

AUS DEM LEHRSTUHL
FÜR NEUROLOGIE
Direktor: Prof. Dr. Ralf Linker
DER FAKULTÄT FÜR MEDIZIN
DER UNIVERSITÄT REGENSBURG

EFFEKTE DES KLETTERNS AUF MULTIPLE SKLEROSE

Inaugural – Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Medizin

der
Fakultät für Medizin
der Universität Regensburg

vorgelegt von
Julia Lydia Steimer

2020

AUS DEM LEHRSTUHL
FÜR NEUROLOGIE
Direktor: Prof. Dr. Ralf Linker
DER FAKULTÄT FÜR MEDIZIN
DER UNIVERSITÄT REGENSBURG

EFFEKTE DES KLETTERNS AUF MULTIPLE SKLEROSE

Inaugural – Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Medizin

der
Fakultät für Medizin
der Universität Regensburg

vorgelegt von
Julia Lydia Steimer

2020

Dekan: Prof. Dr. Dirk Hellwig

1. Berichterstatter: Prof. Dr. Dr. Robert Weißert

2. Berichterstatter: Prof. Dr. Thomas Loew

Tag der mündlichen Prüfung: 15.10.2020

Inhaltsverzeichnis

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	5
ABBILDUNGSVERZEICHNIS	7
TABELLENVERZEICHNIS	11
1 EINLEITUNG	14
1.1 MULTIPLE SKLEROSE	14
1.1.1 DEFINITION UND PATHOGENESE	14
1.1.2 DIAGNOSTIK	16
1.1.3 SYMPTOME UND VERLAUF	19
1.1.4 THERAPIE	22
1.1.5 MULTIPLE SKLEROSE UND SPORT	27
1.1.5.1 ALLGEMEINE EFFEKTE KÖRPERLICHER AKTIVITÄT	27
1.1.5.2 SPEZIELLE EFFEKTE VON SPORT BEI MULTIPLER SKLEROSE	32
1.2 THERAPEUTISCHES KLETTERN	36
2 FRAGESTELLUNG	41
3 PATIENTEN, MATERIAL UND METHODEN	42
3.1 REKRUTIERUNG DER PATIENTEN	42
3.2 ACTIWATCH	44
3.3 STRESSTESTUNG	45
3.4 NEUROPSYCHOLOGIE	46
3.5 FRAGEBÖGEN	52
3.5.1 ALLGEMEINE INFORMATIONEN	52
3.5.2 SELBST ENTWORFENER FRAGEBOGEN	52
3.5.3 QOL	53
3.5.4 SAS	53
3.5.5 SDS	53
3.5.6 GSE	53
3.5.7 BDI	54
3.5.8 FATIGUE SEVERITY SCALE	54
3.6 ABLAUF DES TRAININGS	55
3.7 STATISTISCHE AUSWERTUNG	58
4 ERGEBNISSE	59
4.1 KLETTERN	59

4.2	AUSWERTUNG DER FRAGEBÖGEN	65
4.3	NEUROPSYCHOLOGISCHE TESTUNG	89
4.4	STRESSTESTUNG	91
4.5	ACTIWATCH	95
4.6	MRT	105
5	<u>DISKUSSION</u>	106
5.1	GRENZEN UND MÖGLICHKEITEN DER STUDIE	116
6	<u>ZUSAMMENFASSUNG</u>	120
	<u>LITERATURVERZEICHNIS</u>	
	<u>ANHANG</u>	
	<u>DANKSAGUNG</u>	
	<u>LEBENS LAUF</u>	

