroffenen Personen als auch für die behandelnden Therapeuten eine große Herausforderung darstellt.

So präsentiert sich dieses chronische Schmerzsyndrom im klinischen Kontext mit einer heterogenen Schmerzsymptomatik, zu der bis dato kein ausreichend zufriedenstellendes pathophysiologisches oder psychopathologisches Konzept identifiziert werden konnte um die, für CRPS charakteristische klinische Symptomatik als auch die, daraus resultierenden speziellen Phänomene hinreichend zu erklären.

Im klinischen Alltag bedeuten diese Gegebenheiten Schwierigkeiten in der frühzeitigen validen Diagnostik und Diagnosestellung als auch Herausforderungen eine stadienadaptierte Therapie zu implementieren. Weiters stellt sich eine reliable Einschätzung einer klinischen Prognose als schwierig dar. Betroffenen Patienten leiden massiv unter den nachhaltigen Einschränkungen durch die Krankheit, zum Beispiel durch die erheblichen limitierte Bewegungsfreiheit der betroffenen

Extremität. Diese Reduktion eines qualitativ vollen Leben und Erleben manifestiert sich in allen bio-psycho-sozialen Dimensionen der Patienten.

So berichten viele Betroffene aufgrund von Limitationen des individuellen Leistungsvermögens und den daraus resultierenden, sehr lang andauernden Arbeitsunfähigkeitszeiten sowie von gravierenden Auswirkungen auf ihre subjektive Lebensqualität und Lebensplanung. In Folge leidet natürlich auch das Selbstwertgefühl, die Selbstwirksamkeit und Einschätzung der eigenen Lebenskompetenz und Wertigkeit. Hinzu kommen die ungewissen Aspekte des Verlaufes und der weiteren Prognose, als auch die, therapeutisch schwer handelbare und persistierende Schmerzsymptomatik.

Genau an diesem Punkt möchte diese empirische Arbeit holistisch ansetzen.

In den letzten Jahrzehnten etablierte sich die visuell perzeptiv basierte Spiegeltherapie nach Ramachandran (1995) u.a. bei Patienten nach Insult und bei Phantomschmerzen nach Amputationen. So konnten die Autoren Altschuler (1999) und Rothgangel et al. (2007), als auch Cachio et al. (2009) sehr gute Effekte der Therapie bei Patienten mit Armparesen bezüglich den Parametern Schmerzreduktion, in der motorischen Funktionalitätssteigerung der Extremitäten als auch in der Verbesserung der Sensibilität, belegen. Der funktionale Hintergrund dieses erfolgreichen Therapieansatzes, welcher bis dato noch nicht dezidiert geklärt ist, scheint zu sein, dass einer neurologischen Störung eine kortikale Pathologie zugrunde liegt. Diese wiederum kann mittels den, monothematischen therapeutischen Illusionen einer neuronalen Reorganisation des entsprechenden somatotopen Feldes zugeführt werden.

Neueste Ansätze, wie die vorliegende empirische Untersuchung, versuchen nun geeignete Spiegeltherapiepläne auch für Patienten mit CRPS Problematik zu implementieren, zumal viele Patienten monotherapeutisch durch Medikation nur frustriert behandelt werden können.

Das vorliegende Studiendesign wurde als erste Erhebung auf diesem Gebiet sehr breit gefächert und holistisch begründet angelegt, da CRPS, wie auch in der empirischen Literatur dargelegt, vielfältigste Lebensbereiche und Dimensionen der Patienten infiltriert und beeinträchtigt.

So finden sich in dieser Dissertation neben dem medizinischen Fokus, einer historischen Abhandlung sowie einer ausführlichen Darstellung der Klinik auch psychometrische Prä- und Post Erhebungen, welche ebenso Ergebnisse dieser Studie sind, die aber bereits vorab in einer anderen wissenschaftlichen Arbeit an der Alpen Adria Universität Klagenfurt präsentiert wurden.

Diese Resultate meiner, 2014 der Fakultät für Psychologie an der Alpen Adria Universität Klagenfurt vorgelegten Dissertation, mit dem Titel „Effektivität der Spiegeltherapie bei Komplexen Regionalen Schmerzsyndrom (CRPS). Eine funktionelle Magnetresonanztomographie (fMRT) unterstützte, kontrollierte prospektive, doppelt verblindete RCT zum klinisch - psychologischen Status betroffener Patienten vor und nach der Therapie“ sind zum Teil ident in diese Arbeit eingeflossen.

Teilergebnisse der vorliegenden Arbeit wurden in folgenden Aufsätzen vorab publiziert:

Michenthaler, C., (2014). CRPS: „*Guter holistischer Ansatz mit der Spiegeltherapie*“. In *Universum Innere Medizin*. Ausgabe 02/2014. Onlineveröffentlichung: 11.04.2014

Michenthaler, C., (2013) „*Spiegeltherapie lindert Morbus Sudeck*“. *Medical Tribune*. Online Veröffentlichung 15.12.2013.

Michenthaler, C., (2013). „Efficacy of Mirror Therapy in Complex regional pain syndrome (CRPS) – an Initial Analysis“. Posterabstract für die 1 Tagung der NachwuchswissenschaftlerInnen an der Alpen Adria Universität Klagenfurt September 2013

Die Zitationsweise erfolgte nach Harvard – Konvention.

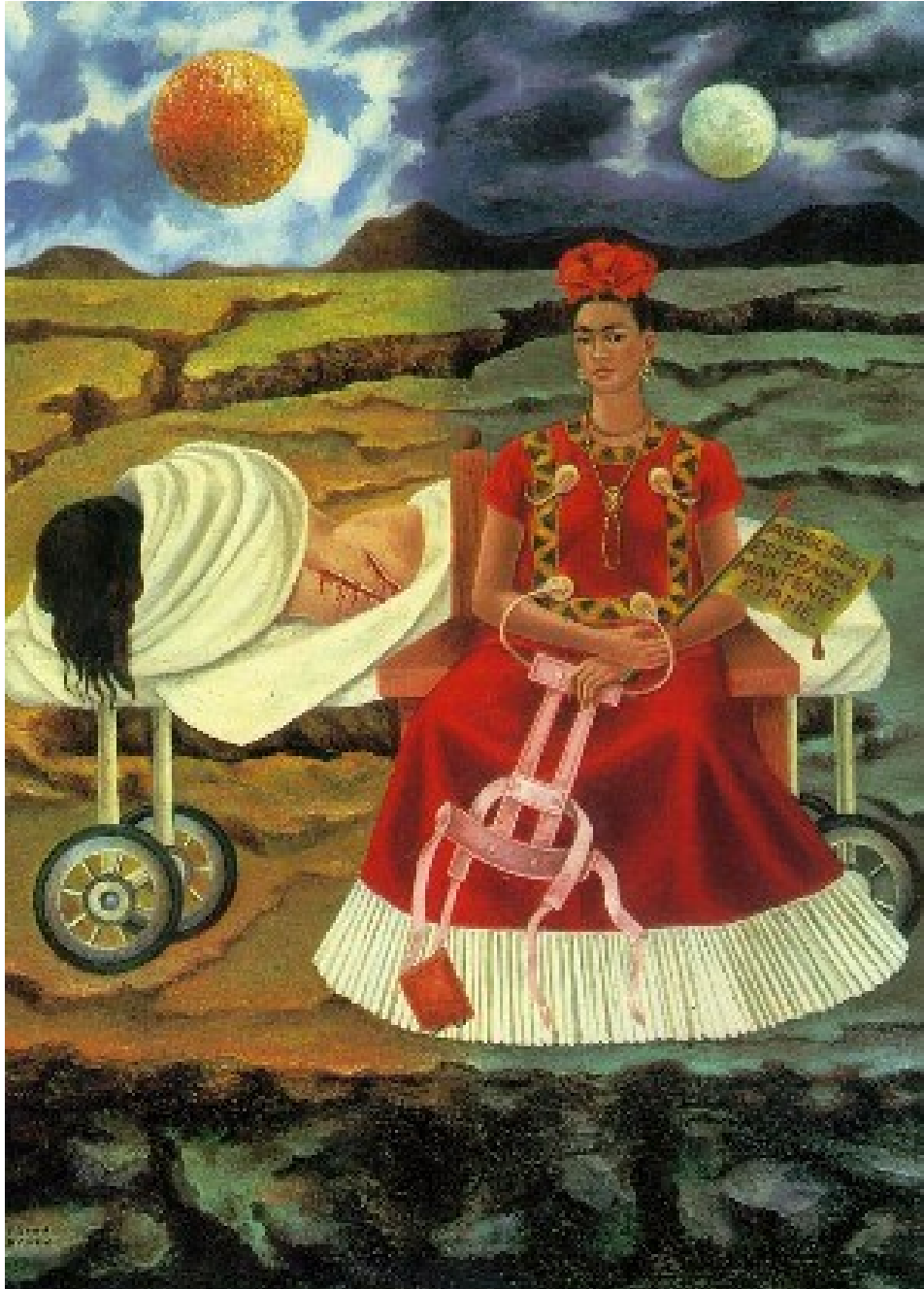


Figure 1: Frida Kahlo Tree of hope – Remain strong

(<http://www.fridakahlofans>)

# I Theoretischer Teil

# CRPS

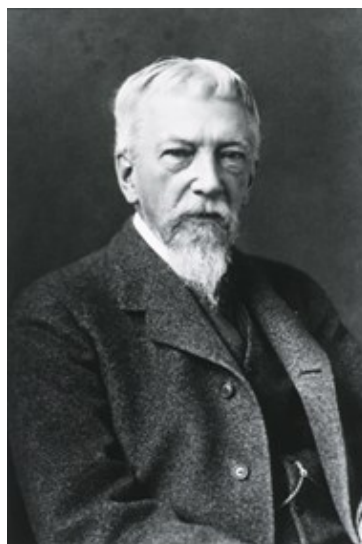
## 1 CRPS - Geschichte und Definition des Komplexen Regionalen Schmerzsyndroms

In der Wissenschaft manifestierten sich viele Termini, welche alle dem einen Ziel dienten - der expliziten Beschreibung einer, sich sehr heterogen präsentierenden, multidimensionalen Erkrankung. Um dem Leser einen guten Überblick bereits aus einer historischen Perspektive zu ermöglichen, wird ein kurzer Abriss dieser Termini unter der Prämisse des Wandels der Zeit dargestellt.

### 1.1 Historie der Terminologie – Vom Morbus Sudeck zum CRPS

#### 1.1.1 Die Kausalgie

Erste Beschreibungen der charakteristischen klinischen Symptomatik finden sich bereits im Jahre 1865 in den eindrucksvollen Schilderungen des Neurologen und Chirurgen Silas Weir Mitchell (1829 – 1914) aus dem amerikanischen Bürgerkrieg. Diese Krankheitsbilder, oft posttraumatisch aus Schussverletzungen mit Nervenläsionen resultierend, beschrieb Mitchell ausführlich in seinem Buch „Gunshot wounds and other injuries nerves“. (Tröger, Hasenböhler, 2010, S. 2)



**Abbildung 1: Silas Weir Mitchell**

(<http://www.nlm.nih.gov/theliteratureofprescription/b2Question.html>)

Basierend auf diesen Beobachtungen wählte Mitchell zur klinischen Beschreibung der Symptomatik den Terminus der „Kausalgie“. (Nix, Van Houdenhove, 2003, S. 588 und Agrawal – Kozlowski et al., 2011, S. 140 – 141, (vgl. Michenthaler, 2014, S. 20 – 23)

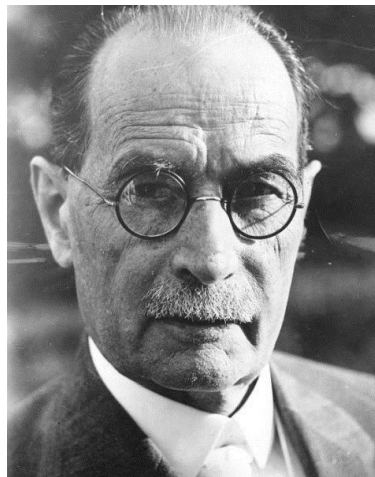
Verwundete Soldaten, welche an Kausalgie litten, präsentierten stark brennende Schmerzen sowie auch eine extrem gesteigerte Empfindlichkeit in Bezug auf Berührungen – ganz im Sinne einer klinischen Allodynie. Diese Symptomatiken konnten allerdings nicht nur im Innervationsgebiet des jeweiligen betroffenen Nervs beobachtet werden, sondern manifestierten sich auch darüber hinaus in anderen Dermatomen. Zusätzlich wurde bei vielen Betroffenen eine ausgedehnte Störung der Hautdurchblutung, ein massives Ödem, als auch eine ausgeprägte Funktionsstörung der betroffenen Extremität bis hin zum Funktionsverlust derselben beobachtet. Bei einigen Soldaten trat im Laufe der Zeit sogar eine verstärkte Ausbildung von Bindegewebskontrakturen, bis hin zur völligen Versteifung des betroffenen Körpergliedes auf. (Agrawal – Kozlowski et al., 2011, S. 142 – 143, vgl. Michenthaler, 2014, S. 20 – 23)

Des Weiteren berichtete Mitchell von einer somatischen Expandierung und Generalisierung der sich manifestierenden Schmerzsymptomatik. Diese Beobachtungen bestärkten ihn schlussendlich in der Annahme, dass dieser Symptomcluster nicht ausschließlich auf den somatischen Verletzungen basierte. (Agrawal – Kozlowski et al., 2011, S. 142 – 143) Die Hypothese, einer psychopathologischen Beteiligung an der Aufrechterhaltung der Kausalgie (CRPS) Symptomatik wird heute durch die aktuelle empirische Literatur gestützt.

### **1.1.2 Morbus Sudeck**

Der deutsche Chirurg Paul Hermann Martin Sudeck (1866 – 1945) beschrieb im Jahre 1900 eine Schmerzsymptomatik, welche signifikant oft nach einer Gelenkentzündung auftrat, aber auf keiner augenscheinlichen größeren Mitbeteiligung von Nervenläsionen basierte. Betroffene Patienten klagten über chronische Schmerzen von starker Intensität, welche auch oft eine brennende Qualität aufwiesen. (Arkudas, Kneser, Horch, 2006, S. 40 und Baron, Maier, Ulrich, 2001, S. 625, Tomiak, 2011, S. 17, vgl. Michenthaler, 2014, S. 20 – 23))

Sudeck unterzog diese Patienten der, zu dieser Zeit noch neuen und revolutionären Untersuchungsmethode des Röntgen und stellte fleckenförmige Entkalkungen an der betroffenen Extremität fest. Sudeck richtete seinen gesamten empirischen Fokus auf die Erforschung dieser reaktiven Symptomatik, welche er am 30. Kongress der Deutschen Gesellschaft für Chirurgie unter der neuen Entität der „aktiven Knochenatrophie“ präsentierte. Erst viele Jahre später, im Zuge des Fortschrittes seiner wissenschaftlichen Laufbahn veränderte er seinen Schwerpunkt und stellte die massive Schmerzkomponente der Erkrankung in den Mittelpunkt seines empirischen Paradigmas.



**Abbildung 2: Paul Hermann Martin Sudeck**

(<http://extern.peoplecheck.de/link.php?q=sudeck&url=http%3A%2F%2Fmorbusudeck.beepworld.de%2Fmorbusudeck.htm>)

Im weiteren Verlauf seiner wissenschaftlichen Arbeit identifizierte Sudeck mehrere auslösende Faktoren. So fanden sich bei vielen Patienten, welche diese Symptomatik entwickelten, im Vorfeld zum Beispiel erlittene Frakturen mit oder ohne Gelenks- und Weichteilbeteiligungen, Distorsionen oder Kontusionen, sowie Virusinfektionen durch den Varicella Virus oder posttraumatische Nervenverletzungen.

In Anlehnung an Sudeck's Arbeit und seine Verdienste etablierte sich, ausgehend von Franz Oehlecker, einem chirurgischen Kollegen, damals der Begriff des „Sudeck'schen Syndroms“ oder auch schlicht der Name „Sudeck“ als Diagnose. Allerdings wurde, aufgrund der Variabilität der Symptomatik, niemals definiert, was unter diesem Begriff des „Morbus Sudeck“ explizit zu verstehen sei. (Agrawal – Kozłowski et al., 2011, S. 146, vgl. Michenthaler, 2014, S. 20 – 23)

### 1.1.3 Überblick Nosographie im Wandel der Zeit

Es würde den Rahmen der vorliegenden Arbeit sprengen allen über die Jahrzehnte beteiligten Wissenschaftlern Rechnung zu tragen, sodass folgende Tabelle nach Schilling (2002) modifiziert nach Christian Tomiak (2011) einen prägnanten Überblick über die Nosographie im Zeitintervall der letzten 100 Jahre ermöglicht. (vgl. Michenthaler, 2014, S. 26)

**Tabelle 1: Überblickstabelle Nosographie der vergangenen 100 Jahre**

<b>Akute Knochenatrophie</b>
<b>Akute trophoneurotische Knochenatrophie</b>
<b>Algodystrophie</b>
<b>Algoneurodystrophie</b>
<b>Charcot´sche Knochenatrophie</b>
<b>Complex regional painsyndrom</b>
<b>Diabetische Cheiropathie</b>
<b>Dystrophische Pseudoarthritiden</b>
<b>Frozen Shoulder</b>
<b>Idiopathischer Sudeck</b>
<b>Kausalgie</b>
<b>Morbus Sudeck</b>
<b>Post – Traumatisches – Vasomotorisches Syndrom</b>
<b>Postinfarkt – Sklerodaktylie</b>
<b>Posttraumatische schmerzhafteste Osteoporose</b>
<b>Posttraumatische sympathische Dystrophie</b>
<b>Reflexdystrophie</b>
<b>Reflexdystrophisches Syndrom</b>
<b>RSD (Reflex Sympathetic Dystrophy)</b>
<b>Schulter – Hand Syndrom</b>
<b>Sudeck Athrophie</b>
<b>Sympathische Paralyse</b>
<b>Transiente Osteoporose</b>
<b>Wandernde Osteolyse</b>

(Schilling, 2002, S. 2529 – 2530 modifiziert nach Tomiak, 2011, S. 17)

Betrachtet man alle medizinischen Fachtermini, welche in Tabelle 1 aufgelistet wurden, so spiegeln sich in diesen die differenzierten latenten Konzepte und Paradigmen der beteiligten Fachdisziplinen wieder, welche bemüht waren, ein sehr heterogenes Krankheitsbild *einer* Begrifflichkeit zuzuordnen.

Diese Bildung einer neuen empirischen Entität, dem komplexen regionalen Schmerzsyndrom – CRPS - gelang erst 1993 durch die International Association for the Study of Pain (IASP). Dennoch finden sich in der empirischen Literatur bis heute die, in Tabelle 1 dargestellten Bezeichnungen wieder.

(Tomiak, 2011, S. 17, vgl. Michenthaler, 2014, S. 26)

## **1.2 Taxonomie Komplexes regionales Schmerzsyndrom – CRPS**

Im Jahre 1993 wurde eine Konsensuskonferenz der „International Association for the Study of Pain“ (IASP) in Florida einberufen. Primäres Ziel dieser Expertenversammlung war es, die bis dahin präsente Quantität der empirisch nicht standardisierten Diagnoseschemata in einer einheitlichen Taxonomie zu subsummieren. Im Zuge dieses Kolloquiums einigten sich die Wissenschaftler auf die, ab diesem Datum einzig anzuwendende und daher offizielle Nomenklatur des „Complex regional pain syndrome“ – CRPS - des „komplexen regionalen Schmerzsyndroms“ (vgl. Michenthaler, 2014, S. 27 – 28)

Um diese Taxonomie besser verstehen und die latenten Konzepte nachvollziehen zu können, ist es essentiell sich mit den singulären Begrifflichkeiten dieses Pain Syndromes auseinanderzusetzen:

- Der Terminus „*complex*“ steht für die, sich überaus multidimensional darstellende klinische Phänomenologie dieses Schmerzclusters.
- Das Wort „*regional*“ verweist drauf, dass das Auftreten der Symptomatik nicht nur auf eine bestimmte Lokalisation begrenzt sei, sondern sich regional im gesamten Körperschema des Patienten manifestieren kann.
- „*pain*“ - Als übergeordnetes Leitsymptom des CRPS wurde und wird von der IASP *der Schmerz* definiert. (vgl. Michenthaler, 2014, S. 27 – 28)

Die Klassifikation des CRPS wurde in der empirischen Wissenschaft durch folgende Publikation der IASP “Classification of chronic pain: descriptions of chronic pain syndromes and definitions of pain terms” im Jahre 1994 verbindlich. (vgl. Michenthaler, 2014, S. 27 – 28)

Diese Definition der IASP wurde von der empirischen Fachwelt kritisch betrachtet. Van der Laan, Veldman und Goris wiesen 1997 in diesem Kontext auf die Klinik einiger CRPS Patienten hin, welche zwar alle Kriterien der Erkrankung nach der IASP erfüllten, bei denen aber das Leitsymptom - der Schmerz - nicht evaluierbar war. Die Autoren plädierten daraufhin, eine weitere Terminusänderung in „Complex Regional Dysfunction System - Komplexes Regionales Dysfunktionssystem (CRDS)“ zu vollziehen. (Van der Laan et al., 1997, S. 291, vgl. Michenthaler, 2014, S. 27 – 28)

Das CRDS wurde zwar empirisch diskutiert, fand aber schlussendlich nicht den Einzug in die empirische Wissenschaft. Der Terminus CRPS wurde von der IASP in seiner ursprünglichen Form beibehalten. (vgl. Michenthaler, 2014, S. 27 – 28)

### **1.3 CRPS I und CRPS II**

Um das Konstrukt des CRPS und dessen klinische Diagnose einer Kategorisierung zuführen zu können, wurde von der International Association for the Study of Pain (IASP) eine Einteilung in zwei Klassifikationen, dem Typus CRPS I und dem Typus CRPS II vorgenommen. Um diese Formen des CRPS noch spezifischer voneinander zu differenzieren, basiert diese Kategorienbildung primär auf dem Vorliegen einer klinisch eindeutigen Nervenläsion oder einem gänzlichen Fehlen ebendieser. (Maier et al., 2009, S. 172, Maihöfner und Birklein, 2007, S. 332, Macrea et al., 2011, S. 248, Tröger und Hasenböhler, 2010, S. 3, vgl. Michenthaler, 2014, S. 29)

**CRPS Typ I:** Ohne Nachweis gravierender Nervenverletzungen

**CRPS Typ II:** Mit nachweisbaren Nervenläsionen bei äquivalenter klinischer Symptomatik

## **1.4 Epidemiologie**

Epidemiologischen Daten bezüglich des CRPS Clusters liegen leider oft hohe Variabilitäten zugrunde. Es gibt nur wenige empirisch gut fundierte Studien, von denen die meisten leider eine geringe Stichprobengröße aufweisen und daher keine generalisierenden Aussagen tätigen lassen. Additiv finden sich in empirischen Erhebungen hohe Varianzen bezüglich der Inzidenz- und Prävalenzraten.

### **1.4.1 Inzidenz- und Prävalenzraten des CRPS**

Obwohl durch die Autorin der vorliegenden wissenschaftlichen Arbeit eine ausführliche Online Datenbankrecherche in den spezifischen Datenpools des PubMed sowie Medonline durchgeführt wurde, konnte leider keine spezifische CRPS Gesamtbevölkerunginzidenzrate eruiert werden. In der empirischen Literatur finden sich hingegen vereinzelte europäische und amerikanische Studien, in welchen Inzidenz- und Prävalenzraten postuliert wurden. (vgl. Michenthaler, 2014, S. 31)

Sandroni et al. (2003) ermittelten, basierend auf epidemiologischen Daten einer amerikanischen Population aus Olmsted County im Bundesstaat Minnesota (USA) eine Inzidenzrate von 5,5 % CRPS I Neuerkrankungen im Jahr pro 100.000 Einwohnern. Eine Prävalenzrate für CRPS I in dieser Region wurde mit 20,6 % je 100.000 Personen beziffert. (Sandroni et al. 2003) Regionale CRPS II Neuerkrankungen wurden von den Autoren mit Inzidenzraten von 0,8 %, sowie mit Prävalenzraten von 4 % auf eine Anzahl von 100.000 Risikopatienten pro Kalenderjahr angegeben. (Tröger und Hasenböhler, 2010, S. 4, vgl. Michenthaler, 2014, S. 57)

Europäische Daten bezüglich CRPS wurden von der Forschungsgruppe De Mos et al. (2007) vorgelegt. Es zeigte sich hier eine deutlich höhere Inzidenzrate für CRPS Erkrankungen mit 26,2 % pro 100.000 Risikopatienten im Kalenderjahr. Kritisch ist hierbei allerdings anzumerken, dass in dieser statistischen europäischen Erhebung andere Diagnosekriterien als die in Amerika verwendeten herangezogen wurden. (De Mos, 2007, S. 12 – 20, Tröger und Hasenböhler, 2010, S. 4, vgl. Michenthaler, 2014, S. 57)

## 1.4.2 Unterschiede der Gender- und Altersverteilungen

In empirischen Studien zeigte sich, dass weibliche CRPS Patienten im Vergleich zu Männern signifikant überrepräsentiert waren. In der Erhebung von Sandroni et al. (2003) waren weibliche Patienten 4x häufiger von diesem Schmerzsyndrom betroffen als männliche Personen. Die Symptommanifestation konnte zwischen dem 40sten bis zum 50sten Lebensjahr detektiert werden. Birklein et al. zeigten im Jahr 2000, dass bei einer Stichprobengröße von 145 Patienten zwei Drittel dem weiblichen Geschlecht angehörten. Das mittlere Alter betrug zum Untersuchungszeitpunkt 50,4 Jahre. Bei 42 % dieser Patienten konnte des Weiteren auch ein zeitlicher Zusammenhang mit einer Belastungsreaktion und der ersten Manifestation der CRPS-Symptomatik hergestellt werden. (Birklein et al., 2000, S. 262 – 269, Tröger und Hasenböhler, 2010, S. 3 - 4)

Die Wissenschaftsgruppe De Mos et al. (2007) konnte diese Daten mit einem von ihnen evaluierten Geschlechterverhältnis von 2 bis 4 betroffenen Frauen zu einem männlichen Probanden bestätigen. Der Altersgipfel der Erkrankung lag bei dieser Evaluation zwischen dem vollendeten 50sten und dem 70sten Lebensjahr der Patienten. (vgl. Michenthaler, 2014, S. 32)

Leider finden sich in der empirischen Literatur, zwar selten aber dennoch, Kinder und Jugendliche, welche eine CRPS Symptomatik entwickelten. (Low et al., 2007, S. 567, und Tan et al., 2008, S. 875 – 879).

Tan et al. (2008) untersuchten in einer retrospektiven Längsschnittstudie die Daten von 78 CRPS erkrankten Kindern. Diese Evaluation wurde über ein Zeitintervall von insgesamt 24 Jahren durchgeführt. Bei den untersuchten Kindern zeigte sich eine Altersverteilung zwischen 2,5 und 16 Jahren, wobei sich der Mittelwert im vollendeten 13. Lebensjahr manifestierte. Auffällig war in dieser Population eine signifikant hohe weibliche Beteiligung von 85,9 % (n = 67) in der Patientenstichprobe. (vgl. Michenthaler, 2014, S. 32)

## 1.5 Ätiologie

Die Ätiologie des Komplexen Regionalen Schmerzsyndroms ist bis dato empirisch noch nicht ausreichend untersucht und darstellbar. Es manifestiert sich auch auf dieser Dimension CRPS als sehr heterogene Entität.

### 1.5.1 Auslösende Faktoren

Bei den Autoren Diener et al. (2009) finden sich Hinweise auf ein vermehrtes Auftreten des Krankheitsbildes nach Frakturen. Hierbei handelt es sich vor allem um distale Radius- und Unterarm- oder Zehenfrakturen, gefolgt von proximalen Gelenksfrakturen wie zum Beispiel des Schulter-, Ellenbogen- oder des Kniegelenks. Auch Verletzung oder Mitbeteiligung eines Nervs, wie zum Beispiel des Nervus medianus und des Nervus radialis, sowie des Plexus- und des Ischiadicus können in weiterer Folge ein CRPS Schmerzbild nach sich ziehen. (vgl. S.172)

Als andere häufige Auslöser können durchgeführte operative Eingriffe an Extremitäten identifiziert werden. Vor allem dann, wenn sie auf vorangegangenen oder persistierenden Irritationen von Nerven basieren. Hierbei sind vor allem die Karpaltunnelsyndrome und andere Engpassoperationen, wie zum Beispiel Ulnarisverlagerungen und Thoracic - outlet Syndrom Operationen zu nennen. Beim Thoracic - outlet Syndrom handelt es sich um einen Oberbegriff für verschiedene neurovaskuläre Kompressionssyndrome im Bereich der oberen Thoraxapertur (Apertura thoracis superior, OTA). (vgl. Pschyrembel, 2011, S. 2057, Michenthaler, 2014, S. 30)

Internistische Erkrankungen wie Herzinfarkt, Insult oder Intoxikationen können ebenso als auslösende Faktoren identifiziert werden. Darüber hinaus sind in der Medizin Bagateltraumen wie Distorsionen oder Punktionen von Gelenken, als auch Bisse von Tieren von relevanter Bedeutung. Betrachtet man das Zeitintervall zwischen Primärereignis und Erstmanifestation der Symptomatik genauer, so tritt in vielen Fällen das Krankheitsbild nicht zwangsläufig direkt nach dem somatischen Trauma auf, sondern kann sich auch erst in Folge einer Latenzzeit während der Therapie entwickeln. (Michenthaler, 2014, S. 30)

So wurden bei Patienten CRPS Symptome erst nach längerem Tragen eines Gipsverbandes beobachtet, wobei ein zu enges Anlegen desselben hierbei ausgeschlossen werden konnte. Weitere Fälle wurden nach der Entfernung von chirurgischem Material, im Sinne einer durchgeführten Folgeoperation, beobachtet. Dagegen scheinen sich die ätiologischen Aspekte auf der Basis von eventuellen chirurgischen Fehlentscheidungen und Behandlungen, wie zum Beispiel dem Verzicht auf eine adäquate Reposition von Frakturen bei Patienten, empirisch nicht zu bestätigen. (vgl. Diener et al., 2009, S. 172, Michenthaler, 2014, S. 30)

### **1.5.2 Psychische Symptome und Mechanismen**

In der empirischen Literatur wird eine Beteiligung psychologischer Faktoren an der Manifestation und Aufrechterhaltung des Symptomclusters kontrovers diskutiert. So lässt sich in der Studie von Geertzen et al. (1998), zitiert nach Maihöfner (2011) ein Prozentsatz von über 80% der damals evaluierten Patienten mit CRPS der oberen Extremität eruieren, welche in einem Zeitintervall von 1 bzw. 2 Monaten vor Entwicklung dieses Schmerzsyndroms sogenannte „stressful life events“ in der Biographie aufwiesen. (S. 162) Kritisch ist bei solchen retrospektiv erhobenen Daten zu hinterfragen, inwieweit unbewusste intrapersonelle Bias, als auch sekundäre psychische Veränderungen, welche nicht kausal in Zusammenhang zu setzen sind, diesen Datensatz verändern könnten.

### **1.6 Klinisches Bild des CRPS**

Die Klinik des CRPS entspricht im zugrundeliegenden Symptomgrundsatz einem neuropathischen Schmerzbild, welches sich aber auf den vielfältigsten klinischen Dimensionen präsentiert. So findet sich u.a. eine relative charakteristische, aber dennoch wenig spezifisch fassbare neurologische Trias aus motorischen, sensorischen und trophischen/autonomen Störungen. (Michenthaler, 2014, S.37, Maihöfner, 2011, S. 162)

Diese Störungen können einem sehr breiten Range an interindividuellen Ausprägungen oder auch einem Fehlen der einen oder anderen Symptomatik unterworfen sein. (Michenthaler, 2014, S.37)

Darüber hinaus manifestieren sich bei manchen Patienten sehr komplexe physische Symptomatiken, wie zum Beispiel auftretende Koordinationsstörungen und/oder eine gestörte Regulation der Körperteiltemperatur der betroffenen Extremität, welche auf einer Vasodilatation der Gefäße basiert. Ebenso häufig wurde bei den betroffenen Patienten auch ein Auftreten eines sensiblen Hemisphärensyndroms beobachtet. (vgl. Frettlöh et al., 2011, S. 519 – 527, Michenthaler, 2014, S.37)

**Tabelle 2: Leitsymptomatik des komplexen regionalen Schmerzsyndroms CRPS**

<b>1) <u>Nervensystem</u></b>	
<b>a) <u>Sensibilität</u></b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Spontanschmerz, Allodynie</li> <li>• Sensible Defizite</li> <li>• Hemisyndrome</li> <li>• Sensible „Neglect – like Syndrome“</li> </ul>	<b>c) <u>Motorik</u></b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Verlust der Willensmotorik</li> <li>• Tremor</li> <li>• Koordinationsstörungen</li> <li>• Dystonie</li> <li>• „Neglect - like Symptomatik“</li> </ul>
<b>b) <u>Autonomes System</u></b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Temperaturdifferenzen</li> <li>• Durchblutungsstörungen</li> <li>• Sudomotorische Störungen</li> <li>• Ödeme</li> <li>• Trophische Störungen</li> </ul>	
<b>2) <u>Muskel- Gelenk- und Knochenveränderungen</u></b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• „aktive“ Osteoporose</li> <li>• Gelenksteifheit</li> <li>• Ankylose</li> </ul>	<b>3) <u>Psychische Aspekte</u></b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Affektlabilität</li> <li>• Körperwahrnehmungsstörung</li> <li>• Depressivität</li> <li>• Bagatellisierung, Katastrophisieren</li> <li>• Autoaggressives Verhalten – „Vernachlässigung“</li> </ul>

(vgl. Baron et al., 2001, S. 626, modifiziert nach Maier et al., 2009, S. 174 und Baron et al., 2003, S. 225, Michenthaler, 2014, S. 38)

Tabelle 2 gewährt einen differenzierten Überblick über die, überaus heterogene Kardinalsymptomatik des CRPS. In den folgenden Kapiteln werden diese klinischen Störungssyndrome des menschlichen Nervensystems expliziter erörtert.  
(Michenthaler, 2014, S.38)

### **1.6.1 Störungssyndrome des Nervensystems**

Betrachtet man die klinische Symptomatik eines Komplexen Regionalen Schmerzsyndroms unter der Prämisse und dem Fokus der Beteiligung des Nervensystems, so findet man Defizite im Sinne einer neurologischen Trias. Diese manifestieren sich in allen drei physiologischen Gebieten. So können sich Beeinträchtigungen im Bereich des erregungsleitenden peripheren Nervensystem (PNS), als Sensibilitätsstörungen- und/oder Ausfälle, manifestieren.

Beeinträchtigungen des vegetativen Nervensystems, welches über Sympathikus- und Parasympathikusaktivität gesteuert wird, können ihrerseits Ödeme und/oder Temperaturunterschiede, als auch Defizite der willkürlichen als auch der autonomen Motorik hervorrufen. Beim reizverarbeitenden zentralen Nervensystem (ZNS) wird eine Störung des Körperschemas, lokalisiert am somatosensorischen Cortex, angenommen.(Michenthaler, 2014, S.39)

- **a - Störungen der Sensibilität und Schmerz**

Wird die Leitsymptomatik einer CRPS Erkrankung präzise betrachtet, so stehen in deren klinischem Kerngebiet Schmerz und Hyperalgesie im Fokus.

Schmerzcharakter und die Schmerzqualität werden hierbei von den Patienten als vorwiegend brennend oder bohrend, als tief in der Extremität sitzend, des Weiteren als ziehend und diffus beschrieben. Frettlöh et al. (2011) postulieren diese Deskription des Schmerzes bei insgesamt 90 % der erkrankten Personen.

(vgl. S. 519) Eine mögliche Erklärung zur Tiefenschmerzempfindung lieferten die Autoren Blumberg et al. bereits im Jahre 1992. (Michenthaler, 2014, S.39)

Sie vermuteten, dass es durch das meist vorhandene, distal lokalisierte Ödem zu einem Druckanstieg im interstitiellen Raum kommt. Folge ist ein proportionaler Anstieg des intraossären Drucks. Daraus resultiert wieder rum eine verstärkte Aktivierung distaler Nozizeptoren, welche die Perzeption des diffusen, in der Gewebetiefe lokalisierten Schmerzes, hervorrufen. (Michenthaler, 2014, S.39)

Die Schmerzintensität verstärkt sich bei bereits minimaler physischer Belastung und/oder Druckausübung auf die Gliedmaßengelenke, als auch bei Veränderung der Lageorthosthase des Patienten. Birklein et al. (2000) beschrieben bei ihrem Patientenkollektiv vor allem Schmerzen in Ruhebedingung und Hyperalgesie, welche Schmerzen durch mechanische und/oder thermische Stimuli evoziert werden können. (vgl. Birklein et al., 2000, S. 262 – 269, Michenthaler, 2014, S.39)

Im Jahr 2007 wurden diese Parameter von den Autoren nochmals um die Aspekte weiterer somatosensorischer Ausfallserscheinungen,- die Hypästhesie, und Allodynie erweitert (vgl. S. 331 – 342, Michenthaler, 2014, S.40)

- **b - Störungen des autonomen Nervensystems**

Zur neurologischen Trias der CRPS Symptomatik gehören Beeinträchtigungen in der Funktionsweise des vegetativen Nervensystems. So können bei den Patienten in Bezug auf Störungen der Vasomotorik, neben Ödeme und Veränderungen der Körpertemperatur an den betroffenen Extremitäten, auch eine Alternation in der Sudomotorik und der Trophik der Hautanhangsgebilde (Haare und Fingernägel) beobachtet werden. (Michenthaler, 2014, S.40)

1. **Störungen der Vasomotorik**

### **Ödeme**

In der empirischen Literatur findet sich das distal generalisierte Ödem als ein frühes und wesentliches Symptom der beginnenden CRPS Erkrankung. So postulieren Maihöfner und Birklein (2007) ein Auftreten eines Ödems bei ca. 80 % der betroffenen Patienten. (Michenthaler, 2014, S.40)

Charakteristisch ist hierbei eine Schwellung an der dorsalen Seite der Extremität, also direkt am Hand- und/oder Fußrücken auftretend. (vgl. Maihöfner und Birklein, 2007, S. 331 – 342 und Frettlöh et al., S. 520, Michenthaler, 2014, S.40)

Als medizinischer Hintergrund dieser Gewebeswellung ist eine Störung der Funktionalität des sympathischen Vasokonstriktorensystems wahrscheinlich. Dieses System zeichnet sich für eine Engstellung von Gefäßen verantwortlich und behindert hierbei durch diese dysfunktionale Störung die Mikrozirkulation im Gewebe. (Michenthaler, 2014, S.40)

Dadurch wird die Ausprägung einer ödematösen Symptomatik, mit oft parallel auftretender livid - dermatöser Verfärbung, innerhalb eines Zeitintervalls von wenigen Minuten begünstigt. (Michenthaler, 2014, S.41)



**Abbildung 3: CRPS der oberen und unteren Extremität desselben Patienten**

(Stanton Hicks, 2011)

Additiv korrelieren die, vom Patienten geäußerte subjektive Schmerzintensität und die Funktionalitätseinschränkungen sehr stark mit dem Ausprägungsgrad des distal generalisierten Ödems. (Michenthaler, 2014, S.41)

### **Störungen in der Temperatur**

Bei ca. 80 % der Patienten stellt sich die, von CRPS betroffene Extremität, bei Raumtemperatur entweder als signifikant kälter (20 %) oder aber im diffizilen Gegensatz bei vielen Patienten als wärmer (60 %), als im Temperaturvergleich die gesunde Gliedmaße dar.