Abkürzungsverzeichnis

Abb. = Abbildung

BDI = Becks Depression Inventar

BDNF = Brain-derived Neurotropic Factor

CIS/KIS = Clinically Isolated Syndrome/Klinisch isoliertes Syndrom

cMRT = Magnetresonanztomographie des Schädels

DAV = Deutscher Alpenverein

DNA = Desoxyribonukleinsäure

EAE = Experimentelle autoimmune Enzephalomyelitis

EBV = Epstein-Barr-Virus

EDSS = Expanded Disability Status Scale

FS = Funktionssystem

GSE = General Self-Efficacy

HLA = Human Leukocyte Antigen

IgG = Immunglobulin G

i.m. = intramuskulär

i.v. = intravenös

LDL = Low density Lipoproteine

MRT = Magnetresonanztomographie

MRZ = Masern, Röteln, Zoster

MS = Multiple Sklerose

NGF = Neuronal Growth Factor

Nrf2 = Nuclear factor (erythroid-derived 2)-like 2

OKB = Oligoklonale Banden

PPMS = Primary Progressive Multiple Sklerosis

QOL = Quality of Life

RRMS = Relapsing Remitting Multiple Sklerosis

SAS = Self rating Anxiety Scale

SDS = Self rating Depression Scale

SPMS = Secondary Progressive Multiple Sclerosis

Tab. = Tabelle

TAP = Testbatterie zur Aufmerksamkeitsprüfung

VEGF = Vascular Endothelial Growth Factor

WHO = World Health Organisation

ZNS = Zentralnervensystem

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Verlauf der RRMS	S.21
Abbildung 2: Verlauf der SPMS	S.21
Abbildung 3: Verlauf der PPMS	S.22
Abbildung 4: Flowchart zur Veranschaulichung der Teilnehmerzusammensetzung	S.43
Abbildung 5: Anzahl der gekletterten Routen des Teilnehmers mit der ID 1	S.61
Abbildung 6: Anzahl der gekletterten Routen des Teilnehmers mit der ID 2	S.61
Abbildung 7: Anzahl der gekletterten Routen des Teilnehmers mit der ID 5	S.62
Abbildung 8: Anzahl der gekletterten Routen des Teilnehmers mit der ID 6	S.62
Abbildung 9: Anzahl der gekletterten Routen des Teilnehmers mit der ID 7	S.63
Abbildung 10: Anzahl der gekletterten Routen des Teilnehmers mit der ID 8	S.63
Abbildung 11: Anzahl der gekletterten Routen des Teilnehmers mit der ID 9	S.64
Abbildung 12: Anzahl der anwesenden Teilnehmer bei den einzelnen Trainingseinheiten	S.64
Abbildung 13: Selbstbeurteilung des Fitnesslevels der sieben Probanden, die die Studie abgeschlossen haben	S.66
Abbildung 14: Selbstbeurteilung der beruflichen Leistungsfähigkeit	S.67
Abbildung 15: Selbstbeurteilung des Stellenwerts von Sport	S.68
Abbildung 16: Antworten der Probanden, ob sie oft wütend seien	S.69
Abbildung 17: Antworten der Probanden, ob sie sich oft hilflos fühlen	S.70
Abbildung 18: Antworten der Probanden, ob sie sich oft ängstlich fühlen	S.70
Abbildung 19: Antworten der Probanden, ob sie gut mit ihren Ängsten umgehen können	S.71

Abbildung 20: Antworten der Probanden, ob sie eine hohe Selbstzufriedenheit haben	S.72
Abbildung 21: Antworten der Probanden, ob sie ein hohes Wohlbefinden haben	S.72
Abbildung 22: Motivation, Alltagsprobleme anzugehen	S.73
Abbildung 23: Antworten der Studienteilnehmer zur Frage, ob es ihnen leichtfiele, anderen Menschen zu vertrauen	S.74
Abbildung 24: Selbstbeurteilung der Qualität der Interaktion mit dem Freundeskreis	S.75
Abbildung 25: Selbstbeurteilung der Qualität der Interaktion mit der Familie	S.76
Abbildung 26: Selbstbeurteilung der Qualität der Partnerschaft	S.77
Abbildung 27: BDI	S.80
Abbildung 28: GSE	S.81
Abbildung 29: SDS	S.81
Abbildung 30: SAS	S.82
Abbildung 31: QOL	S.82
Abbildung 32: Fatigue Severity Scale	S.83
Abbildung 33: Zusammensetzung des Gesamtscores	S.84
Abbildung 34: Erreichte Punktzahl der Teilnehmer im Score zum Studienbeginn	S.88
Abbildung 35: Mittelwert der z-Werte aller Untertests für die sieben Studienteilnehmer	S.89
Abbildung 36: Kohärenz	S.92
Abbildung 37: Stress-Index über die gesamte Dauer der Testung	S.93
Abbildung 38: Stress-Index in der Entspannungsphase	S.94
Abbildung 39: Auswertung des Bewegungsumfangs der Probanden mithilfe der Actiwatch. Vergleich des mittleren Bewegungsumfangs jeweils zum Zeitpunkt des Studienbeginns und des Studienendes	S.95

Abbildung 40: Aktogramm des Studienteilnehmers mit der ID 1 zum Zeitpunkt vor Beginn der Studie	S.97
Abbildung 41: Aktogramm des Studienteilnehmers mit der ID 1 zum Zeitpunkt nach Studienende	S.97
Abbildung 42: Aktogramm des Studienteilnehmers mit der ID 2 zum Zeitpunkt vor Beginn der Studie	S.97
Abbildung 43: Aktogramm des Studienteilnehmers mit der ID 2 zum Zeitpunkt nach Studienende	S.97
Abbildung 44: Aktogramm des Studienteilnehmers mit der ID 5 zum Zeitpunkt vor Beginn der Studie	S.98
Abbildung 45: Aktogramm des Studienteilnehmers mit der ID 5 zum Zeitpunkt nach Studienende	S.98
Abbildung 46: Aktogramm des Studienteilnehmers mit der ID 6 zum Zeitpunkt vor Beginn der Studie	S.98
Abbildung 47: Aktogramm des Studienteilnehmers mit der ID 6 zum Zeitpunkt nach Studienende	S.98
Abbildung 48: Aktogramm des Studienteilnehmers mit der ID 7 zum Zeitpunkt vor Beginn der Studie	S.99
Abbildung 49: Aktogramm des Studienteilnehmers mit der ID 7 zum Zeitpunkt nach Studienende	S.99
Abbildung 50: Aktogramm des Studienteilnehmers mit der ID 8 zum Zeitpunkt vor Beginn der Studie	S.99
Abbildung 51: Aktogramm des Studienteilnehmers mit der ID 8 zum Zeitpunkt nach Studienende	S.99
Abbildung 52: Aktogramm des Studienteilnehmers mit der ID 9 zum Zeitpunkt vor Beginn der Studie	S.100