Dieses Phänomen lässt sich auf die bereits vorab beschriebene Störung im Durchblutungssystem der Haut zurückführen. Die Autoren Baron, Maier und Ulrich (2001) postulieren hierbei evaluierte Temperaturunterschiede bis zu 2° Celsius. (Michenthaler, 2014, S.41) Allerdings stellen die Hauttemperatur und deren Durchblutung an sich keine statischen physiologischen Parameter dar. Sie hängen von multiplen bio-psycho-sozialen Einflüssen, wie zum Beispiel von der Umgebungstemperatur oder vom emotionalen Befinden des Patienten ab. (Michenthaler, 2014, S.41)

Baron et al. (2001) verweisen hierbei kritisch auf den Umstand der Akklimatisierung, wonach nach einem längeren Zeitintervall kein signifikanter Unterschied in der Körpertemperatur mehr nachweisbar ist und daher in der Diagnostik mitbedacht werden sollte, um falsch negative Diagnosen a priori zu vermeiden. (vgl. Baron et al., 2001, S. 626, Michenthaler, 2014, S.41)

Ebenfalls durch die Störung der Temperaturregulation mitbedingt werden thermische Missempfindungen der betroffenen Patienten. So berichten Patienten bei Zufuhr von Wärme von einem Phänomen der Kälteästhesie, bei Kältezufuhr hingegen von einer verstärkten Wärmeempfindung an der Extremität. (vgl. Frettlöh et al., 2011, S. 520, Michenthaler, 2014, S.42)

## **2. Störungen der Sudomotorik**

Der Begriff der Sudomotorik begründet sich auf dem lateinischen Terminus „Sudor“ für den Schweiß. Er bezeichnet primär die Schweißsekretion des menschlichen Körpers. Bei CRPS Patienten ist dieses vegetativ gesteuerte System oft von einer Fehlfunktion betroffen, sodass diese Personen an einer entweder übermäßigen Schweißproduktion (Hyperhidrose) oder an einer verminderten Schweißsekretion (Hypohidrose) an der CRPS betroffenen Extremität leiden. (Michenthaler, 2014, S.42) In der wissenschaftlichen Literatur findet sich das Auftreten einer Hyperhidrose signifikant häufiger (60 %) als eine evaluierbare Hypohidrose (20 %). Diese Störung kann sowohl palmar als auch plantar, also an der Handinnenfläche als auch am Handrücken, lokalisiert sein. (vgl. Maihöfner und Birklein, 2007, S. 331 – 342, Frettlöh et al., 2011, S. 521, Pschyrembel, 2011, S. 2003, Michenthaler, 2014, S.42)

### 3. Störungen der Trophik der Hautanhangsgebilde

Bei vielen Patienten treten aufgrund der veränderten physiologischen Bedingungen, u.a. durch Ödeme oder Kontrakturen in Folge trophische Störungen auf. Diese manifestieren sich vor allem im Bereich des Nagel- und des Haarwachstums. Diese Ausprägung des Symptomkomplexes stellt keinen primär statischen Zustand dar, sondern kann im Verlauf der Erkrankung sowohl ihren Schweregrad als auch die Form des Auftretens verändern. Dennoch ist vor allem das vermehrte Haarwachstum an der betroffenen Extremität am häufigsten zu beobachten. (Michenthaler, 2014, S.42)

Bei vielen Patienten werden auch Verdickungen der Hornschicht der Haut im Sinne von Hyperkeratosen, als auch eine Veränderung des Bindegewebes, die sogenannte Fibrosierung, beschrieben. (Michenthaler, 2014, S.42, Maihöfner und Birklein, 2007, S. 331 – 342 und Frettlöh et al., 2011, S. 521)

In Abbildung 4 wird eine extreme Form des CRPS veranschaulicht.



**Abbildung 4: Extreme trophische Veränderungen an der linken Hand**

(Stanton Hicks, 2011, Michenthaler, 2014, S.43)

Es kann sich bereits in einem frühen Stadium des Krankheitsbildes ein gesteigertes Nagel- und/oder Haarwachstum entwickeln, welches im Verlauf der Erkrankung einem progredienten Prozess unterworfen ist. (Michenthaler, 2014, S.43)

- **c - Nervensystem: Störungen in der Motorik**

### Motorische Symptome

Zu Beginn der CRPS Erkrankung findet sich bei nahezu allen Patienten eine Limitation der motorischen Aktivität. Im Verlauf können alle Muskeln einer Extremität - von proximal nach distal – betroffen sein. (Nix und Van Houdenhove, 2003, S. 589)

Dabei kommt es zu einer Regredienz komplexer Bewegungsmuster.

Prägnantes Beispiel in der empirischen Literatur ist die Opposition des Daumens zum 5ten Finger, als auch die Durchführung des Faustschlusses. (vgl. Frettlöh et al., 2011, S. 521, Baron et al., 2001, S. 626 – 627, Blumberg, 1988, S. 125 – 143,

Michenthaler, 2014, S. 44) Additiv besteht zur motorischen Symptomatik bei vielen Patienten ein persistierendes „Neglect – like – Syndrom. Diese Terminologie wird analog zu Patienten, welche eine Vernachlässigung, oft nach akuten neurologischen Notfällen und den, daraus resultierenden kortikalen Läsionen meistens einer Körperhemisphäre präsentieren, verwendet. (Michenthaler, 2014, S. 44)

Frettlöh et al. (2011) schließen aufgrund dieser Symptomatik auf eine Interdependenz zwischen Körperschema des Patienten und dessen Schmerzwahrnehmung. Sie vermuten, dass die mentale und kortikale Repräsentation des Organismus bei Patienten mit CRPS dysfunktional bzw. gestört ist. (S. 527)

Maier et al. (2009) postulierten bei CRPS Patienten, welche dieses perzeptive Phänomen präsentierten, einen Range zwischen 40 und 70 Prozent. Dieses Syndrom persistierte bei 40% der betroffenen Patienten über ein Zeitintervall von mehreren Jahren. (vgl. Maier et al., 2009, S. 174, Michenthaler, 2014, S. 44) Gezieltes Durchführen von Bewegungen, wie zum Beispiel das Ergreifen eines kleinen Gegenstandes oder das Bewegen der Zehen des betroffenen Fußes ist hierbei für betroffene Patienten *nur* unter seiner subjektiven intendierten visuellen Blickkontrolle möglich. Baron et al. (2001) berichten, dass 50 % der, an CRPS erkrankten Personen einen verstärkten physiologischen Tremor aufweisen, der seinerseits als Trigger der motorischen Bewegungsverminderungen fungiert. Singulär finden sich in der empirischen Literatur auch Berichte über eine Dystonieentwicklung bei erkrankten Personen. (Michenthaler, 2014, S. 44)

## 1.6.2 Muskel-, Gelenks- und Knochenveränderungen

Bei CRPS gibt es eine charakteristische symptomatische Beteiligung der peripher gelegenen Gelenke im Sinne von auftretenden Beuge- und/oder Streckkontrakturen der betroffenen Extremität. (Michenthaler, 2014, S. 44)

Das klassische Kontrakturenmuster der Hand zeichnet sich durch eine Beugung des Handgelenkes mit überstreckten Fingergrundgelenken aus, welche mit den daraus resultierenden Defiziten der Streckung der Fingermittelgelenke einhergeht. Der Daumen ist von dieser Symptomatik sehr oft weniger stark betroffen.

Dennoch lässt sich bei einigen Patienten ein Adduktions- oder ein Oppositionsdefizit der Finger zum Daumen evaluieren, durch das die Ausführung der Greifbewegung für den Patienten sehr schwer umsetzbar bis gänzlich unmöglich wird. Dieses Krankheitsbild wird im klinischen Kontext als „Affenhand“ definiert. (Michenthaler, 2014, S. 44)

Im weiteren progredienten Verlauf des Krankheitsbildes verstärkt sich oft die aktive als auch passive Einschränkung der interpersonellen Bewegungsfreiheit. Dies basiert auf einer verstärkten physiologischen Sehnen- und Gelenkscapselschrumpfung, sowie auf einem vermehrten Auftreten von atropher Muskulatur.

Von den Atrophien sind an der Hand vor allem die Hand- und Fingerstreckmuskeln betroffen. An den Beinen hingegen sind es eher die distalen Gelenke des Fußes, wodurch die ganze Extremität in ihrer Abrollbewegung beim Gehen sehr stark eingeschränkt oder gänzlich behindert wird. Aber nicht nur distale, sondern auch proximale Gelenke wie zum Beispiel das Knie oder die Schulter, können bei einem CRPS Krankheitsbild mitbeteiligt sein. Darauf basierend sollten auch die angrenzenden Gelenke bezüglich ihrer Funktionalität gemessen werden. (Michenthaler, 2014, S. 44)

Diese Einschränkung basiert weniger auf der primär zugrundeliegenden Symptomatik, als eher auf der sekundären Ebene der Ätiologie der Schonhaltung durch den Patienten. So kann bei einigen Patienten ein sehr rascher Verlauf beobachtet werden, welcher sich prognostisch sehr ungünstig für den jeweiligen Patienten auswirkt. (Michenthaler, 2014, S. 45)



**Abbildung 5: CRPS der rechten Hand im fortgeschrittenen Stadium**

(Schmerzambulanz Klinikum Klagenfurt, Michenthaler, 2014, S. 45)

Abbildung 5 zeigt eine Patientin der Schmerzambulanz am Klinikum Klagenfurt mit CRPS Erkrankung der rechten Hand in einem bereits fortgeschrittenen Stadium. Es manifestieren sich die typischen Symptomatiken der Muskel – Knochen – und Gelenksveränderungen. (Michenthaler, 2014, S. 45)

Bei den osteoporotischen Veränderungen hingegen ist die Bedeutung hinsichtlich der klinischen und prognostischen Relevanz empirisch noch gänzlich ungeklärt. In einer späteren Phase des Krankheitsbildes manifestieren sie sich als an den Enden der Extremitäten gelegen. Es präsentieren sich akral generalisierte fleckige Entkalkungszeichen der Knochenstrukturen. Diese beruhen auf einer ätiologisch unklaren Steigerung der Osteoklastenaktivität in diesem Gebiet. Maier et al. (2009) postulierten hierbei noch eine, oft erst spätere Manifestation einer Osteoporose, welche durch eine auftretende Immobilisation bedingt wird.

Allerdings vermerkten die Autoren hierbei positiv, dass sich bei vielen Patienten der radiologische Befund schlussendlich wieder normalisiert. Leider jedoch oft, ohne dass sich die sonstige klinische CRPS Symptomatik rückläufig präsentiert.

(Michenthaler, 2014, S. 45, Maier et al., 2009, S. 175)

## 1.7 Diagnostik

Die Diagnosestellung des CRPS erfolgt nach einer ausführlichen Anamneseerhebung und dem Screenen nach den klinischen Diagnosekriterien der IASP. (Siehe Tabelle 3).

### 1.7.1 Die Budapestkriterien

Tabelle 3: IASP Budapestkriterien

IASP Clinical Diagnostic Criteria for CRPS <sup>4</sup>
1. Continuing pain that is disproportionate to any inciting event
2. At least 1 symptom in 3 of the 4 following categories: <ul style="list-style-type: none"><li>A. Sensory: reports of hyperesthesia and/or allodynia</li><li>B. Vasomotor: reports of temperature asymmetry and/or skin color changes and/or skin color asymmetry</li><li>C. Sudomotor/edema: reports of edema and/or sweating changes and/or sweating asymmetry</li><li>D. Motor/trophic: reports of decreased range of motion and/or motor dysfunction and/or trophic changes</li></ul>
3. At least 1 sign at time of evaluation in 2 or more of the following categories: <ul style="list-style-type: none"><li>A. Sensory: evidence of hyperalgesia and/or allodynia</li><li>B. Vasomotor: evidence of temperature asymmetry and/or skin color changes and/or skin color asymmetry</li><li>C. Sudomotor/edema: evidence of edema and/or sweating changes and/or sweating asymmetry</li><li>D. Motor/trophic: evidence of decreased range of motion and/or motor dysfunction and/or trophic changes</li></ul>
4. No other diagnosis better explains the signs and symptoms

(<http://prof-de-rien.blogspot.co.at/2014/07/wonderful-competency.html>)

Laborparameter, insbesondere Inflammationsparameter liefern bei einer CRPS Diagnostik leider keine aussagekräftigen Werte, da sie bei diesem Schmerzkomplex in der Regel im Normbereich vorliegen.

Auch, die in Kapitel 1.6.2 beschriebenen, sich eventuell manifestierenden fleckigen Knochenentkalkungen werden laut den Autoren Maier et al. (2009) erst nach Wochen bzw. Monaten sichtbar. Hierbei werden neben Röntgenverfahren auch nuklearmedizinische bildgebende Verfahren (3 – Phasen - Szintigrafie) angewendet, welche sich speziell in der Diagnostik als sehr sensitiv erwiesen haben. (Maihöfner, 2011, S. 167)

### **1.7.2 Differenzialdiagnostik**

Folgende Differenzialdiagnosen gilt es lt. Maihöfner (2011) auszuschließen:

- Erkrankungen des rheumatischen Formenkreises
- Entzündungen (erregerbedingte Arthritiden, Infektionen nach chirurgischen Eingriffen am Knochen, Neuritiden)
- Thrombembolische Erkrankungen
- Kompartmentsyndrome
- Nervenkompressionssyndrome (insbesondere bei CRPS II) (S.167)

### **1.7.3 Psychologische Diagnostik**

In der empirischen Literatur finden sich bis dato keine spezifischen Empfehlungen in Bezug auf eine Anwendung spezifischer psychometrischer Testverfahren bei vorliegender CRPS Erkrankung. (Michenthaler, 2014, S. 57)

Aufgrund der Beteiligung bekannter und empirisch fundierter psychischer Faktoren und Prädiktoren empfehlen Frettlöh, Maier und Schwarzer (2011) folgende Merkmalsbereiche bei CRPS Patienten zu screenen: (Michenthaler, 2014, S. 57)

- Ärger
- Ängstlichkeit („trait“)
- Schmerzangst („fear of pain“)
- Schmerzbedingte Beeinträchtigung
- Stressverarbeitung
- Kausal- und Kontrollattributionen

Essentiell ist es, eine umfassende Anamneseerhebung mit dem Patienten durchzuführen, in denen er nicht nur im Sinne einer Eigenanamnese zu eventuellen Traumata, Vulnerabilitäten und psychischen Komorbiditäten befragt wird, sondern welche auch Aspekte einer Fremdanamnese inkludiert. (Michenthaler, 2014, S. 57) Diese dient zur Evaluation von Reaktionen im direkten sozialen Kontext des Patienten um für jedes Individuum so holistisch wie möglich ein Risikoprofil abzuleiten, welches wieder rum die solide Basis einer bio-psycho-sozialen Therapie bildet. (Michenthaler, 2014, S. 57)

Eine fundierte Therapie sollte interdisziplinär ausgerichtet sein und aus medizinischen, psychotherapeutischen, physio- und ergotherapeutischen Teilelementen bestehen. Wobei besonderes Augenmerk traumatisierten oder psychisch schwer belasteten Patienten gilt, bei denen invasive oder hoch interventionelle Techniken und Therapiealgorithmen nur bedingt anwendbar sind. (Michenthaler, 2014, S. 57)

#### **1.7.4 Einteilung nach Schweregraden**

Ebenso vielfältig und variabel, wie sich die Nomenklatur des CRPS in der Historie gestaltete, fanden sich auch viele Konzepte und Paradigmen in Bezug auf Schweregradeinteilungen des CRPS. Viele dieser Kategorisierungen wurden aufgrund der zeitlich wechselnden Dynamik des Symptomkomplexes und der daraus resultierenden non validen Anwendung wieder verworfen.

Handelt es sich bei Symptomen ja nicht um eine statische Komponente, sondern diese können über den zeitlichen Krankheitsverlauf durchaus spontan revidieren oder aber auch aufgrund einer (Fehl-) Behandlung persistieren.

Macrea et al. (2011) verweisen auf eine Clusteranalyse von Brühl et al. (2002) die aufzeigte, dass es sich bei dem Symptomen eher um multiple Ausprägungstypologien handelte und nicht wie angenommen um eine zeitliche Abfolge der Symptomatik. (Macrea et al., 2011, S. 248)

### 1.7.5 Pathogenese

Es existiert bezüglich der Pathogenese des CRPS, bislang kein befriedigendes pathophysiologisches Genesemodell, welches die Komplexität aller Symptomatiken, peripher als auch zentralnervös, hinreichend erklären könnte.

In der empirischen Literatur finden sich vermehrt Hinweise auf eine zugrundeliegende genetische Prädisposition. Eine Hypothese basiert auf zugrundeliegenden Entzündungsvorgängen als zentrale Kernmechanismen, zumal die klassischen Entzündungszeichen Calor, Rubor, Dolor, Tumor und Functio laesa im Akutstadium der Erkrankung fast immer eruierbar sind und angewendete Kortikoide Wirksamkeit zeigen. (Maier et al., 2009, S. 176 – 177, Frettlöh et al., 2011, S. 523 - 524)

Die Autoren Nickel und Maihöfner (2010) weisen im Bereich der neurogenen Inflammation neben dem bereits bekannten Neuropeptiden Calcitonin – gene related peptide (CGRP) und der Substanz P auf eine weitere Beteiligung anderer proinflammatorischer Zytokine hin. Sensible Phänomene basieren höchstwahrscheinlich auf zentralen neuroplastischen Morphologieänderungen im sensorischen Kortex. Motorische Störungen scheinen mit Reorgansiationsprozessen im sensomotorischen Kortex Areal assoziiert zu sein. (Nickel und Maihöfner, 2010, S. 8, vgl. Michenthaler, 2014, S. 51, Maihöfner und Schmelz, 2008, S. 199)

Äquivalent zu anderen neuropathischen Schmerzerkrankungen dürfte, nach Frettlöh et al. (2011) „eine Koppelung von sympathischen und afferenten Anteilen des Nervensystems eine unterhaltende Funktion“ bei der CRPS Entstehung spielen. (S. 523) Dieses Konzept des „sympathisch unterhaltenden Schmerz“ (SMP) erklärt auch die gelegentliche positive Anwendung von Sympathikusblockaden. (Maier und Gleim, 2009, S. 399 – 415)

Spekulativ hingegen erscheinen bis dato Thesen über eine virale und/oder bakterielle Beteiligung, als auch bezüglich einer vorliegenden Autoimmunerkrankung. (Nickel und Maihöfner, 2010, S. 8-14)

## 1.8 Therapie

In der empirischen Literatur existieren bis dato nur wenige kontrollierte Studien bezüglich suffizienter Therapieoptionen bei komplexem regionalem Schmerzsyndrom. Diese therapeutischen Ansätze werden darüber hinaus oft von anderen neuropathischen Schmerzsyndromen übernommen und kontrovers diskutiert. (Gierthenmühlen und Baron, 2011, S. 36)

Allen gemein ist ein multidisziplinäres Vorgehen, welches von entscheidender Bedeutung ist. Integraler Bestandteil soll und darf nicht nur die Schmerztherapie, sondern muss auch der Fokus der Rehabilitation der Funktionalität der betroffenen Extremität als auch der Verbesserung der Lebensqualität sein. Grundsätzlich stellt eine frühe, individuell auf den Patienten zugeschnittene und vor allem richtige Diagnosestellung einen entscheidenden Faktor für eine erfolgreiche Behandlung dar. (Maihöfner, 2011, S. 365)

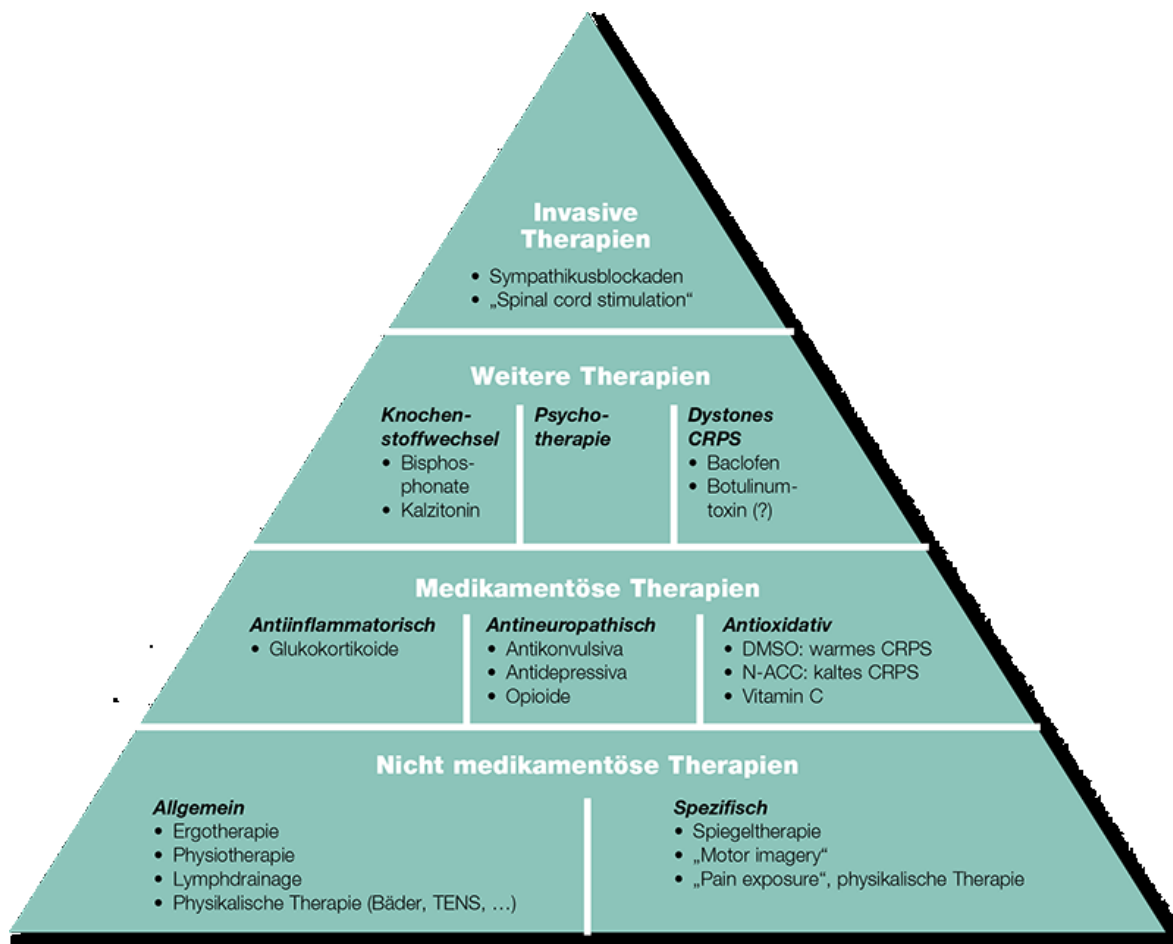


Tabelle 4: Therapiealgorithmus bei CRPS

(<http://www.aerzte-exklusiv.at/index>)

Tab. 4 veranschaulicht vier mögliche Ebenen des Therapiealgorithmus bei CRPS.

### **1.8.1 Nicht medikamentöse Therapiestrategien**

Die Basis der nicht medikamentösen Therapiestrategien bindet den Patienten aktiv in das Behandlungskonzept ein. Diese Optionen sollten frühzeitig erfolgen um Kontrakturen oder Atrophien a priori entgegenzuwirken.

Maihöfner (2011) beschreibt auf Grundlage der allgemeinen Therapien am Beispiel der physiotherapeutischen Interventionen, dass bei diesen vor allem funktionelle Bewegungsübungen im Sinne von Alltagsbewegungen (Faustschluss, Spitz- und Pinzettengriff) im Fokus stehen sollten. Lymphdrainage kann die Rückbildung von Ödemen supportieren. Ergotherapeutische Interventionen können helfen die Funktion als auch die Koordination der Extremität zu verbessern. Dies geschieht häufig mittels somatosensorischen Stimuli als auch über perzeptive Lernstrategien. Die transkutane elektrische Nervenstimulation (TENS) kann laut Maihöfner additiv zur medikamentösen Therapie eingesetzt werden. (S. 366)

Im Bereich der spezifischen Therapien für CRSP findet sich neben der Spiegeltherapie, welche im Kapitel 2 ausführlich abgehandelt wird, auch „pain exposure“ Ansätze, sowie weitere physikalische Therapien wie Bäder. (Maihöfner, 2011, S. 366)

### **1.8.2 Medikamentöse Therapien**

Die medikamentöse Therapie stützt sich auf pathophysiologische Konstrukte. So werden vor allem antiinflammatorische, antineuropathische als auch antioxidative Ansätze zur CRPS Behandlung forciert. Glukokortikoide, wie zum Beispiel Prednisolon werden vor allem im Initialstadium bei einer ausgeprägten Ödembildung als Stoßtherapie (100 mg/die für 4 Tage – danach Reduktion um je 25 mg/die für 4 Tage) angeordnet und im Anschluss ausgeschlichen.

Essentielle Substanzgruppen in der CRPS Behandlung sind Antidepressiva und Antikonvulsiva. Maihöfner (2011) verweist hierbei auf den Einsatz im Analogschluss zu anderen neuropathischen Schmerzsyndromen, basierend auf der dürftigen Datenlage bezüglich randomisierter Studien zu CRPS.

So werden vor allem Amitriptylin als trizyklisches Antidepressivum, oder aber auch Duloxetin und Venlafaxin als kombinierte Serotonin-Noradrenalin Wiederaufnahmehemmer eingesetzt.

Bei den Antikonvulsiva konnte die Wirksamkeit von Gabapentin und Pregabalin, alternativ auch Carbamazepin bestätigt werden. (S. 367)

Als weitere Option in der medikamentösen Therapie finden Radikalfänger als Therapeutikum Anwendung. So finden sich in der empirischen Literatur Hinweise auf eine Wirksamkeit von 50 % fettiger Dimethyl – Sulfoxid Creme (DMSO Creme) auf Schmerz- und Entzündungssymptomatik. (Zurmoond et al., 1996, S. 364 – 367, Gierthenmühlen und Baron, 2011, S. 37) Die Forschergruppe um Zollinger et al. (1999) verwies auf eine prophylaktische Wirkung von Vitamin C bezüglich der Auftretenswahrscheinlichkeit bei CRPS nach Frakturen der Hand. (S. 2025 – 2028) N – Acetylcystein (N - ACC) scheint zwar eine moderate, aber positive Wirkung bei akut aufgetretenem CRSP zu besitzen. (Perez at al., 2003, S. 297, Maihöfner, 2011, S. 366) Gierthenmühlen und Baron (2011) verweisen hierbei kritisch auf neueste Studienergebnissen, bei welchen eine Resorptionsrate von nur ca. 10 % postuliert wurde. (S. 38)

Bei Opioidgabe sollte der Fokus auf eine suffiziente Dosierung als auch eine engmaschische Therapiekontrolle gelegt werden, da diese bei unzureichender Wirkung aufgrund des Abhängigkeitspotentials wieder rasch abgesetzt werden sollten.

### **1.8.3 Weitere Therapieansätze**

Ein optionales Therapiekonzept ist der Einsatz von spinal verabreichten GABA Agonisten wie z.B. Baclofen (Gierthenmühlen und Baron, 2011, S. 39). Dieses induziert eine präsynaptische Hemmung von afferenten Nervenfasern und den nachfolgenden Motorneuronen. So konnte in einer Studie von van Hilten et al. (2000) ein guter Therapieeffekt im Sinne von (teilweisen) Remissionen von intrathekalem Baclofen als Bolusgabe bei Dystonie erzielt werden. Längerfristige Erfolge konnten mittels kontinuierlicher Baclofengabe über ein intrathekales Pumpensystem eruiert werden. (Maihöfner, 2011, S. 368)

Weitere Paradigmen basieren auf einer Hemmung der Osteoklastenaktivität - durch die Gabe von Biphosphonaten oder Calcitonin.

Dieses bedingt einerseits in Folge eine vermehrte Einlagerung von Kalzium in die Knochen des Patienten, als auch andererseits einen zentralen analgetischen Effekt, basierend auf dem Status, das Calcitonin auch einen Neurotransmitter im zentralen Nervensystem darstellt. (Chesnut et al., 2008, S. 486, Maihöfner, 2011, S. 368 )

#### **1.8.4 Invasive Verfahren**

Bei der CRPS Behandlung kommen auch invasive Verfahren zum Einsatz.

Man kann annehmen, dass bis zu 80 % der Patienten mit CRPS einen sympathisch unterhaltenen Schmerz (SMP) aufweisen. Das Vorliegen eines SMP bedeutet, dass eine Aktivierung des sympathischen Nervensystems bei diesen Patienten zu einer Verstärkung des Schmerzes und speziell der Allodynie führt. Zeigt sich bei diagnostischen regionalen Sympathikusblockaden ein positiver Effekt, ist eine weitere Durchführung von therapeutischen Blockaden klinisch gerechtfertigt und indiziert. Hierbei scheint eine Stellatumblockade an der oberen bzw. die lumbale Grenzstrangblockade an der unteren Extremität zumindest tendenziell der intravenösen regionalen Sympathikolyse mittels Guanethidin Applikation überlegen zu sein.

Bezüglich der rückenmarksnahen Elektrostimulation (SCS), bei der im Periduralraum eine oder mehrere Stimulationssonden epidural auf Höhe der Nervenwurzel, die das schmerzhafte Gebiet innerviert, implantiert werden, finden sich in der empirischen Literatur positive Effekte in Bezug auf den Parameter Schmerzreduktion. Dieses Verfahren kann zervikal oder lumbal angelegt werden. Der Impulsgeber wird subkutan oder extern platziert. (Forouzanfar, 2004, S. 348, Maihöfner, 2011, S. 368 – 369, Gierthenmühlen und Baron, 2011, S. 39)

In der Therapie des CRPS kann eine Amputation der betroffenen Extremität in Erwägung gezogen werden. Dies wird nach individueller Abwägung bei Vorliegen von therapierefraktären Schmerzen sowie nicht tolerierbarer motorischer Beeinträchtigung und daraus resultierender eingeschränkter Lebensqualität für der Patienten als absolute ultima ratio durchgeführt. (Guttman, 2008, S. 508)

## 2 Spiegeltherapie

Die nicht invasive Therapiemethode der Spiegeltherapie wurde bereits in den 1990er Jahren von Prof. Vilayanur S. Ramachandran, einem gebürtig aus Indien stammenden Neurologen aus Californien und seiner Frau Diane Rogers – Ramachandran implementiert. Ramachandran beschäftigte sich seit jeher intensiv mit dem Fachgebiet der Neuropsychologie. Hierbei standen in den ersten Forschungsphasen vor allem die Symptomatik und die Ausprägungen des Capgras-Syndroms, bei dem die betroffenen Patienten der festen Überzeugung sind, dass ihre nächsten Anverwandten durch Doppelgänger ausgetauscht wurden. Diese neurologische Störung wird den monothematischen Illusionen zugeordnet und basiert auf einer kortikalen Pathologie. Weitere neuropsychologische Forschungsfelder von Ramachandran waren der Phantomschmerz, die Synästhesie – bei der eine Koppelung der Wahrnehmungen vieler Sinnesorgane vorstättengeht, der Neglect und die Anosognosie – eine Körperschemastörung mit einem nicht wahrnehmen und realisieren einer somatisch vorliegenden Beeinträchtigung, so zum Beispiel einer Hemiparese. (Michenthaler 2014, S. 59)

Besonderes Augenmerk bei seinen spiegeltherapeutischen interventionellen Studien legte Prof. Ramachandran vor allem auf Patienten, welche an Phantomschmerzen nach Amputationen litten. (Michenthaler 2014, S. 59)

Die betroffenen Patienten wurden hierbei von den Forschern angeleitet, mit Hilfe eines Spiegels und ihrer verbliebenen gesunden Extremität fein- und/oder grobmotorische Übungen durchzuführen. Während den motorischen Einheiten begannen sich Sensationswahrnehmungen in der amputierten Extremität zu manifestieren, welche sich ihrerseits wieder positiv auf die Intensität der Schmerzen und das vorhandene Phantomglied der Patienten auswirkten.

Die von Ramachandran et al. dabei angestrebten primären und sekundären Zielparameter der Therapie waren unter anderem eine verbesserte Schmerzreduktion und subjektive Schmerzkontrolle für die Patienten, sowie in weiterer Folge eine Reduktion der begleitenden medikamentösen Schmerztherapie. (Michenthaler 2014, S. 60)

Aufgrund der guten und validen Forschungsergebnisse interessierten sich immer mehr Wissenschaftler für diese spezielle Form der sogenannten Imaginationstherapie. So forciert mittlerweile selbst die US Armee vermehrt den Einsatz von Spiegeltherapie bei der Rehabilitation von kriegsversehrten Soldaten. (vgl. Rothgangel und Tomczak, 2012, S 26, Michenthaler 2014, S. 60)

## **2.1 Indikationen für Spiegeltherapie**

Ramachandran et al. (1995) postulierten, dass Spiegeltherapie einen sinnvollen und sehr effektiven Ansatz bei Phantomschmerzen nach Amputationen, als auch bei anderen Symptomatiken wie zum Beispiel bei cerebralen Durchblutungsstörungen mit daraus resultierenden Komplikationen wie eine Hemiplegie oder Hemiparese darstelle. Aus diesem Grunde stand in den letzten Jahrzehnten die Effektivität von Spiegeltherapie bei Insult Patienten mit einer Paresesympomatik der oberen Extremität im Fokus empirischer Studien.

Weitere therapierrelevante Krankheitsbilder sind u.a. Schädel-Hirn-Traumata, cerebrale Tumore als auch chronische Schmerzsyndrome wie zum Beispiel das komplexe regionale Schmerzsyndrom (CRPS).(vgl. Bieniok, Govers und Dohle, 2011, S. 62, Michenthaler 2014, S. 60)

## **2.2 Rahmenbedingungen zur Durchführung und Therapiesetting**

Das therapeutische Prinzip des Spiegels scheint auf den ersten Blick relativ banal zu verstehen als auch anzuwenden zu sein. So erschließt sich die ganze Tragweite der larvierten Komplexität erst bei der tieferen Beschäftigung mit der Thematik. Spiegeltherapie beschreibt keine monomodale Therapieform, sondern subsummiert unter dem Metabegriff der „Spiegeltherapie“ multiple multimodale Therapievarianten. Diese können jedoch in etlichen Aspekten deutlich differenziert werden. (Michenthaler, 2014, S. 61)

Im Kontext der Spiegeltherapie finden sich verschiedene bekannte und etablierte Anwendungsmodalitäten wieder, welche sich aber primär auf nur zwei Ebenen unterscheiden:

- Motorische Aufgaben nur für die nicht betroffene Extremität
- Aktive und bewusste Bewegung/Mitbewegung der betroffenen Extremität

Beide Dimensionen gelten hierbei gleichermaßen für grob- und/oder feinmotorische Übungseinheiten. (Michenthaler, 2014, S. 61)

Angewendete Therapieprotokolle sollten in besonderer Weise vor allem zwei der fundamentalsten Regeln motorischer Therapie berücksichtigen:

Eine ausreichend hohe Anzahl an Wiederholungen sowie eine jeweils optimale Anpassung der Aufgabe an das aktuelle kognitive und somatische Leistungsniveau des Patienten, das sogenannte „Shaping“.

In den folgenden Unterkapiteln kann nur leider ein sehr allgemeiner Überblick über Spiegeltherapie vermittelt werden. Eine genauere Deskription der in der Studie angewendeten Übungen findet im empirischen Teil Beachtung. (Michenthaler, 2014, S. 61)

### **Therapiesetting**

Um Spiegeltherapie adäquat durchführen zu können ist u.a. als Basisausstattung ein hoher oder höhenverstellbarer Tisch erforderlich, um dem Patienten den größtmöglichen Sitzkomfort an der Tischplatte zu ermöglichen. Des Weiteren wird zur Durchführung ein Therapiespiegel samt Halterung, wie zum Beispiel ein Holzblock mit Kerbe in welche der Spiegel eingeschoben werden kann, benötigt. Die Maße der verwendeten Therapiespiegel orientieren sich hierbei an der Lokalisation der, von der Schmerzsymptomatik oder anderen motorischen Bewegungseinschränkungen betroffenen Extremität. So benötigt man zur Therapie einer oberen Extremität ein Spiegelmaß von ca. 40 cm x 60 cm, wohingegen bei der Behandlung von unteren Extremitäten Maße von 120 cm x 80 cm eingesetzt werden.

Dies garantiert während der aktiv durchgeführten Therapie dem Patienten einen guten und verzerrungsfreien visuellen Stimulus. (Michenthaler, 2014, S. 62)  
Darüber hinaus weisen die Autoren Bieniok, Govers und Dohle (2011) auf die Verwendungsmöglichkeit eines Lagerungsbrettes für die betroffene Extremität hin, welches in einem Gegengewicht, zum Beispiel zu einem Sandsäckchen, auf einer rutschfesten Unterlage positioniert wird. Wird dieses Lagerungsbrett verwendet, muss es stabil genug konzipiert sein, um Bewegungen des Patienten, wie zum Beispiel Rumpfbewegungen bei leichten Sitzkorrekturen oder ähnliches abzufangen und zu kompensieren. (vgl. Bieniok, Govers und Dohle, 2011, S. 17 – 21, Michenthaler, 2014, S. 62)



**Abbildung 6: Therapiespiegel und Halterung – obere Extremität**

(<http://www.tz-handinhand.de/spiegel.htm>)

Der Spiegel selbst lässt sich in seiner Halterung meist schnell und unkompliziert auf- und wieder abbauen, sowie äußerst platzsparend verwahren.

Aus dem Grunde kann dieser Therapieansatz präzise und komplikationslos auch in andere Therapiealgorithmen eingebaut werden. Spiegeltherapie sollte in einem nahezu lärmfreien und ablenkungsarmen Rahmen durchgeführt werden, um dem Patienten eine gute Konzentration und das Fokussieren der Aufmerksamkeit in den Spiegel, welche nicht durch Störvariablen unterbrochen werden sollen, zu ermöglichen. Auch auditive Reize, wie zum Beispiel Gespräche im Therapieraum sollten aus diesem Grunde möglichst vermieden werden. (vgl. Bieniok, Govers und Dohle, 2011, S. 17 – 21, Michenthaler, 2014, S. 63)

## 2.3 Spiegeltherapie Durchführung

Bei der Durchführung der Spiegeltherapieeinheit wird der Spiegel in sagittaler Ebene zum Patienten positioniert, wobei der Patient eine für ihn angenehme Sitzposition und Haltung einnehmen soll. Die betroffene Extremität wird hinter dem Spiegel verborgen, sodass der Patient im Spiegel das Abbild der vorhandenen gesunden Gliedmaße betrachten kann. (Michenthaler, 2014, S. 63)

Durch eine gute Austarierung des Spiegels soll für den Patienten die optische Illusion entstehen, dass im Spiegel die betroffene Extremität als normal funktionsfähig vermittelt wird. (Michenthaler, 2014, S. 63)



**Abbildung 7: Spiegeltherapie der oberen Extremität**

([www. Physioautria.at](http://www.Physioautria.at))

Abbildung 7 zeigt eindrucksvoll, wie Patienten diese optische Spiegelung wahrnehmen. (Michenthaler, 2014, S. 63)

Während der Therapieeinheiten wird der Patient vom Therapeuten angehalten verschiedene Übungen aktiv durchzuführen. Wichtig ist hierbei die fokussierte Aufmerksamkeit auf die gespiegelte Extremität und die Kongruenz in der optischen Wahrnehmung. Dies überträgt sich schlussendlich in die Körperwahrnehmung der Patienten und führt zur kortikalen Reorganisation in den Arealen des sensomotorischen Kortex. Jede einzelne Spiegeltherapieeinheit sollte in einem Zeitintervall zwischen 10 und maximal 20 Minuten absolviert werden. Längere Übungszeiten sind aufgrund der oft eingeschränkten Konzentrations- und/oder Aufmerksamkeitsfokussierung der Patienten kontraproduktiv.

(Michenthaler, 2014, S. 64)

Je nach Typus der Spiegeltherapie können auch verschiedene Medien, wie zum Beispiel ein Igelball, Linsenbad usw., welche zur eventuellen perzeptiv-sensorischen Stimulation bei Sensibilitätsstörungen benötigt werden, eingesetzt werden. Es gibt aber auch Spiegeltherapieformen, welche ganz ohne Mediengebrauch arbeiten und genauso effizient sind. Diese Therapieansätze finden sich oft in der klinischen empirischen Forschung um Fragestellungen spezifisch hypothesengerichtet und ohne Störvariablen/Bias abbilden zu können. (vgl. Bieniok, Govers und Dohle, 2011, S. 17 – 21) Dieser Typus der Spiegeltherapie findet auch im vorliegenden Studiendesign seine Anwendung. (Michenthaler, 2014, S. 64)

## **2.4 Physische und psychische Voraussetzungen**

Um Spiegeltherapie adäquat durchführen zu können, müssen nach den Autoren Bieniok, Govers, und Dohle (2011) folgende essentielle physische und psychische Anforderungen an die Patienten beachtet werden (Michenthaler, 2014, S. 64):

- **Sitzstabilität und kardiopulmonale Stabilität**

Der Patient sollte in der Lage sein mit einer gegebenenfalls entsprechenden Unterstützung wie zum Beispiel mit einem Rollstuhl mit oder ohne Lehne etwa 30 Minuten in einer aufrechten Haltung sitzen zu können.

Des Weiteren muss eine kardiopulmonale Stabilität des Patienten von ärztlicher Sicht aus für eine im Sitzen durchgeführte Therapie gegeben sein. (Michenthaler, 2014, S. 64)

- **Ausreichende kognitive Fähigkeiten**

Der Patient verfügt über ausreichend kognitive Fähigkeiten um den verbalen und non-verbalen Anweisungen des Therapeuten folgen zu können. Eine neurologische und neuropsychologische stabile Basis ist essentiell, um eine präzise Ausführung der Übungseinheiten im Sinne bestmöglicher Effizienz zu gewährleisten. (Michenthaler, 2014, S. 64)

- **Ausreichende visuelle Reizverarbeitung**

Der Patient sollte in der Lage sein visuelle Reize auf der zu behandelnden Seite wahrzunehmen und in weitere Folge auch kortikal zu verarbeiten. Hierbei stellen Störungen der visuellen Reizverarbeitung wie zum Beispiel ein ausgeprägter Neglect oder eine ausgeprägte Hemianopsie Kontraindikationen dar. (Michenthaler, 2014, S. 64)

- **Physische und Psychische Komorbiditäten**

Basierend auf Einschränkungen des Bewegungsausmaßes oder der Extremitätenfunktionalität sollten Patienten mit orthopädischen oder rheumatischen Erkrankungen und/oder Begleiterscheinungen aufgrund der Verzerrung des visuellen Feedbacks nicht an der Spiegeltherapie teilnehmen. Ebenso kritisch zu sehen ist eine Teilnahme von Patienten mit schweren psychischen Störungen, welche mit einem Realitätsverlust und einer Wahrnehmungsstörung, wie zum Beispiel während einer schizophrenen Episode, einhergehen. Durch die visuelle Illusion der Therapie kann eine bereits bestehende Instabilität der Persönlichkeit getriggert werden und den psychischen Status der Person verschlechtern. (Michenthaler, 2014, S. 64)

Aber auch bei vielen Patienten welche an Phantomschmerzen oder anderen Schmerzsymptomatiken, wie zum Beispiel CRPS leiden, kann die Therapie eine vorübergehende emotionale Labilität auslösen, welche primär auf der Betrachtung zweier „gesunder“ Extremitäten und dem zugrundeliegenden Verlusterfahren basiert. Daher bedarf es bei dieser Therapieform einer sorgfältigen Evaluierung und Betreuung des psychischen Status während der gesamten Dauer der Therapie durch einen kompetenten Psychologen oder Psychotherapeuten. (Michenthaler, 2014, S. 64)

## 2.5 Neurophysiologische Grundlagen

Die Autoren Dohle et al. (2004) sowie Matthys et al. (2009) konnten die Tatsache nachweisen, dass eine Spiegelung von Bewegung zu einer Aktivierung der jeweils kontralateralen Hemisphäre führt. (vgl.- Dohle, 2011, S. 71 – 79, Michenthaler, 2014, S. 65) Dies bedeutet konkret: Bewegt der Patient beispielsweise die rechte Extremität, erscheint durch den Spiegel die Illusion, als handle es sich um seine Linke. Durch diese visuelle Illusion findet eine Aktivierung der rechten Hemisphäre statt, also der Hemisphäre, die der Lateralität des visuellen Bildes entspricht. Somit zeigt sich, dass die visuelle Konfiguration einer Hemisphäre wohl nur streng unihemisphärisch kortikal repräsentiert ist. Daher führt eine Spiegelung einer Bewegungsausführung zu einer Aktivierung der jeweils kontralateralen Hemisphäre des Gehirns. Dieses Verständnis der zerebralen Organisation von Motorik führte zu einer vielfältigen Entwicklung neuer Strategien in der Neurorehabilitation. In verschiedenen Studien zeigte sich, dass schon alleine der Nichtgebrauch einer betroffenen Extremität durch die Verringerung der kortikalen Repräsentation am somatosensorischen Kortex zu einer Funktionsverschlechterung derselben führt – einem sogenannten „miss match“. (vgl. Liepert et al., 1995, S. 382 – 386) Basierend darauf wurde die Konzeption des „Learned non Use“ implementiert. (Michenthaler, 2014, S. 65)

Spiegeltherapie kann nun als Pendant zu diesem Konzept angesehen werden, da es schlussendlich einen verstärkten Gebrauch der betroffenen Extremität induziert und forciert. (Michenthaler, 2014, S. 64)

Diese Tatsache kann mittels neuronaler Plastizität eine kortikale Reorganisation bei betroffenen Patienten im jeweiligen kortikalen Repräsentationsareals in Gang setzen. (Van Cranenburgh, 2007, S. 41 – 82, Schwarzer et al., 2009, S. 175) Zumal kortikale Reorganisationsprozesse im Gehirn innerhalb von Stunden, teils sogar Minuten erfolgen und reversibel scheinen. (Schwarzer et al., 2007, S. 2159)



**Figure 2: Frida Kahlo**

(<http://www.touchofart.eu>)

## **II Empirischer Teil**

### **3 Zielsetzung der Studie**

Die Zielsetzung dieser Studie begründet sich in der systematischen Evaluation der Wirksamkeit von Spiegeltherapie auf CRPS Symptomatik bei betroffenen Patienten. Der Fokus wird auf eine holistische empirische Erfassung von psychologischen als auch medizinischen Parametern, basierend auf dem Bio-Psycho-Sozialen Modell, gelegt. Diese Aspekte sind für das Leben und die Lebensqualität betroffener Patienten essentiell und könnten folglich einen Beitrag zu einem Verständnis in Bezug auf die CRPS Ätiologie, die Aufrechterhaltung sowie der Therapiemöglichkeiten und der Prävention beitragen.  
(vgl. Michenthaler, 2014, S. 75)

#### **3.1 Forschungsfragen**

##### **Forschungsfrage 1:**

Gibt es einen Unterschied zwischen den Patientengruppen in der subjektiven Schmerzstärke im Brief Pain Inventory (BPI) vor und nach Beendigung der Therapie?

##### **Forschungsfragen CRPS Lokalisation der oberen Extremitäten**

##### **Forschungsfrage 2:**

Gibt es einen Unterschied der Gruppen in der Funktionalität der Palmarflexion der Daumengelenke (digitus manus I) der gesunden und der CRPS betroffenen Hand zu den drei Messzeitpunkten?

##### **Forschungsfrage 3:**

Gibt es einen Unterschied der Gruppen in der Funktionalität der Palmarflexion der Zeigefingergelenke (digitus manus II) der gesunden und der CRPS betroffenen Hand zu den drei Messzeitpunkten?

**Forschungsfrage 4:**

Gibt es einen Unterschied der Gruppen in der Funktionalität der Palmarflexion der Mittelfingergelenke (digitus manus III) der gesunden und der CRPS betroffenen Hand zu den drei Messzeitpunkten?

**Forschungsfrage 5:**

Gibt es einen Unterschied der Gruppen in der Funktionalität der Palmarflexion der Ringfingergelenke (digitus manus IV) der gesunden und der CRPS betroffenen Hand zu den drei Messzeitpunkten?

**Forschungsfrage 6:**

Gibt es einen Unterschied der Gruppen in der Funktionalität der Palmarflexion der kleinen Fingergelenke (digitus manus V) der gesunden und der CRPS betroffenen Hand zu den drei Messzeitpunkten?

**Forschungsfrage 7:**

Gibt es einen Unterschied der Gruppen in der Funktionalität der Palmarflexion des Handgelenkes der gesunden und der CRPS betroffenen Hand zu den drei Messzeitpunkten?

**Forschungsfrage 8:**

Gibt es einen Unterschied der Gruppen in der Funktionalität der Extension des Handgelenkes der gesunden und der CRPS betroffenen Hand zu den drei Messzeitpunkten?

**Forschungsfrage 9:**

Gibt es einen Unterschied der Gruppen in der Handkraft der gesunden und der CRPS betroffenen Hand zu den drei Messzeitpunkten?

## **Forschungsfragen CRPS Lokalisation der unteren Extremitäten**

### **Forschungsfrage A:**

Gibt es einen Unterschied der Gruppen in der Funktionalität des Knies zu den drei Messzeitpunkten?

### **Forschungsfrage B:**

Gibt es einen Unterschied der Gruppen in der Funktionalität der Plantarflexion der Sprunggelenke zu den drei Messzeitpunkten?

### **Forschungsfrage C:**

Gibt es einen Unterschied der Gruppen in der Funktionalität der Dorsalextension der Sprunggelenke zu den drei Messzeitpunkten?

## **3.2 Forschungshypothesen**

Basierend auf Empirie und den a priori formulierten Forschungsfragen wurden folgende Forschungshypothesen erstellt:

### **Forschungshypothese 1:**

#### Hypothese H0:

Es gibt keinen Unterschied zwischen den Patientengruppen in der subjektiven Schmerzstärke im BPI vor und nach Beendigung der Therapie.

#### Hypothese H1:

Es gibt einen Unterschied zwischen den Patientengruppen in der subjektiven Schmerzstärke im BPI vor und nach Beendigung der Therapie.

## **Forschungshypothesen CRPS Lokalisation der oberen Extremitäten**

### **Forschungshypothese 2:**

#### Hypothese H0:

Es gibt keinen Unterschied der Gruppen in der Funktionalität der Palmarflexion der Daumengelenke (digitus manus I) der gesunden und der CRPS betroffenen Hand zu den drei Messzeitpunkten.

#### Hypothese H1:

Es gibt einen Unterschied der Gruppen in der Funktionalität der Palmarflexion der Daumengelenke (digitus manus I) der gesunden und der CRPS betroffenen Hand zu den drei Messzeitpunkten.

### **Forschungshypothese 3:**

#### Hypothese H0:

Es gibt keinen Unterschied der Gruppen in der Funktionalität der Palmarflexion der Zeigefingergelenke (digitus manus II) der gesunden und der CRPS betroffenen Hand zu den drei Messzeitpunkten

#### Hypothese H1:

Es gibt einen Unterschied der Gruppen in der Funktionalität der Palmarflexion der Zeigefingergelenke (digitus manus II) der gesunden und der CRPS betroffenen Hand zu den drei Messzeitpunkten

#### **Forschungshypothese 4:**

##### Hypothese H0:

Es gibt keinen Unterschied der Gruppen in der Funktionalität der Palmarflexion der Mittelfingergelenke (digitus manus III) der gesunden und der CRPS betroffenen Hand zu den drei Messzeitpunkten.

##### Hypothese H1:

Es gibt einen Unterschied der Gruppen in der Funktionalität der Palmarflexion der Mittelfingergelenke (digitus manus III) der gesunden und der CRPS betroffenen Hand zu den drei Messzeitpunkten.

#### **Forschungshypothese 5:**

##### Hypothese H0:

Es gibt keinen Unterschied der Gruppen in der Funktionalität der Palmarflexion der Ringfingergelenke (digitus manus IV) der gesunden und der CRPS betroffenen Hand zu den drei Messzeitpunkten.

##### Hypothese H1:

Es gibt einen Unterschied der Gruppen in der Funktionalität der Palmarflexion der Ringfingergelenke (digitus manus IV) der gesunden und der CRPS betroffenen Hand zu den drei Messzeitpunkten.

#### **Forschungshypothese 6:**

##### Hypothese H0:

Es gibt keinen Unterschied der Gruppen in der Funktionalität der Palmarflexion der kleinen Fingergelenke (digitus manus V) der gesunden und der CRPS betroffenen Hand zu den drei Messzeitpunkten.

##### Hypothese H1:

Es gibt einen Unterschied der Gruppen in der Funktionalität der Palmarflexion der kleinen Fingergelenke (digitus manus V) der gesunden und der CRPS betroffenen Hand zu den drei Messzeitpunkten.

### **Forschungshypothese 7:**

#### Hypothese H0:

Es gibt keinen Unterschied der Gruppen in der Funktionalität der Palmarflexion des Handgelenkes der gesunden und der CRPS betroffenen Hand zu den drei Messzeitpunkten.

#### Hypothese H1:

Es gibt einen Unterschied der Gruppen in der Funktionalität der Palmarflexion des Handgelenkes der gesunden und der CRPS betroffenen Hand zu den drei Messzeitpunkten.

### **Forschungshypothese 8:**

#### Hypothese H0:

Es gibt keinen Unterschied der Gruppen in der Funktionalität der Extension des Handgelenkes der gesunden und der CRPS betroffenen Hand zu den drei Messzeitpunkten.

#### Hypothese H1:

Es gibt einen Unterschied der Gruppen in der Funktionalität der Extension des Handgelenkes der gesunden und der CRPS betroffenen Hand zu den drei Messzeitpunkten.

### **Forschungshypothese 9:**

#### Hypothese H0:

Es gibt keinen Unterschied der Gruppen in der Handkraft der gesunden und der CRPS betroffenen Hand zu den drei Messzeitpunkten.

#### Hypothese H1:

Es gibt keinen Unterschied der Gruppen in der Handkraft der gesunden und der CRPS betroffenen Hand zu den drei Messzeitpunkten.

## **Forschungshypothesen CRPS Lokalisation der unteren Extremitäten**

### **Forschungshypothese A:**

#### Hypothese H0:

Es gibt keinen Unterschied der Gruppen in der Funktionalität des Knies zu den drei Messzeitpunkten.

#### Hypothese H1:

Es gibt einen Unterschied der Gruppen in der Funktionalität des Knies zu den drei Messzeitpunkten.

### **Forschungshypothese B:**

#### Hypothese H0:

Es gibt keinen Unterschied der Gruppen in der Funktionalität der Plantarflexion der Sprunggelenke zu den drei Messzeitpunkten.

#### Hypothese H1:

Es gibt einen Unterschied der Gruppen in der Funktionalität der Plantarflexion der Sprunggelenke zu den drei Messzeitpunkten.

### **Forschungshypothese C:**

#### Hypothese H0:

Es gibt keinen Unterschied der Gruppen in der Funktionalität der Dorsalextension der Sprunggelenke zu den drei Messzeitpunkten.

#### Hypothese H1:

Es gibt einen Unterschied der Gruppen in der Funktionalität der Dorsalextension der Sprunggelenke zu den drei Messzeitpunkten.

### **Forschungshypothese fMRI:**

#### Hypothese H0:

Gibt es keinen Unterschied zwischen den Gruppen zum Messzeitpunkt T<sub>2</sub> in den kontralateralen Kortexarealen SI und SII bezüglich einer Reorganisation der CRPS repräsentierenden Region im Vergleich zum Messzeitpunkt T<sub>1</sub>?

#### Hypothese H1:

Gibt es einen Unterschied zwischen den Gruppen zum Messzeitpunkt T<sub>2</sub> in den kontralateralen Kortexarealen SI und SII bezüglich einer Reorganisation der CRPS repräsentierenden Region im Vergleich zum Messzeitpunkt T<sub>1</sub>?

### **3.3 Studiendesign und Qualitätsmanagement (ICH – GCP)**

Vorliegendes Studiendesign ist eine randomisierte kontrollierte, doppelt verblindete klinische Längsschnittstudie. Dieses Design besteht aus einer prospektiv evaluierten Experimental- und einer Wartelistenkontrollgruppe, beide basierend auf einem CRPS Patientenkollektiv des Zentrums für Interdisziplinäre Schmerztherapie, Onkologie und Palliativmedizin am Klinikum Klagenfurt. Die Dauer der Studiendurchführung wurde mit einem Zeitintervall von 18 Monaten, von Anfang März 2012 bis Ende August 2013, definiert. (Michenthaler, 2014, S. 79)

Vor Beginn der wissenschaftlichen Erhebung wurde die Stichprobengröße a priori mit Hilfe des Programms G \* Power und der Methode Power Analyse berechnet.

Das Studienprotokoll und alle benötigten Formulare, zum Beispiel der Ethikkommissionsantrag, der Informed Consent, die Case Report Forms, die geplanten Fragebögen etc. nach den international für die EU, Japan und den USA geltenden Richtlinien der International Conference of Harmonization – Good Clinical Practice (ICH-GCP) erstellt. (Renner, 2011, S. 41 – 44, Michenthaler, 2014, S. 79)

Im Ethikkommissionsantrag wurden die Verantwortlichkeiten der jeweiligen, in den Studienablauf involvierten Personen festgelegt. (Schulgen und Kristiansen, 2008, S. 255 – 290, Michenthaler, 2014, S. 79) Die Rolle des Prinzipal Investigators (PI) und des klinischen Sponsors der Studie am Klinikum Klagenfurt übernahm Herr Univ. Prof. Prim. Rudolf Likar, Msc.. Weitere verantwortliche Prüfärzte, also Subinvestigatoren (SI) der Studie waren Herr OA. Dr. Hossein Jabarzadeh und Herr Ing. Ass. Dr. Michael Obmann. (Michenthaler, 2014, S. 80)

Zur Gewährleistung der Datenqualität und der Nachvollziehbarkeit von Studienablaufprozessen wurde die Durchführung der empirischen Erhebung und alle daraus evaluierten Datensätze von einer zertifizierten Clinical Trial Spezialistin (CTS) und ausgebildetem Clinical Monitor, auf ihre ICH - GCP Konformität in Bezug auf Dokumentation, Objektivität und Validität hin monitiert. (Michenthaler, 2014, S. 80)

Alle klinischen Daten und Parameter wurden ausschließlich von Ärzten, Therapeuten oder dem medizinischen Personal des Klinikum Klagenfurts, Abteilung Zentrum für Interdisziplinäre Schmerztherapie, Onkologie und Palliativmedizin nach Standard Operating Procedures (SOPs) erhoben, und in den, von der EK genehmigten Case Report Forms der Patientenfiles dokumentiert. (Michenthaler, 2014, S. 80)

Alle Dokumente wurden der medizinischen Direktion des Klinikum Klagenfurt als auch der Ethik Kommission des Landes Kärnten (EK) zur juristischen Prüfung und Genehmigung übermittelt. Nach schriftlicher Ratifizierung durch die medizinische Direktion fand die erforderliche persönliche Präsentation des Projektes in der Ethikkommissionssitzung am 22.02.2013 unter dem Vorsitz von Univ. Doz. Dr. H. J. Gallowitsch statt. Die Studie wurde von allen 19 anwesenden Kommissionsmitgliedern unterschiedlicher Fachrichtungen einstimmig und ohne weitere Auflagenerteilung angenommen. (Michenthaler, 2014, S. 80)

Das positive Votum wurde unter der EK Nummer A 03/2012 mit dem Studientitel „Studie zur Effektivität der Spiegeltherapie bei CRPS Symptomatik“ deklariert. Im Verlauf der Erhebung wurde dieses Votum im Rahmen der jährlichen Begutachtung klinischer Studien durch die Ethikkommission noch einmal verlängert. (Michenthaler, 2014, S. 80)

### **3.4 Stichprobe und Studiendurchführung**

Die Auswahl der Testpersonen erfolgte nach dem Prinzip der klinischen Stichprobengewinnung. Diese Methodik differenziert die teilnehmenden Patienten a priori und durch speziell definierte Ein – sowie Ausschlusskriterien.

In einer in der Studienplanungsphase durchgeführten Poweranalyse (G\* Power) wurde eine optimale Stichprobengröße von  $n = 26$  Personen berechnet. Diese Zahl wurde im Rahmen eines angenommenen 95 %-igen Konfidenzintervalls mit einem erwarteten großen Effekt von Cohens  $d = 0,8$  ermittelt. Diese statistischen Annahmen stützen sich auf eine umfangreiche a priori durchgeführte Literaturanalyse durch die Autorin. (Michenthaler, 2014, S. 81)

#### **3.4.1 Patientenkollektiv und Patientenrekrutierung**

Im Vorfeld der Studie wurde eine Bestandsaufnahme aller Patienten des Klinikum Klagenfurts im Zeitraum der gesamten letzten drei Jahre mit der Diagnosestellung des „Komplexen Regionalen Schmerzsyndroms“, des Terminus „CRPS“ oder der Entität des „Morbus Sudeck“ und deren ICD 10 Codierung durchgeführt. Diese Abfrage wurde durch die interne Abteilung der Informationstechnik im hauseigenen Patientendokumentationssystem ORBIS durchgeführt. Es konnten auf diese Weise und insgesamt 387 spezifische Einträge im untersuchten Zeitintervall generiert werden. (Michenthaler, 2014, S. 81)

Alle 387 Patientendaten wurden anschließend anonymisiert, nur mittels codierter Aufnahme- und Jahreszahl ausgewertet. Im Zuge dieser Auswertung wurden 342 Fälle aufgrund von Problematiken wie eine falsche Diagnosestellung, Mehrfachaufnahmen ein und desselben Patienten im Krankenhaus usw. aus der weiteren Bearbeitung der Fälle ausgeschieden. Es konnten nur 45 verbliebene Datensätze einer engeren Analyse zugeführt werden. Diese Personen wurden schließlich auf das Vorliegen studienrelevanter Ein- und Ausschlusskriterien gescreent. (Michenthaler, 2014, S. 81)

Leider mussten nach der abschließenden Bewertung wiederum 37 Patienten ausgeschlossen werden, weil sie die Voraussetzungen zur Studienteilnahme nicht erfüllten. 8 Patienten, welche geeignet erschienen, konnten nun in Folge über die Schmerzambulanz kontaktiert werden um mit Hilfe der dort tätigen Ärzte und der Studienteilnahmekriterien nochmals die persönliche Eignung und die aktuelle Compliance der Patienten in Bezug auf eine Studienteilnahme abzuschätzen. Nach dieser Screeningphase der Patienten musste leider nochmals eine Revision des Probandenpools vorgenommen werden. (Michenthaler, 2014, S. 81)

Drei Patienten, welche ihren Hauptwohnsitz in über 50 km Entfernung zum Klinikum hatten, sahen sich verständlicherweise nicht imstande zweimal wöchentlich an einer ambulanten Therapie am Klinikum teilzunehmen. Daher mussten diese Personen aus der Studie ausgeschieden werden. Ein Patient konnte erfreulicherweise aufgrund der in der Zwischenzeit gebesserten Symptomatik extrahiert werden. So dezimierte sich der anfänglich sehr positiv anmutende Stand der eventuell auswertbaren Patientenfälle von beträchtlichen 387 auf klägliche 4 Personen. Dieser Umstand spiegelt auch hier exakt die Schwierigkeiten und Herausforderungen des Großteiles der bereits getätigten empirischen Studien zur CRPS Symptomatik wieder, dass aufgrund des heterogenen Erscheinungsbildes des Symptomkomplexes und der, wahrscheinlich hier zu selektiv definierten Aufnahmekriterien die angestrebte Stichprobengröße im vorgesehenen Zeitintervall nicht rekrutiert werden konnte. Eine Verlängerung des Studienzeitraumes oder Ausweitung des Projektes konnte leider aufgrund des engen finanziellen Rahmens und der Bindung der personellen und therapeutischen Ressourcen auch nicht in Betracht gezogen werden. Aus diesem Grunde wurde die Stichprobengröße nachträglich nochmals statistisch berechnet und ein Konsens mit  $n = 15$  Personen gefunden. (Michenthaler, 2014, S. 82)

- Die Stichprobe der vorliegenden wissenschaftlichen Erhebung besteht aus diesen 15 Patienten mit einer CRPS Symptomatik, lokalisiert an einer oberen oder unteren Extremität. Diese Patienten wurden an der Schmerzambulanz des Zentrums für Interdisziplinäre Schmerztherapie, Onkologie und Palliativmedizin durch speziell ausgebildete Schmerzspezialisten und auf folgende Kriterien gescreent (Michenthaler, 2014, S. 82):

### **3.4.2 Einschlusskriterien**

- Erfüllung der IASP Budapest Kriterien
- CRPS Symptomatikmanifestation auf *einer* Extremität
- Keine neurologischen oder muskuloskelettale Erkrankungen der gesunden Extremität
- Seit mindestens einem Monat Einnahme einer stabilen Schmerzmedikation
- Alter zwischen  $\geq 18$  und  $\leq 80$  Jahren
- Ausreichende kognitive Fähigkeiten um den Anweisungen der Therapeuten folgen zu können
- Keine gravierende Sehbeeinträchtigung
- Kardiopulmonale Stabilität
- Freiwillige Teilnahme an der Studie
- Eigenhändige Unterschrift des Patienten am Informed Consent (ICF)  
(Michenthaler, 2014, S. 82)

### **Zusätzliche Bedingung**

Körperliche Eignung um an den fMRT Untersuchungen der Studie teilzunehmen.  
(Michenthaler, 2014, S. 83)

### 3.4.3 Ausschlusskriterien

- Keine Übereinstimmung der klinischen Symptomatik mit den diagnostischen IASP Budapestkriterien
- Alter  $\leq$  18 Jahren bzw.  $\geq$  80 Jahren
- Vorab diagnostizierte Polyneuropathien und/oder Durchblutungsstörungen an der betroffenen Extremität
- Neurologische oder muskuloskelettale Erkrankungen der gesunden Extremität
- Morbus Raynaud
- Starke Raucher: Zigarettenkonsum ab 20 Stück/Tag
- Kognitive Defizite, welche dem Patienten das Befolgen der Anweisungen der Ergotherapeutin einschränken/unmöglich machen
- Psychische Störungen, die mit einer Wahrnehmungsbeeinträchtigung und einem „Verlust des Ichs“ einhergehen
- Gravierende Sehbeeinträchtigung/Erblindung
- Aktuelle Einnahme entzündungshemmender Wirkstoffe. Z.B: Steroide/Kortikoide
- Keine stabile Medikationseinstellung
- Keine freiwillig erfolgte Zustimmung des Patienten zur Teilnahme an der Studie

(Michenthaler, 2014, S. 83)

#### **Zusätzliche Ausschlusskriterien im Rahmen der fMRT Untersuchung:**

- Ausgeprägte Klaustrophobie
- Implantierter Herzschrittmacher
- Cochleaimplantate im Innenohr
- Implantierte Neurostimulatoren
- Schwangerschaft
- Drogenabusus
- Nichtbekanntgabe von metallischen Implantaten jeglicher Art
- Kaffee oder Nikotingenuss am Tag der fMRT Untersuchung
- Fehlen einer rechtswirksamen Einwilligungserklärung

(Priebe und Schneider, 2007, S. 108, Michenthaler, 2014, S. 83)

Das Alter der Patienten sollte zwischen dem vollendeten 18ten und 80 Jahren liegen um Vergleiche mit bereits erhobenen Studien ziehen zu können.

In die Patientengruppen sollten des Weiteren jeweils gleich viele Männer wie Frauen einbezogen werden, um eventuell vorliegende geschlechtsspezifische Unterschiede sichtbar zu machen. (Michenthaler, 2014, S. 84)

### 3.4.4 Work Flow

Das Design der vorliegenden Studie basiert auf der klinischen Forschungsmethode einer Experimentalgruppe und einer Wartelistenkontrollgruppe. Abbildung 8 veranschaulicht den detaillierten „Work Flow“ der vorliegenden wissenschaftlichen Erhebung. (Michenthaler, 2014, S. 84)

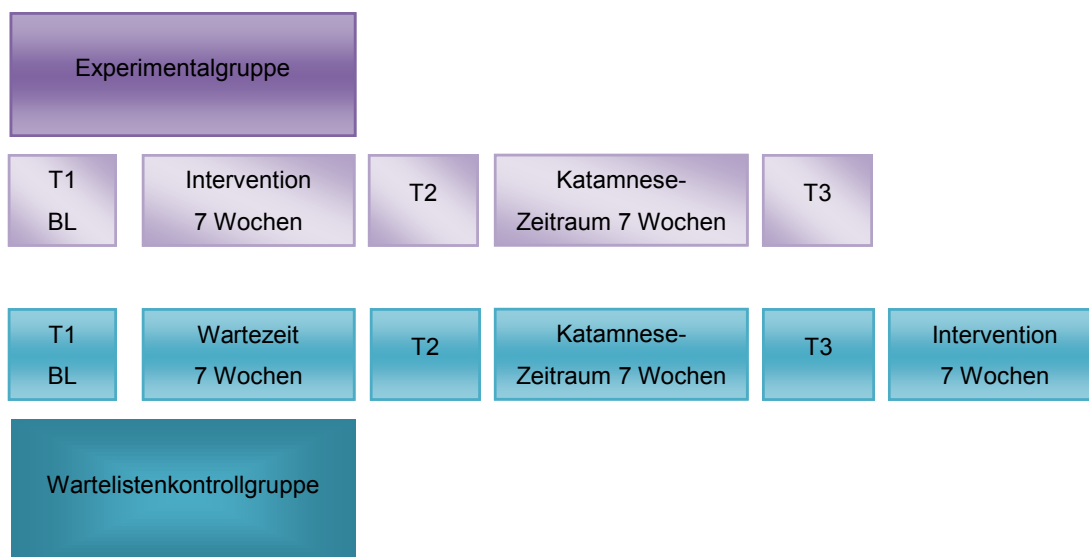


Abbildung 8: Studien Work Flow

Die Grundgesamtheit der evaluierten Probandengruppe bestand nach einem ausführlichen Screeningverfahren der Patienten durch Ärzte der Schmerzzambulanz aus n = 15 Personen. Es konnte leider nicht bereits bei Studienstart auf den gesamten avisierten Patientenpool zurückgegriffen werden. Es wurden einige Patienten im Zeitintervall der Studiendurchführung auch im laufenden Ambulanzalltag am Klinikum akquiriert, gescreent und vorliegenden Voraussetzungen schließlich in die wissenschaftliche Erhebung aufgenommen. (Michenthaler, 2014, S. 84)

Im Rahmen einer holistischen Vorerhebung wurden von jedem Patienten neben den Ein- und Ausschlusskriterien auch folgende Parameter evaluiert:

- die soziodemographischen Daten
- die aktuelle Medikation
- die Dauer der Erkrankung
- die Lateralität
- die Lokalisation der CRPS Symptomatik
- vorangegangene Operationen/physiologische traumatische Ereignisse  
(Michenthaler, 2014, S. 85)

Zum Zeitpunkt T<sub>1</sub> wurde bei allen teilnehmenden Patienten eine Baseline Messung (BL) durchgeführt. Folgende physische und psychische Parameter wurden hierbei erhoben:

- Aktuelle Schmerzintensität/Schmerzqualität
- Vorliegen neuropathischer Schmerzkomponenten
- Sensibilität der betroffenen Extremität
- Motorische Fähigkeiten
- Handkraft
- Gelenkbeweglichkeit
- Volumen der Extremitäten in ml
- Vorliegen einer Neglect – like – Symptomatik
- Kälte/Wärme Empfindlichkeit
- Hautfarbe
- Hauttemperatur der betroffenen und der nicht betroffenen Extremität, sowie deren Verteilung
- Subjektive Copingstrategien
- Angst- und Depressionswerte
- Subjektive Lebensqualität (Michenthaler, 2014, S. 85)

Die Patienten wurden nach der BL mittels Würfelrandomisierung der Experimentalgruppe (n = 8) und der Wartelistenkontrollgruppe (n = 7) zugeordnet.

Sämtliche Randomisationsprozesse, welche zu den gebildeten Gruppen führten, waren weder für die Patienten noch für die Therapeuten sowie das teilnehmende Personal ersichtlich. (Michenthaler, 2014, S. 85)

Die Würfelrandomisierung selbst und die daraus resultierende Einteilung der Probanden wurden von einem objektiven Mitarbeiter vorgenommen, welcher in Folge in den gesamten Studienprozess nicht mehr involviert wurde. Des Weiteren wurde bei jedem der Patienten zu diesem Zeitpunkt eine funktionelle MRT (fMRT) Aufnahme des Gehirns am Klinikum Klagenfurt, Institut für diagnostische und interventionelle Radiologie angefertigt. Verantwortlicher Radiologe der Studie war diesbezüglich Herr OA. Dr. Thomas Kau. Durchführende medizinisch radiologische Assistentin war Frau MTA – R Ute Krassnitzer. Alle teilnehmenden Patienten absolvierten je nach Möglichkeit eine fMRT Untersuchung an einem einzigen Tag, um eine effiziente und präzise Einhaltung des Studienprotokolls an allen zwei geplanten fMRT Evaluationszeitpunkten zu gewährleisten. Die so evaluierten Datensätze wurden von Frau Dr. Margit Jehna von der Klinischen Abteilung für Neuroradiologie der Medizinischen Universität in Graz mit Hilfe der FMRI Software Library (FSL) ausgewertet. (Michenthaler, 2014, S. 86)

Im Fokus der interventionellen Studie standen nach der Baselinemessung zum Messzeitpunkt  $T_1$  die Spiegeltherapieeinheiten für die Experimentalgruppe. Diese fanden über einen Zeitraum von jeweils 7 Wochen in den Therapieräumen des ZISOP - Zentrum für Interdisziplinäre Schmerztherapie, Onkologie und Palliativmedizin, statt. Durchgeführt und dokumentiert wurden die zwei, wöchentlich abgehaltenen Einheiten von den abteilungszugehörigen Ergotherapeutinnen. Die Dauer einer Einheit wurde mit ca. einer halben Stunde Therapiezeit angesetzt. Patienten mit CRPS der unteren Extremität wurden gebeten, passende Übungskleidung anzuziehen, welche in der praktischen Ausführung der Übungen nicht hinderlich war. (Michenthaler, 2014, S. 86)

Bei der Therapie selbst wurden rahmenlose Plexiglasspiegel mit abnehmbaren Holzständern eingesetzt. Diese boten u.a. die Vorteile von einerseits wenig Eigengewicht und andererseits von Unzerbrechlichkeit – daher konnten sie vom Patienten gut transportiert als auch platzsparend aufbewahrt werden.

Die Maße der Spiegel zur Beübung der oberen Extremität betragen 60 cm x 50 cm. Spiegel zur Therapie der unteren Extremität maßen hingegen 80 cm x 120 cm. Alle Längen- und Breitenmaße orientierten sich hierbei an Spiegelmaßen, welche bereits in anderen empirischen Studien zur Spiegeltherapie eingesetzt wurden.

(Michenthaler, 2014, S. 86)

Jedem Patienten wurde außerdem ein dem Klinikum äquivalenter Plexiglasspiegel zur Mitnahme nach Hause zu Verfügung gestellt, um die Compliance des selbstständigen und autonomen Übens der Patienten zu fördern.

Sämtliche, während des Studienprozesses ausgegebene Materialien wurden nach Studienende von den Patienten wieder ans Klinikum retourniert. Es bestand für sie hierbei jedoch die Möglichkeit, über die vom Klinikum mitgeteilten Bestelladressen der Hersteller selbst Therapiegeräte zu ordern, was einige der Patienten auch in Anspruch nahmen. (Michenthaler, 2014, S. 86)

Die Therapieeinheiten selbst wurden so gestaltet, dass in der ersten Woche ein „Kennenlernen“ des Patienten mit seinem Trainingsgerät möglich war. Es wurden hierbei noch keine dezidierten Übungen erarbeitet, sondern der Patient sollte in Interaktion mit dem Spiegel ein „Gefühl“ für dessen Anwendung und auch Wirkungsweise entwickeln. Dazu konnte er selbst seiner Phantasie freien Lauf lassen und so eigene Bewegungen für seine gesunde Extremität kreieren. Eventuell auftretende Nebenwirkungen wie Schwindelgefühle oder intermittierende Übelkeit wurden dokumentiert. Die betroffene Seite sollte während den gesamten 7 Wochen Spiegeltherapie vom Patienten nicht aktiv beübt werden. Wobei hierbei kritisch anzumerken gilt, dass dies einigen Patienten nicht immer gelang, da sich in den späteren Trainingsphasen die CRPS geschädigte Gliedmaße unbewusst und parallel zu den ausgeführten Bewegungsmustern des gesunden Körpergliedes mitbewegte. Dieser Effekt begründet sich allerdings primär auf die Wirkung und den Effekt der Spiegeltherapie und wurde auch in anderen Studien explizit so beschrieben.