Abbildung 53: Aktogramm des Studienteilnehmers mit der ID 9 zum Zeitpunkt nach Studienende	S.100
Abbildung 54: Auswertung des mittleren Bewegungsumfangs der Studienteilnehmer. Vergleich der jeweils zwei ausgewählten Tage	S.101
Abbildung 55: Vergleich von zwei Messtagen des Studienteilnehmers mit der ID 1	S.102
Abbildung 56: Vergleich von zwei Messtagen des Studienteilnehmers mit der ID 2	S.102
Abbildung 57: Vergleich von zwei Messtagen des Studienteilnehmers mit der ID 5	S.103
Abbildung 58: Vergleich von zwei Messtagen des Studienteilnehmers mit der ID 6	S.103
Abbildung 59: Vergleich von zwei Messtagen des Studienteilnehmers mit der ID 7	S.104
Abbildung 60: Vergleich von zwei Messtagen des Studienteilnehmers mit der ID 8	S.104
Abbildung 61: Vergleich von zwei Messtagen des Studienteilnehmers mit der ID 9	S.105

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	McDonald-Kriterien zur Diagnosestellung einer MS	S.17
Tabelle 2:	EDSS-Score (Extended disability status scale) nach Kurtzke	S.18/19
Tabelle 3:	Therapiemöglichkeiten unterschiedlicher MS-Symptome	S.23/24
Tabelle 4:	Therapieoptionen im akuten MS-Schub	S.25
Tabelle 5:	Medikamente zur Schubprophylaxe	S.26/27
Tabelle 6:	Durch Sport beeinflussbare relevante Dimensionen der Gesundheit laut WHO-Richtlinie	S.29
Tabelle 7:	Erlebnisqualitäten des Kletterns	S.40
Tabelle 8:	Charakteristika der Probanden, die die Studie zu Ende führten	S.44
Tabelle 9:	Bereiche, die in der neuropsychologischen Testung untersucht werden	S.47
Tabelle 10:	Angewendete Tests in der neuropsychologischen Untersuchung	S.50
Tabelle 11:	Untertests der neuropsychologischen Testung, die im Zusammenhang mit der Neuroplastizität stehen und zur Auswertung herangezogen wurden	S.51
Tabelle 12:	Mittelwerte der erreichten Ergebnisse in den Fragebögen zum Zeitpunkt vor Interventionsbeginn	S.78
Tabelle 13:	Mittelwerte der erreichten Ergebnisse in den Fragebögen zum Zeitpunkt nach Abschluss der Studie	S.78
Tabelle 14:	Mittelwerte der Fragebögen im Vergleich vorher zu nachher und Wilcoxon-Test	S.79
Tabelle 15:	Mittelwerte der Fragebögen im Vergleich vorher zu nachher und Wilcoxon-Test	S.79
Tabelle 16:	Einzelfragen, die in den Gesamtscore mit eingehen	S.84

Tabelle 17:	Parameter, die in den Score eingehen mit maximal erreichbaren Punkten	S.86
Tabelle 18:	Erreichte Gesamtprozentzahl der einzelnen Studienteilnehmer	S.87
Tabelle 19:	Wilcoxon-Test zum Vergleich des Ergebnisses im Score vorher zu nachher	S.87
Tabelle 20:	Mittelwerte in den diversen Untertests	S.90
Tabelle 21:	Untersuchung auf signifikante Unterschiede im Testergebnis im Vergleich der einzelnen Tests jeweils vor Studienbeginn und nach Studienende	S.90
Tabelle 22:	Übersicht über einige Studien, bei denen Klettern eine Intervention darstellt	S.113-115

Aus Gründen der leichteren Lesbarkeit wird in der vorliegenden Promotionsarbeit die gewohnte männliche Sprachform bei personenbezogenen Substantiven und Pronomen verwendet. Dies impliziert jedoch keine Benachteiligung des weiblichen Geschlechts, sondern soll im Sinne der sprachlichen Vereinfachung als geschlechtsneutral zu verstehen sein.

1 Einleitung

1.1 Multiple Sklerose

1.1.1 Definition und Pathogenese

Der häufigste Grund einer Behinderung im jungen Erwachsenenalter mit nicht-traumatischer Ursache ist die Multiple Sklerose (MS). Schätzungsweise sind etwa 2,5 Millionen Menschen weltweit von dieser Erkrankung des zentralen Nervensystems (ZNS) betroffen (Hunter 2016) (National Multiple Sclerosis Society). Bei der MS handelt es sich um eine chronisch-entzündliche Erkrankung des ZNS, die zu Entmarkungsprozessen führt. Vor dem Hintergrund einer MS kann es zu fokalen Entmarkungsherden, Axondestruktionen und astrozytärer Gliose im gesamten ZNS kommen. Besonders prädisponiert sind die Sehnerven, der Hirnstamm, das Kleinhirn, das Rückenmark und die periventrikuläre weiße Substanz, aber auch die graue Substanz kann betroffen sein (Granberg et al. 2017). Durch die aus der Demyelinisierung resultierenden Schäden in den Myelinscheiden kommt es zu verzögerten Nervenleitgeschwindigkeiten, aber auch axonale Defekte treten in frühen Stadien der Erkrankung auf (Wang et al. 2015). Je nach der Lokalisation der Läsion sind die Symptome unterschiedlich stark zwischen den Betroffenen ausgeprägt (Wildemann and Diem 2016).