(Michenthaler, 2014, S. 87)

In den darauf folgenden sechs Wochen wurden mit dem Patienten sukzessive vorab festgelegte Bewegungsmuster ohne Medieneinsatz eintrainiert. Diese bestanden zum Beispiel bei Patienten mit einer CRPS Erkrankung der Hand aus einer Schiebebewegung der betroffenen Extremität. (Michenthaler, 2014, S. 87)

Betroffene  
Hand

Gesunde  
Hand

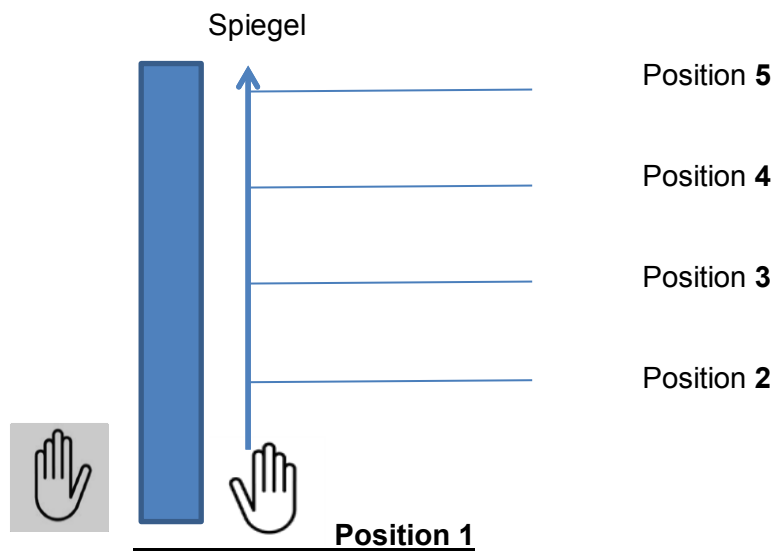


Abbildung 9: Spiegeltherapie Obere Extremität

Die Tischplatte, an der geübt wurde, wurde in diesem Setting entsprechend der Spiegellänge in 5 einzelne Abschnitte eingeteilt. (Siehe Abbildung 8)

Der Patient wurde seitens des Therapeuten dazu angehalten in jeder dieser 5 Positionen eine bestimmte motorische Übung dreimal durchzuführen. Diese Übungen waren z.B. das Finger Tippen jedes einzelnen Fingers einer Hand, oder das Opponieren dieser Finger. Zusätzlich standen dem Therapeuten in fortgeschrittenen Sitzungen auch noch die Variationen der Ausführung von drei verschiedenen Griffformen, wie zum Beispiel die Generierung der geschlossenen Faust, des Schlüssel- sowie des Spährengriffs zur Verfügung. Weitere Einheiten beinhalteten die Flexion und Extension des Handgelenks, sowie des Ellenbogengelenks. (Michenthaler, 2014, S. 88)

Dokumentiert wurden hierbei die Nebenwirkungen und die Compliance des Patienten gegenüber den Übungen, als auch die somatisch vorgegebene Möglichkeit der Durchführung der Übungen. (Können alle 5 Positionen eingenommen werden, sind alle Griffe vom Patienten durchführbar usw.) Gespräche mit dem Patienten wurden, um einen Bias zu vermeiden nur in Bezug auf die Inhalte der Therapien geführt. (Michenthaler, 2014, S. 88)

Patienten mit einer CRPS betroffenen unteren Extremität erhielten Übungseinheiten zugeteilt, die adäquat zu den Lektionen der oberen Gliedmaße gestaltet waren. Auch hier wurde die gesamte Spiegellänge in 5 Einzelpositionen unterteilt. Bei jeder dieser Positionen erarbeiteten die Patienten spezielle motorisch fokussierte Übungen, welche jeweils dreimal durchgeführt wurden, bevor es zu einem Wechsel der Positionierung kam. Grundübungen stellten hierbei das Schieben des Fußes, die Extension und Flexion des Sprunggelenkes als auch die Extension und Flexion des Kniegelenkes dar. Zu diesen wurden die Variationen des „Zehen haken“, des „Zehen spreizen“, als auch des „Zehen strecken“ kombiniert. Eine Sonderstellung nahm die Beübung des Sprunggelenkes ein, da hier auch eine Wischbewegung des Fußes möglich war. Diese Sonderform konnte von den Patienten als Entlastungsvariante verwendet werden, da die Übungseinheiten, welche das Kniegelenk betrafen mit fortschreitender Übungszeit sehr kraftaufwendig und daher ermüdend waren. (Michenthaler, 2014, S. 88)

In den SOPs der Case Report Forms wurden außerdem bei jeder Sitzung die aktuelle Schmerzintensität mit Hilfe der VAS Skala, als auch die laufende Medikation und subjektiv empfundene Veränderungen des Patienten erhoben und mit dokumentiert. Aber nicht nur die Therapeutin, sondern auch der Patient wurde in den Dokumentationsprozess miteinbezogen. Dies geschah mittels einer speziell für ihn adaptierten Therapiemappe. (Michenthaler, 2014, S. 88)

### **Therapiemappe**

Jedem Patienten wurde am Beginn der Therapie eine Therapiemappe ausgehändigt, welche folgende Informations- und Arbeitsblätter enthielt:

- Informationsblatt „Spiegeltherapie im Allgemeinen“
- Beschreibung der Durchführung der Spiegeltherapie
- Anleitung zu den jeweiligen Therapieeinheiten
- Therapietagebuch

(Einige dieser Blätter finden sich exemplarisch im Anhang)

(Michenthaler, 2014, S. 89)

Das Informationsblatt zur interventionellen Methode der Spiegeltherapie sollte dem Patienten einen guten allgemein gehaltenen Überblick über empirische Hypothesen und Wirkweisen dieses Therapieansatzes vermitteln. Weitere essentielle Informationen bekam er im Rahmen der „Beschreibung der Durchführung der Therapie“. Hierbei handelte es sich um eine präzise Leitlinie, wie das Setting der Therapie und die zeitliche Taktung gestaltet und optimiert eingesetzt werden können. Auch der Umgang und die Vermeidung mit eventuell auftretenden störenden Stimuli, welche einen negativen Einfluss auf den Therapieerfolg ausüben könnten, wurden darin a priori thematisiert.

Die Anleitungen zu den jeweiligen Therapieeinheiten wurden im Zuge des gemeinsamen praktischen Erarbeitens und Erlernens im ambulanten Setting mit den Ergotherapeuten ausgehändigt. Diese detaillierten und auch illustrierten Schilderungen der Lektionen dienten den Patienten primär als Orientierung und Leitfaden beim Üben zu Hause. Durch regelmäßige Feedbacks konnten auch anfänglich missverständliche Formulierungen in den Unterlagen schnell revidiert und umformuliert werden. (Michenthaler, 2014, S. 89)

Das Patiententagebuch sollte dem Patienten zur subjektiven Übungskontrolle im Selbstevaluationsverfahren förderlich sein. In diesen Formularen wurde die Übungshäufigkeit, das subjektive Gelingen und die jeweilige Übungsdauer der Einheiten dokumentiert. Des Weiteren wurden hier auch die, vom Patienten präferierten Lektionen evaluiert. (Michenthaler, 2014, S. 89)

Der Patient wurde gebeten diese Mappe bei jeder Einheit der Therapie mitzubringen, damit eine regelmäßige Besprechung von eventuell aufgetretenen und dokumentierten Fragen sowie eine überblicksmäßige Kontrolle der konsequenten autonomen Durchführung durch die Therapeutin gegeben war. (Michenthaler, 2014, S. 89)

Nach 7 Wochen konnte die ambulante Therapie bei allen Patienten der Experimentalgruppe abgeschlossen werden. Zu diesem Zeitpunkt ( $T_2$ ) wurden fast alle Parameter, welche bereits bei  $T_1$  evaluiert wurden, nochmals erhoben, um eventuelle Unterschiede in einem Prä- Postvergleich sichtbar machen zu können. Ausgeschlossen wurden aus der Erhebung alle statischen Variablen, wie zum Beispiel die soziodemographischen Daten. Des Weiteren wurde zu diesem Zeitpunkt auch die zweite fMRT Untersuchung durchgeführt.

Alle Patienten der Kontrollgruppe erhielten in dieser Zeit nur die stabile medikamentöse Standardtherapie. Es wurden keine zusätzlichen therapeutischen Verfahren durchgeführt. Auch die Patienten dieser Gruppe wurden zum Zeitpunkt  $T_2$  einer funktionellen Magnetresonanztomographie unterzogen. (Michenthaler, 2014, S. 90)

Diesem Messzeitpunkt schloss sich ein Katamneseintervall von 7 Wochen Dauer an. In diesen 7 Wochen wurden in beiden Patientengruppen keine weiteren therapeutischen motorisch fokussierten Interventionen gesetzt, um auftretende Effekte der Spiegeltherapie, evaluiert bei  $T_2$ , in ihrer Wirkungsdauer nach Therapieende zu detektieren. Nach Abschluss dieses Zeitraumes wurde nochmals eine Messung aller psychischen und physischen Parameter, ausgenommen eine neuerliche fMRT Aufnahme, durchgeführt. ( $T_3$ ). (Michenthaler, 2014, S. 90)

Nun wurde auch die Kontrollgruppe mit Spiegeltherapieeinheiten, äquivalent der Behandlung der Experimentalgruppe therapiert. Auf eine abschließende Reevaluation im Rahmen eines  $T_4$  musste leider aus ökonomischen Gründen (zu große Bindung von Therapeutenressourcen im klinischen Kontext) verzichtet werden. (Michenthaler, 2014, S. 90)

### 3.4.5 Funktionelle MRT Aufnahmen – Design

Alle MRT Untersuchungen am Patienten wurden basierend auf einem Block Paradigma erstellt. (Siehe Abbildung 10)

In einem Blockparadigma, auch als „Boxcar“ bezeichnet, werden Stimuli in einer a priori festgelegten Reihenfolge unabhängig von subjektiven Reaktionen präsentiert. Jeder Block wird bei der Analyse als Einheit betrachtet, sodass alle Vorgaben der Stimuli bzw. der dargebotenen Aufgaben nur zu einer Bedingung gehören sollen. (Habel und Fink, 2007, S. 123, Michenthaler, 2014, S. 91)

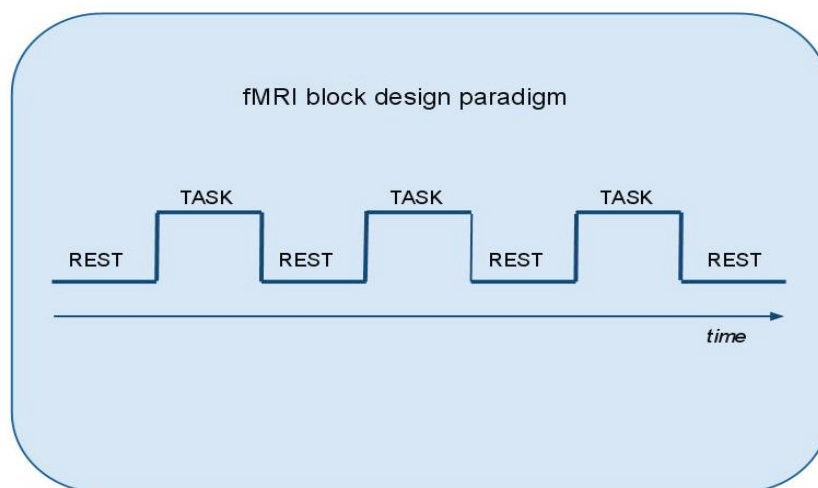


Abbildung 10: Blockparadigma fMRT

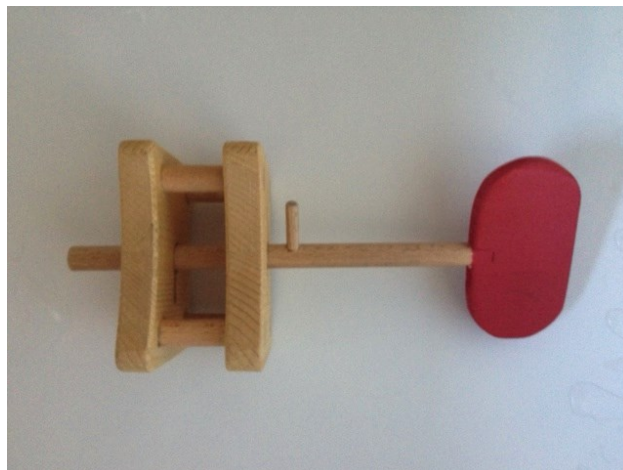
In der vorliegenden Studie kam ein einfaches seitenalternierendes Blockparadigma zur Anwendung. Hierbei wechselten sich jeweils 30 Sekunden motorische Aktivität des Patienten mit einer 30 Sekunden dauernden Ruhebedingung in einem Gesamtzeitintervall von 8 Minuten ab. (Michenthaler, 2014, S. 91)

Es wurden also jeweils 30 Sekunden **Bewegung Rechts - Ruhe - Links - Ruhe - Rechts - Ruhe - Links - Ruhe - Rechts - Ruhe - Links - Ruhe** von den Patienten durchgeführt. (Michenthaler, 2014, S. 91)

Initiiert wurden diese Blöcke visuell über ein Display, angebracht an der Kopfspule des Untersuchungsgerätes. Codiert wurden die Tasks mit "RECHTS" bzw. "LINKS" in weißer Schrift am Display sichtbar, für die zuvor kurz geübte Bewegung und ein kleines weißes "+" auf schwarzem Hintergrund als Ruhebedingung. Das Akquisitionsprotokoll berücksichtigt hier auch ein sogenanntes "BOLD response delay" von 4 Sek., d.h. die Registrierung des BOLD-Signal beginnt jeweils mit einer Verzögerung von 4 Sekunden nach Beginn der Präsentation des Stimulus (rechts, +, links...). (Michenthaler, 2014, S. 91)

Patienten mit CRPS der oberen Extremität führten definierte Bewegungsfolgen mit der rechten und linken Hand aus. Motorische Übungen, welche die Probanden während der Untersuchung absolvierten, waren äquivalent dem Inhalt der Spiegeltherapieeinheiten. (Michenthaler, 2014, S. 91)

So wurden die Patienten gebeten einen speziell gefertigten Holzschlüssel (Abb. 10) zu drehen und einen Ball gut und fest zu greifen, festzuhalten und wieder hinzulegen. Diese motorischen Aufgaben entsprachen der Anwendung des Schlüsselgriffs, den multiplen Stellungen des Handgelenkes und der Pro- und Supinationsbewegung desselben. Des Weiteren wird bei der Übung des „Ball Greifens“ auch die Bewegung des Sphärengriffs praktiziert. (Michenthaler, 2014, S. 91)



**Abbildung 11: Übungsmedium zur fMRT Untersuchung**

Patienten mit CRPS der unteren Extremität wurden gebeten mit dem rechten und linken Fuß abwechselnd je nach Displayanzeige mit den Zehen zu tippen, allerdings ohne das Sprunggelenk mit zu bewegen. Dies hätte zu Bias in den Datensätzen geführt. (Michenthaler, 2014, S. 91)

### **3.5 Studienort**

Ort der Studiendurchführung waren die Räumlichkeiten im Zentrum für Interdisziplinäre Schmerztherapie und Palliativmedizin (ZISOP) am Klinikum Klagenfurt. Diese Abteilung verfügt neben ausreichenden Untersuchungsmöglichkeiten auch über einen klimatisierten Mediationsraum, in welchem die Parameteroperationalisierungen nach Möglichkeit vom Personal durchgeführt wurden. Die Raumtemperatur, welche zwischen 24 °C und 26 °C lag wurde bei allen Untersuchungen im Case Report Form dokumentiert. Die Spiegeltherapieeinheiten wurden in den Räumen der Ergotherapie im dritten Stock des Gebäudes abgehalten. Die fMRT Aufnahmen wurden in den fMRT Untersuchungsräumen am Institut für Diagnostische und Interventionelle Radiologie am Klinikum Klagenfurt am Wörthersee durchgeführt.

### **3.6 Material und Methoden**

In der vorliegenden wissenschaftlichen Erhebung wurden sowohl klinische als auch psychometrische Parameter nach a priori festgelegten standard operating procedures (SOPs) erhoben. Dieses Vorgehen sollte eine holistische Evaluation des Patientenkontexts ermöglichen. Alle evaluierten Datensätze wurden in den dafür vorgesehenen standardisierten Protokollbögen der Case Report Forms (CRF) dokumentiert. Die Patienten wurden nach dem Konzept des ICH-GCP vor Beginn der wissenschaftlichen Erhebung ausführlich durch einen Arzt der Schmerzambulanz aufgeklärt, und unterzeichneten handschriftlich nach einer entsprechend langen Bedenkzeit den „Informed Consent“. Dieser beinhaltet detaillierte Informationen über den Studienablauf, die Risiken, die Freiwilligkeit der Teilnahme, die Wahrung der Anonymität und das Recht auf jederzeitigen Widerruf des Einverständnisses. Jedem Patienten wurde ein Exemplar desselben in Kopie zur Archivierung ausgehändigt. (Michenthaler, 2014, S. 92)

### 3.6.1 Schmerzoperationalisierung

Der Parameter Schmerz wurde mittels der eindimensionalen visuellen Ratingskala (VAS) operationalisiert.

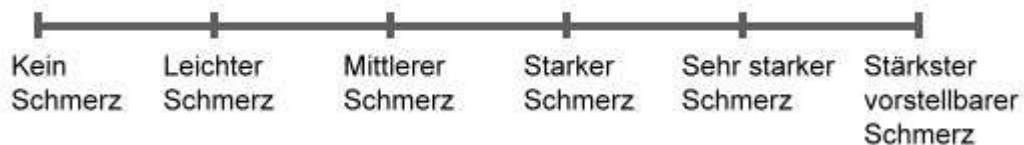
#### 3.6.1.1 VAS - Visuelle Analogskala

Die aktuelle Schmerzintensität der Patienten wurde mit Hilfe der, im Brief pain Inventory inkludierten visuellen Analogskala (VAS) Skala erhoben. Dieses Standardassessment stellt ein, in der Empirie anerkanntes Verfahren zur Evaluierung der Schmerzintensität dar, obwohl Schmerz selbst ein hochkomplexes subjektives Erlebnis darstellt. (Strohmeier, 2011, S. 101)

Das Ausmaß der subjektiven Schmerzempfindung kann hierbei vom Patienten auf einer Skala zwischen den beiden Werten 0 (kein Schmerz) und 10 (maximaler Schmerz) angegeben werden. (Ameli und Nowak, 2011, S. 38)

Scholz (1996), zitiert nach Pioch (2005) verweist bei diesem Verfahren auf eine rasche Anwendbarkeit, kurze Darbietungsdauer, gute Sensitivität als auch auf ein befriedigendes Instruktionsverständnis. (S. 60)

Tabelle 5: Beispiel Visuelle Analogskala VAS



<http://www.code-knacker.de/schmerzskala.htm>

### 3.6.2 Untersuchung Sensorik

Um die Modalität der sensiblen Störungen der CRPS Symptomtrias objektiv und reliabel zu evaluieren wurden folgende Messinstrumente eingesetzt.

### **3.6.2.1 Semmes – Weinstein – Monofilament Test**

Der Semmes – Weinstein – Monofilament Test stellt ein standardisiertes Testverfahren zur Quantifizierung von Sensibilität dar. Mit Hilfe von kalibrierten Nylonfäden unterschiedlicher Stärke, befestigt an einem Untersuchungsstäbchen, den sogenannten „Monofilamenten“ können Berührungs- und Druckempfindung bei Patienten operationalisiert werden. (Renner und Hummelsheim, 2011, S. 265, Jung und Hermsdörfer, 2011, S. 106)

### **3.6.3 Untersuchung Kraft und Motorik**

Folgende Operationalisierungsverfahren kamen für die Datenevaluierung in Bezug auf die Parameter Kraft und Motorik zum Einsatz.

#### **3.6.3.1 Aktive Motorik- Nine - Hole - Peg Test**

Der Nine - Hole - Peg Test beschreibt ein effektives Operationalisierungsverfahren zur Quantifizierung der feinmotorischen Funktionalität der Hand. Er kann einerseits der großen Gruppe der motorischen Aktivitätstests als auch der Subgruppe der Steckbretttests zugeordnet werden. In einer motorischen Leistungsserie werden jeweils mit der dominanten, als auch mit der nicht - dominanten Hand, neun Stäbchen aus Holz in ein gelochtes Holzbrett platziert und daraus wieder entfernt. Dieser Vorgang wird zweimal unter standardisierten Bedingungen wiederholt. (Ameli, Nowak, 2011, S. 35)



**Abbildung 12: Nine Hole Peg Test**

(<http://www.co-operativeindependentliving.co.uk/professional-c6/dexterity-tests-c99/wooden-9-hole-peg-test-p850>)

Ziel für den Patienten ist es, diese Übung unter genauer Zeitmessung zu absolvieren, sodass der evaluierte Datensatz mit den Werten einer Normstichprobe verglichen werden kann.

Normwerte sind hierbei für Kinder als auch für erwachsene Personen verfügbar.

(Nowak, 2011, Platz und Eickhof, 2011, S. 81, Brandauer et al., 2011, S. 138)

### 3.6.3.2 Bewegungsausmaß - Goniometer

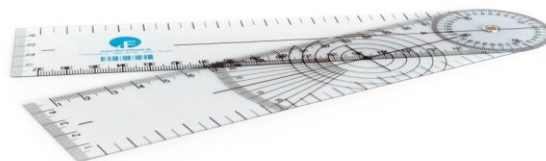
Der Begriff des Goniometers bezeichnet einen Winkelmesser mit dessen Hilfe das aktive als auch das passive Bewegungsausmaß eines Gelenks gemessen wird. Die aktive Beweglichkeit bezeichnet hierbei die Fähigkeit des Patienten das Gelenk aus eigener Muskelkraft und ohne Hilfestellung durch einen Fremden zu bewegen.

Das Messinstrument Goniometer besteht aus zwei beweglichen Schenkeln, welche jeweils mit einer Skala zur Gradeinteilung versehen sind. Je nach Größe des zu operationalisierenden Gelenkes variiert auch die Größe des Goniometers.

Eine standardisierte Messung mittels Neutral – Null – Methode ermöglicht einen Vergleich zwischen den, zu messenden, Extremitäten. Diese basiert auf einer Messung des Gelenkes in der anatomischen Nullstellung. (Reimann, 2008, S. 155)

Die Neutral – Null – Stellung zum Beispiel im Stehen liegt dann vor, wenn der Patient:

- einen aufrechten, hüftbreiten Stand mit parallel platzierten Füßen hat,
- die Arme seitlich neben dem Körper hängen,
- und die Daumen und der Blick nach vorne gerichtet sind.



**Abbildung 13: Goniometer**

(<https://www.diefachwelt.de/FACHMEDIEN/FACHWELT-EXKLUSIVAUSGABEN/Winkelmesser-Goniometer.html#.VMILqC4XgII>)

Protokolliert werden die Resultate der Gelenksmessung basierend auf der Neutral – Null- Stellung in eigenen standardisierten Protokollbögen.

Diese Dokumentation der Werte erfolgt anhand der Angabe von 3 Gradzahlen, wobei

- die mittlere Zahl den Gelenkwinkel in der Nullstellung angibt.
- die erste Zahl den maximal erreichbaren Gelenkwinkel für Bewegungen vom Körper weg (Extension, Supination, Abduktion, Außenrotation) angibt.
- die letzte Zahl den maximal erreichbaren Gelenkwinkel für Bewegungen zum Körper hin (Flexion, Pronation, Adduktion, Innenrotation) angibt.

Sollte Ausführung einer Gelenksbewegung für den Patienten nicht möglich sein, wird der gemessene Gelenkwinkel in der Nullstellung in der medialen Position vermerkt, ebenso aber auch für die Position der eingeschränkten Bewegungsrichtung.

(Ameli und Nowak, 2011, S. 28 – 29, Trinkle, 2011, S. 39 – 44, Bruzek, 2006, S. 2 - 3)

Scheepers et al. (2000) beziffern den normalen Bewegungsumfang der Fingergelenke des Metacarpophalangealgelenk (MCP) mit  $10^{\circ} / 0^{\circ} / 90^{\circ}$ , des Proximales Interphalangealgelenk (PIP) mit  $10^{\circ} / 0^{\circ} / 100^{\circ}$  und des Articulatio interphalangealis distalis (DIP) mit  $10^{\circ} / 0^{\circ} / 90^{\circ}$ . Die Flexion des Handgelenkes wird von den Autoren mit  $0^{\circ} / 0^{\circ} / 50^{\circ} - 60^{\circ}$ , die Extension mit  $35^{\circ} - 60^{\circ} / 0^{\circ} / 0^{\circ}$ , angegeben. (S. 260) Bei Trinkle (2011) finden sich folgende Normwerte für Fingergelenke: Flexion/Extension Fingergrundgelenke:  $90 / 0 / 5$ , Flexion/Extension Fingermittelgelenke:  $100 / 0 / 0$ , Flexion/Extension Daumengrundgelenke:  $70 / 0 / 0$ , Flexion/Extension Daumenendgelenke: Seitenvergleich. (S. 44)

Diese Normwerte sind immer, wie oben genannt, unter der Prämisse des Seitenvergleiches der beiden Extremitäten zu sehen und auch so zu interpretieren. Eine rein statistische Norm ist in der Praxis ohne Wert. (Sachse, 2005, S. 13 – 14)

Diese eruierten Werte dienen primär zur Detektion von Funktionsstörungen, können aber neben der Befunderhebung auch zur Verlaufskontrolle sowie auch zur Ergebnisüberprüfung einer daraus resultierenden Therapie herangezogen werden.

Durch diese genaue Operationalisierung der Parameter kann schlussendlich auch eine, für den Patienten qualitativ wichtige, kritische Auseinandersetzung mit dem therapeutischen Ansatz erfolgen. (Blitzer und Thymm, 2009)

### 3.6.3.3 Kraft - Dynamometer

Die Handkraftmessung erfolgte mittels Dynamometer. Dies ist ein hydraulisches Gerät, welches sich bei Druck nicht selbst bewegt. Durch diese Eigenschaft ist die Handstellung des Patienten bei jedem Versuch dieselbe und kann daher valide evaluiert werden.

Um eine gute Testdurchführung zu gewährleisten wird als erstes die dominante Hand getestet. Dabei soll der Patient gut in einem Stuhl, mit den Füßen am Boden sitzen. Der „Testarm“ wird am Körper adduziert, der Ellbogen in einem Winkel von 90° flektiert. In dieser Position werden drei Versuche durchgeführt. Die evaluierten Datenwerte werden gemittelt und ergeben so die Werte der Handkraft in Kg. (Ewald und Kohler, 1991, S. 4 - 12)



Abbildung 14: Dynamometer

<http://www.afh-webshop.de/BASELINE-LITE-Hydraulischer-Handdynamometer>

Nach erfolgter Messung der dominanten Hand wird im Anschluss auch die Handkraft der nicht - dominanten Hand operationalisiert.

### 3.6.4 Untersuchung autonomer und trophischer Symptomatik

Folgende Operationalisierungsverfahren wurden zur Evaluation autonomer und trophischer Symptomatik angewandt:

#### 3.6.4.1 Ödem und Volumetrie

Eine Methode zur Messung einer eventuell vorliegenden ödematösen Volumenvermehrung /-Reduktion ist die Anwendung eines Wasserverdrängungstests – der Volumetrie.

Bei diesem Verfahren nach Brand 1977 wird zunächst die nicht betroffene Hand, später die betroffene Hand in einem standardisierten Volumeter untersucht. Dies wird mit zimmerwarmem Wasser bis etwa in eine Höhe des, in das Gefäß integrierten Überlaufzapfens gefüllt. Anschließend werden die Extremitäten bis zu einer a priori definierten Tiefe in das Volumeter eingetaucht. Das so überlaufende Wasser wird in einem, vor dem Überlaufrohr platzierten Messzylinder aufgefangen, und die gemessene Menge an so generierter Flüssigkeit wird dokumentiert.

Abbildung 15: Volumetrie



<http://www.medline.com/product/Arm-Volumeters-by-Patterson> <http://www.rehabmart.com/product/volumeter-set-6688.html>

Messunterschiede von mehr als 10ml zwischen dem Volumen der beiden Extremitäten gelten hierbei als pathologisch. (Nowak, 2001, S. 27)

### **3.6.4.2 Hautfarbe und Beschaffenheit**

Die Beschaffenheit der Haut der Extremitäten sowie deren Koloratur (livide verfärbt oder nicht) wurde im Vergleich durch eine genaue klinische Inspektion eruiert und in den Case Report Forms dokumentiert.

### **3.6.4.3 Störungen der Haut- und deren Anhangsgebilde**

Durch eine genaue klinische Anamnese der beiden Extremitäten im Vergleich (CRPS betroffen / nicht betroffen) wurden ein gestörtes, im Sinne eines vermehrten oder verminderten Fingernagel – oder Haarwachstum, deskriptiv erhoben und dokumentiert.

### **3.6.4.4 Temperatur – Thermographie**

Unter einer Thermographie werden Aufzeichnungen von Wärmebildern mit Hilfe einer Infrarotkamera bezeichnet. Diese ermöglichen es dem Untersucher berührungslos und flächenhaft Temperaturen von Objektoberflächen darzustellen. Die Aufnahmen der Patienten für diese Studie wurden mittels Thermografiekamera VarioCAM ® high resolution der Firma InfraTec akquiriert. Diese wurden, nach Möglichkeit, im Mediationsraum des ZISOP und unter standardisierten Bedingungen durchgeführt. Die Patienten wurden möglichst zur selben Tageszeit durch einen speziell geschulten Mitarbeiter der Ambulanz fotografiert. Dazu wurden sie gebeten am Tag der Untersuchung enge Kleidung zu vermeiden und keinen Kaffee oder Nikotin zu konsumieren. Nach Eintreffen an der Schmerzambulanz wurde den Patienten ausreichend Zeit - ca. eine halbe Stunde - zur Akklimatisierung zur Verfügung gestellt, bevor die Aufnahmen getätigt wurden.

### **3.6.5 Psychometrische Operationalisierungsverfahren**

Folgende psychometrische Verfahren wurden verwendet:

#### **3.6.5.1 PainDETECT© - Fragebogen neuropathische Komponenten**

Der painDETECT© Fragebogen dient zum Screenen neuropathischer Schmerzkomponenten und wurde von Baron, Freyenhagen, Tölle und Gockel entwickelt. Inhalt sind 16 Einzelitems sowie eine Abbildung des Körperschemas zur Lokalisationsbestimmung des Hauptschmerzgebietes. (vgl. Michenthaler, 2011, S. 101 – 102)

#### **3.6.5.2 FESV – Fragebogen zur Erfassung der Schmerzverarbeitung**

Der Selbstevaluationsinstrument zur Erfassung der Schmerzverarbeitung (FESV) wurde von Eduard Geissner zur Erfassung der Bewältigungsstrategien von Patienten mit einer länger andauernden oder häufig wiederkehrenden Schmerzsymptomatik entwickelt. Er basiert auf einem Item Pool von 38 einzelnen Items, welche in folgende 9 Subskalen subsummiert werden können (Michenthaler, 2014, S. 94 - 95):

- Handlungsplanungskompetenzen (HPL)
- Kognitive Umstrukturierung (KU)
- Kompetenzerleben (KE)
- Mentale Ablenkung (MA)
- Gegensteuernde Aktivitäten (GSA)
- Ruhe- und Entspannungstechniken (RE)
- Schmerzbedingte Hilflosigkeit und Depression (HD)
- Schmerzbedingte Angst (AN)
- Schmerzbedingter Ärger (ÄR)

Additiv generieren einzelne Skalen weitere übergeordnete Dimensionen:

HPL, KU, KE beschreiben die kognitive Bewältigung

MA, GSA, RE beschreiben die behaviorale Bewältigung

HD, AN, ÄR operationalisieren die schmerzbedingte psychische Beeinträchtigung  
der Patienten

Diese drei Grundkomponenten charakterisieren nach Geissner (2001)

interdependente Klassen innerhalb des Gesamtschmerzgeschehens. (Michenthaler, 2014, S. 95)

### **3.6.5.3 SES – Die Schmerzempfindungsskala**

Die Schmerzempfindungsskala SES wurde 1996 von Edgar Geissner implementiert. Basis dieses standardisierten psychometrischen Messinstrumentes bildet die Annahme, dass die Schmerzempfindung ein mehrdimensionales Geschehen beinhaltet. Dieser Fragebogen evaluiert die subjektive Schmerzempfindung des Patienten in differenzierten Aspekten. (Michenthaler, 2014, S. 96)

Der SES besteht aus 24 Items, die sich 5 Teilskalen zuordnen lassen. Diese Teilskalen „allgemeine Affektivität“ und „affektiv-hartnäckig“ können in der Meta-Skala „affektives Schmerzempfinden“ zusammengefasst werden. Das „Sensorische Schmerzempfinden“ setzt sich aus den drei Teilskalen „Rhythmik“, „Lokales Eindringen“ und der Skala der „Temperatur“ zusammen. Geissner (1996) weist darauf hin, dass „sensorisches Schmerzerleben“ die Beurteilung der physikalischen Reizeigenschaften der Schmerzwahrnehmung beinhaltet. Das indiziert die Annahme, dass somatische Beteiligung nicht ausgeschlossen werden kann. Aus den Items der SES Meta-Skalen werden Scores zur Auswertung gebildet, welche an Tabellenwerten für verschiedene Validierungsgruppen verglichen werden können. (Geissner, 1996, Michenthaler, 2014, S. 96)

### **3.6.5.4 HADS – D - Hospital Anxiety and Depression Scale**

Der HADS-D ist ein Fragebogen, zur Erfassung von Angst und Depressivität speziell bei Patienten in der somatischen Medizin. Die englische Originalversion (HADS) wurde von den Autoren Zigmond und Snaith bereits 1983 entwickelt. Er basiert auf einem Selbstbeurteilungsinstrument bei dem der Patient 14 Items beantwortet. Aus diesen Items können je eine Angst- und eine Depressionsskala ausgewertet werden. Die Rohwerte der Patienten können mit diversen Daten von Referenzstichproben verglichen werden. Dieses standardisierte Messinstrument ermöglicht neben dem erstmaligen Screening von Angst und Depressivität bei Patienten auch Therapie begleitende Verlaufskontrollen und eine Evaluation von Therapieeffekten. (Herrmann, Buss, Snaith, 1995, S. 5 – 17, Michenthaler, 2014, S. 97)

### **3.6.5.5 BPI - Der Brief Pain Inventory**

Das psychometrische Instrument des Brief Pain Inventory (BPI) bezeichnet eine standardisierte Modifizierung des Wisconsin Brief Pain Questionnaire. Der Fragebogen beinhaltet 4 Items zur sensorischen Schmerzevaluation als auch Körperschemamodelle an denen der Patient die Lokalisation seiner Beschwerden quantifizieren kann.

Des Weiteren wurde eine visuelle analoge Skala (VAS) integriert, welche eine eindimensionale Skala zur selbsteinschätzenden Erfassung der aktuellen Schmerzstärke darstellt. Auf der 10-stufigen Skala benennt der Patient seine aktuelle, subjektiv gefühlte Schmerzintensität. Wobei der Wert 0 hier keinen Schmerz, Werte von 10 hingegen den größten vorstellbaren Schmerz für den Patienten bezeichnen.

Sinnvolle Einsatzgebiete des Messinstrumentes sind multizentrische Studien und Verlaufskontrollen bei schweren chronischen Erkrankungen mit Schmerzsymptomatiken. Es existieren bereits viele multilingual validierte Übersetzungen. Somit kann dieses Instrument auch in internationalen wissenschaftlichen Bereichen eingesetzt werden. (Radbruch, Grond, 2002, S. 84, Michenthaler, 2014, S. 97)

### **3.6.5.6 MPSS - Mainzer Stadienmodell der Schmerzchronifizierung**

Das Mainzer Stadienmodell der Schmerzchronifizierung wurde von Gerbershagen implementiert und basiert auf der systemischen Deskription des Chronifizierungsprozesses im Rahmen einer Schmerzerkrankung.

Mit Hilfe dieser Komponenten kann in Folge auf das Ausmaß der bereits bestehenden Symptomatik geschlossen werden. Aus diesem Grunde stellt dieses Fremdbeurteilungsverfahren einen guten Prädiktor in Bezug auf Behandlungserfolg und/oder Misserfolg dar. (Michenthaler, 2014, S. 98)

## 4 Auswertungsmethoden

Alle eruierten Daten wurden mit Hilfe des statistischen Programm IBM SPSS Statistics 22.0 nach dem Prinzip der Intention to Treat (ITT) Analyse ausgewertet. Folgende statistische Methoden kamen hierbei zur Anwendung:

### 4.1 Deskriptivstatistik

Eine deskriptiv basierte Statistik ermöglicht laut den Autoren Bortz und Schuster (2010) einen guten und übersichtlichen Informationstransfer aus empirischen Datensätzen. (Bortz und Schuster, 2010, S. 3)

Deskriptivstatistik wird von Leonhart (2004) wie folgt definiert: „Die deskriptive Statistik beschreibt und analysiert Merkmalseigenschaften in einer bestimmten Stichprobe zum Erhebungszeitpunkt der Daten, so dass Aussagen über genau jene Objekte gemacht werden, welche tatsächlich untersucht wurden.“ (Leonhart, 2004, S. 17, Michenthaler, 2014, S. 102)

### 4.2 Interferenzstatistik

Schendera (2004) definiert die Inferenzstatistik als „ein Methodensystem, das für die Verallgemeinerung zufallsbehafteter Ergebnisse von einer (bekannten) Stichprobe auf die jeweilige (unbekannte) Grundgesamtheit die damit verbundene Unsicherheit bzw. Wahrscheinlichkeit zu ermitteln erlaubt, und ermöglicht somit Wahrscheinlichkeitsaussagen.

Beim Hypothesen- bzw. Signifikanztest versucht die Interferenzstatistik den (prinzipiell immer möglichen) Zufall auszuschließen, und die Wahrscheinlichkeit dafür anzugeben, inwieweit das vorliegende Ergebnis (nicht) durch Zufall entstanden ist, z. B. auch bei der Präzision von Schätzungen unbekannter Größen.“ (S. 420) (Michenthaler, 2014, S. 102)

Bortz und Schuster ergänzen hierbei, dass es für eine sinnvolle Anwendung der Interferenzstatistik einer a priori und theoretisch gut begründeten Hypothesenformulierung bedarf. (Bortz und Schuster, 2010, S. 4, Michenthaler, 2014, S. 102)

### **4.3 Statistische Testverfahren**

Folgende statistische Testverfahren kamen zur Anwendung:

#### **Shapiro Wilk Test**

Die Methode des Shapiro Wilk Test überprüft, ob den evaluierten Daten eine Normalverteilung zugrunde liegt. Er bezeichnet das Testverfahren mit der höchsten Güte für kleine Stichprobengrößen und ist ein rechenintensives Verfahren, welches ausschließlich zur Überprüfung von Normalverteilung geeignet ist. (Duller, 2008, S. 121, Sachs und Hedderich, 2006, S. 341 – 342, Michenthaler, 2014, S. 103)

#### **T- Test für abhängige Stichproben**

Dieses statistische Verfahren wird bei mindestens intervallskalierten Variablen angewendet, wenn in der Datenmatrix Paare von Messwerten vorliegen. Diese Paarbildung wurden durch Messwiederholungen, Parallelisierung oder Matching generiert. (Leonhart, 2004, 147)

#### **Vorzeichenrangtest nach Wilcoxon**

Der Vorzeichenrangtest nach Wilcoxon bezeichnet eine parameterfreie Alternative zum T-Test für abhängige Stichproben. Voraussetzungen zur Durchführung ist eine abhängige Zufallsstichprobe mit Messwerten einer Variablen auf Ordinalskalenniveau. (Leonhart, 2004, 173)

#### **Multivariate Varianzanalyse mit Messwiederholungen**

Rudolf und Müller (2004) beschreiben das Verfahren der multivariaten Varianzanalyse mit Messwiederholung als Beurteilungsverfahren des Einflusses von kategorialen Faktoren auf intervallskalierte abhängige Variablen bei wiederholten Messungen an der gleichen Probandengruppe. (Rudolf und Müller S. 75, Michenthaler, 2014, S. 103)

#### **4.4 fMRT Auswertungsverfahren FSL**

Hinter dem Begriff FSL (FMRIB Software Library) verbirgt sich eine umfassende online Bibliothek von Analysewerkzeugen für funktionale, strukturelle und diffusionsgewichtete MRI. Diese beinhaltet neuronale Bilddaten, welche durch die Mitglieder der Analysis Group FMRIB der Universität Oxford implementiert wurden. (Jenkinson et al., 2012, S.1)

### **5 Überprüfung der Hypothesen und Ergebnisse**

Für alle Signifikanztests gilt eine Irrtumswahrscheinlichkeit von 5 %. ( $\alpha = 0,05$ )

Alle Datensätze wurden mit Hilfe des Shapiro Wilk Tests auf das Vorliegen einer Normalverteilung überprüft. (Michenthaler, 2014, S. 103)

Um eine differenzierte Darstellung der Werte gewährleisten zu können werden neben der statistischen Analyse der gesamten Stichprobe der Studie auch explorative Subgruppenanalysen in Bezug auf die variierende Lokalisation der CRPS Symptomatik durchgeführt. (Michenthaler, 2014, S. 103)

#### **5.1 Soziodemographische Darstellung der Stichproben**

In einem definierten Zeitintervall von 18 Monaten, von Anfang März 2012 bis Ende August 2013, konnten insgesamt 15 Patienten mit einer CRPS Symptomatik der oberen oder unteren Extremität in die vorliegende empirische Erhebung eingeschlossen und randomisiert werden. (Michenthaler, 2014, S. 103)

Der Experimentalgruppe konnten 8 Patienten zugewiesen werden. Das Patientenkollektiv der Wartelistenkontrollgruppe bestand aus 7 teilnehmenden Personen. Leider kam es in der Experimentalgruppe bei einer Person bei der Hälfte der absolvierten Therapiezeit aufgrund zu geringer Compliance bezüglich einer weiteren Studienteilnahme zu einem Drop Out. Dennoch konnten alle eruierten Daten bei diesem Zeitpunkt in Interaktion mit dem Patienten akquiriert werden, sodass die „last observation carried forward“ Methode (LOCF) im Sinne des „Intention to Treat“ Ansatzes angewendet werden konnte. (Michenthaler, 2014, S. 103)

Alle anderen gescreenten Studienteilnehmer absolvierten die vorgesehenen Studialgorithmen und nahmen bis zum Abschluss der Studie teil. (Michenthaler, 2014, S. 103)

## Alter

Das Patientenkollektiv der Experimentalgruppe setzte sich aus 7 weiblichen (87,5 %) und einer männlichen Person (12,5 %) zusammen. Diese waren im Durchschnitt 53,4 Jahre alt. Der jüngste Patient war 42 Jahre, der älteste Patient 72 Jahre alt.