Wie bei vielen anderen Erkrankungen autoimmuner Genese sind auch bei der MS vermehrt weibliche Personen betroffen. Frauen sind zwei- bis dreimal häufiger betroffen als Männer (Ortona et al. 2016) (Hunter 2016). Als mögliche Gründe für die verschiedene Krankheitsprävalenz bei Männern und Frauen werden unter anderem eine Beteiligung der Sexualhormone, geschlechtsspezifische Unterschiede in der MicroDNA und eine andere Zusammensetzung der mikrobiellen Flora des Magen-Darm-Traktes diskutiert. Letztendlich kann die vermehrte Präferenz für das weibliche Geschlecht jedoch nicht abschließend geklärt werden (Ortona et al. 2016).

Die Diagnosestellung einer MS erfolgt meist im jungen Erwachsenenalter. Der Häufigkeitsgipfel der Diagnosestellung liegt zwischen dem 20. und dem 40. Lebensjahr und etwa jeder zweite Patient wird vor der Vollendung des 30. Lebensjahres mit ersten Symptomen konfrontiert (National Multiple Sclerosis Society) (MSlife) (Ortona et al. 2016). Dabei treten die ers-

ten Symptome in etwa 90 % der Fälle zwischen dem 15. und dem 60. Lebensjahr auf, seltener kann sich die Erkrankung jedoch auch bei Kindern und älteren Menschen erstmanifestieren.

Die Ätiologie der MS ist noch nicht abschließend geklärt. Die Erkrankung tritt nahezu in allen ethnischen Gruppen auf und weist eine mit der Entfernung vom Äquator steigende Prävalenz auf (National Multiple Sclerosis Society). Als Krankheitsursache werden neben autoimmunologischen und degenerativen Prozessen auch genetische Faktoren und Umwelteinflüsse diskutiert (Riedhammer and Weissert 2015). Als externe Faktoren scheinen Infektionen und stressreiche Ereignisse im Vorfeld des Ausbruchs der Erkrankung eine Rolle zu spielen. Vor allem die späte Infektion mit Kinderkrankheiten scheint einen Einfluss auf die Suszeptibilität für MS zu nehmen. Eine herausragende Bedeutung wird dabei vor allem dem Epstein-Barr-Virus (EBV) zugeschrieben (Shaygannejad et al. 2016).

Da es bekannt ist, dass in höheren Breitengraden mit geringerer Sonnenintensität eine gesteigerte Prävalenz der MS verglichen mit Gebieten mit größerer Sonnenintensität herrscht, liegt es nahe, dass ein Zusammenhang zwischen einem vermindertem MS-Risiko und der Exposition zu Sonnenlicht und dementsprechend zu erhöhten Vitamin D Spiegel besteht.

In diesem Kontext ist auch erwähnenswert, dass Menschen, die im Frühling geboren wurden, ein höheres Erkrankungsrisiko aufweisen als solche, die im Herbst geboren wurden. Diese Gegebenheit lässt sich mit der Sonnenexposition der Mutter während der Schwangerschaft erklären. Der scheinbar protektive Effekt von Sonnenlicht für die Entstehung einer MS wird auch durch Studien bestätigt, die feststellten, dass UV-Strahlung im Tiermodell der MS zu einer Unterdrückung der Erkrankung führte (Alharbi 2015).

Darüber hinaus scheint auch ein schwacher Zusammenhang zwischen Zigarettenrauchen und der Entstehung einer MS zu bestehen. Es ist zu beobachten, dass Menschen, die aktuell rauchen oder auch früher geraucht haben, ein größeres Risiko tragen als Nichtraucher. Es wird zudem angenommen, dass das Risiko der Erkrankung umso höher ist, je größer die Anzahl der gerauchten Zigaretten ist, es also eine Dosis-Wirkungs-Beziehung zwischen diesen beiden Parametern gibt (Poorolajal et al. 2016).

Schließlich scheint auch Übergewicht ein Risikofaktor für die Entstehung einer MS zu sein. Insbesondere mit Übergewicht im Kindheits-, Jugend- und jungem Erwachsenenalter geht ein gesteigertes Erkrankungsrisiko an MS einher (Mokry et al. 2016).

Auch scheinen gewisse intrinsische Faktoren das Entstehungsrisiko einer MS zu beeinflussen. So konnte gezeigt werden, dass die Zusammensetzung des Mikrobioms von MS-Erkrankten und gesunden Vergleichspersonen differiert. Möglicherweise hat also auch die bakterielle

Besiedelung des Magen-Darm-Traktes Bedeutung für die Entstehung einer MS (Chen et al. 2016).

Zudem wurden mehrere Gene gefunden, die die Suszeptibilität für MS beeinflussen. Dabei wird davon ausgegangen, dass epigenetische Mechanismen bei der Modifizierung des Risikos für Entzündung und Demyelinisierung bei der MS eine Rolle spielen (Andlauer et al. 2016).

1.1.2 Diagnostik

Die Diagnose einer MS kann klinisch sicher gestellt werden, wenn zwei oder mehr Schübe der Erkrankung aufgetreten sind, die sich nicht auf nur eine einzige Läsion im ZNS zurückführen lassen, oder aber wenn eine Progredienz einer multifokalen Symptomatik über einen Zeitraum von länger als einem Jahr vorliegt.

Zur Unterstützung der Diagnose stehen mehrere Untersuchungsmethoden zur Verfügung. Eine besondere Rolle spielt in diesem Zusammenhang die Liquoruntersuchung, die bei über 90% der Betroffenen pathologische Veränderungen aufweist. So kann beispielsweise die Lymphozytenzahl leicht erhöht sein. Anders als bei gesunden Personen finden sich im Liquor oft Plasmazellen, was jedoch aufgrund des Vorkommens auch bei anderen entzündlichen ZNS-Erkrankungen nicht spezifisch für die MS ist. Die Gesamteiweißmenge ist meist im Normbereich oder nur leicht erhöht und es findet sich charakteristischerweise eine relative Vermehrung der Immunglobulin G-Fraktion (IgG). Eine lokale IgG-Produktion im ZNS lenkt den Verdacht auf eine MS, jedoch können auch andere Krankheiten wie beispielsweise Borreliose oder Neurosyphilis zum selben Effekt führen.

Pathognomonisch für die MS ist ebenfalls das Vorliegen sogenannter oligoklonaler Banden (OKB) im Liquor. Hierbei handelt es sich um eine durch isoelektrische Fokussierung detektierte autochtone IgG-Produktion im ZNS. Dieses Bandenmuster findet sich ausschließlich im Liquor und nicht gleichzeitig im parallel untersuchten Blutplasma.

In vielen Fällen sind bei der MS die Antikörper gegen Masern, Röteln und Herpes Zoster erhöht (MRZ-Reaktion), aber auch andere erregerspezifische Antikörper können als Ausdruck der Immunreaktion intrathekal synthetisiert werden.

Ebenso kann die Elektrophysiologie Rückschlüsse auf subklinische Läsionen liefern und spielt daher beim Nachweis von multiplen ZNS-Läsionen eine Rolle.

Tragende Bedeutung in der Diagnosestellung der MS hat mit Sicherheit die Magnetresonanztomographie (MRT), welche eine Beurteilung der Läsionslast und darüber hinaus eine

grobe Voraussage über den Langzeitverlauf der Erkrankung mit einhergehender neurologischer Beeinträchtigung treffen kann.

Die Diagnosesicherung einer MS erfolgt mithilfe der sogenannten McDonald-Kriterien (Tab. 1), die die besonders hohe Relevanz des MRTs hervorheben.

Klinisch	Zusätzliche Bedingungen
Mehr als zwei Schübe (mit objektivierbarem Nachweis von zwei oder mehr Läsionen oder objektivierbare Evidenz einer Läsion und anamnestischer Nachweis eines stattgehabten Schubereignisses)	Keine nötig, es darf keine bessere Erklärung für die Symptomatik vorliegen
Mehr als zwei Schübe (mit objektivierbarer klinischer Evidenz einer Läsion)	Räumliche Dissemination* nachgewiesen durch MRT oder einer zusätzlichen klinischen Manifestation in einer anderen Lokalisation
Ein Schub (mit objektivierbarem Nachweis von zwei oder mehr Läsionen)	Zeitliche Dissemination** nachgewiesen durch MRT oder zweiten klinischen Schub
Ein Schub (mit objektivierbarer klinischer Evidenz einer Läsion oder monosymptomatische Präsentation = klinisch isoliertes Syndrom)	Räumliche und zeitliche Dissemination
Schleichende neurologische Progression	Kontinuierliche Progression über ein Jahr und zwei der drei Punkte: <ul style="list-style-type: none"> – positives cMRT (mindestens eine T2-Läsion periventriculär, juxtakortikal oder infratentoriell) – positiver spinaler MRT (mindestens zwei fokale Läsionen) – positiver Liquorbefund (OKB oder erhöhter IgG-Index)

*Unter räumlicher Dissemination versteht man das Vorhandensein von mindestens einer T2-Läsion in mindestens zwei der vier Regionen juxtakortikal, periventriculär, infratentoriell und spinal, was mit einer hohen Wahrscheinlichkeit einhergeht, nach dem ersten Schub eine klinisch sichere MS zu entwickeln

**Unter zeitlicher Dissemination versteht man entweder das gleichzeitige Auffinden asymptomatischer kontrastmittelanreichernder und nicht anreichernder Läsionen im MRT oder das Auffinden einer neuen T2- oder kontrastmittelanreichernden Läsion in einem Follow-up-MRT

Tab. 1: McDonald-Kriterien zur Diagnosestellung einer MS (Wildemann and Diem 2016) (Thompson et al. 2018)

Der Grad der Betroffenheit durch die MS kann mittels der Expanded Disability Status Scale (EDSS) nach Kurtzke klassifiziert werden (Tab. 2). Diese Einteilung spielt eine wichtige Rolle bei der adäquaten Auswahl der Therapiemöglichkeiten.