In der Kontrollgruppe konnten 6 weibliche (85,71 %) und ein männlicher Patient (14,28 %) beobachtet werden. Das mittlere Alter lag hierbei bei 56,8 Jahren. Der Range der Variable Alter wurde in dieser Gruppe zwischen 49 und 72 Jahren ermittelt. (Michenthaler, 2014, S. 103 - 104)

Diese geschlechtsspezifischen und altersbezogenen Beobachtungen in der Experimental- als auch in der Wartelistenkontrollgruppe spiegeln sich auch in den Ergebnissen der Studien der Autoren Sandroni et al. (2003), Birklein et al. (2000), De Mos (2007), Schopper et al. (2013) wieder. (Michenthaler, 2014, S. 103 - 104)

Diese Autoren postulieren, dass sich das Geschlechterverhältnis bei der CRPS Erkrankung zu Ungunsten der weiblichen Personen auswirkt. So stehen in den empirischen Erhebungen der Autoren durchschnittlich 4 erkrankte Frauen einem CRPS betroffenen Mann gegenüber. Ebenso verhält es sich mit dem Altersdurchschnitt. Einige empirische Studien der oben genannten Autoren berichten von einer gehäuften Symptommanifestation im mittleren Alter zwischen 40 und 50 Jahren bis hin zu einigen Fällen wo sich dieses Krankheitsbild erst zum vollendeten 70sten Lebensjahr manifestiert. Diese bereits postulierten Ergebnisse werden in den vorliegenden demographischen Daten der durchgeführten Studie bestätigt. (Michenthaler, 2014, S. 103 - 104)

Dennoch können auch Kinder oder aber auch ältere Menschen nichtsdestotrotz eine CRPS Symptomatik entwickeln. (Zernikow et al., 2012, S. 389, Michenthaler, 2014, S. 103 - 104)

## **Geschlecht**

Betrachtet man die Geschlechterverteilung in dieser wissenschaftlichen Erhebung, so fällt sofort auf, dass es sich bei diesem Patientenkollektiv zu einem überwiegenden Teil um weibliche Patienten handelte. Von den 15 eingeschlossenen Personen gehörten 13 (86,66 %) dem weiblichen Geschlecht an, nur zwei Patienten (13,33 %) waren männlich. Dies entspricht auch den Beobachtungen von Frettlöh, Maier und Schwarzer (2011) als auch von Sandroni et al. (2003) und Birklein et al. (2000). (Michenthaler, 2014, S. 105)

Aufgrund dieser extrem schiefen Verteilung wurde in der vorliegenden empirischen Arbeit auf eine Überprüfung geschlechtsspezifischer Hypothesen verzichtet.

## **Bildungsstand und Berufsgruppen**

Das Patientenkollektiv wies fast ausschließlich Hauptschulabschlüsse auf. Diesen folgten dann bei einigen Patienten Lehrabschlüsse im handwerklichen (13,33 %) oder dienstleistungsfokussierten sozialen Bereich. Hierbei dominierten die Berufe Pflegehelfer oder Stubenmädchen (40 %). Bei einer Person lag eine Ausbildung als Tanzlehrerin im gehobenen klassischen Bereich vor.

Acht der Patienten (53,33 %) waren bereits in Pension oder hatten einen, sich im Begutachtungsprozess befindlichen Pensionsantrag gestellt. Die übrigen Patienten befanden sich hingegen im Krankenstand. Dies entspricht einem Prozentsatz von 46,66 %. (Michenthaler, 2014, S. 105)

## 5.2 Lokalisation der CRPS Symptomatik und Lateralität

Der Begriff der Lateralität wird in diesem Kontext zur Bezeichnung jener Körperhemisphäre verwendet an der sich das klinische Bild des CRPS beim Patienten manifestiert.

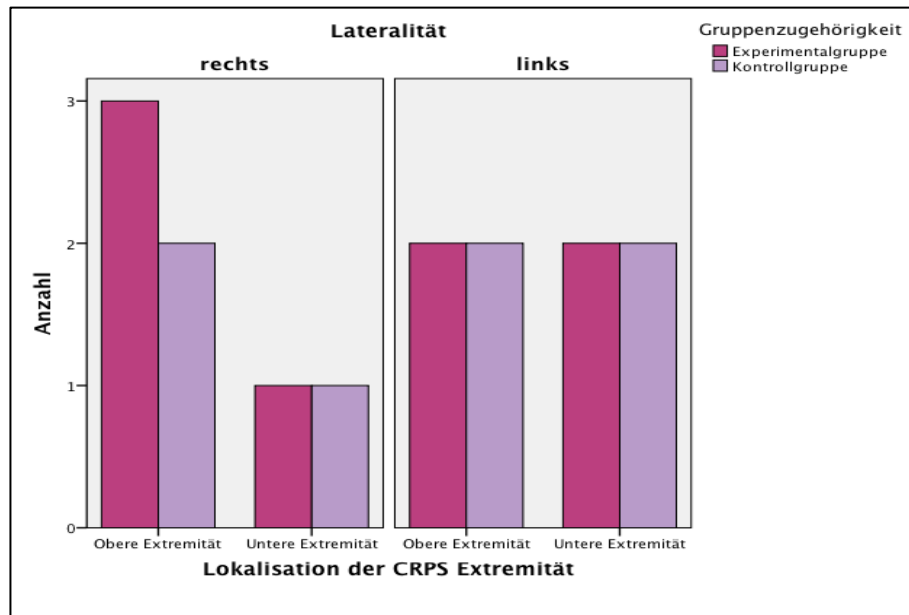


Abbildung 16: Lateralisation und Lokalitätsverteilung CRPS Symptomatik

Abbildung 16 veranschaulicht die Lateralitätsverteilungen sowie die Lokalisation der CRPS Erkrankung an den oberen oder unteren Extremitäten in der Kontroll- als auch in der Experimentalgruppe. Von der Stichprobengröße  $n = 15$  wurden insgesamt 9 Patienten (60 %) mit der Symptommanifestation an den oberen Gliedmaßen eingeschlossen. 6 Patienten (40 %) wiesen die klinische CRPS Symptomatik an den Beinen auf. (Michenthaler, 2014, S. 106)

Der Experimentalgruppe ( $n = 8$ ) wurden in Folge fünf betroffene Personen (62,5 %) mit einem CRPS der oberen Gliedmaßen zugeordnet. Wobei 3 (60 %) dieser Patienten an der rechten Extremität am komplexen regionalen Schmerzsyndrom erkrankt waren, 2 Patienten (40 %) an der linken. Ein klinisches Erscheinungsbild am Bein präsentierten 3 Patienten. Die Lateralitätsverteilung lag hierbei bei einem rechts (33,3 %) und zwei links eingeschränkten Patienten (66,6 %). (Michenthaler, 2014, S. 106)

In der Kontrollgruppe konnte bei einer Teilnehmerzahl von 7 Personen ein Lateralitätsverhältnis der oberen zur unteren Extremität von 57,14 % (n = 4) zu 42,85 % (n = 3) evaluiert werden. Hierbei handelte es sich um 3 rechts laterale (42,85 %) und 4 links laterale Patienten (57,14 %). (Michenthaler, 2014, S. 107)

Diese Daten entsprechen auch den Forschungsergebnissen von Rommel et al. (2005), Veldman et al. (1993) und Maihöfner (2011) welche in ihren Studien eine Manifestation der klinischen CRPS Symptomatik häufiger an oberen als an unteren Gliedmaßen detektierten. (Michenthaler, 2014, S. 107)

### **5.3 Erkrankungsdauer**

Alle CRPS Patienten des Samples konnten über die Schmerzambulanz des Klinikum Klagenfurt akquiriert werden. Diese Tatsache impliziert allerdings für die betroffenen Patienten einen oft langwierigen vorangegangenen Leidensweg, bis sie den Weg vom extramuralen Kontext in eine Spezialambulanz für Schmerztherapie finden. So finden sich in vielen dieser Biographien unseres Patientenkollektivs mehrfache frustriert verlaufene Therapieversuche und Arztkonsultationen. (Michenthaler, 2014, S. 107)

Diese Annahme findet auch in der durchschnittlichen Dauer der Erkrankung bei Studieneinschluss ihre Bestätigung. So findet sich hierbei ein Mittelwert von  $M = 10,71$  Monaten mit einer Standardabweichung von  $SD = 5,21$ . Die längste Erkrankungsdauer konnte mit einem Wert von 23 Monaten eruiert werden. (Michenthaler, 2014, S. 107)

## **5.4 Gruppenverteilung der CRPS Typologien**

CRPS kann in zwei zugrundeliegende Typologien dem CRPS I und dem CRPS II kategorisiert werden.

In der Experimentalgruppe (n = 8) konnten 6 Personen (75 %) mit einem diagnostizierten CRPS II detektiert werden. Zwei dieser Patienten (25 %) litten an einer CRPS Typologie der Kategorie I. In der Kontrollgruppe (n = 7) wurden ebenfalls 6 Patienten (85,71 %) mit einer CRPS II Symptomatik eingeschlossen. Ein CRPS I wurde nur bei einem Patient (14,29 %) in dieser Gruppe diagnostiziert.

(Michenthaler, 2014, S. 108)

## **5.5 CRPS auslösende Faktoren**

Betrachtet man retrospektiv die zugrundeliegenden Auslöser für diese Erkrankung, so traten die meisten CRPS Fälle nach Operationen auf. An erster Stelle stehen hierbei die operativ sanierten Carpal-tunnelsyndrome. Dies entspricht bei fünf betroffenen Menschen einem Prozentsatz von 33,33 % in der Gesamtstichprobe.

(Michenthaler, 2014, S. 108)

Bei drei Patienten (20 %) wurde eine Hallux Vagus OP durchgeführt. Die übrigen Patienten berichteten über Unfälle im Haushalt, beim Sport oder im Straßenverkehr, welche zu (nervalen) Verletzungen und in Folge zur Ausbildung der CRPS Symptomatik führten. Bei einer Patientin trat das Krankheitsbild nach einer Distorsion auf. (Michenthaler, 2014, S. 108)

Diese Ergebnisse finden sich auch in den empirischen Erhebungen von Frettlöh, Maier und Schwarzer (2011) als auch Maihöfner (2011) wieder.

(Frettlöh, Maier und Schwarzer, 2011, S. 521 – 522, Maihöfner, 2011, S. 161, Michenthaler, 2014, S. 108)

## **5.6 Autonome/Trophische/Neglect - Like Symptomatik**

Im folgenden Kapitel werden die Ergebnisse der Baseline - Beobachtungen bezüglich der autonomen/trophischen und Neglect Like Symptomatik vorgestellt.

### **5.6.1 Hautfarbe und Beschaffenheit**

Bezüglich der Hautfarbe konnten folgende Werte beobachtet werden:

Die Hautfarbe der, vom CRPS betroffenen Extremität präsentierte sich bei 9 Patienten (64,3%) im Vergleich dunkler als die nicht betroffene Extremität. Bei 5 Personen (35,7%) konnte kein nennenswerter Unterschied im Hautkolorit der beiden Gliedmaßen festgestellt werden.

### **5.6.2 Störungen der Hautanhangsgebilde**

Zu Störungen im Bereich der Hautanhangsgebilde kam es bei der Hälfte der insgesamt 14 Patienten der Stichprobe. So wurden bei dieser Subgruppe, bestehend aus den 7 genannten Patienten 4 Personen (57,15%) mit Veränderungen des Nagelwachstums an der CRPS betroffenen Extremität beobachtet. 3 Patienten (42,85%) präsentierten hierbei ein verstärktes oder vermindertes Haarwachstum. Diese Werte von ca. 40 % entsprechen auch denen der aktuellen empirischen Literatur. (Maihöfner, 2011, S. 163, Baron et al., 2003, S. 216)

### **5.6.3 Neglect - Like Symptomatik**

Im Zuge der holistischen Erhebung wurde bei den Patienten auch das eventuelle Vorliegen einer Neglect - Like Symptomatik evaluiert. Hierbei zeigte sich, dass aus dem insgesamt aus 14 Patienten bestehenden Patientenkollektiv 3 Personen (21,4%) von einem Gefühl, „dass die Extremität nicht richtig zu Ihnen gehöre“, Ihnen „eigentlich fremd“ sei, berichteten.

Diese Daten spiegeln sich auch bei Maihöfner (2011) wieder, welcher bei seinen Studien bezüglich den Neglect - Like Symptomatiken auch eher von einem Gefühl der „Fremdheit“ gegenüber der eigenen Extremität spricht.

## **6 Ergebnisse Überprüfung der Forschungshypothesen**

In den folgenden Unterkapiteln werden die Ergebnisse der Forschungshypothesen bezüglich der CRPS Symptomatik allgemein als auch als Subgruppenanalysen lokalisiert an der oberen/unteren Extremität präsentiert.

### **6.1 Ergebnisse der Überprüfung der Forschungshypothese 1 zum Unterschied der subjektiven Schmerzstärke im BPI vor und nach Beendigung der Therapie**

#### **Hypothese H<sub>1</sub>:**

Es gibt einen Unterschied in der subjektiven Schmerzstärke im BPI zwischen den Patientengruppen vor und nach Beendigung der Therapie.

Diese Hypothese wird mittels des statistischen Verfahrens der multivariaten Varianzanalyse mit Messwiederholungen überprüft. Hierbei werden die Unterschiede in der subjektiven Schmerzintensität (abhängige Variable), welche mittels VAS Skala im Brief Pain Inventory (BPI) evaluiert wurden, zu den drei Messzeitpunkten (Messwiederholungsfaktor VASZEIT) innerhalb der beiden Gruppen der Spiegeltherapiegruppe (unabhängige Variable 1) und der Kontrollgruppe (unabhängige Variable 2) untersucht. (Michenthaler, 2014, S. 110 – 112)

Bei der Berechnung des Mauchly Tests auf Vorliegen einer Sphärizität kann in Folge diese Annahme als nicht erfüllt angesehen werden, da diesem Testverfahren ein signifikantes Ergebnis ( $p = 0,015$ ) zugrunde liegt. (Michenthaler, 2014, S. 110 – 112)

Darauf basierend werden zur weiteren Interpretation der vorliegenden Daten die nach Greenhouse – Geisser korrigierten Kennwerte verwendet. (Siehe Tabelle 5) (Michenthaler, 2014, S. 110 – 112)

**Tabelle 6: Test der Innersubjekteffekte Schmerz BDI**

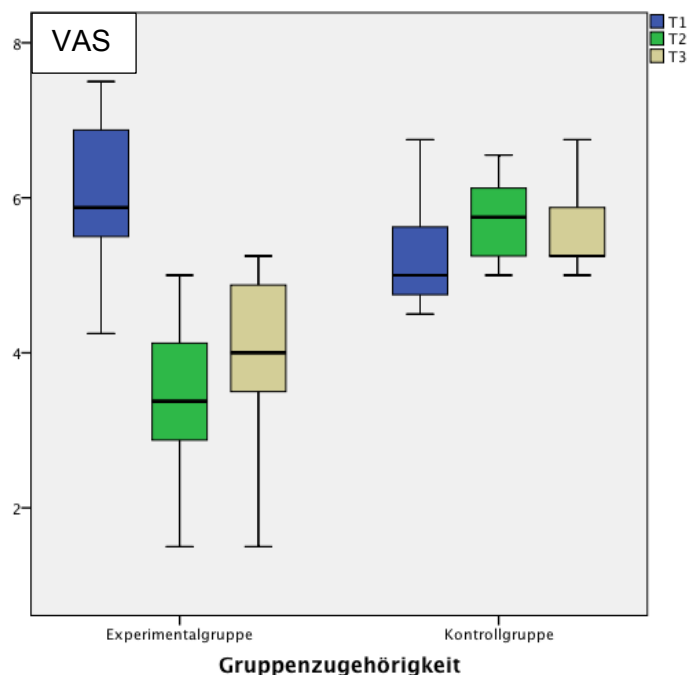
Tests der Innersubjekteffekte

Maß: MASS\_1

Quelle		Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Sig.	Partielles Eta-Quadrat
VASZEIT	Sphärizität angenommen	10,090	2	5,045	15,910	,000	,550
	Greenhouse-Geisser	10,090	1,575	6,406	15,910	,000	,550
	Huynh-Feldt	10,090	1,893	5,331	15,910	,000	,550
	Untergrenze	10,090	1,000	10,090	15,910	,002	,550
VASZEIT * Gruppe	Sphärizität angenommen	19,435	2	9,718	30,646	,000	,702
	Greenhouse-Geisser	19,435	1,575	12,340	30,646	,000	,702
	Huynh-Feldt	19,435	1,893	10,269	30,646	,000	,702
	Untergrenze	19,435	1,000	19,435	30,646	,000	,702
Fehler(VASZEIT)	Sphärizität angenommen	8,244	26	,317			
	Greenhouse-Geisser	8,244	20,474	,403			
	Huynh-Feldt	8,244	24,605	,335			
	Untergrenze	8,244	13,000	,634			

Die Kennwerte der Tabelle 6 beschreiben die Varianzanalyse für den Messwiederholungsfaktor VASZEIT. Es zeigt sich, dass dieser Faktor einen hoch signifikanten Beitrag ( $p = 0,000$ ) zum beobachteten Effekt der Schmerzreduktion leistet. Die Therapie, welche in der Experimentalgruppe durchgeführt wurde hat also einen Einfluss auf die subjektive Schmerzintensität der Patienten mit CRPS Symptomatik an allen drei Messzeitpunkten. (Michenthaler, 2014, S. 110 – 112) Diese Ergebnisse werden in Tabelle 7 zu einer besseren Veranschaulichung auch graphisch dargestellt.

**Tabelle 7: Schmerzintensität der Gruppen zu den drei Messzeitpunkten**



In der Therapiegruppe zeigt sich bei der Baselinemessung ein Median von  $M = 5,87$  ( $R = 4,25 - 7,50$ ) auf der 10 teiligen VAS Skala. Beim Messzeitpunkt  $T_2$  sinkt dieser Wert auf einen Median von  $M = 3,37$  ( $R = 1,5 - 5,0$ ). Dieser entspricht einer Differenz von 2,5 Punkten auf der VAS Skala und stellt daher einen klinisch relevanten Wert dar. Nach dem therapiefreien Katamnesezeitintervall von 7 Wochen hingegen steigt diese Kennzahl wieder auf einen VAS Medianwert von  $M = 4$  ( $R = 1,5 - 5,25$ ) an. (Michenthaler, 2014, S. 110 – 112)

Dies weist auf einen sehr positiven Effekt der Spiegeltherapie in Bezug auf die subjektiv empfundene Schmerzstärke bei CRPS Patienten hin. Dieser Effekt scheint auch noch am Messzeitpunkt  $T_3$  nachhaltig zu wirken verblasst aber nach einer therapiefreien Zeit von 7 Wochen etwas. Dennoch verbleibt dieser Wert weit hinter der ursprünglichen Baselinekennzahl. (Michenthaler, 2014, S. 110 – 112)

In der Kontrollgruppe hingegen manifestiert sich bei der Prämessung ein VAS Median von  $M = 5$  ( $R = 4,50 - 6,75$ ), welcher bei  $T_2$  leicht auf einen evaluierten Wert von  $M = 5,75$  ( $R = 5,0 - 6,55$ ) ansteigt. Im Katamnesezeitraum sinkt dieser Wert schließlich auf einen Median von  $M = 5,25$  ( $R = 5,0 - 6,75$ ) auf der VAS Skala ab. Es zeigen sich in der rein medikamentösen Standardtherapiegruppe keine klinisch relevanten Effekte in Bezug auf die Schmerzintensität zu den drei Messzeitpunkten. (Michenthaler, 2014, S. 110 – 112)

Aufgrund der vorliegenden Ergebnisse kann die Forschungshypothese 1 zur Überprüfung der Unterschiede der subjektiven Schmerzstärke im BPI vor und nach der Therapie angenommen werden. (Michenthaler, 2014, S. 110 – 112)

Positive Effekte von Spiegeltherapie auf die Schmerzintensität bei CRPS wurden auch in den wenigen, bereits zu Spiegeltherapie und CRPS publizierten wissenschaftlichen Erhebungen z.B. von Krämer, Tanislav und Birklein (2012), Moseley (2006) und Schön et al. (2010) beobachtet. Jene Studien spiegeln im Wesentlichen die vorliegenden Ergebnisse dieser Evaluation wieder. (Michenthaler, 2014, S. 110 – 112)

# CRPS – Lokalisation obere Extremität

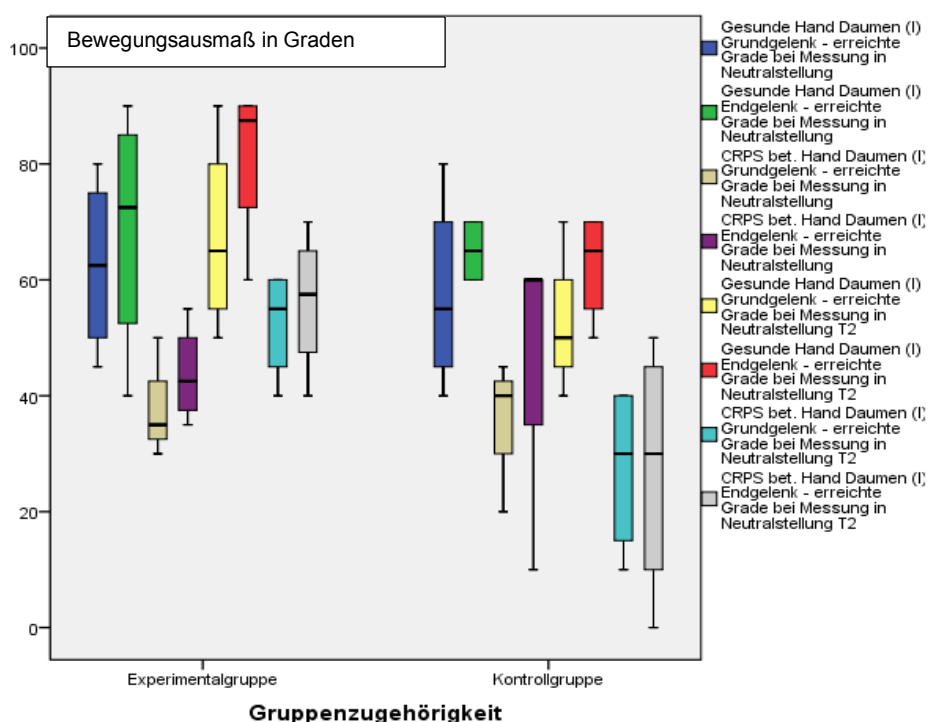
## 6.2 Ergebnisse der Überprüfung der Forschungshypothese 2 zum Unterschied der Gruppen in der Funktionalität der Palmarflexion der Daumengelenke (digitus manus I) der gesunden und der CRPS betroffenen Hand zu den drei Messzeitpunkten

### Hypothese H1:

Es gibt einen Unterschied der Gruppen in der Funktionalität der Palmarflexion der Daumengelenke (digitus manus I) der gesunden und der CRPS betroffenen Hand zu den drei Messzeitpunkten.

Die Hypothese wird explorativ überprüft, da es sich um eine Subgruppenanalyse mit kleiner Stichprobe (n = 8) handelt. Zur Darstellung des Maßes der zentralen Tendenz wird der Zentralwert des Medians (MD) verwendet, um eine ausreichende Robustheit des Verfahrens zu gewährleisten.

**Tabelle 8: Funktionalität Palmarflexion der Daumengelenke der Gruppen zu T<sub>1</sub> und T<sub>2</sub>**



In Tabelle 8 werden die Werte der Daumengrund- und Daumenendgelenke sowohl der gesunden als auch der CRPS betroffenen Hand zu den Messzeitpunkten  $T_1$  und  $T_2$  abgebildet. Es zeigt sich in der Experimentalgruppe bei der gesunden Hand zum Messzeitpunkt  $T_1$  ein Median von  $MD = 62,5$  Grad im Daumengrundgelenk. ( $R = 45^\circ - 80^\circ$ ). Im Daumenendgelenk zeigt sich hier ein MD von  $72,5^\circ$ . ( $R = 40^\circ - 90^\circ$ ). In der Kontrollgruppe gestalten sich die Werte wie folgend:  $MD = 55^\circ$  mit einem Range von  $R = 40^\circ - 80^\circ$  im Daumengrundgelenk der gesunden Hand. Im Daumenendgelenk manifestieren sich ein Median von  $MD = 65^\circ$  mit einem  $R = 60^\circ - 70^\circ$ . Bei der CRPS betroffenen Hand ließen sich in der Experimentalgruppe diese Daten (Daumengrundgelenk) eruieren:  $MD = 35^\circ$ ,  $R = 30^\circ - 50^\circ$ . Daumenendgelenk:  $MD = 42,5^\circ$  bei einem  $R$  von  $35^\circ - 55^\circ$ . Für die Kontrollgruppe ergaben sich bei der CRPS betroffenen Hand im Daumengrundgelenk ein MD von  $40^\circ$  und ein  $R$  von  $20 - 45$  Grad. Daumenendgelenk.  $MD = 60^\circ$ .  $R = 10^\circ - 60^\circ$ .

Beim Messzeitpunkt  $T_2$  wurden in der Experimentalgruppe folgende Werte evaluiert:  
Gesunde Hand Daumengrundgelenk: Median von  $MD = 65^\circ$ ,  $R = 50^\circ - 90^\circ$ .  
Gesunde Hand Daumenendgelenk. Median von  $MD = 87,5^\circ$ ,  $R = 60^\circ - 90^\circ$ .  
CRPS betroffene Hand Daumengrundgelenk:  $MD = 55^\circ$ ,  $R = 40^\circ - 60^\circ$ .  
CRPS betroffene Hand Daumenendgelenk:  $MD = 57,5^\circ$ ,  $R = 40^\circ - 70^\circ$ .

Beim Messzeitpunkt  $T_2$  wurden in der Kontrollgruppe folgende Werte evaluiert:  
Gesunde Hand Daumengrundgelenk: Median von  $MD = 50^\circ$ ,  $R = 40^\circ - 70^\circ$ .  
Gesunde Hand Daumenendgelenk. Median von  $MD = 65^\circ$ ,  $R = 50^\circ - 70^\circ$ .  
CRPS betroffene Hand Daumengrundgelenk:  $MD = 30^\circ$ ,  $R = 10^\circ - 40^\circ$ .  
CRPS betroffene Hand Daumenendgelenk:  $MD = 30^\circ$ ,  $R = 0^\circ - 50^\circ$ .

Beim Messzeitpunkt  $T_3$  wurden in der Experimentalgruppe folgende Werte evaluiert:  
Gesunde Hand Daumengrundgelenk: Median von  $MD = 65^\circ$ ,  $R = 50^\circ - 80^\circ$ .  
Gesunde Hand Daumenendgelenk. Median von  $MD = 85^\circ$ ,  $R = 60^\circ - 90^\circ$ .  
CRPS betroffene Hand Daumengrundgelenk:  $MD = 50^\circ$ ,  $R = 40^\circ - 60^\circ$ .  
CRPS betroffene Hand Daumenendgelenk:  $MD = 52,5^\circ$ ,  $R = 40^\circ - 70^\circ$ .

Beim Messzeitpunkt  $T_3$  wurden in der Kontrollgruppe folgende Werte evaluiert:  
Gesunde Hand Daumengrundgelenk: Median von MD =  $60^\circ$ , R =  $40^\circ - 70^\circ$ .  
Gesunde Hand Daumenendgelenk. Median von MD =  $60^\circ$ , R =  $50^\circ - 70^\circ$ .  
CRPS betroffene Hand Daumengrundgelenk: MD =  $27,5^\circ$ , R =  $20^\circ - 35^\circ$ .  
CRPS betroffene Hand Daumenendgelenk: MD =  $22,5^\circ$ , R =  $0^\circ - 50^\circ$ .

Für die Postmessung  $T_2$  nach der Therapie zeigt sich in der Experimentalgruppe eine Verbesserung der Funktionalität der beiden Daumengelenke zur Prämessung  $T_1$  im Sinne einer Erreichung eines vollen Bewegungsausmaßes. In der Kontrollgruppe hingegen blieben die Werte der gesunden Hand weitestgehend konstant, die schlechten Funktionalitätswerte der CRPS betroffenen Gelenke persistierten. Die guten Outcomes in der Experimentalgruppe konnten auch zum Messzeitpunkt  $T_3$  nachgewiesen werden. Das Persistieren der Gelenksbeweglichkeitseinschränkung in der Kontrollgruppe konnte leider auch beim Zeitpunkt  $T_3$  evaluiert werden. In der explorativen Datenanalyse scheint sich die Effektivität der Spiegeltherapie gut evaluieren zu lassen. Die, in dieser vorliegenden Studie beobachteten Effekte der funktionalen Bewegungszunahme spiegeln sich auch in den Ergebnissen von Moseley (2006) als auch in denen von Mc. Cabe et al. (2002) wieder.

### 6.3 Ergebnisse der Überprüfung der Forschungshypothese 3 zum Unterschied der Gruppen in der Funktionalität der Palmarflexion der Zeigefingergelenke (digitus manus II) der gesunden und der CRPS betroffenen Hand zu den drei Messzeitpunkten

#### Hypothese H<sub>1</sub>:

Es gibt einen Unterschied in den Bewegungsausmaßen der Palmarflexion des Zeigefingergelenkes der gesunden und CRPS betroffener Hand zwischen den Gruppen zu den drei Messzeitpunkten.

Die Hypothese wird explorativ überprüft, da es sich um eine Subgruppenanalyse mit kleiner Stichprobe (n = 8) handelt.

Zur Darstellung des Maßes der zentralen Tendenz wird daher der Zentralwert des Medians (MD) verwendet, um eine ausreichende Robustheit des Verfahrens zu gewährleisten.

**Tabelle 9: Funktionalität Palmarflexion der Zeigefingergelenke der Gruppen zu T<sub>1</sub> und T<sub>2</sub>**

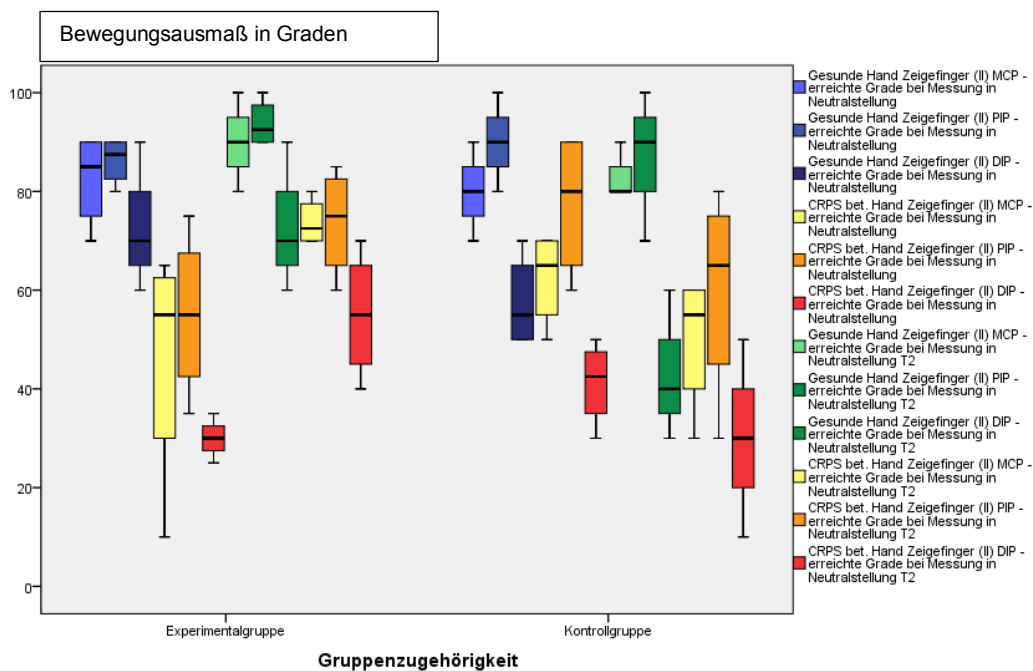


Tabelle 9 veranschaulicht die evaluierten Werte der Flexion der Zeigefingergelenke beider Hände zu den beiden Messzeitpunkten Baseline (T<sub>1</sub>) und T<sub>2</sub>.

Die Evaluation bei T<sub>2</sub> erfolgte in den beiden Gruppen nach 7 Wochen aktiver Spiegeltherapie bzw. einem interventionsfreiem Zeitintervall von 7 Wochen. Aufgrund einer besseren graphischen Darstellung wurde auf eine Visualisierung der Werte von T<sub>3</sub> verzichtet, sowie aufgrund der besseren Lesbarkeit auf medizinische Abkürzungen der Fingergelenke zurückgegriffen. (Metacarpophalangealgelenk = MCP; proximales Interphalangealgelenk = PIP; Articulatio interphalangealis distalis = DIP)

Es zeigten sich in der Experimentalgruppe bei der Baselinemessung der nicht CRPS betroffenen Hand MCP Medianwerte von MD = 85 Grad. PIP Werte wiesen einen MD von MD = 87,5 Grad und DIP Werte einen Median von MD = 70 Grad auf.

In der Kontrollgruppe präsentierte sich bei der Baselinemessung der nicht CRPS betroffenen Hand ein MCP Median von MD = 80 Grad. Bei den Gelenken PIP und DIP manifestierte sich ein Median von MD = 90 Grad bzw. ein MD von 55 Grad.

Bei der CRPS betroffenen Hand zeigte sich in der Experimentalgruppe zum Baselinezeitpunkt ein Median beim MCP von MD = 55 Grad. Die beiden anderen Gelenke präsentierten Medianwerte von MD = 55 Grad beim PIP und MD = 30 beim DIP. Diesen Werten standen in der Kontrollgruppe folgende Medianwerte gegenüber: MCP Median MD = 65 Grad; PIP Median MD = 80 Grad und ein DIP von 42,5 Grad.

Nach einem aktiven Spiegeltherapietraining von 7 Wochen konnten in der Experimentalgruppe beim Messzeitpunkt T<sub>2</sub> folgende Werte evaluiert werden:

Gesunde Hand Median MCP MD = 90 Grad; PIP MD = 92,5 und ein DIP von MD = 70 Grad. Bei der CRPS betroffenen Hand zeigen sich folgende Medianwerte: MCP MD = 72,5 Grad; PIP MD = 75 Grad und ein DIP MD = 55 Grad. In der

Kontrollgruppe hingegen manifestierten sich folgende Werte. Gesunde Hand: MCP MD = 80 Grad; PIP MD = 90 Grad und DIP MD = 40 Grad. Bei der CRPS betroffenen Extremität konnten folgende Werte evaluiert werden: MCP MD = 55 Grad; PIP MD = 65 Grad und ein DIP Median von MD = 30 Grad.

Beim Messzeitpunkt T<sub>3</sub> zeigten sich für die Experimentalgruppe folgende Werte:

Gesunde Hand Median MCP MD = 85 Grad; PIP MD = 92,5 und ein DIP von MD = 70 Grad. Bei der CRPS betroffenen Hand zeigen sich folgende Medianwerte: MCP MD = 72,5 Grad; PIP MD = 75 Grad und ein DIP MD = 55 Grad. In der

Kontrollgruppe manifestierten sich folgende Werte. Gesunde Hand: MCP MD = 80 Grad; PIP MD = 85 Grad und DIP MD = 37,5 Grad.

Bei der CRPS betroffenen Extremität konnten folgende Werte evaluiert werden: MCP MD = 55 Grad; PIP MD = 65 Grad und ein DIP Median von MD = 30 Grad.

Es zeigten sich in der Experimentalgruppe Verbesserungen in der Gelenkbeweglichkeit des Zeigefingers sowohl an der aktiv beübten, nicht CRPS betroffenen Hand als auch signifikant an der, nicht beübten, da CRPS betroffenen Hand. Hierbei konnte eine Zunahme der Funktionalität aller Fingergelenke im Durchschnitt von 20 Grad erreicht werden. Dieses gute Outcome konnte auch nach einem 7 - wöchigen Katamnesezeitraum evaluiert werden.

Die, in dieser vorliegenden Studie beobachteten Effekte der funktionalen Bewegungszunahme spiegeln sich auch in den Ergebnissen von Moseley (2006) und Mc.Cabe et al. (2003) wieder.

## **6.4 Ergebnisse der Überprüfung der Forschungshypothese 4 zum Unterschied der Gruppen in der Funktionalität der Palmarflexion der Mittelfingergelenke (digitus manus III) der gesunden und der CRPS betroffenen Hand zu den drei Messzeitpunkten**

### **Hypothese H<sub>1</sub>:**

Es gibt einen Unterschied der Gruppen in der Funktionalität der Palmarflexion der Mittelfingergelenke (digitus manus III) der gesunden und der CRPS betroffenen Hand zu den drei Messzeitpunkten.

Da es sich um eine Subgruppenanalyse mit kleiner Stichprobe ( $n = 8$ ) handelt, wird auf ein exploratives Verfahren zurückgegriffen. Zur Darstellung des Maßes der zentralen Tendenz wird daher der Zentralwert des Medians (MD) verwendet, um eine ausreichende Robustheit des Verfahrens zu gewährleisten.

Beim Messzeitpunkt  $T_1$  konnten in der Experimentalgruppe folgende Werte der Mittelfingergelenke eruiert werden: Gesunde Hand Median MCP MD = 85 Grad; PIP MD = 90 und ein DIP von MD = 65 Grad. Bei der CRPS betroffenen Hand zeigen sich folgende Medianwerte: MCP MD = 62,5 Grad; PIP MD = 62,5 Grad und ein DIP MD = 35 Grad. In der Kontrollgruppe manifestierten sich folgende Werte. Gesunde Hand: MCP MD = 85 Grad; PIP MD = 85 Grad und DIP MD = 52,5 Grad.

Bei der CRPS betroffenen Extremität konnten folgende Werte evaluiert werden: MCP MD = 65 Grad; PIP MD = 75 Grad und ein DIP Median von MD = 35 Grad.