EDSS-Score	Beschreibung
0	normale neurologische Untersuchung in allen Funktionssystemen (FS)
1	keine Behinderung, minimale Symptome (Grad 1) in einem FS
1,5	keine Behinderung, minimale Symptome (Grad 1) in mehr als einem FS
2	minimale Behinderung (Grad 2) in einem FS
2,5	minimale Behinderung in zwei FS
3	mäßige Behinderung (Grad 3) in einem FS oder leichte Behinderung in drei bis vier FS, voll gehfähig
3,5	voll gehfähig, aber mäßige Behinderung in einem FS und Grad 2 in ein bis zwei FS oder Grad 3 in zwei FS oder Grad 2 in fünf FS
4	ohne Hilfe und Pause gehfähig für 500 m, aktiv während circa 12 Stunden pro Tag trotz relativ schwerer Behinderung
4,5	ohne Hilfe und Pause gehfähig für 300 m, ganztägig arbeitsfähig, gewisse Einschränkung der Aktivität, benötigt minimale Hilfe, relativ schwere Behinderung Grad 4 in einem FS (übrige 0 oder 1) oder Kombinationen geringerer Grade, welche die Grenzen der vorhergehenden Stufen überschreiten
5	ohne Hilfe und Pause gehfähig für 200 m, Behinderung schwer genug, um tägliche Aktivität zu beeinträchtigen Grad 5 in einem FS (übrige 0 oder 1) oder Kombinationen geringerer Grade, welche 4,0 überschreiten
5,5	ohne Hilfe und Pause gehfähig für 100 m, Behinderung schwer genug, um normale tägliche Aktivität unmöglich zu machen Grad 5 in einem FS (übrige 0 oder 1) oder Kombinationen geringerer Grade, welche 4,0 überschreiten
6	vorübergehende oder ständige Unterstützung (Stützen, Schiene) auf einer Seite erforderlich, um etwa 100 m mit oder ohne Pause zu gehen Kombination von Grad 3+ in mehr als zwei FS
6,5	ständige beidseitige Unterstützung erforderlich, um circa 20 m ohne Pause zu gehen Kombination von Grad 3+ in mehr als zwei FS

7	<p>unfähig, mehr als 5 m trotz Hilfe zu gehen. weitgehend an den Rollstuhl gebunden, bewegt Rollstuhl selbst und kann selbstständig ein- und aussteigen, ist circa 12 Stunden am Tag im Rollstuhl mobil</p> <p>Kombination von Grad 4+ in mehr als zwei FS; sehr selten</p> <p>Grad 5 allein in der Pyramidenbahnfunktion</p>
7,5	<p>unfähig, selbst mit Hilfe, mehr als ein paar Schritte zu gehen, auf den Rollstuhl angewiesen, benötigt Hilfe beim Transfer, bewegt Rollstuhl selbst, kann aber nicht einen vollen Tag darin verbringen, benötigt möglicherweise Elektrorollstuhl</p> <p>Kombination von Grad 4+ in mehr als zwei FS</p>
8	<p>weitgehend ans Bett oder einen Stuhl gebunden oder wird im Rollstuhl umhergefahren – ist aber große Teile des Tages aus dem Bett, kann viele Verrichtungen selbstständig ausführen und die Arme effektiv einsetzen</p> <p>Kombinationen von Grad 4+ in mehreren FS</p>
8,5	<p>weitgehend für den Großteil des Tages ans Bett gebunden, kann einige Verrichtungen noch selbstständig ausführen und die Arme teilweise effektiv einsetzen</p> <p>Kombinationen von Grad 4+ in mehreren FS</p>
9	<p>hilflos und bettlägerig, kann essen und kommunizieren</p> <p>Kombinationen Grad 4+ in den meisten FS</p>
9,5	<p>völlig hilflos und bettlägerig, unfähig zu essen, zu schlucken und zu kommunizieren</p> <p>Kombinationen Grad 4+ in fast allen FS</p>
10	Tod infolge Multipler Sklerose

Tab. 2.: EDSS-Score (Extended disability status scale) nach Kurtzke (Kurtzke 1983) (Marks 2008)

1.1.3 Symptome und Verlauf

Die MS wird auch als "Krankheit der tausend Gesichter" bezeichnet. Diese Beschreibung ist sehr treffend, wenn man die Vielzahl der verschiedenen Symptome betrachtet, die durch die Erkrankung verursacht werden können. Obwohl das Bild der MS also interindividuell sehr unterschiedlich imponieren kann, gibt es einige Symptome, die häufiger vorkommen als andere und daher das Vorliegen einer MS eher nahelegen. Abhängig von der Symptomschwere kann die Belastbarkeit der betroffenen Patienten stark reduziert sein, was in der Folge zu sozialer Isolation und Aufgabe der Arbeit führen kann (Incerti et al. 2017).

Zu den eher häufigen Krankheitszeichen gehören unter anderen Sensibilitätsstörungen vor allem im Gesicht und den Extremitäten, Gangprobleme durch gestörte Balance, Schwindel und Spastik, Blasenfunktionsstörungen und Sehprobleme. Letztere treten oft in Form von Visusstörungen oder schmerzhaften Augenbewegungen als erstes Symptom im Rahmen einer MS auf. Gehäuft finden sich auch Depression und kognitive Defizite bei MS-Patienten.

Ein besonders wichtiges Symptom stellt schließlich auch die Fatigue dar, an der etwa 80% der Betroffenen leiden (National Multiple Sclerosis Society). Dabei handelt es sich um ein ausgeprägtes Müdigkeitsgefühl, welches von MS-Erkrankten oft als Hauptgrund für verminderte Lebensqualität angegeben wird (Braley and Chervin 2010) (Popp et al. 2016).

Dies gilt insbesondere für diejenigen Patienten, die ansonsten keine oder nur minimale funktionale Beschwerden haben. Fatigue kann dazu führen, dass das Leben der Betroffenen zu Hause und in der Arbeit stark eingeschränkt ist (White et al. 2004).