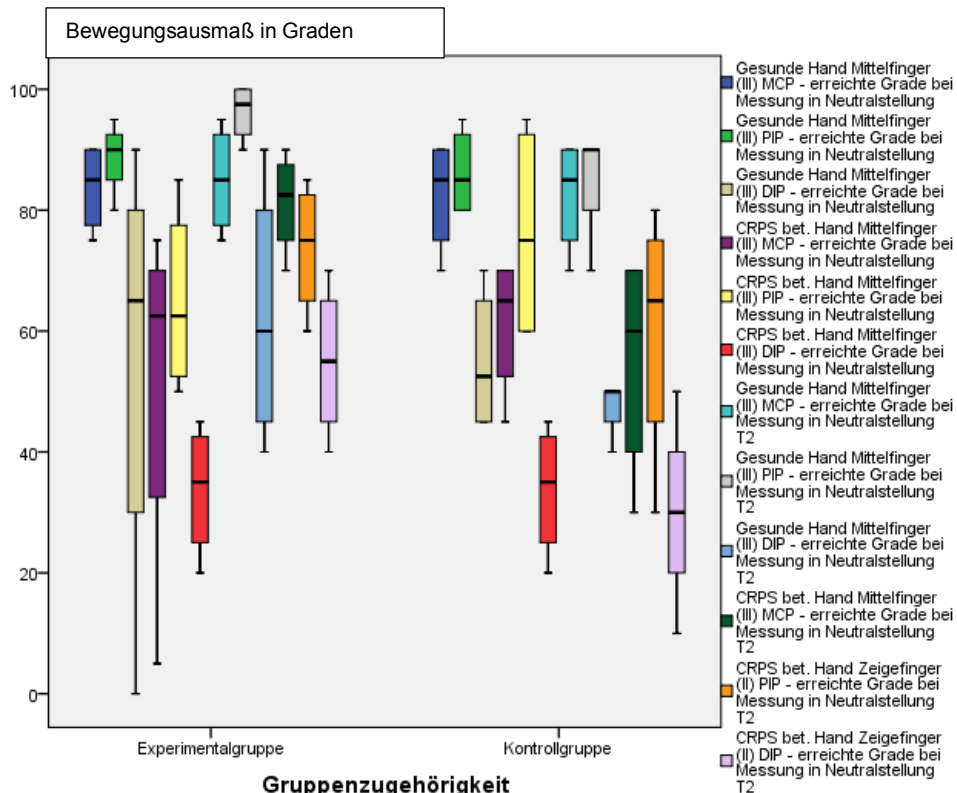
(Tabelle 10)

Nach dem aktiven Spiegeltherapietraining von 7 Wochen in der Experimentalgruppe konnten bei der Postmessung  $T_2$  folgende Werte operationalisiert werden: Gesunde Hand Median MCP MD = 95 Grad; PIP MD = 97,5 und ein DIP von MD = 60 Grad.

Bei der CRPS betroffenen Hand zeigen sich folgende Medianwerte: MCP MD = 82,5 Grad; PIP MD = 82,5 Grad und ein DIP MD = 52,5 Grad. In der Kontrollgruppe hingegen zeigten sich folgende Werte. Gesunde Hand: MCP MD = 85 Grad; PIP MD = 90 Grad und DIP MD = 50 Grad.

Bei der CRPS betroffenen Extremität konnten folgende Werte evaluiert werden: MCP MD = 60 Grad; PIP MD = 55 Grad und ein DIP Median von MD = 25 Grad.  
(Tabelle 9)

**Tabelle 10: Funktionalität Palmarflexion der Mittelfingergelenke der Gruppen zu T<sub>1</sub> und T<sub>2</sub>**



Beim Messzeitpunkt T<sub>3</sub> zeigten sich für die Experimentalgruppe folgende Werte: Gesunde Hand Median MCP MD = 85 Grad; PIP MD = 92,5 und ein DIP von MD = 60 Grad. Bei der CRPS betroffenen Hand zeigen sich folgende Medianwerte: MCP MD = 80 Grad; PIP MD = 77,5 Grad und ein DIP MD = 52,5 Grad.

In der Kontrollgruppe manifestierten sich folgende Werte. Gesunde Hand: MCP MD = 85 Grad; PIP MD = 90 Grad und DIP MD = 50 Grad. Bei der CRPS betroffenen Extremität konnten folgende Werte evaluiert werden: MCP MD = 60 Grad; PIP MD = 55 Grad und ein DIP Median von MD = 25 Grad.

Nach dem Spiegeltherapietraining konnte bei der aktiven Übungsgruppe eine Verbesserung des Range of Motion (ROM) von bis über 20 Grad im Vergleich vor der Therapie beobachtet werden. Therapieeffekte scheinen nachhaltig zu wirken, die evaluierten Werte nach dem Katamnesezeitraum kommen etwas unter denen des T<sub>2</sub>, aber dennoch höher als bei der Baselinemessung zu liegen. In der Kontrollgruppe wurde ein Persistieren der Gelenkeinschränkungen beobachtet, das aber im Nachbeobachtungszeitraum keiner Persistenz unterlag.

Aufgrund der vorliegenden Daten kann von einem Benefit der aktiv beübten Patienten ausgegangen werden. Die, in dieser vorliegenden Studie beobachteten Effekte der funktionalen Bewegungszunahme spiegeln sich auch in den Ergebnissen von Moseley (2006) wieder.

## **6.5 Ergebnisse der Überprüfung der Forschungshypothese 5 zum Unterschied der Gruppen in der Funktionalität der Palmarflexion der Ringfingergelenke (digitus manus IV) der gesunden und der CRPS betroffenen Hand zu den drei Messzeitpunkten**

### **Hypothese H<sub>1</sub>:**

Es gibt einen Unterschied der Gruppen in der Funktionalität der Palmarflexion der Ringfingergelenke (digitus manus IV) der gesunden und der CRPS betroffenen Hand zu den drei Messzeitpunkten.

Diesem Verfahren liegt eine Subgruppenanalyse mit kleiner Stichprobe (n = 8) zugrunde. Daher wird eine explorative statistische Auswertungsmethode angewendet. Zur Darstellung des Maßes der zentralen Tendenz wird daher der Zentralwert des Medians (MD) verwendet, um eine ausreichende Robustheit des Verfahrens zu gewährleisten.

Es zeigt sich in der Experimentalgruppe bei der Baselinemessung der nicht CRPS betroffenen Hand MCP Medianwerte der Ringfingergelenke von MD = 80 Grad. Der PIP Wert weist einen MD von MD = 85 Grad sowie der DIP Wert einen Median von MD = 67,5 Grad auf. In der Kontrollgruppe präsentiert sich bei der Baselinemessung der nicht CRPS betroffenen Hand ein MCP Median von MD = 92,5 Grad. Bei den Gelenken PIP und DIP manifestiert sich ein Median von MD = 95 Grad bzw. ein MD von 52,5 Grad.

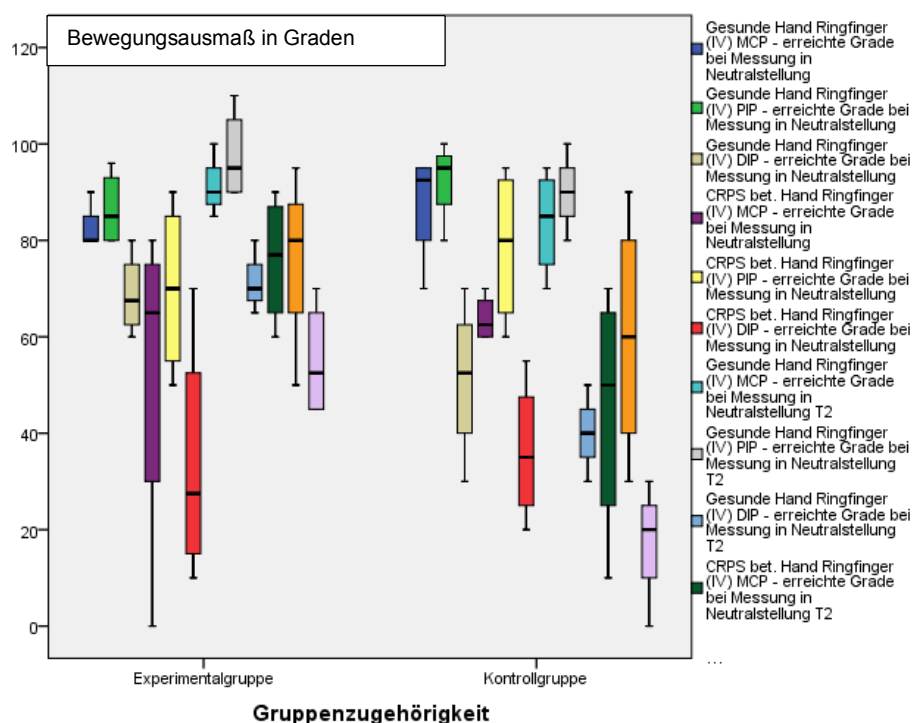
Bei der CRPS betroffenen Hand zeigt sich in der aktiv beübten Gruppe zum Baselinezeitpunkt ein Median beim MCP von MD = 65 Grad. Die beiden anderen Gelenke präsentieren Medianwerte von MD = 70 Grad (PIP) und MD = 27,5 (DIP). Diesen Werten stehen in der Kontrollgruppe folgende Medianwerte gegenüber: MCP Median MD = 62,5 Grad; PIP Median MD = 80 Grad und DIP MD = 35 Grad.

(Tabelle 11)

Nach einem aktiven Spiegeltherapietraining von 7 Wochen konnten in der Experimentalgruppe beim Messzeitpunkt T<sub>2</sub> folgende Werte evaluiert werden: Gesunde Hand Median MCP MD = 90 Grad; PIP MD = 92,5 und ein DIP von MD = 70 Grad. Bei der CRPS betroffenen Hand zeigten sich folgende Medianwerte: MCP MD = 72,5 Grad; PIP MD = 75 Grad und ein DIP MD = 55 Grad.

In der Kontrollgruppe hingegen manifestierten sich folgende Werte. Gesunde Hand: MCP MD = 80 Grad; PIP MD = 90 Grad und DIP MD = 40 Grad. Bei der CRPS betroffenen Extremität konnten folgende Werte evaluiert werden: MCP MD = 55 Grad; PIP MD = 65 Grad und ein DIP Median von MD = 30 Grad. (Tabelle 10)

**Tabelle 11: Funktionalität Palmarflexion der Ringfingerelkenke der Gruppen zu T<sub>1</sub> und T<sub>2</sub>**



Beim Messzeitpunkt T<sub>3</sub> zeigten sich für die Experimentalgruppe folgende Werte: Gesunde Hand Median MCP MD = 85 Grad; PIP MD = 92,5 und ein DIP von MD = 60 Grad. Bei der CRPS betroffenen Hand zeigen sich folgende Medianwerte: MCP MD = 80 Grad; PIP MD = 77,5 Grad und ein DIP MD = 52,5 Grad.

In der Kontrollgruppe manifestierten sich folgende Werte. Gesunde Hand: MCP MD = 85 Grad; PIP MD = 90 Grad und DIP MD = 50 Grad. Bei der CRPS betroffenen Extremität konnten folgende Werte evaluiert werden: MCP MD = 60 Grad; PIP MD = 55 Grad und ein DIP Median von MD = 25 Grad.

Es zeigte sich, basierend auf der explorativen Datenanalyse, nach erfolgter Therapie in der Experimentalgruppe ein besserer Outcome bezüglich der Funktionalität der Ringfingergelenke gegenüber der Kontrollgruppe (DIP Gelenk: 18 Grad). Diese Effekte konnten sowohl an der beübten als auch der nicht beübten Hand eruiert werden und überdauerten nachhaltig. In der Kontrollgruppe hingegen manifestierte sich zu diesem Zeitpunkt eine massive Verschlechterung der Ringfingerbeweglichkeit, welche auch nach dem Katamneseintervall von 7 Wochen persistierte.

Die, in dieser vorliegenden Studie beobachteten Effekte der funktionalen Bewegungszunahme spiegeln sich auch in den Ergebnissen von Moseley (2006) und Mc.Cabe et al. (2003) wieder.

## **6.6 Ergebnisse der Überprüfung der Forschungshypothese 6 zum Unterschied der Gruppen in der Funktionalität der Palmarflexion der kleinen Fingergelenke (digitus manus V) der gesunden und der CRPS betroffenen Hand zu den drei Messzeitpunkten**

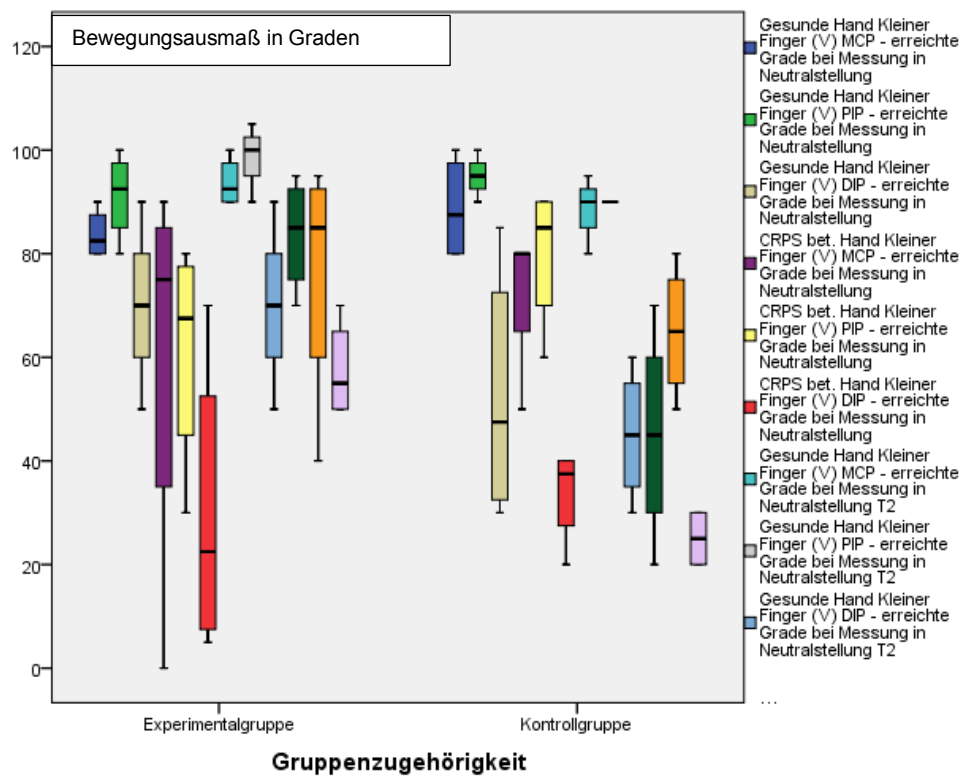
### **Hypothese H<sub>1</sub>:**

Es gibt einen Unterschied der Gruppen in der Funktionalität der Palmarflexion der kleinen Fingergelenke (digitus manus V) der gesunden und der CRPS betroffenen Hand zu den drei Messzeitpunkten

Die Hypothese wird explorativ überprüft, da es sich um eine Subgruppenanalyse mit kleiner Stichprobe ( $n = 8$ ) handelt. Zur Darstellung des Maßes der zentralen Tendenz wird der Zentralwert des Medians (MD) verwendet, um eine ausreichende Robustheit des Verfahrens zu gewährleisten.

Tabelle 11 bildet die Werte der Palmarflexion der kleinen Fingergelenke sowohl der gesunden als auch der CRPS betroffenen Hand zu den Messzeitpunkten  $T_1$  und  $T_2$  ab. Beim Messzeitpunkt  $T_1$  konnten in der Experimentalgruppe folgende Werte der kleinen Fingergelenke eruiert werden: Gesunde Hand Median MCP MD = 82,5 Grad; PIP MD = 92,5 und ein DIP von MD = 70 Grad. Bei der CRPS betroffenen Hand zeigen sich folgende Medianwerte: MCP MD = 75 Grad; PIP MD = 67,5 Grad und ein DIP MD = 22,5 Grad. In der Kontrollgruppe manifestierten sich folgende Werte. Gesunde Hand: MCP MD = 87,5 Grad; PIP MD = 95 Grad und DIP MD = 47,5 Grad. Bei der CRPS betroffenen Extremität konnten folgende Werte evaluiert werden: MCP MD = 80 Grad; PIP MD = 85 Grad und ein DIP Median von MD = 37,5 Grad. (Tabelle 12)

**Tabelle 12: Funktionalität Palmarflexion der kleinen Fingergelenke zu T<sub>1</sub> und T<sub>2</sub>**



Nach dem aktiven Spiegeltherapietraining von 7 Wochen in der Experimentalgruppe konnten bei der Postmessung T<sub>2</sub> folgende Werte operationalisiert werden: Gesunde Hand Median MCP MD = 92,5 Grad; PIP MD = 100 und ein DIP von MD = 70 Grad. Bei der CRPS betroffenen Hand zeigen sich folgende Medianwerte: MCP MD = 85 Grad; PIP MD = 85 Grad und ein DIP MD = 55 Grad. In der Kontrollgruppe hingegen zeigten sich folgende Werte. Gesunde Hand: MCP MD = 90 Grad; PIP MD = 90 Grad und DIP MD = 45 Grad. Bei der CRPS betroffenen Extremität konnten folgende Werte evaluiert werden: MCP MD = 45 Grad; PIP MD = 65 Grad und ein DIP Median von MD = 25 Grad.

Beim Messzeitpunkt T<sub>3</sub> zeigten sich für die Experimentalgruppe folgende Werte: Gesunde Hand Median MCP MD = 90 Grad; PIP MD = 95 und ein DIP von MD = 70 Grad. Bei der CRPS betroffenen Hand zeigen sich folgende Medianwerte: MCP MD = 80 Grad; PIP MD = 80 Grad und ein DIP MD = 52,5 Grad.

In der Kontrollgruppe manifestierten sich folgende Werte. Gesunde Hand: MCP MD = 90 Grad; PIP MD = 90 Grad und DIP MD = 45 Grad.

Bei der CRPS betroffenen Extremität konnten folgende Werte evaluiert werden: MCP MD = 45 Grad; PIP MD = 60 Grad und ein DIP Median von MD = 25 Grad.

Vorliegende Daten zeigen einen guten funktionalen Outcome im Mittel von 17 Grad in den Fingergelenken des CRPS betroffenen digitus manus V in der Spiegeltherapiegruppe, welche zwar nicht in dem ganzen Ausmaß, aber doch überwiegend nachhaltig im Katamnesezeitraum noch zu beobachten war.

In der Kontrollgruppe konnte während der ersten Wartezeit von 7 Wochen eine gravierende Verschlechterung der MCP Gelenke operationalisiert werden, welche aber bei T<sub>3</sub> nicht mehr zu persistieren schien. Es manifestierten sich erhebliche Unterschiede in den Gruppen bezüglich der Funktionalität, sodass hierbei von einem positiven Effekt der Spiegeltherapie ausgegangen werden kann. Die, in dieser vorliegenden Studie beobachteten Effekte der funktionalen Bewegungszunahme spiegeln sich auch in den Ergebnissen von Moseley (2006) und Mc.Cabe et al. (2003) wieder

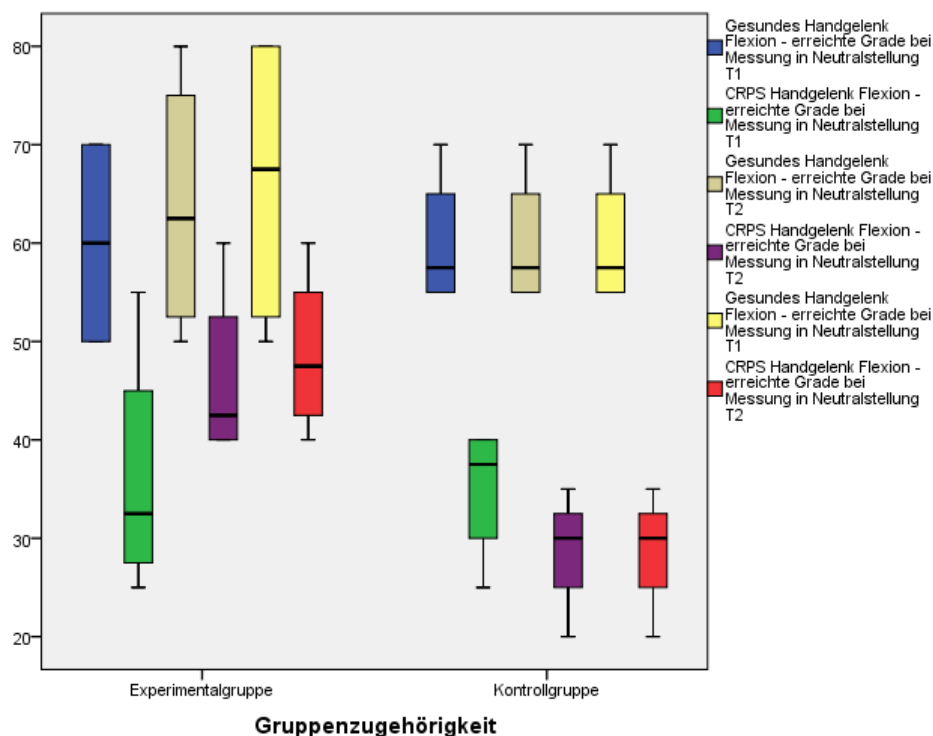
## 6.7 Ergebnisse der Überprüfung der Forschungshypothese 7 zum Unterschied der Gruppen in der Funktionalität der Palmarflexion des Handgelenkes der gesunden und der CRPS betroffenen Hand zu den drei Messzeitpunkten

### Hypothese H<sub>1</sub>:

Es gibt einen Unterschied der Gruppen in der Funktionalität der Palmarflexion des Handgelenkes der gesunden und der CRPS betroffenen Hand zu den drei Messzeitpunkten.

Die Hypothese wird explorativ überprüft, da es sich um eine Subgruppenanalyse mit kleiner Stichprobe (n = 8) handelt. Zur Darstellung des Maßes der zentralen Tendenz wird der Zentralwert des Medians (MD) verwendet, um eine ausreichende Robustheit des Verfahrens zu gewährleisten.

**Tabelle 13: Funktionalität Palmarflexion des Handgelenkes der Gruppen zu T<sub>1</sub> und T<sub>2</sub>**



In Tabelle 13 spiegeln sich die Werte der zwischen den Gruppen zu den drei Messzeitpunkten wieder.

Beim Zeitpunkt Baselinemessung  $T_1$  zeigt sich in der Spiegeltherapiegruppe ein Flexionsmedian von  $MD = 60$  Grad ( $R = 40 - 60$ ) bei dem nicht CRPS betroffenen Handgelenkes. Beim Messzeitpunkt  $T_2$ , evaluiert nach 7 Wochen aktiver Spiegeltherapie, kann ein Medianwert von  $MD = 62,5^\circ$  evaluiert werden. Zu  $T_3$  lässt sich ein MD auf einen Wert von  $MD = 67,5^\circ$  eruieren, wobei sich der Range der Daten hierbei zwischen 50 und 80 Grad erstreckt. In Bezug auf die Palmarflexion des CRPS betroffenen Handgelenkes zeigt sich in der Experimentalgruppe bei  $T_1$  ein Median von  $MD = 32,5$  Grad, mit einem Range R von 25 Grad bis 55 Grad. Bei  $T_2$  lässt sich hingegen eine deutliche Verbesserung der Werte ( $MD = 62,5^\circ$ ,  $R = 50^\circ - 80^\circ$ ) evaluieren. Bei  $T_3$  präsentiert sich die Datenlage unverändert positiv mit einem Median von  $MD = 67,5^\circ$  ( $R = 50^\circ - 80^\circ$ ).

In der Kontrollgruppe kann bei der Palmarflexion des gesunden Handgelenkes bei  $T_1$  ein Medianwert von  $MD = 57,5$  Grad ( $R = 50^\circ - 70^\circ$ ).evaluiert werden, welcher beim Messzeitpunkt  $T_2$  sich zwar gleichbleibend präsentiert. Beim Messzeitpunkt  $T_3$  präsentieren sich die Werte äquivalent den beiden Messzeitpunkten. Bei der CRPS betroffenen Körperregion ließen sich bei der Baselinemessung  $MD = 37,5$  Grad ( $R = 25^\circ - 40^\circ$ ), beim zweiten Evaluationspunkt ein  $MD = 30$  Grad ( $R = 20^\circ - 35^\circ$ ) und nach dem Katamneseintervall  $MD = 30$  Grad ( $R = 20^\circ - 35^\circ$ ) evaluieren.

In der Analyse der vorliegenden Daten zeigen sich auch in der Flexion der Handgelenke gravierende Unterschiede in den Gruppen zu den Erhebungszeitpunkten. Es manifestiert sich ein überaus positiver Therapieeffekt im Sinne einer Flexionszunahme des Handgelenkes von 30 Grad in der aktiven Spiegeltherapiegruppe im Vergleich zur Kontrollgruppe. Dies Bedeutet das Vorliegen eines normalen Bewegungsausmaßes des ROM.

Die, in dieser vorliegenden Studie beobachteten Effekte der funktionalen Bewegungszunahme spiegeln sich auch in den Ergebnissen von Moseley (2006) und Mc.Cabe et al. (2003) als auch bei Kobus und Schott (2014) wieder.

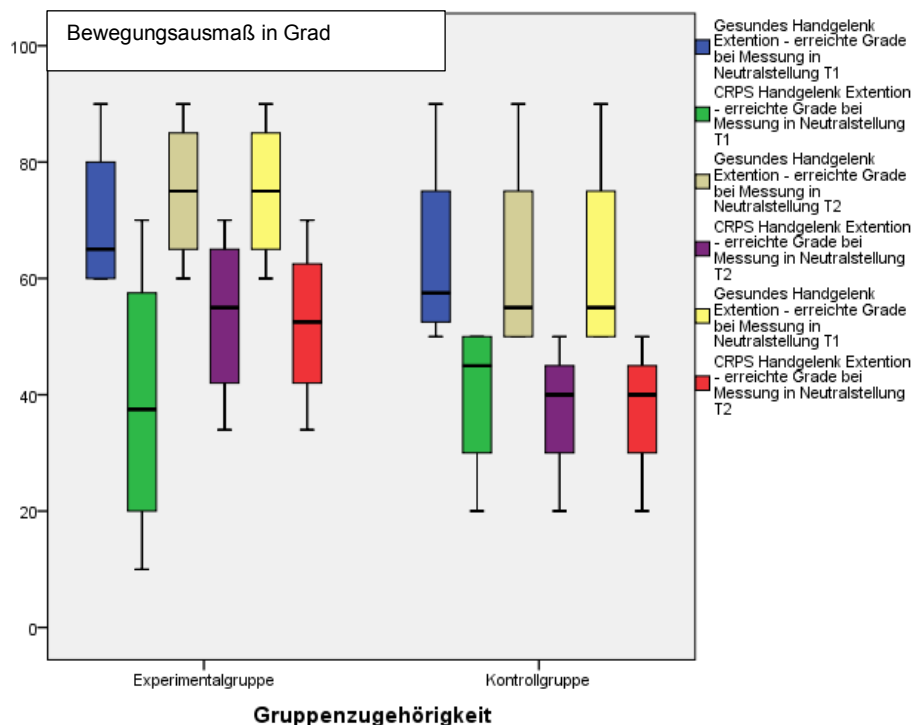
## 6.8 Ergebnisse der Überprüfung der Forschungshypothese 8 zum Unterschied der Gruppen in der Funktionalität der Extension des Handgelenkes der gesunden und der CRPS betroffenen Hand zu den drei Messzeitpunkten

### Hypothese H<sub>1</sub>:

Unterschied der Gruppen in der Funktionalität der Extension des Handgelenkes der gesunden und der CRPS betroffenen Hand zu den drei Messzeitpunkten.

Die Hypothese wird explorativ überprüft, da es sich um eine Subgruppenanalyse mit kleiner Stichprobe (n = 8) handelt. Zur Darstellung des Maßes der zentralen Tendenz wird der Zentralwert des Medians (MD) verwendet, um eine ausreichende Robustheit des Verfahrens zu gewährleisten.

**Tabelle 14: Funktionalität Dorsalextension des Handgelenkes der Gruppen zu T1 und T2**



In Tabelle 14 werden die eruierten Werte der Dorsalextension des Handgelenkes in den Gruppen zu den Prä – und Postmessungen veranschaulicht.

Zum Zeitpunkt der Baselinemessung  $T_1$  zeigt sich in der Spiegeltherapiegruppe ein Median der Extension von  $MD = 65$  Grad ( $R = 60 - 90$ ) bei dem nicht CRPS betroffenen Handgelenk. Beim Messzeitpunkt  $T_2$ , also nach 7 Wochen aktiv beübter Spiegeltherapie, kann ein Medianwert von  $MD = 75^\circ$  evaluiert werden. Zu  $T_3$  lässt sich ebenfalls ein MD auf einen Wert von  $MD = 75^\circ$  eruieren, wobei sich der Range der Daten hierbei zwischen 60 und 90 Grad erstreckt. In Bezug auf die Dorsalextension des CRPS betroffenen Handgelenkes zeigt sich in der Experimentalgruppe bei  $T_1$  ein Median von  $MD = 37,5$  Grad, mit einem Range R von 10 Grad bis 70 Grad. Bei  $T_2$  lässt sich hingegen eine deutliche Verbesserung der Werte ( $MD = 55^\circ$ ,  $R = 34^\circ - 80^\circ$ ) evaluieren. Bei  $T_3$  präsentiert sich die Datenlage unverändert positiv mit einem Median von  $MD = 52,5^\circ$  ( $R = 34^\circ - 70^\circ$ ).

In der Kontrollgruppe kann bei der Dorsalextension des gesunden Handgelenkes bei  $T_1$  ein Medianwert von  $MD = 57,5$  Grad ( $R = 50^\circ - 90^\circ$ ) evaluiert werden, welcher beim Messzeitpunkt  $T_2$  sich annähernd gleichbleibend präsentiert ( $MD = 55$  Grad,  $R = 50^\circ - 90^\circ$ ). Beim Messzeitpunkt  $T_3$  präsentieren sich die Werte äquivalent den beiden Messzeitpunkten. Bei der CRPS betroffenen Körperregion ließen sich bei der Baselinemessung  $MD = 45$  Grad ( $R = 20^\circ - 50^\circ$ ), beim zweiten Evaluationspunkt ein leicht veränderter  $MD = 40$  Grad ( $R = 20^\circ - 50^\circ$ ) und nach dem Katamneseintervall  $MD = 40$  Grad ( $R = 20^\circ - 50^\circ$ ) eruieren.

In der Spiegeltherapieexperimentalgruppe lassen sich zwischen den drei Messzeitpunkten gute Effekte in Bezug auf die Funktionalität des Handgelenkes ablesen. Es zeigt sich nach der Therapie sogar eine Normalisierung des Bewegungsausmaßes bei der CRPS betroffenen Extremität um knapp 20 Freiheitsgrade im Vergleich zur Baselinemessung. Es wurde fast das normale Ausmaß des ROM erreicht. Diese Effekte konnten auch nachhaltig nachgewiesen werden. In der Kontrollgruppe hingegen waren keine nennenswerten Veränderungen zu beobachten. Die, in dieser vorliegenden Studie beobachteten Effekte der funktionalen Bewegungszunahme spiegeln sich auch in den Ergebnissen von Moseley (2006) und Mc.Cabe et al. (2003) als bei Kobus und Schott (2014) wieder.

## 6.9 Ergebnisse der Überprüfung der Forschungshypothese 9 zum Unterschied der Gruppen in der Handkraft der gesunden und der CRPS betroffenen Hand zu den drei Messzeitpunkten

### Hypothese H<sub>1</sub>:

Es gibt einen Unterschied der Gruppen in der Handkraft der gesunden und der CRPS betroffenen Hand zu den drei Messzeitpunkten.

Die Hypothese wird explorativ überprüft, da es sich um eine Subgruppenanalyse mit kleiner Stichprobe (n = 8) handelt. Zur Darstellung des Maßes der zentralen Tendenz wird der Zentralwert des Medians (MD) verwendet, um eine ausreichende Robustheit des Verfahrens zu gewährleisten.

Tabelle 15: Unterschied der Gruppen in der Handkraft zu den drei Messzeitpunkten

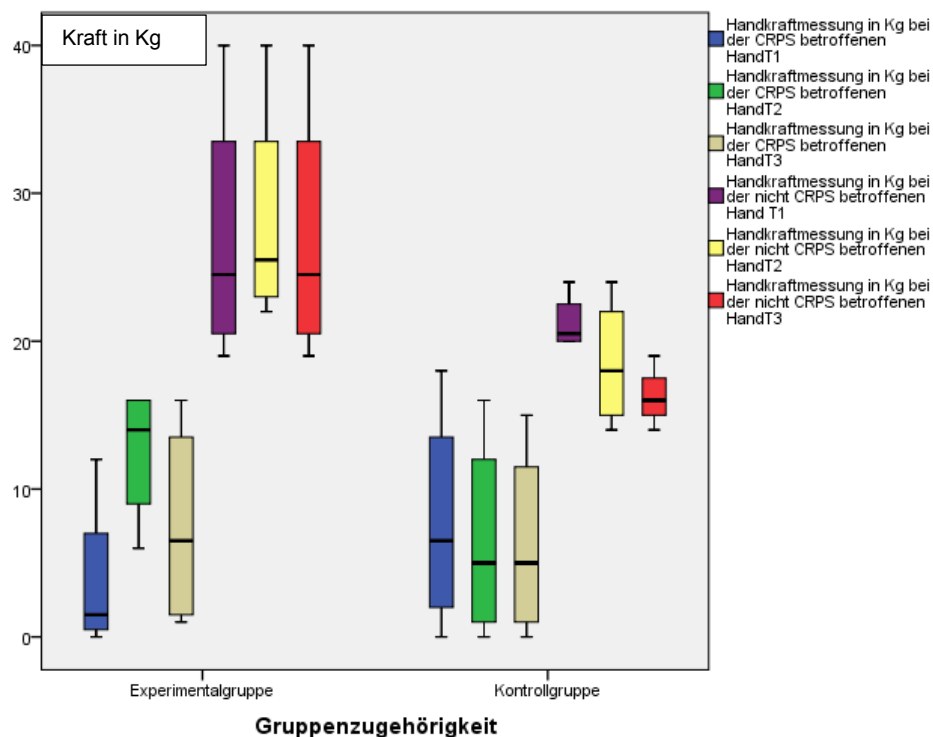


Tabelle 15 veranschaulicht die Werte der Handkraftmessungen in den Gruppen zu den drei Messzeitpunkten.

Zum Zeitpunkt der Baselinemessung  $T_1$  zeigt sich in der Spiegeltherapiegruppe ein Median der Handkraft von  $MD = 24,5 \text{ kg}$  ( $R = 19 - 40 \text{ kg}$ ) bei dem nicht CRPS betroffenen Handgelenk. Bei  $T_2$  lässt sich hingegen eine deutliche Verbesserung der Werte ( $MD = 25,5 \text{ kg}$ ,  $R = 22 - 40 \text{ kg}$ ) evaluieren. Bei  $T_3$  präsentiert sich die Datenlage unverändert positiv mit einem Median von  $MD = 24,5 \text{ kg}$  ( $R = 19 - 40 \text{ kg}$ ). Beim CRPS betroffenen Handgelenkes zeigt sich in der Experimentalgruppe bei  $T_1$  nur ein Median von  $MD = 1,5 \text{ kg}$  mit einem Range  $R$  von 0 Grad bis 12 Kilogramm. Nach 7 Wochen aktiver Spiegeltherapie, kann ein gesteigerter Medianwert von  $MD = 14 \text{ kg}$  evaluiert werden. ( $R = 6 - 16$ ) Zu  $T_3$  lässt sich zwar ein niedriger  $MD$  Wert der Handkraft von  $MD = 6,5 \text{ kg}$  mit einem Range der Daten zwischen 1 und 16 Kilogramm evaluieren werden.

In der Kontrollgruppe kann bei der Handkraftmessung der gesunden Extremität bei  $T_1$  ein Medianwert von  $MD = 20,5 \text{ Kg}$  ( $R = 20 - 24 \text{ Kg}$ ) evaluiert werden, welcher beim Messzeitpunkt  $T_2$  sich annähernd gleichbleibend präsentiert ( $MD = 18 \text{ Kg}$ ,  $R = 14 - 24 \text{ Kg}$ ). Beim Messzeitpunkt  $T_3$  präsentieren sich Werte von  $MD = 16 \text{ Kg}$  ( $R = 14 - 19 \text{ Kg}$ ). Bei der, vom CRPS betroffenen Hand ließen sich bei der Baselinekraftmessung ein  $MD = 6,5 \text{ Kg}$  ( $R = 0 - 18 \text{ Kg}$ ), beim zweiten Evaluationspunkt ein persistierender Handkraftmedian von  $MD = 5 \text{ Kg}$  ( $R = 0 - 16 \text{ Kg}$ ) und nach dem Katamneseintervall ein  $MD = 5 \text{ Grad}$  ( $R = 0 - 15 \text{ Kg}$ ) evaluieren.

Es zeigen sich in der Experimentalgruppe deutliche positive Effekte der Spiegeltherapie im Vergleich zur Kontrollgruppe. So kann nach dem aktiven Übungsintervall ein Anstieg der Handkraft von 1,5 auf 14 Kilogramm verzeichnet werden. Nach dem 7 - wöchigen Katamnesezeitraum relativiert sich dieser Wert zwar auf 6,5 Kg, trotzdem liegen diese Daten aber weit über den, bei der Baselinemessung eruierten Merkmalsausprägungen. Auffällig ist in der Kontrollgruppe eine Verschlechterung der Werte der nicht CRPS betroffenen Hand bezüglich der Handkraft. Dies könnte auf einer Überbeanspruchung dieser Extremität aufgrund der stagnierenden, bzw. persistierenden kontralateralen CRPS Erkrankung basieren.

Die beobachteten Daten bezüglich einer Verbesserung der Handkraft unter aktiver Spiegeltherapie konnten auch in einer Studie von Korbus und Schott (2014) beobachtet werden. (S. 59)

## CRPS – Lokalisation untere Extremität

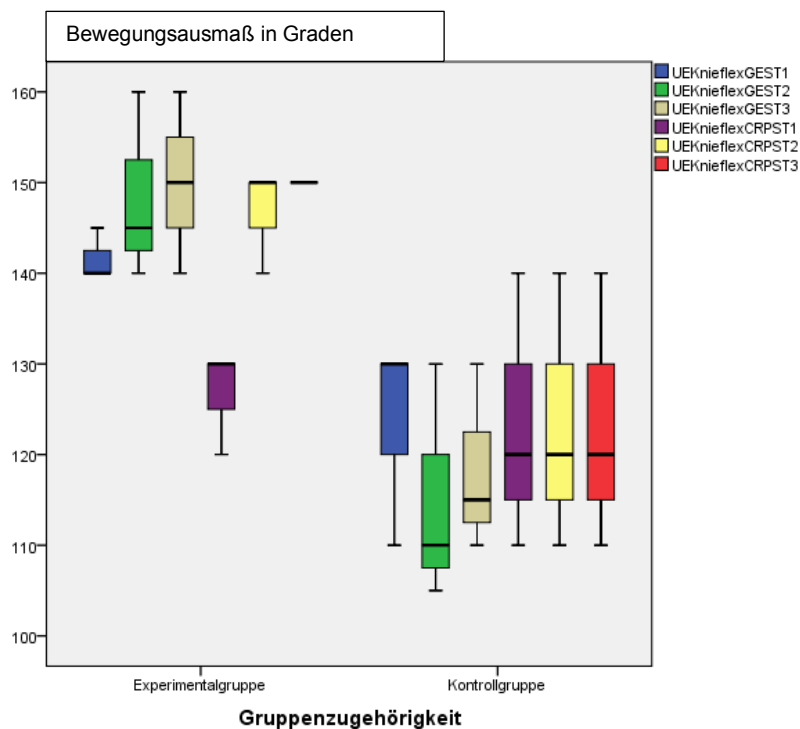
### 6.10 Ergebnisse der Überprüfung der Forschungshypothese A zum Unterschied der Gruppen in der Funktionalität des Knies zu den drei Messzeitpunkten

#### Hypothese H<sub>1</sub>:

Es gibt einen Unterschied in den Bewegungsausmaßen des Knies zwischen den Gruppen zu den drei Messzeitpunkten.

Die Hypothese wird explorativ überprüft, da es sich um eine Subgruppenanalyse mit kleiner Stichprobe (n = 8) handelt. Zur Darstellung des Maßes der zentralen Tendenz wird der Zentralwert des Medians (MD) verwendet, um eine ausreichende Robustheit des Verfahrens zu gewährleisten.

**Tabelle 16: Funktionalität der Knieflexion der Gruppen zu den drei Messzeitpunkten**



In Tabelle 16 werden die Werte des Bewegungsausmaßes des Knies zwischen den Gruppen und zu den drei Messzeitpunkten dargestellt.