Tritt Fatigue als direktes Symptom der MS auf, so bezeichnet man sie als primäre Fatigue. Sekundäre Fatigue resultiert dagegen beispielsweise aus beeinträchtigter Schlafqualität oder -dauer, Infektion oder auch aus Nebenwirkung der Medikation (Andreasen et al. 2011).

Die Bedeutsamkeit der Fatigue wird auch durch das Ergebnis von Studien verdeutlicht, die feststellten, dass Patienten mit höheren Werten in Fatigue-Scores größere funktionelle Einschränkungen der Beweglichkeit, eine gesteigerte Depressivität und eine gesunkene Lebensqualität aufweisen, als Vergleichsgruppen mit geringer ausgeprägter Fatigue (Garg et al. 2016).

Trotz umfangreichem Forschungsaufwand in den letzten Jahren zu möglichen Ursachen und Therapieoptionen von Fatigue bleiben diese Fragen bislang noch größtenteils offen (Braley and Chervin 2010).

Es gibt insgesamt vier verschiedene Verlaufsformen der MS. Das sogenannte KIS oder CIS (Klinisch isoliertes Syndrom oder Clinically isolated syndrome) wird oft als erste Manifestation der Erkrankung beobachtet. Es beschreibt das Auftreten typischer Frühsymptome, die auf eine demyelinisierende Erkrankung schließen lassen, jedoch nicht alle erforderlichen Kriterien einer sicheren MS erfüllen. Die Symptome müssen bei der CIS über einen Zeitraum von mindestens 24 Stunden vorliegen. Betroffene Patienten müssen nicht zwingendermaßen auch an MS erkranken. Wenn jedoch zeitgleich multiple typische Läsionen im MRT detektiert werden, so ist die Transition in eine MS sehr wahrscheinlich.

In etwa 80% der Fälle beginnt die Erkrankung mit einem schubförmigen Verlauf. Die schubförmig-remittierende MS (relapsing-remitting MS; RRMS) ist gekennzeichnet durch Krankheitsschübe mit darauffolgendem Rückgang oder Verbesserung der Symptomatik (Abb. 1).

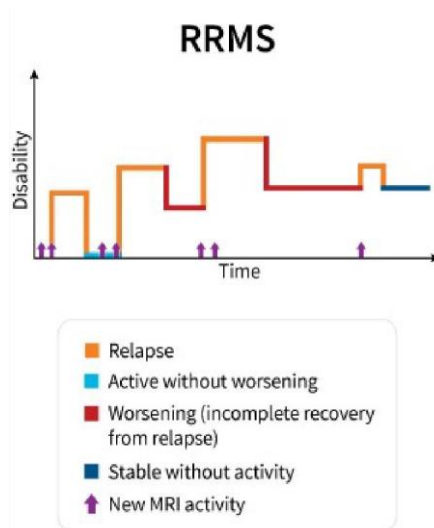


Abb. 1: Verlauf der RRMS (National Multiple Sclerosis Society)

Der schubförmige Verlauf der RRMS kann im Laufe der Zeit auch in eine progrediente Form übergehen. In diesem Fall nennt man den Verlauf der MS dann sekundär-progredient (secondary-progredient MS; SPMS). Zu Krankheitsbeginn zeigen sich hier also Schübe mit anschließendem Rückgang der Symptomatik. Im weiteren Krankheitsverlauf kommt es dann aber zu unvollständiger Symptomrückbildung nach einem Schubereignis und schließlich zu einer schleichenden Verschlechterung auch zwischen Schüben (Abb. 2).

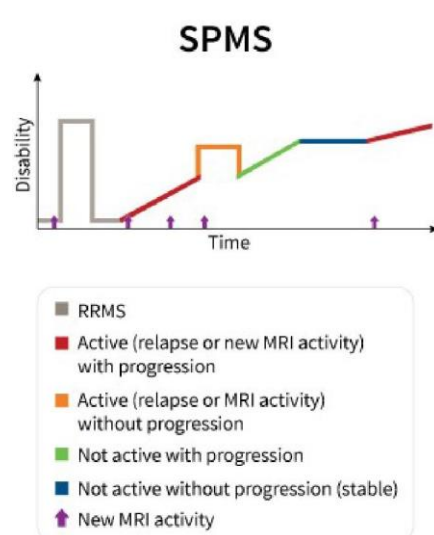


Abb. 2: Verlauf der SPMS (National Multiple Sclerosis Society)

Die primär-progrediente Form (primary-progressive MS; PPMS) stellt einen etwas selteneren Verlauf dar, bei dem die Krankheit eine kontinuierliche Progredienz aufweist. Dabei kann es

intermittierend zu einer Exazerbation der Symptomatik mit teilweiser Regression kommen, insgesamt nimmt der Grad der Betroffenheit aber mit der Zeit stetig zu (Abb. 3).

Wie bereits erwähnt haben Frauen zwar im Allgemeinen ein höheres Risiko für die Entwicklung einer MS, Männer sind aber besonders häufig von der primär progredienten Verlaufsform betroffen (Ortona et al. 2016).