In der Baselinemessung  $T_1$  zeigte sich in der Spiegeltherapiegruppe ein Median von  $MD = 140$  Grad bei Flexion des Knies der nicht CRPS betroffenen Extremität ( $R = 140^\circ - 145^\circ$ ). Beim Messzeitpunkt  $T_2$ , evaluiert nach 7 Wochen aktiver Spiegeltherapie, kann hier bereits ein Medianwert von  $MD = 145^\circ$  bei einem Range von  $R = 140^\circ - 160^\circ$  evaluiert werden. Zu  $T_3$  kann ein MD mit einem Wert von  $MD = 150^\circ$  eruiert werden ( $R = 140^\circ - 160^\circ$ ).

In Bezug auf die Knieflexion der CRPS betroffenen Extremität zeigte sich in der Experimentalgruppe bei  $T_1$  ein Median von  $MD = 130$  Grad, mit einem Range R von  $R = 120^\circ - 130^\circ$ ). Bei  $T_2$  lässt sich bereits eine deutliche Verbesserung der Werte ( $MD = 150^\circ$ ,  $R = 140^\circ - 150^\circ$ ) evaluieren. Bei  $T_3$  präsentiert sich die Datenlage unverändert positiv mit einem Median von  $MD = 150^\circ$ .

In der Kontrollgruppe kann bei der Knieflexion des gesunden Kniegelenkes bei  $T_1$  ein Medianwert von  $MD = 130$  Grad ( $R = 110^\circ - 130^\circ$ ) evaluiert werden, beim Messzeitpunkt  $T_2$  manifestieren sich mit folgende Werte:  $MD = 110$  Grad ( $R = 105^\circ - 130$ ). Beim Messzeitpunkt  $T_3$  manifestierten sich diese Daten:  $MD = 115$  Grad ( $R = 110^\circ - 130$ ).

In Bezug auf die Flexion des Knies der CRPS betroffenen Extremität zeigte sich in der Kontrollgruppe bei  $T_1$  ein Median von  $MD = 120$  Grad, mit einem Range R von  $110$  Grad bis  $140$  Grad. Bei  $T_2$  lassen sich äquivalente Werte messen, die sich auch bei  $T_3$  unverändert mit einem Median von  $MD = 120^\circ$  ( $R = 110^\circ - 140^\circ$ ) präsentieren.

Es zeigen sich zwischen der Baseline als auch der Post Messung sehr gute Ergebnisse für aktiv übende Patienten. Und zwar sowohl auf dem gesunden als auch dem Knie der CRPS betroffenen Extremität. Für die betroffene Extremität konnte der volle Range of Motion (ROM) erreicht werden.

Es zeigte sich, dass die Kontrollgruppe zu  $T_1$  Werte des gesunden Knies, welche im unteren Normbereich ( $120$  Grad) lagen aufwies. Bei  $T_2$  hingegen basierten die beobachteten verschlechterten Merkmalsausprägungen der nicht CRPS betroffenen Extremität auf unglückliche und selbstverschuldete Verletzungen zweier Patienten. Generell lag bei diesem Gruppenvergleich in der Kontrollgruppe eine schlechtere Funktionalität der Flexion der Kniegelenke vor.

Aufgrund der vorliegenden Werte kann in der Experimentalgruppe im Rahmen der Spiegeltherapie auf einen sehr positiven Effekt bezüglich der Funktionalität des Knies betroffener Patienten mit CRPS Erkrankung geschlossen werden. So erreichte diese Gruppe in Bezug auf die Knieflexion das volle Bewegungsausmaß von 150° wieder.

Die, in dieser vorliegenden Studie beobachteten Effekte der funktionalen Bewegungszunahme spiegeln sich auch in den Ergebnissen von Moseley (2006) und Mc.Cabe et al. (2003) wieder.

## 6.11 Ergebnisse der Überprüfung der Forschungshypothese B zum Unterschied der Gruppen in der Funktionalität der Plantarflexion der Sprunggelenke zu den drei Messzeitpunkten

### Hypothese H<sub>1</sub>:

Es gibt einen Unterschied in den Bewegungsausmaßen der Plantarflexion der Sprunggelenke in den Gruppen zu den drei Messzeitpunkten.

Die Hypothese wird explorativ überprüft, da es sich um eine Subgruppenanalyse mit kleiner Stichprobe (n = 6) handelt. Zur Darstellung des Maßes der zentralen Tendenz wird daher der Zentralwert des Medians (MD) verwendet, um eine ausreichende Robustheit gegenüber Ausreißern zu gewährleisten.

Tabelle 17: Funktionalität Plantarflexion der Sprunggelenke zu den Messzeitpunkten

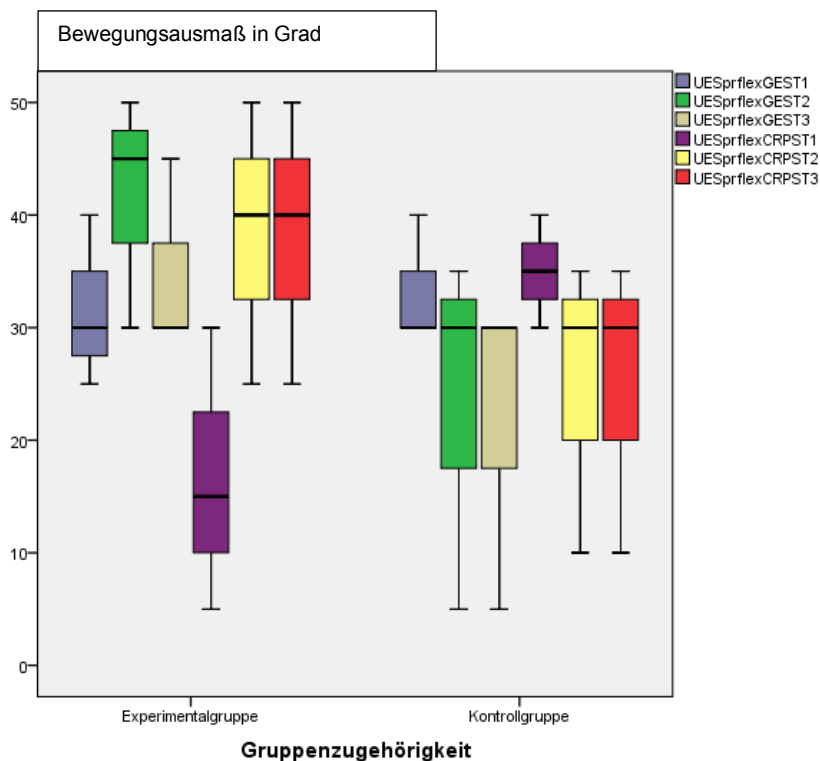


Tabelle 17 veranschaulicht die Werte der Plantarflexion der Sprunggelenke in den Gruppen zu den drei Messzeitpunkten.

In der Baselinemessung  $T_1$  zeigt sich in der Spiegeltherapiegruppe ein Median von  $MD = 30$  Grad bei Plantarflexion des nicht CRPS betroffenen Sprunggelenkes. Beim Messzeitpunkt  $T_2$ , evaluiert nach 7 Wochen aktiver Spiegeltherapie, kann hier bereits ein Medianwert von  $MD = 45^\circ$  evaluiert werden. Zu  $T_3$  hingegen sinkt der MD auf einen Wert von  $MD = 30^\circ$ , wobei sich der Range der Daten hierbei zwischen 30 und 45 Grad erstreckt.

In Bezug auf die Plantarflexion des CRPS betroffenen Sprunggelenkes zeigt sich in der Experimentalgruppe bei  $T_1$  ein Median von  $MD = 15$  Grad, mit einem Range R von 5 Grad bis 30 Grad. Bei  $T_2$  lässt sich hingegen eine deutliche Verbesserung der Werte ( $MD = 40^\circ$ ,  $R = 25^\circ - 50^\circ$ ) evaluieren. Bei  $T_3$  präsentiert sich die Datenlage unverändert positiv mit einem Median von  $MD = 40^\circ$ .

In der Kontrollgruppe kann bei der Plantarflexion des gesunden Sprunggelenkes bei  $T_1$  ein Medianwert von  $MD = 30$  Grad evaluiert werden, welcher beim Messzeitpunkt  $T_2$  sich zwar gleichbleibend präsentiert, aber einen deutlichen Datenrange zwischen 5 Grad und 35 Grad aufweist. Beim Messzeitpunkt  $T_3$  präsentieren sich die Werte äquivalent dem Messzeitpunkt  $T_2$ .

In der Kontrollgruppe zeigt sich bei der Baselinemessung des CRPS betroffenen Sprunggelenkes ein guter Medianausgangswert von  $MD = 35^\circ$  ( $R = 30^\circ - 40^\circ$ ). Bei  $T_2$  verschlechterte sich der Medianwert ohne motorisches Training auf  $MD = 30^\circ$ . Dieser Wert blieb auch beim Messzeitpunkt  $T_3$  konstant.

Die vorliegenden Ergebnisse lassen auf einen sehr positiven Einfluss der durchgeführten Spiegeltherapieübungen auf die Gelenkbeweglichkeit der Plantarflexion des Sprunggelenkes bei betroffenen Patienten mit CRPS Symptomatik schließen, wurde doch auch hierbei wieder der volle Range of Motion bei den Patienten erreicht. Dieser Effekt überdauerte auch den gewählten Katamnesezeitraum von 7 Wochen mit stabilen physiologischen Werten. Auch die nicht CRPS betroffene Extremität profitiert tendenziell positiv von der Durchführung der motorischen Übungen.

Diese beobachteten Effekte der funktionalen Bewegungszunahme spiegeln sich auch in den Ergebnissen von Moseley (2006) und Mc.Cabe et al. (2003) wieder.

Auffällig sind, die in Tabelle 16 dargestellten Verschlechterungen der Kontrollgruppe hinsichtlich der Funktionalität des nicht CRPS betroffenen Sprunggelenkes zu den letzten beiden Messzeitpunkten. Diese basierten auf unglückliche selbstverschuldete Verletzungen zweier Patienten, standen aber mit dem CRPS Geschehen auf der kontralateralen Seite nicht im Zusammenhang. Beim Sprunggelenk der CRPS betroffenen Extremität konnten keine positiven Effekte operationalisiert werden.

## **6.12 Ergebnisse der Überprüfung der Forschungshypothese C zum Unterschied der Gruppen in der Funktionalität der Dorsalextension der Sprunggelenke zu den drei Messzeitpunkten**

### **Hypothese H<sub>1</sub>:**

Es gibt einen Unterschied in den Bewegungsausmaßen der Dorsalextension der Sprunggelenke in den Gruppen zu den drei Messzeitpunkten.

Die Hypothese wird explorativ überprüft, da es sich um eine Subgruppenanalyse mit kleiner Stichprobe ( $n = 6$ ) handelt. Zur Darstellung des Maßes der zentralen Tendenz wird daher der Zentralwert des Medians (MD) verwendet, um eine ausreichende Robustheit gegenüber Ausreißern zu gewährleisten.

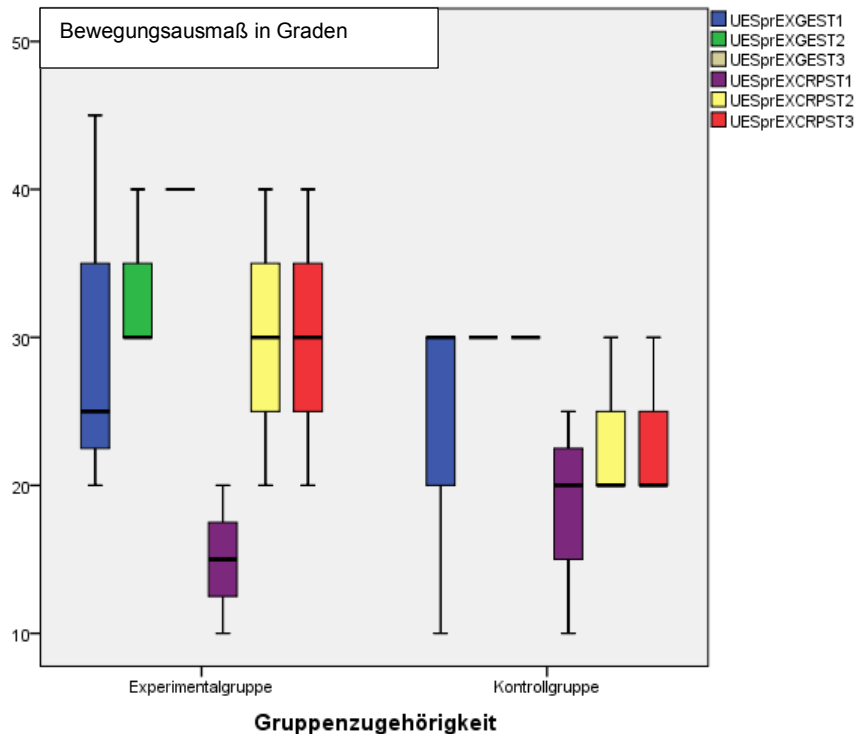
Ähnlich den Werten der Plantarflexion zeigen sich bei den evaluierten Werten der Dorsalextension bei den Patienten der aktiven Spiegeltherapiegruppe Verbesserungen im Bewegungsausmaß beim Messzeitpunkt T<sub>2</sub> im Vergleich zur Baselinemessung. So steht ein Median von MD = 15 Grad ( $R = 10^\circ - 20^\circ$ ) bei der Baselinemessung der CRPS betroffenen Extremität einem Median bei T<sub>2</sub> von MD = 30 Grad ( $R = 20^\circ - 40^\circ$ ) gegenüber. Diese Werte können auch nach dem Katamnesezeitintervall von 7 Wochen evaluiert werden (MD = 30°;  $R = 30^\circ - 40^\circ$ ).

In der Kontrollgruppe hingegen lässt sich zu allen drei Messzeitpunkten bei der CRPS erkrankten Extremität ein konstanter Median von MD = 20° ( $R = 10^\circ - 30^\circ$ ) eruieren. (Tabelle 17)

In Bezug auf das Bewegungsausmaß der Dorsalflexion des gesunden Sprunggelenkes zeigen sich in der Experimentalgruppe bei T<sub>1</sub> ein Median von MD = 25° ( $R = 20^\circ - 45^\circ$ ) und beim Messzeitpunkt T<sub>2</sub> ein Median von MD = 30° ( $R = 30^\circ - 40^\circ$ ), welcher auch beim Messzeitpunkt T<sub>3</sub> konstant bleibt.

In der Kontrollgruppe hingegen präsentieren sich die Mediane über alle drei Messzeitpunkte hinweg konstant mit einem Wert von MD = 30° und einem Range von 10 Grad bis 30 Grad. (Tabelle 18)

**Tabelle 18: Funktionalität Dorsalextension des Sprunggelenks zu den Messzeitpunkten**



Die vorliegenden Ergebnisse lassen auf einen sehr positiven Effekt der durchgeführten Spiegeltherapieübungen auf die Dorsalextension, sowohl der CRPS erkrankten Extremität, als auch der nicht betroffenen CRPS Gliedmaße schließen. Im Vergleich fällt vor allem die gute Funktionalitätsverbesserung der Dorsalextension der nicht aktiv - beübten Gliedmaße auf. Hierbei konnte eine Verbesserung des Range of Motion bis hin zum vollen Bewegungsausmaß evaluiert werden. In der Kontrollgruppe konnte hingegen keine Funktionalitätszunahme der Funktionalität beobachtet werden. Die Ausgangswerte lagen in dieser Gruppe noch im Normbereich.

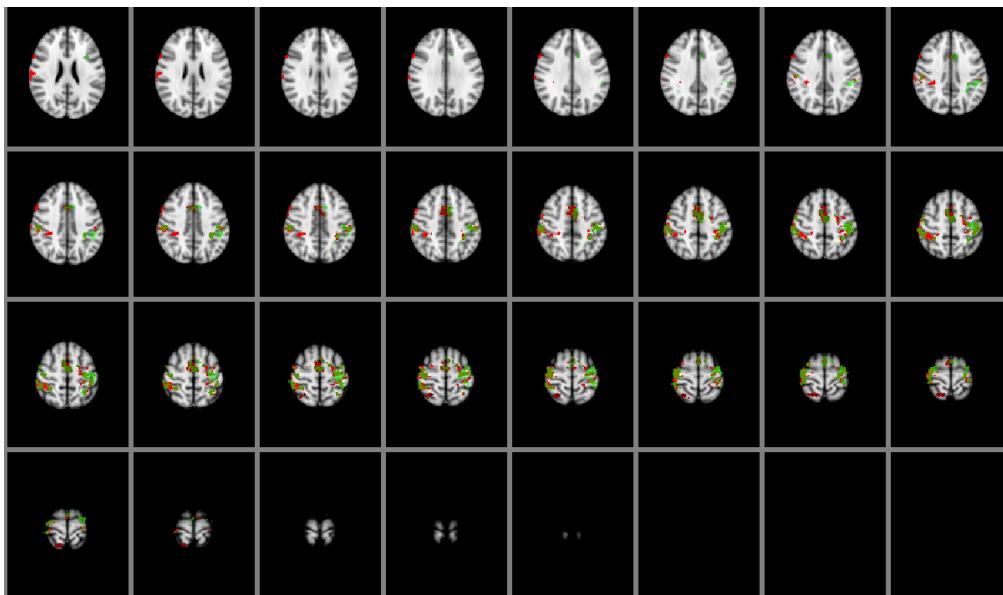
Die, in dieser vorliegenden Studie beobachteten Effekte der funktionalen Bewegungszunahme spiegeln sich auch in den Ergebnissen von Moseley (2006) und Mc.Cabe et al. (2003) wieder.

## fMRT Ergebnisse Überprüfung Forschungshypothese

Gibt es einen Unterschied zwischen den Gruppen zum Messzeitpunkt T<sub>2</sub> in den kontralateralen Kortexarealen SI und SII bezüglich einer Reorganisation der CRPS repräsentierenden Region im Vergleich zum Messzeitpunkt T<sub>1</sub>?

Die Daten wurden aus den fMRI Aufnahmen mittels FSL Verfahren extrahiert (Tabelle 19) und in weiterer Folge mit SPSS einer statistischen Analyse unterzogen.

Tabelle 19: fMRT Aufnahmen Sensomotorischer Kortex



In der statistischen Auswertung wurde das Verfahren des T-Tests bei verbundenen Stichproben angewendet (n = 14). Es zeigte sich in der Datenanalyse kein signifikantes Ergebnis (p = 0,232) Tabelle 20 veranschaulicht die operationalisierten Variablen.

Tabelle 20: T- Test für abhängige Stichproben kortekale Reorganisation SI und SII

Statistik für Stichproben mit paarigen Werten					
		Mittelwert	H	Standardabweichung	Standardfehler Mittelwert
Paar 1	L_Post_rf_ROI_T1	,681761	7	,3922536	,1482579
	L_Post_rf_ROI_T2	,489657	7	,3407829	,1288038

**Tabelle 21: T-Test für abhängige Stichproben kortekale Reorganisation SI und SII**

		Test bei gepaarten Stichproben							
		Gepaarte Differenzen			95% Konfidenzintervall der Differenz		T	df	Sig. (2-seitig)
		Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes	Untere	Obere			
Paaren 1	L_Post_rf_ROI_T1 - L_Post_rf_ROI_T2	,1921043	,3824224	,1445421	-,1615774	,5457860	1,329	6	,232

Eine weitere Berechnung der Parameter mittels des für kleinere Stichproben robusteren und parameterfreien Verfahrens des Wilcoxon Vorzeichentests ergab einen ebenfalls nicht signifikanten p Wert von  $p = 0,128$ . (Tabelle 20)

**Tabelle 22: Wilcoxon Test für abhängige Stichproben**

Hypothesentestübersicht				
	Nullhypothese	Test	Sig.	Entscheidung
1	Der Median der Differenzen zwischen L_Post_rf_ROI_T1 und L_Post_rf_ROI_T2 ist gleich 0.	Wilcoxon-Vorzeichenrangtest bei verbundenen Stichproben	,128	Nullhypothese beibehalten

Asymptotische Signifikanzen werden angezeigt. Das Signifikanzniveau ist ,05.

Aus diesem Grunde ist nach statistischen Kennwerten für diesen Datensatz die  $H_1$  zu verwerfen. Es gilt die  $H_0$ .

Dennoch konnte in einer additiv durchgeführten explorativen Analyse ein, sich annähernder Mittelwertsunterschied zwischen den beiden Gruppen von  $MW = 0,20$  Wertepunkten als auch ein Effektstärkenmaß von  $\eta^2 = 0,223$  evaluiert werden.

Kleine Stichproben haben den empirischen Nachteil, dass (Therapie-)Effekte sehr sehr groß sein müssen um überhaupt signifikante Ergebnisse generieren zu können. Es können sich daher durchaus larvierte Effekte der neuronalen Organisation in den Daten verbergen, wenn sie auch in diesem Datensatz statistisch nicht detektierbar sind. Zumal die medizinischen Parameter der Experimentalgruppe bei  $T_2$  auf einen positiven Effekt der Spiegeltherapie schließen lassen.

## 7 Resümee und Diskussion der Untersuchungsergebnisse

In der vorliegenden wissenschaftlichen Erhebung wurden am Klinikum Klagenfurt, Abteilung Zentrum für Interdisziplinäre Schmerztherapie, Onkologie und Palliativmedizin 15 Patienten mit komplexem regionalem Schmerzsyndrom (CRPS) der unteren oder oberen Extremitäten in einer klinischen, kontrollierten prospektiven Längsschnittstudie mit MRT Unterstützung evaluiert. Hintergrund der Untersuchung des Patientensamples war die Erhebung der Therapieeffizienz von Spiegeltherapie bei diesen, für den Patienten sehr belastenden Schmerzkomplex in Bezug auf klinisch - psychologische als auch physiologische Parameter im Sinne einer holistisch durchgeführten Erhebung im Rahmen des bio – psycho – sozialen Modell. Eine weitere Zielsetzung der Studie bestand auch im Vergleich und der Konnotation der Ergebnisse mit bereits durchgeführten Studien. (Michenthaler, 2014, S. 130)

Entsprechend den Studienergebnissen der Autoren Frettlöh, Maier und Schwarzer (2011) als auch Sandroni et al. (2003) und Birklein et al. (2000), dass überwiegend weibliche Patienten vom Symptomkomplex des CRPS betroffen sind, konnten diese Beobachtungen auch in der vorliegenden Studie repliziert werden. Von 15 an der Studie teilnehmenden Patienten waren 13 Personen weiblichen Geschlechts, nur zwei Personen waren männlich. Leider musste aufgrund dieser ungünstigen Geschlechterverteilung auf die generelle Untersuchung der geschlechterspezifischen Unterschiede und der daraus resultierenden Hypothesen verzichtet werden. Dies führte natürlich auch in Folge zu einem beträchtlichen und bedauernden Informationsverlust, der aber durch natürliche Gegebenheiten bedingt war. (Michenthaler, 2014, S. 130)

Im statistischen Auswertungsprozess konnten die empirischen Annahmen bestätigt werden, dass vor allem Patienten, welche einem niedrigeren Bildungsstand angehören weit häufiger an Schmerzsyndromen erkranken als besser gebildete Personen, welche zum Beispiel einen universitären Abschluss aufweisen. Viele der CRPS betroffenen Patienten kamen darüber hinaus aus einer sozialen Berufssparte. Die dort durchgeführten Tätigkeiten beanspruchten die Personen selbst auch sehr auf der körperlichen Ebene. Dieser detektierte Aspekt steht auch im Einklang zu den Ergebnissen von Dionne et al. (1995) sowie Hoffman und Egle (1993). (Michenthaler, 2014, S. 130)

Als ein grundlegendes Ergebnis dieser Studie kann die Aussage getätigt werden, dass das imaginative Verfahren der Spiegeltherapie sehr positive Auswirkungen auf die Schmerzintensität bei komplexem regionalem Schmerzsyndrom (CRPS) ausübt. Es konnte beobachtet werden, dass Patienten der Therapiegruppe zwischen dem Zeitintervall des Beginns und der Beendigung der Therapie eine mittlere Wertedifferenz von 2,5 Punkten auf der 10-teiligen Visuellen Analog Skala (VAS) aufwiesen. Diese Beobachtung entspricht einem klinisch sehr relevanten Effekt in der Schmerzreduktion. Betrachtet man den Range dieser VAS Werte genauer, so fällt hier auch auf, dass der subjektiv berichtete Schmerz der Patienten bei der Baselinemessung T1 zwischen VAS 4,25 und VAS 7,50 doch sehr hoch und medizinisch absolut therapiebedürftig lag. (Michenthaler, 2014, S. 131)

Bei allen Patienten ließ sich außerdem im psychometrischen Testinstrument des PainDetect eine mehr oder minder hoch ausgeprägte neuropathische Schmerztypologiebeteiligung eruieren, welche ihrerseits wieder einen sehr belastenden Aspekt widerspiegelt. Gerade diese Komponente gilt in der medizinischen Fachwelt als sehr schwer therapeutisch behandel- und einstellbar und präsentiert sich in ihrer Phänomenologie zum Leidwesen vieler Patienten als äußerst quälend. Bereits beim zweiten Messzeitpunkt direkt nach aktiver Therapiedurchführung, konnten in dieser Gruppe hingegen bereits Kennwerte zwischen VAS 1,5 und VAS 5 eruiert werden. (Michenthaler, 2014, S. 131)

Beim dritten Messquerschnitt, terminisiert nach einem 7 wöchigen therapiefreien Katamnesezeitintervall konnte auch noch immer ein sehr positiver und nachhaltiger Effekt auf die Schmerzintensität eruiert werden.

In der Kontrollgruppe waren hingegen bei allen drei Messzeitpunkten keine erwähnenswerten Unterschiede in der subjektiven Schmerzintensität eruierbar. (Michenthaler, 2014, S. 131)

Weitere wegweisende Ergebnisse stellten die motorischen Funktionsverbesserungen der Extremitätengelenke dar, die im Rahmen dieser Studie detektiert werden konnten. So fanden sich bei allen evaluierten Finger-, Hand-, Sprung-, und Kniegelenken und deren Bewegungsformen (Extension/Flexion) nach den Spiegeltherapieeinheiten Verbesserungen auf der CRPS betroffenen Extremität, die auch, wenn nicht mehr in demselben Umfang aber dennoch nachhaltig auch nach dem Katamnesezeitraum beim Messzeitpunkt T3 evaluierbar waren.

Diese Zunahme der interpersonellen Bewegungsfreiheit bedeutete für die Patienten eine Rückkehr in einen normalisierten und autonomeren Alltag.

Auch die gesunde Extremität profitierte im Vergleich zur Baselinemessung überwiegend vom aktiven Übungsprogramm, wohingegen bei der Kontrollgruppe keine Verbesserungen manifestierten, sondern im Gegenteil eher eine persistierende CRPS Symptomatik beobachtet werden konnte. Diese Zunahme des funktionalen Bewegungsausmaßes spiegelt sich auch in den Studienergebnissen der Forscher Moseley (2006) und Mc.Cabe et al. (2003) wieder. Herausragend war in der Experimentalgruppe vor allem die Optimierung der Handkraft während der perzeptiven Therapie. Diese Beobachtung wurde auch die Ergebnisse von Korbus und Schott im Jahr 2014 gestützt.

Diese positiven Therapieresultate zeigten auch Auswirkungen auf die emotionale Befindlichkeit und die Lebensqualität der CRPS betroffenen Patienten. So konnten in den operationalisierten psychometrischen Parametern der Angst- und Depressionswerte über die Messzeitpunkte signifikante Veränderungen evaluiert werden. Patienten, welche aktive Spiegeltherapieeinheiten bekamen, waren direkt nach Beendigung der Therapie weniger depressiv und ängstlich als Patienten der Kontrollgruppe. Dies spiegelte sich auch in den hoch signifikanten positiven Zusammenhängen zwischen den Werten des SES und den Werten des HADS – D in allen Subskalen wieder. (vgl. Michenthaler, 2014, S. 133)

Eine Ursache der Verminderung der subjektiven emotionalen Belastung könnte, die mit der Therapie einhergehende Schmerzreduktion darstellen. Gerade dieser Aspekt ist bei einem neuropathischen Schmerzbild essentiell, stellt es doch viele Mediziner ohne spezielles Schmerzdiplom vor eine schier unlösbare Aufgabe. Daher ist diese Dimension der Schmerzreduktion klinisch sehr von Belangen und effektiv hoch relevant. (Michenthaler, 2014, S. 133)

Die Patienten fühlten sich nach der Therapie auch signifikant in ihrer Lebensqualität gesteigert. Der Trend dauerte nachhaltig bis zum Katamnesemesszeitpunkt an und erfuhr bis dorthin sogar noch eine weitere Steigerung. Dieser Aspekt steht in einem Gegensatz zu den anderen evaluierten Kennwerten, da meist die Effekte bis zum Zeitpunkt nach der Katamnese keine stabile Nachhaltigkeit aufwiesen.

Eine mögliche Erklärung scheinen hierbei die subjektiven Copingstrategien zu sein. So wiesen die FESV Skalen Kompetenzerleben und Handlungsplanungskompetenzen signifikante Korrelationen mit dem SF – 12 Itemwert der Lebensqualität auf. Daraus lässt sich schließen, dass je kompetenter sich die Patienten selbst in ihrer Handlungsplanung erlebten, desto höher schätzten sie auch ihre subjektive Lebensqualität ein. (vgl. Michenthaler, 2014, S. 133)

Im Zuge dieses Studiendesigns wurden seitens des Klinikum Klagenfurt additive Prä-Post fMRT Aufnahmen des CRPS Patientenkollektivs zur Verfügung gestellt. Der Fokus lag u.a. auf der, in der empirischen Wissenschaft vertretene Hypothese der Reorganisation in von CRPS betroffenen somatotopen kontralateralen kortikalen Arealen des sensomotorischen Kortex. Hierbei zeigten sich aber für den vorliegenden Datensatz keine signifikanten Werte.

Da es sich in diesem Studiendesign aber um eine relativ kleine Stichprobe (N = 14), welche dazu noch in Subgruppen mit Lokalisation CRPS der oberen und unteren Extremität und der daraus resultierenden divergierenden kortikalen Lokalisation der entsprechenden Areale differenzierbar ist, ist eine statistisch korrekte Aussage bezüglich Reorganisationseffekten schwer zu treffen. Kleine Stichproben haben den Nachteil, dass Effekte sehr sehr groß werden müssen um signifikante Werte zu generieren. Aus diesem Grunde können dennoch larvierte neuronale Prozesse im Sinne einer Reorganisation vorliegen. In der empirischen Literatur finden sich zur Thematik der kortikalen Reorganisation viele fMRT gestützte Einzelfallstudien oder

Erhebungen mit einer Stichprobengröße jenseits des zentralen Grenzwerttheorems ( $N \geq 30$ ).

Die Generierung einer größeren Stichprobe war aufgrund der gegebenen zeitlichen Ressourcen leider nicht möglich. Darum wird bei der weiteren Auswertung der fMRT Bilder bezüglich einer Reorganisation im Bereich des motorischen Kortex auch auf Einzelfallanalysen zurückgegriffen werden.

Kritisch ist auch anzumerken, dass aufgrund der Datenfülle viele, in der vorliegenden Studie additiv erhobene Parameter, welche zwar in dieser empirischen Arbeit der Vollständigkeit wegen erwähnt wurden, leider nicht ausreichend dargestellt werden konnten. So muss die Darstellung der thermographischen/sudomotorischen Daten als auch weiterer bereits generierter neuronaler/kortikaler Hypothesen und deren Einzelfalldarstellung in weiterführenden empirischen Arbeiten/Publicationen der Autorin abgehandelt werden.

Die, im Studiendesign angewandte Therapiezeit von 7 Wochen, dürfte einen bereits ausreichend langen Therapierahmen bieten, um gute klinische Erfolge sichtbar zu machen. Für nachhaltigere Erfolge bei chronischem CRPS müsste dieser Rahmen dennoch individuell erweitert und an die Bedürfnisse der Patienten assimiliert werden. Leider war es im Rahmen der Studie aus ressourcenspezifischen Gründen nicht möglich die Experimentalgruppe als auch die Kontrollgruppe bei einem vierten Messzeitpunkt nach weiteren sieben Wochen zu reevaluierten.

(Michenthaler, 2014, S. 131)

Ein additiver Operationalisierungspunkt T4 hätte sicher einen weiteren Aufschluss in Bezug auf die Nachhaltigkeit der Therapie und ihrer gegebenenfalls nötigen Modifikationen ermöglicht. Die vorliegenden Ergebnisse wurden auch in den bereits publizierten empirischen Erhebungen von Krämer, Tanislav und Birklein (2012), Moseley (2006) und Schön et al. (2010) bestätigt. (Michenthaler, 2014, S. 131 - 132)

## 8 Ausblick

Die vorliegenden Studienergebnisse implizieren gute Effekte von Spiegeltherapie bei der Behandlung einer CRPS Erkrankung, sowohl in Bezug auf somatische als auch psychologische Parameter. Der interventionelle Ansatz der Spiegeltherapie bietet hierbei eine Vielzahl an, sowohl praktischen als auch ökonomischen Vorteilen. So gestaltet sich die Methode der Spiegeltherapie für den Patienten als leicht erlernbar, Nebenwirkungs- und Wirkstofffrei und unterstützt den Patienten in seiner aktiven und autonomen Ressourcenfindung. Gerade bei chronischen Schmerzsyndromen stellt der letzte Aspekt einen großen Wertgewinn dar. Durch die Bewegung der nicht betroffenen Hand und der (anfänglichen) Ruhigstellung der versehrten Hand können bereits intrapsychisch integrierte „Fear avoidance“ Modelle abgeschwächt werden. Des Weiteren ist diese Therapie mit wenigen Hilfsmitteln ökonomisch leicht umsetzbar, sowie auch einfach in andere Therapiealgorithmen zu integrieren. Es muss ja auch nicht immer ein neu gekaufter Therapiespiegel aus Plexiglas sein. Den gleichen Effekt erhält man auch mit klebbaren Spiegelflächen oder verspiegelter Folie aus dem Baumarkt. Hierbei sollte man allerdings auf gute Qualität achten um den gleichen effizienten „Illusionseffekt“ zu erreichen. (Michenthaler, 2014, S. 135)

Leider ist es nicht immer einfach den Patienten zu einer Therapie mit dem alltäglichen „Gebrauchsgegenstand“ eines „banalen“ Spiegels zu bewegen. Hier kommt es bei den meisten Personen zu sehr viel anfänglicher Skepsis und einer eventuellen Formierung eines Widerstands, welchem mit Psychoedukation und gut vermittelter Information zur Wirkungsweise begegnet werden kann. Ethisch scheint es aber durchaus vertretbar zu sein, dem Spiegel im Rahmen dieser Therapie auch den „besonderen Stellenwert“ eines Therapiespiegels zukommen zu lassen. (Michenthaler, 2014, S. 135)

Aber gerade in diesen Zeiten der immer knapper werdenden sozioökonomischen Ressourcen stellen diese innovativen Therapien wie Spiegeltherapie gute Ansätze dar, Patienten in der Wiederherstellung ihrer physischen und psychischen Unversehrtheit als auch bei der Wiedererlangung ihrer Autonomie mit geringen Materialaufwand und großen Output zu unterstützen.

Dennoch spiegeln die evaluierten Datensätze dieser Studie auch die bereits postulierte, Heterogenität und Disparität der Variablen und Parameter wieder, welche den empirischen epidemiologischen Studienergebnissen bei CRPS-Symptomatik zugrunde liegen. Aus diesem Grunde erscheint es essentiell weitere wissenschaftliche Studien zu dieser Krankheitsentität zu implementieren und zu forcieren, um weitere spezifische und prägnante Hypothesen und Aussagen formulieren zu können. In Folge sollten dadurch die Wissenschaft befähigt werden adäquate Therapiealgorithmen sowie Präventionsmaßnahmen für gefährdete Patientengruppen generieren zu können.

## 9 Literaturverzeichnis

Agrawal – Koslowzki, K., Schumacher, T., Goerig, M., Beck, H., (2011). Vom Morbus Sudeck zum komplexen regionalen Schmerzsyndrom. In: *Der Schmerz*, Band 25, Heft 2 (S.140 – 147). Heidelberg: Springer Verlagsgesellschaft

Altschuler, E.,L. Wisdom, S.B, Ston, L., Foser, C., Galasko, D., Llewellyn, M. E. & Ramachandron, R.S. (1999). Rehabilitation of hemiparesis after stroke with a mirror. *Lancet*, 353, 2035-2036

Ameli, M., Nowak, D.A. (2001). Klinische Skalen und Scores.  
In: *Handfunktionsstörungen in der Neurologie Klinik und Rehabilitation*. (S. 25 – 64). Heidelberg, Berlin: Springer Verlag

Arkudas, A., Kneser, U., Horch, R.E., (2006). Das komplexe regionale Schmerzsyndrom Typ I (CRPS Typ I/“Morbus Sudeck“) – Eine Übersicht. In: *Zentralblatt Chirurgie*, Band 131: (S. 40 – 48) Rostock, Thieme Verlag

Baron, R., Maier, Ch., Ulrich, H.W., (2001). *Komplexe regionale Schmerzsyndrome (CRPS) – sympathische Reflexdystrophie und Kausalgie*. In: Zenz, M.,Jurna, I., (Hrsg.) *Lehrbuch der Schmerztherapie*, (S. 625 - 642). Stuttgart: Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft

Baron, R., Binder, A., Ulrich, W., Maier, C. (2003). Komplexe regionale Schmerzsyndrome – Sympathische Reflexdystrophie und Kausalgie.  
In: *Der Schmerz* (2003) Band: 17. (S. 213 – 226) Springer Verlag

Bieniok, A., Govers, J., Dohle, C., (2011). *Spiegeltherapie in der Neurorehabilitation*. Schulz-Kirchner Verlag GmbH, Idstein

Birklein, F., Riedel, B., Sieweke, N., Weber, M., Neundorfer, B. (2000). Neurological findings in complex regional pain syndromes – analysis of 145 cases. In: *Acta neurological Scandinavica*: Band 101: (S. 262 – 269)

- Blitzer, S., Thymm, G. (2009). Ganz schön verwinkelt. Assesment: Goniometer.  
In: Ergopraxis, Band 4. Georg Thieme Verlag
- Blumberg, H., (1988). *Zur Entstehung und Therapie des Schmerzsyndroms bei der Sympathischen Reflexdystrophie*. In: Der Schmerz Vol. 2. (S. 125 – S. 143)
- Blumberg, H., Griesser, H.J., Hornyak, M., (1992). Distal post traumatic edema-symptom of a sympathetic reflex dystrophy. In: Zeitschrift für Orthopädie und ihre Grenzgebiete. Vol: 130: (S. 9 – 15)
- Bortz, J. Lienert, G.A. (2008). Kurzgefasste Statistik für die klinische Forschung - Leitfaden für die verteilungsfreie Analyse kleiner Stichproben. Heidelberg: Springer Medizin Verlagsgesellschaft
- Bortz, J., Schuster, C. (2010). *Empirische Forschung und Skalenniveaus*. In: Lehrbuch der Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler. (S. 3 – 25). Berlin Heidelberg: Springer Verlag
- Brandauer, B., Hermsdörfer, J., Müller, F., Timmann, D. (2011). *Ataxie*. In: Handfunktionsstörungen in der Neurologie Klinik und Rehabilitation. (S. 131 - 141). Heidelberg, Berlin: Springer Verlag
- Bruzek, R. (2006). Leitfaden Gelenkmessung. München: Elsevier Verlag
- Cacchio, A., De Blasis, E., De Blasis, V., Santilli, V., Spacca G. (2009). Mirror Therapy in Complex Regional Pain Syndrome Type 1 of the Upper limb in Stroke Patients. In. Neurorehabilitation and Neural Repair. Vol: 13: ( S. 01 – 08)
- Chesnut, CH., Azria, M., Silverman S., Engelhardt, M., Olson, M., Mindeholm, M. (2008). *Salmon calcitonin: a review of current and future therapeutic indications*. In: Osteoporosis International, Vol: 19. (S: 479 – 491)

- De Mos, M., De Bruijn, A.G., Huygen, F.J., Dieleman, J.P., Stricker., B.P.,  
Sturckenboom, M.C. (2007). The incidence of complex regional pain  
syndrome: A population based Study. *Pain*: (2007). Band:129. (S. 12 – 20)
- Diener, H., C., Maier, C.,(Hrsg.), (2009). Die Schmerztherapie – Interdisziplinäre  
Diagnose- und Behandlungsstrategien. München: Elsevier GmbH – Urban  
& Fischer Verlag
- Dionne, C., Koepsell, T. D., Von Korff, M., Deyo, R. A., Barlow, W.E. & Checkoway, H.  
(1995). Formal education and back-related disability. In search of an  
explanation. In: *Spine*. Vol: 20. (S. 2721 – 2730)
- Dohle, C., Kleiser, R., Seitz, R. J. Freund, H. J., (2004). Body scheme gates visual  
processing. In: *Neurophysiologie*. Vol: 91. (S. 2376 – 2379)
- Dohle, C., (2011), Spiegeltherapie. In: Mehrholz, J., Neuroreha nach Schlaganfall.  
(S. 71 – 79), Georg Thieme Verlag KG
- Duller, C. (2008). *Test auf Verteilungsanpassung – Shapiro Wilk Test*.  
In: Einführung in die nicht parametrische Statistik mit SAS und R.  
Ein anwendungsorientiertes Lehr- und Arbeitsbuch. (S. 121 – 122).  
Heidelberg: Springer Verlag
- Ewald, S., Kohler, U., (1991). *Handkraft: Richtwerte bei Erwachsenen*. Ergotherapie  
Band 9/1991. (S. 4 – 12). Ergotherapie Verband Schweiz
- Frettlöh, J., Maier, C., Schwarzer, A. (2011). Neuropathische Schmerzsyndrome  
unter besonderer Berücksichtigung von Phantomschmerzen und CRPS.  
In: Kröner-Herwig, B., Frettlöh, J., Klinger, R., Nilges, P., (2011).  
*Schmerzpsychotherapie – Grundlagen – Diagnostik - Krankheitsbilder –  
Behandlung*. (S. 511 – 535). Berlin, Heidelberg: Springer Verlagsgesellschaft

Forouzanfar, T., Kemler, M.A., Weber, W. E. J., Kessels, A. G. H., van Kleef, M., (2004). *Spinal cord stimulation in complex regional pain syndrome: cervical and lumbar devices are comparably effective*. In: British Journal of Anaesthesia. Vol: 92, Issue 3: (S: 348-353)

Geissner, E. (1996). SES - Die Schmerzempfindungs-Skala. Manual Göttingen: Hogrefe Verlag

Geissner, E. (2001). FESV – Fragebogen zur Erfassung der Schmerzverarbeitung. Manual. Göttingen, Hogrefe Verlag

Gierthenmühlen, J., Baron, R. (2011). Pharmakologische und interventionelle Therapie des Komplexen regionalen Schmerzsyndroms (CRPS)  
Pharmacological and Interventional Treatment of Complex Regional Pain Syndrome (CRPS). In: Aktuelle Rheumatologie, Vol. 36: (S. 35 – 41)

Guttmann O, Wykes V. *Images in clinical medicine. Complex regional pain syndrome type 1*. (2008). New England Journal Medicine Vol: 359: (S. 508)

Habel, U., Fink, G.R. (2007). Planung und Umsetzung experimenteller Paradigmen. In: Schneider, F., Fink, G.R. (Hrsg.) *Funktionelle MRT in Psychiatrie und Neurologie*. (S. 116 – 131). Heidelberg: Springer Verlag

Herrmann, Ch., Buss, U., Snaith, R.P., (1995). HADS-D Hospital Anxiety and Depression Scale – Deutsche Version. Ein Fragebogen zur Erfassung von Angst und Depressivität in der somatischen Medizin. Manual, Bern: Hans Huber Verlagsgesellschaft

Hoffmann, S. O., Egle, U. T. (1993). Das klinische Bild des Schmerzkranken. In Egle, U.T., Hofmann, S.O. (Hrsg.), *Der Schmerzkranke: Grundlagen, Pathogenese, Klinik und Therapie chronischer Schmerzsyndrome aus bio-psycho- sozialer Sicht* (S. 136-148). Stuttgart: Schattauer.

- Jenkinson, M., Beckmann, C.F., Beherens, T.E., Woolrich, M.W., Smith, S.M., (2012).FSL. In: Neuroimage. Vol.15; (S. 782 – 90)
- Jung, B., Hermsdörfer, J., (2011). Zentrale und periphere Sensibilitätsstörungen. In: Handfunktionsstörungen in der Neurologie Klinik und Rehabilitation. (S. 263 – 271). Heidelberg, Berlin: Springer Verlag
- Krämer, H.H., Tanislav, C., Birklein, F. (2012). Nicht medikamentöse Therapien bei CRPS. In: Handchirurgie, Mikrochirurgie, Plastische Chirurgie. Vol: 44. (S 142 – 146)
- Kobus, H., Schott, N. (2014). *Prävention und Rehabilitation osteoporotischer Frakturen bei benachteiligten Bevölkerungsgruppen (PROFinD) – Teilprojekt Rehabilitation osteoporotischer Handgelenksfrakturen.* In: Journal für Mineralstoffwechsel, Vol. 21: (S. 56 – 62)
- Leonhart, R. (2004). Lehrbuch Statistik: Einstieg und Vertiefung. Bern, Göttingen, Toronto, Seattle: Hans Huber Verlagsgesellschaft
- Liepert, J., Tegenthoff, M. & Malin, J. (1995). *Changes of cortical motor area size during immobilization.* In: Electroencephalography and Clinical Neurophysiology. Vol. 97, (S. 382 – 386)
- Low, A.K., Ward, K., Wines, A.P., (2007). Pediatric complex regional pain syndrome. *In: Pediatric Orthopaedics Journal.* Vol: 27: (S.567)
- Macrea, L.M., Brem, P., Landmann, G., (2011). *CRPS - das komplexe regionale Schmerzsyndrom – Wie man es erkennt und welche Therapieoptionen zur Verfügung stehen.* In: Ars medici, Band 6. (S. 248 – 255) Rosenfluh-Verlag
- Maier, C., Baron, R., Frettlöh, J., van Schayck, R.,H., Katsarava, Z., (2009) Neuropathischer Schmerz. In: Diener, H-C., Maier, C., (Hrsg.) (2009). *Die Schmerztherapie – Interdisziplinäre Diagnose- und Behandlungsstrategien.* (S. 143 – 210). München: Elsevier GmbH

Maier, C., Gleim, M., (2009). Interventionelle Verfahren. In: Diener, H.C., Maier, C., (Hrsg.) (2009). Das Schmerztherapiebuch. (S. 399 – 415). München: Urban und Fischer Verlag

Maihöfner, C., (2011). Komplex regionale Schmerzsyndrome.

In: Nowak, D., A. (Hrsg.) Handfunktionsstörungen in der Neurologie. – Klinik und Rehabilitation. (S.161 – 169). Berlin, Heidelberg, New York: Springer Verlag

Maihöfner, C., Birklein, F., (2007). Complex regional pain syndromes: new aspects on pathophysiologie and therapy. In: Fortschritte der Neurologie und Psychiatrie (2007) Vol.: 75. (S. 331 – 342)

Maihöfner, C., Schmelz, M. (2008). *Neuropeptides, neurogenic inflammation and complex regional pain syndrome (eRPS)*. In: Neuroscience Letters Vol. 437. (S. 199 -202)

Matthys, K., Smits, M., Van der Geest, J. N., Van der Lugt, A., Seurinck, R., Stam, H. J., Selles, R. W. (2009). Mirror-induced visual illusion of hand movements: a functional magnetic resonance imaging study. In: Archives of physical medicine and rehabilitation. Vol: 90. (S. 675 – 681)

McCabe, C. S., Haigh, R. C., Ring, E. F. J., Halligan, P. W., Wall, P. D., Blake, D. R. (2003). A controlled pilot study of the utility of mirror visual feedback in the treatment of complex regional pain syndrome (type 1). In: Rheumatology Vol. 42: (S. 97 – 101)

Michenthaler, M.C. (2011). Lebensqualität bei Patienten mit chronisch neuropathischem Schmerz. *Unveröffentlichte Diplomarbeit, Alpen Adria Universität Klagenfurt*

Michenthaler, C., (2013) „Spiegeltherapie lindert Morbus Sudeck“. Medical Tribune. Online Veröffentlichung 15.12.2013.

- Michenthaler, M.C., (2014). *Effektivität der Spiegeltherapie beim Komplexen Regionalen Schmerzsyndrom (CRPS). Eine funktionelle Magnetresonanztomographie (fMRT) unterstützte, kontrollierte, prospektive, doppelt verblindete klinische Längsschnittstudie mit Fokus auf den psychischen als auch physischen Status von betroffenen Patienten.* Dissertation an der Alpen Adria Universität Klagenfurt, Institut für Psychologie und Methodenforschung, 2014
- Michenthaler, C., (2014). CRPS: „Guter holistischer Ansatz mit der Spiegeltherapie“. In *Universum Innere Medizin*. Ausgabe 02/2014. Onlineveröffentlichung: 11.04.2014
- Moseley, G.L. (2006). Graded motor imagery for pathologic pain. In: *Neurology* Vol. 67: (S. 2129 – 2134)
- Nickel, F. T., Maihöfner, C., (2010). *Aktuelle Erkenntnisse zur Pathophysiologie des CRPS I*. In: *Zeitschrift für Handchirurgie, Mikrochirurgie und plastische Chirurgie*. Vol: 42. (S. 8 – 14)
- Nix, W.A., Van Houdenhove, B., (2003). Komplexes regionales Schmerzsyndrom. In: Egle, U.T., Hoffmann, S., Lehmann, K., Nix, W.A., (Hrsg.) *Handbuch chronischer Schmerz – Grundlagen, Pathogenese, Klinik und Therapie aus bio-psycho-sozialer Sicht*. (S.588 – 599). Stuttgart, Schattauer Verlag GmbH
- Nowak, D.A. (2011). Diagnostische Methoden. In: *Handfunktionsstörungen in der Neurologie Klinik und Rehabilitation*. (S. 25 – 64). Heidelberg, Berlin: Springer Verlag
- Perez, RS., Zuurmond, WW., Bezemer, PD., Kuik, DJ., de Lange, JJ., van Loenen, AC., (2003). *The treatment of complex regional pain syndrome type I with free radical scavengers: a randomized controlled study*. In: *Pain*: Vol. 102. (S. 297 – 307) Springer Verlag

- Pioch, E., (2005). Schmerzdokumentation in der Praxis. – Klassifikation, Stadieneinteilung, Schmerzfragebögen. Heidelberg, Berlin: Springer Verlag
- Platz, T., Eickhof, C. (2011). CRPS – Besonderheiten bei Erwachsenen. In: Handfunktionsstörungen in der Neurologie Klinik und Rehabilitation. (S. 73 - 83). Heidelberg, Berlin: Springer Verlag
- Priebe, M., Schneider, F., (2007). Rekrutierung, Screening von Gesunden und Patienten, allgemeine Ein- und Ausschlusskriterien. In: Schneider, F., Fink, G.R. (Hrsg.) *Funktionelle MRT in Psychiatrie und Neurologie*. (S. 104 - 113). Heidelberg: Springer Verlag
- Pschyrembel (2011), Klinisches Wörterbuch Ausgabe 2011. New York, Berlin: Walter de Gruyter GmbH und Co.KG
- Radbruch, L., Grond, S. (2002). *Klinische Schmerzmessung*. In: Schmerztherapie. (S. 78 – 84) Thieme Verlag Stuttgart
- Ramachandran, V. S., Rogers-Ramachandran, D., Cobb, S. (1995). *Touching the phantom limb*. In: Nature. Vol: 377. (S. 489 – 490)
- Rasch, B., Friese, M., Hoffmann, W., Naumann, E. (2006). Quantitative Methoden. Heidelberg: Springer
- Reimann, S., (2008). Befunderhebung. Grundlagenwissen für Physiotherapeuten und Masseur. München: Urban und Fischer Verlag
- Renner, W., (2011). Psychologische Forschungs- und Arbeitsmethoden. Eine Einführung. Innsbruck University press
- Renner, C., Hummelsheim, H., (2011). *Sensomotorisches Diskriminationstraining*. In: Handfunktionsstörungen in der Neurologie Klinik und Rehabilitation. (S. 263 – 271). Heidelberg, Berlin: Springer Verlag

- Rommel, O., Willweber – Strumpf, A., Wagner, P., Surall, D., Malin, J. P., Zenz, M., (2005). Psychische Veränderungen bei Patienten mit komplexem regionalem Schmerzsyndrom (CRPS). In: *Der Schmerz*. Band 19, (S. 272 – 284)  
Heidelberg: Springer Verlagsgesellschaft
- Rothgangel, A., Morton, A., van der Hout, J., Beureskens, J. (2007). Spiegeltherapie in der neurologischen Rehabilitation: Effektivität in Bezug auf die Arm – und Handfunktion bei chronischen Schlaganfallpatienten. In: *Neurologische Rehabilitation*. Vol.13: (271 – 276)
- Rothgangel, A., Tomczak, M., (2012). Spiegeltherapie und mentales Training. Alternative Behandlungsmöglichkeiten bei chronischen Schmerzen. Seminarunterlagen zur Ausbildung zum Spiegeltherapeuten
- Rudolf, M., Müller, J. (2004). *Multivariate Verfahren – Eine praxisorientierte Einführung mit Anwendungsbeispielen in SPSS*. Göttingen, Bern, Toronto, Seattle: Hogrefe Verlag
- Sachs, L., Hedderich, J. (2006). *Test der Verteilung – Shapiro Wilk Test*. In: *Angewandte Statistik, Methodensammlung mit R*. (S. 341 – 342). Heidelberg: Springer Verlag
- Sachse, J. (2005). *Extremitätengelenke - Manuelle Untersuchung und Mobilisationsbehandlung für Ärzte und Physiotherapeuten*. München: Urban und Fischer Verlag
- Sandroni, P., Benrud – Larson, L.M., McCelland, R.L., Low, P.A. (2003). *Complex regional pain Syndrome type I: Incidence and prevalence in Olmsted county, a population – based study*. In: *Pain* (2003), Band 103: (S. 199 – 207)
- Schendera, C. (2004). *Einführung in die Inferenzstatistik*. In: *Datenmanagement und Datenanalyse mit dem SAS System*. (S. 420 – 485). München: Oldenbourg Wissenschaftsverlag GmbH

- Scheepers, C., Steding – Albrecht, U., Jehr, P.,(2000). *Motorisch funktionelle Behandlungsverfahren*. In: Scheepers, C., Steding – Albrecht, U., Jehr, P. (Hrsg.) Ergotherapie. Vom Behandeln zum Handeln. Lehrbuch für Ausbildung und Praxis. Stuttgart: Georg Thieme Verlag
- Schilling, F. (2002). Morbus Sudeck – Pathophysiologie und Therapie eines komplexen Schmerzsyndroms. In: *Deutschen Medizinischen Wochenschrift*, Band: 127, (S. 2529 – 2530). New York: Georg Thieme Verlag KG
- Schopper, M., Fleckenstein, J., Irnich, D. (2013). Geschlechtsspezifische Aspekte bei akuten und chronischen Schmerzen. In: *Der Schmerz*, Band 27, (S. 456 – 466) Berlin, Heidelberg, Springer Verlag
- Schön, C., Hafner, C., Maerkert, D., Griessinger, N., Sittl, R., Maihöfner, C. (2010). Erfolgreiche Spiegeltherapie bei dynamisch – mechanischer Allodynie- ein Fallbericht. Universitätsklinikum Erlangen
- Schwarzer, A., Zenz, M., Maier, W. (2009). Phantomschmerzen – Pathomechanismen und Therapieansätze. In: *Anästhesiologie Intensivmedizin Notfallmedizin Schmerztherapie*, Band 3: (S.174 – 180)
- Schwarzer, A., Glauco, S., Zenz, M., Maier, W. (2007). Spiegeltherapie – ein neues Verfahren in der Therapie neuropathischer Schmerzen. Mirror feed-back – a new method for the treatment of neuropathic pain. In: *Deutsche Medizinische Wochenschrift*, Vol.132: (S. 2159 – 2162) Stuttgart, New York: Georg Thieme Verlag KG
- Strohmeier, M., (2011). Selbsteinschätzungsskalen Schmerz. In Locher, H., Gasser H.R., Strohmeier, M., Grifka, J., (Hrsg.) : *Spezielle Schmerztherapie der Haltungs- und Bewegungsorgane*. (S: 101 – 115). Stuttgart, New York. Georg Thieme Verlag

- Tan E, Zijlstra B., Essink, M. L., Goris, J. A., Severijnen, R., (2008) Complex regional pain syndrome Type I in children. In: Journal Acta Paediatrica. Vol: 97: (S.875 - 879)
- Tomiak, C. (2011). CRPS 2010: *Von der entzündlichen Knochenatrophie zum Komplexen regionalen Schmerzsyndrom – From Inflammatory Bone Atrophy to Complex Regional Pain Syndrome*. In: Aktuelle Rheumatologie, Band 36, (S. 17). Stuttgart, New York: Georg Thieme Verlag KG
- Trinkle, B. (2011). *Untersuchungen von Strukturen und Funktionen des , Bewegungssystems*. In: Hüter – Becker, A., Dölken, M. (Hrsg.): *Untersuchen in der Physiotherapie*.(S. 39 – 51) Stuttgart, New York, Thieme Verlag
- Tröger, H., Hasenböhler, P. (2010). Geschichte, Stadieneinteilung und Klinik des komplexen regionalen Schmerzsyndroms (CRPS) – History, Classification and Clinic of the Complex Regional Pain Syndrome (CRPS). In: Handchirurgie, Mikrochirurgie und Plastische Chirurgie, Band 42, (S. 2 – 7). Stuttgart, New York: Georg Thieme Verlag KG
- Van Cranenburgh, B., (2007). Neurophysiologische Grundlagen, Lernprozesse, Behandlungsprinzipien. München: Urban und Fischer Verlag
- Van Hilten, B.J., van de Beek, W.J., Hoff, J.I., Voormolen, J.H., Delhaas, E.M. (2000). Intrathecal baclofen for the treatment of dystonia in patients with reflex sympathetic dystrophy. New England Journal of Medicine Vol. 343: (S. 625 – 630)
- Van der Laan, L., Veldman, P.H., Goris, R. J. (1997). Sudeck's syndrome. Was Sudeck right? In: Unfallchirurgie. Vol: 100. (S. 90 – 99)
- Veldman, P.H., Reynen, H.M., Arntz, I.E., Goris, R. (1993). Signs and symptoms of reflex sympathetic dystrophy. In: *Lancet*. Band 342: (S. 1012 – 1016) Elsevier Verlag

- Zernikow, B., Dobe, M., Hirschfeld, G., Blankenburg, M., Reuther, M., Maier, C. (2012). Bitte nicht noch mehr verletzen! Ein Plädoyer gegen eine invasive Schmerztherapie bei Kindern mit komplexen regionalen Schmerzsyndrom (CRPS). In: *Der Schmerz*, Band 26, (S. 389 – 395), Springer Verlag
- Zollinger, PE., Tuinebreijer WE., Kreis, RW., Breederveld, RS., (1999). *Effect of Vitamin C on frequency of reflex sympathetic dystrophy in wrist fractures: a randomised trial*. In: *Lancet*: 354: (S. 2025 – 2028) Elsevier Verlag
- Zurmoond, WW., Langendijk, PN., Bezemer, PD., Brink, HE., de Lange, JJ., van Loenen, AC., (1996). *Treatment of acute reflex sympathetic dystrophy with DSMO 50% in a fatty cream*. In: *Acta Anesthesiologie scandinavica*, Vol. 40, Band 3, (S. 364 – 367) Wiley & Sons Ltd

## 10 Abbildungsverzeichnis Nachweise

### **Abbildung 1: Silas Weir Mitchell**

<http://www.nlm.nih.gov/theliteratureofprescription/b2Question.html>

Zugriff am 05.06.2014

### **Abbildung 2: Paul Hermann Martin Sudeck**

<http://extern.peoplecheck.de/link.php?q=sudeck&url=http%3A%2F%2Fmorbussudeck.k.beepworld.de%2Fmorbussudeck.htm>

Zugriff am 05.06.2014

### **Abbildung 3: CRPS Erkrankung der oberen und unteren Extremität desselben Patienten**

Stanton Hicks, M., (2011, July). Chronisch regionales Schmerzsyndrom (CRPS I/II, Morbus Sudeck). Power Point presented at the Basiskurs Schmerztherapie of the Ärztekammer Carinthia Pörschach, Austria

### **Abbildung 4: Extreme trophische Veränderungen an der linken Hand**

Stanton Hicks, M., (2011, July). Chronisch regionales Schmerzsyndrom (CRPS I/II, Morbus Sudeck). Power Point presented at the Basiskurs Schmerztherapie of the Ärztekammer Carinthia Pörschach, Austria

### **Abbildung 5: CRPS der rechten Hand im fortgeschrittenen Stadium**

Aufnahme an der Schmerzambulanz Klinikum Klagenfurt, 2013

### **Abbildung 6: Therapiespiegel und Halterung – obere Extremität**

<http://www.tz-handinhand.de/spiegel.htm>

Zugriff am 21.05.2015

### **Abbildung 7: Spiegeltherapie der oberen Extremität**

www. Physioautria.at

Zugriff am 21.05.2015

### **Abbildung 8: Spiegeltherapie**

Wurde von der Autorin selbst erstellt

### **Abbildung 9: Blockparadigma fMRT**

Wurde von der Autorin selbst erstellt

### **Abbildung 10: Übungsmedium zur fMRT Untersuchung**

Das Medium als auch die Aufnahme wurden von der Autorin selbst erstellt

### **Abbildung 11: Nine Hole Peg Test**

<http://www.co-operativeindependentliving.co.uk/professional-c6/dexterity-tests-c99/wooden-9-hole-peg-test-p850>

Zugriff am 01.02.2015

### **Abbildung12: Goniometer**

<https://www.diefachwelt.de/FACHMEDIEN/FACHWELT-EXKLUSIVAUSGABEN/Winkelmesser-Goniometer.html#.VMILqC4XgII>

Zugriff am 01.02.2015

### **Abbildung13: Dynamometer**

<http://www.afh-webshop.de/BASELINE-LITE-Hydraulischer-Handdynamometer>

Zugriff am 11.10.2014

### **Abbildung 14: Volumetrie**

<http://www.medline.com/product/Arm-Volumeters-by-Patterson>

<http://www.rehabmart.com/product/volumeter-set-6688.html>

Zugriff am 11.10.2014

### **Abbildung 15: Lateralisation und Lokalitätsverteilung CRPS Symptomatik**

Wurde von der Autorin selbst erstellt

## 11 Figurenverzeichnis Nachweise

### Figure 1: Tree of Hope Frida Kahlo Remain Strong

<http://www.fridakahlofans> Zugriff am 28.07.2015

### Figure 2: Frida Kahlo

<http://www.touchofart.eu/de/Joanna-Sierko-Filipowska/jsi34-Frida-Kahlo/> Zugriff am 28.07.2015

## 12 Tabellenverzeichnis Nachweise

### Tabelle 5: Beispiel visuelle Analogskala VAS

<http://www.code-knacker.de/schmerzskala.htm> Zugriff am 22.07.2015

## 13 Verzeichnis der psychometrischen Messinstrumente

Bullinger, M., Kirchberger, I., (1998). SF - 12 – Fragebogen zum Gesundheitszustand-Manual, Göttingen, Bern, Toronto, Seattle, Hogrefe Verlagsgesellschaft

Geissner, E. (2001). FESV – Fragebogen zur Erfassung der Schmerzverarbeitung-Manual, Göttingen: Hogrefe - Verlag GmbH & Co.KG

Geissner, E. (1996). SES – Die Schmerzempfindungs-Skala – Manual, Göttingen: Hogrefe - Verlag GmbH & Co. KG

Herrmann, Ch., Buss, U., Snaith, R., P., (1995). HADS-D Hospital Anxiety and Depression Scale – Deutsche Version. Ein Fragebogen zur Erfassung von Angst und Depressivität in der somatischen Medizin. Manual, Bern: Hans Huber Verlagsgesellschaft

Radbruch, L., Grond, S. (2002). *Klinische Schmerzmessung*. In: Schmerztherapie. (S. 78 – 84) Thieme Verlag Stuttgart

## 14 Anhang

### **Merkblatt Spiegeltherapie für PatientInnen**

- Passen Sie die Intensität der Übungen (Schnelligkeit und Ausmaß der Bewegungen) individuell an Ihr Schmerzniveau an: Es sollte immer **unterhalb der Schmerzgrenze** trainiert werden. Das heißt, Sie sollten weder während des Trainings noch im Anschluss daran mehr Schmerzen haben als gewohnt!
- Spiegeltherapie wirkt nur bei sehr häufigem Training! Daher ist es wichtig, dass Sie mindestens **5 - 6x pro Tag**, jeweils **max. 10 Minuten** pro Übungseinheit, möglichst **jedem Tag** in der Woche trainieren.
- **Die Therapie bitte in einer ruhigen Umgebung durchführen** (kein Radio, Fernsehen, ablenkende Gespräche usw...)
- **Erkennungszeichen** wie Uhren, Ringe, Gegenstände auf dem Tisch etc. bitte während der Therapie **ablegen**.
- **Die betroffene Seite muss immer hinter dem Spiegel verborgen bleiben!!!!**
- Daneben ist es sehr wichtig, dass Sie **während der gesamten Übungszeit auf den Arm im Spiegel schauen** und nicht auf ihren gesunden Arm!
- **Führen Sie die Bewegungen stets sehr langsam und konzentriert aus.**
- Denken Sie bitte daran, das **Therapietagebuch und das Schmerztagebuch sorgsam zu führen** und eventuell Besonderheiten zu vermerken!

Vielen Dank!

# Sprunggelenk beugen/strecken

## Zehen gehakt

Bitte nicht vergessen: Die Übungen werden **nur** mit dem gesunden Fuß durchgeführt. Bitte führen Sie die Bewegungen stets langsam und konzentriert aus!

Setzen Sie sich bitte bequem hin. Beide Füße sind in der Ausgangsposition am Boden. Verbergen Sie bitte den betroffenen Fuß hinter dem Spiegel und konzentrieren Sie sich auf das Bild des gesunden Fußes im Spiegel. Bitte heben Sie den gesunden Fuß so weit an, dass das Kniegelenk mit Ihrer Sitzfläche eine gerade Linie bildet. Dabei bleibt der Fuß gerade.

Bitte beugen Sie jetzt Ihr Sprunggelenk so weit als möglich nach unten. Haken Sie in dieser Position ihre Zehen bitte 3x. Jetzt strecken Sie bitte ihr Sprunggelenk eine Position nach oben und führen die Übung Zehen haken 3x aus. Bitte wiederholen Sie die Übung bis Sie die Position 3 Ihres Sprunggelenkes erreicht haben.

Sie können die Übung jetzt in umgekehrter Reihenfolge nochmals durchführen, bis Sie wieder Position 1 erreicht haben.



Zehen gehakt



Bitte vermerken Sie den Buchstaben der Übung (D), die Anzahl der durchgeführten Übungen (1-3) und die gesamte Dauer am Therapietagebuch!

Vielen Dank!

# Merkblatt Spiegeltherapieübung „Fuß Schieben“

## „Zehen gestreckt“

Bitte nicht vergessen: Die Übungen werden nur mit dem **gesunden** Fuß durchgeführt.

Bitte führen Sie die Bewegungen stets **langsam und konzentriert** aus!

Setzen Sie sich bitte bequem hin. Beide Füße sind am Boden.

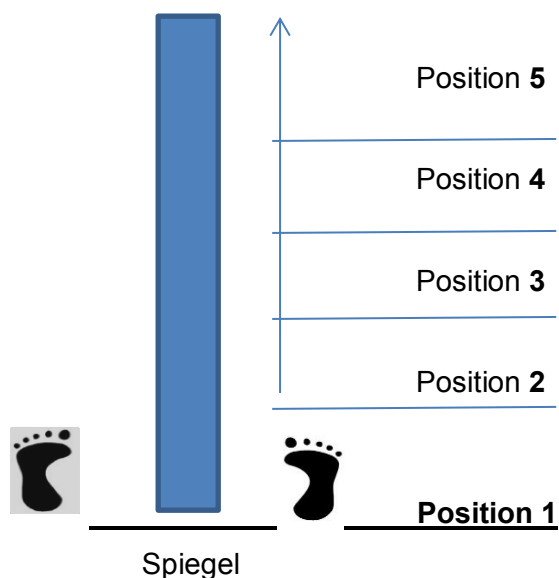
Bitte schieben Sie jetzt Ihren gesunden Fuß in jede, der 5 unten abgebildeten Positionen. (Bild 1)

In jeder Position führen Sie bitte die Übung „**Zehen gestreckt**“ insgesamt **3x** aus.

Anschließend führen Sie die Übung in umgekehrter Reihenfolge nochmals durch, bis Sie wieder in Position 1 angelangt sind.

Betroffener  
Fuß

Gesunder  
Fuß



Zehen gestreckt



Bitte vermerken Sie den Buchstaben der Übung (D), die Anzahl der durchgeführten Übungen (1-5) und die gesamte Dauer am Therapietagebuch!

Vielen Dank!

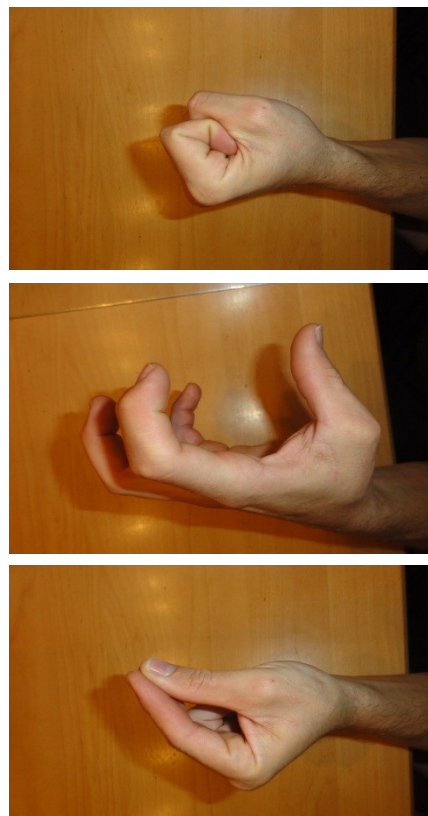
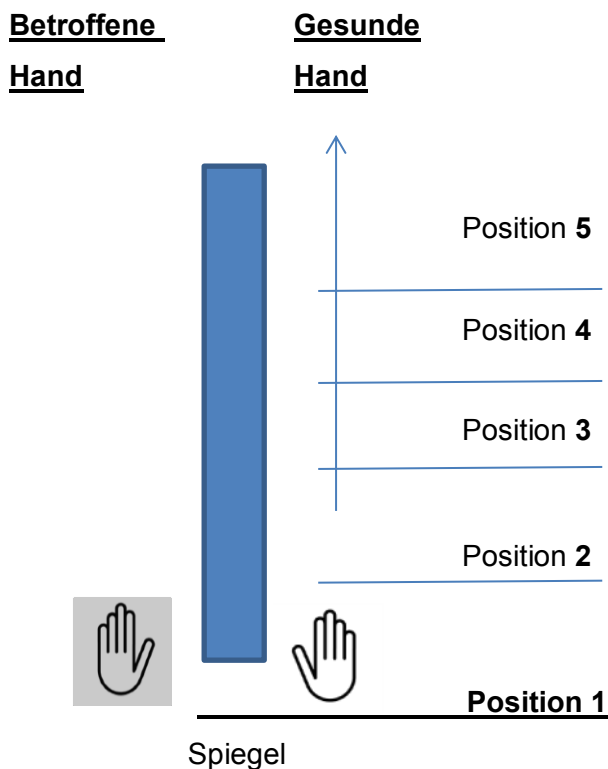
## Schieben des Unterarmes mit Griffformen

Information: Bitte legen Sie ihre Hände auf der Tischplatte auf. (Position 1) Die betroffene Hand soll bitte während der Übung immer hinter dem Spiegel verborgen bleiben. Sie werden gebeten, sich ganz auf das Bild der gesunden Hand im Spiegel zu konzentrieren.

Die **gesunde** Hand soll nun während der gesamten Übung in insgesamt 4 weiteren Stufen auf der Tischplatte vom Körper weg bewegt werden. Bitte formen Sie in jeder Position als Erstes eine Faust, welche Sie dann einmal drehen, sodass die Handunterfläche nach oben zeigt. Drehen Sie die Faust wieder zurück und formen Sie einen Sphärengriff – als ob Sie ein Gurkenglas öffnen wollten, und drehen diesen Griff wieder vor und zurück. Beim dritten Griff versuchen Sie bitte ein unsichtbares Schloss mit einem Schlüssel auf- und wieder zu zusperren. Führen Sie diese Übung insgesamt **3x** durch.

Rücken Sie anschließend mit der Hand um eine Position weiter und führen Sie die „Griffe mit Drehung“ Übungen jeweils 3x durch, bis Sie Position 5 erreicht haben.

Sie können die Übungen anschließend in umgekehrter Reihenfolge durchführen, bis Sie wieder bei Position 1 angelangt sind.



**Bitte führen Sie die Bewegungen stets langsam und konzentriert aus! Bitte vermerken Sie den Buchstaben der Übung (C), die Anzahl der durchgeführten Übungen (1-5) und die gesamte Dauer am Therapietagebuch!**

Vielen Dank!

## **Schieben des Unterarmes mit Finger-Daumen Berührung**

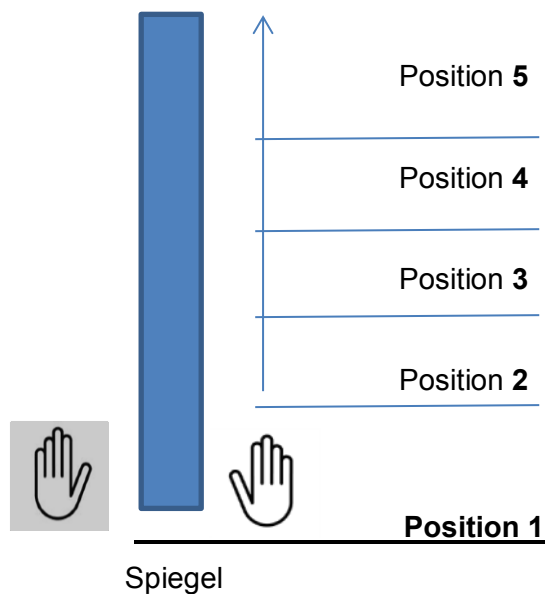
Information: Bitte legen Sie ihre Hände auf der Tischplatte auf. (Position 1) Die betroffene Hand soll bitte während der Übung immer hinter dem Spiegel verborgen bleiben. Sie werden gebeten, sich ganz auf das Bild der gesunden Hand im Spiegel zu konzentrieren.

Die **gesunde** Hand soll nun während der gesamten Übung in insgesamt 4 weiteren Stufen auf der Tischplatte vom Körper weg bewegt werden. Bitte berühren Sie in jeder Position als Erstes mit dem Zeigefinger den Daumen. Danach berühren Sie bitte mit jedem einzelnen Finger der Hand den Daumen. Führen Sie diese Übung insgesamt **3x** durch. Rücken Sie anschließend mit der Hand eine Position weiter und führen Sie die Finger- Daumen Übungen durch, bis Sie Position 5 erreicht haben.

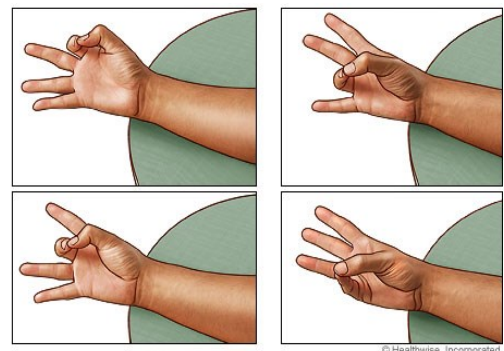
Sie können die Übungen anschließend in umgekehrter Reihenfolge durchführen, bis Sie wieder bei Position 1 angelangt sind.

**Betroffene**  
**Hand**

**Gesunde**  
**Hand**



### **Finger – Daumen Berührung**



**Bitte führen Sie die Bewegungen stets langsam und konzentriert aus! Bitte vermerken Sie den Buchstaben der Übung (B), die Anzahl der durchgeführten Übungen (1-5) und die gesamte Dauer am Therapietagebuch!**

Vielen Dank!



**ETHIK-KOMMISSION  
des LANDES KÄRNTEN**

Vorsitz: Univ. Doz. Dr. H.J. GALLOWITSCH  
Sekretariat: Yvonne WERNIG  
Abt. für Nuklearmedizin –Klinikum Klagenfurt  
A-9020 Klagenfurt  
Feschignstrasse 11  
Tel: 0463 538 29103  
Fax: 0463 538 23184  
e-mail: ethik@kabeg.at

Klagenfurt, 12.3.2012

**VOTUM**

Gültig bis 12.3.2013

**EK-Nummer:** A03/12  
**Studientitel:** Studie zur Effektivität der Spiegeltherapie bei CRPS Symptomatik  
**Antragsteller:** Prof. Dr. Likar  
**Institution(en):** Anästhesie Klinikum Klagenfurt  
**Sponsor:** Keine Sponsor  
**Präsentator d. Studie:** Prof. Dr. Likar, Mag. Michenthaler

Die o. a. Studie wurde in der Sitzung der Ethik-Kommission am 22.2.2012 behandelt. Die Ethikkommission ist zu folgendem Schluss gekommen:

**Es besteht kein Einwand gegen die Durchführung dieser Studie  
in der vorliegenden Form.**

Dieses Votum gilt für ein Jahr ab dem Datum der Ausstellung des Votums. Bei längerer Studiendauer ist rechtzeitig vor Ablauf der Gültigkeit des Votums ein Zwischenbericht vorzulegen (Formular „Studienbericht“) um eine etwaige Verlängerung zu erlangen.

Stimmberechtigte Mitglieder bei der Behandlung waren: Siehe Anwesenheitsliste der Sitzung.

Kommissionsmitglieder, die für diesen Tagungsordnungspunkt als befangen anzusehen waren und daher gemäß Geschäftsordnung an der Entscheidungsfindung und Abstimmung nicht teilgenommen haben: keine

Das Votum der Ethik-Kommission berührt in keiner Weise die alleinige Verantwortung des Antragstellers für die Durchführung der Studie.

Bei multizentrischen Studien haben weitere teilnehmende Zentren, die im Bundesland Kärnten liegen, getrennt und selbständig um die Genehmigung einer Teilnahme anzusuchen.

**Zur Beurteilung eingereichte Dokumente**

Dokument	Vers.	Datum
Antrag	Vers. 6.3.25.3.2011	3.2.2012
Patienteninformation	Vers. 1.0.17.1.2012	3.2.2012
Protokoll	Vers. 1	3.2.2012
Kurzfassung	Vers. 1	3.2.2012
Prüfbogen	Vers. 1	3.2.2012

Datum der Ausstellung:  
Univ. Doz. Dr. H.J. Gallowitsch  
Vorsitzender der EK f. Kärnten

  
Prim. Dr. Sch. Rauter  
Stellvert. Vorsitzende der EK f. Kärnten