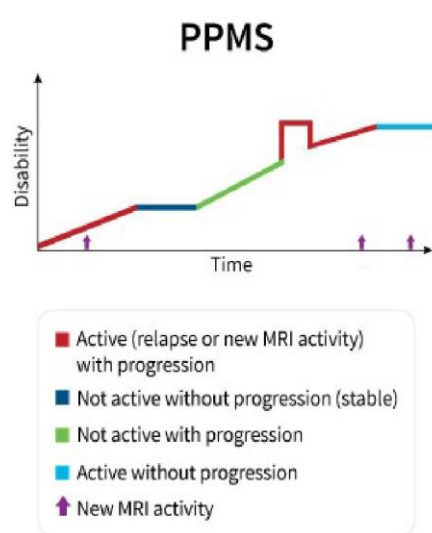


Abb. 3: Verlauf der PPMS (National Multiple Sclerosis Society)

(Lublin et al. 2014) (Wildemann and Diem 2016)

1.1.4 Therapie

Bei der MS handelt es sich um eine chronische lebenslange Erkrankung, die nicht geheilt werden kann (Weissert 2013).

Das Therapieprinzip der MS ist aus insgesamt drei Säulen aufgebaut. Neben der akuten Schubtherapie und der Langzeittherapie ist auch die Wichtigkeit der symptomatischen Therapie keinesfalls zu unterschätzen, um ein möglichst hohes Maß an Lebensqualität zu gewährleisten und um möglichen Komplikationen vorzubeugen (Hoffmann 2018) (Kesselring and Beer 2005).

Die Medikamente, die zur symptomatischen Therapie der MS eingesetzt werden sind oftmals nicht explizit für die Indikation MS zugelassen, weshalb ihre Verabreichung teilweise off-label erfolgt. Daneben stehen auch einige nicht-medikamentöse Maßnahmen in der symptomorientierten Therapie zur Verfügung. Hierbei spielen unter anderem Physiotherapie, Ergothe-

rapie und Logopädie eine wesentliche Rolle. Sie helfen dabei, weitreichende Komplikationen der Immobilisierung und Inaktivität der Patienten zu verhindern. Ebendiese Komplikationen wie beispielsweise Dekubitus, Pneumonie, Osteoporose, Thrombosen und Schluckstörungen haben meist einen größeren Einfluss auf die Letalität bei MS-Patienten als die Erkrankung unmittelbar selbst (Tab. 3).

Fatigue	<p><u>Allgemeine Maßnahmen:</u> Kräfteeinteilung, Vermeidung von Hitze, Aktivitätsmaßnahmen, Beseitigung sekundärer Ursachen (z.B. Medikamentennebenwirkung, Schlafstörung)</p> <p><u>Medikamentös:</u> Antidepressiva, Amantadin, Immunomodulatoren u.a.</p>
Hirnnervenstörungen	<p><u>Im Rahmen eines akuten Schubes:</u> Hochdosiert Kortison i.v.</p> <p><u>Sehstörungen:</u> Medikamente bislang wenig erfolgreich</p> <p><u>Trigeminusneuralgie:</u> u.a. Carbamazepin, Oxcarbazepin, Valproat, Baclofen</p>
Sprech- und Schluckstörungen	<p><u>Im Rahmen eines akuten Schubes:</u> Hochdosiert Kortison i.v.</p> <p>Bei Aspirationsgefahr Nahrungskarenz; zur Sicherung der Ernährungszufuhr ggf. Sonden</p> <p>Von Beginn an begleitend Logopädie und Schlucktherapie!</p>
Lähmungen	<p><u>Bewegungstherapie:</u> Aktive Physio- und Ergotherapie</p> <p><u>Orale Antispastika:</u> u.a. Baclofen, Tizanidin, Dantrolen, Gabapentin (CAVE: Aggravation zentraler Lähmungen, Müdigkeit als Nebenwirkungen)</p> <p><u>Weitere Therapieoptionen:</u> Lokale Therapie mit Botulinumtoxin i.m. bei umschriebener Spastik, intrathekal appliziertes Baclofen bzw. Kortison, operative Therapie</p>
Sensibilitätsstörungen	<p>Wenig Beeinflussung möglich, ergotherapeutische Ansatzpunkte</p>

Schmerzen	<p>Je nach Ätiologie:</p> <p><u>Unmittelbar durch MS bedingt</u>: Schubtherapie, Antikonvulsiva (Gabapentin, Pregabalin), Antidepressiva</p> <p><u>Durch Symptome und Folgen der MS</u>: Physiotherapie, symptomatische Therapie</p> <p><u>Therapiebedingt</u>: Prophylaxe, Ab-/Umsetzung der Therapie</p> <p><u>Unabhängig von der MS</u>: ursachenorientierte Therapie</p>
Koordinations-/Gleichgewichtsstörungen, Schwindel	<p>Krankengymnastik, Ergotherapie</p> <p>Antivertiginosa bei Schwindel</p>
Blasenstörungen	<p><u>Harnwegsinfekte</u>: Antibiose, Prophylaxe</p> <p><u>Speicherstörungen</u>: Anticholinergika, Vasopressin, α-Adrenergika</p> <p><u>Entleerungsstörungen</u>: Cholinergika, Katheter</p> <p><u>Detrusor-Sphinkter-Dyssynergie</u>: β-Rezeptorblocker, Cholinergika, Botulinumtoxin, Katheter</p>
Kognitive Störungen, Demenz	<p>Nootropika, Antidementativa, Acetylcholinesterase-Hemmer</p>
Behandlung von Nebenwirkungen der Langzeittherapie	<p>z.B. H2-Blocker bei Kortisontherapie, Paracetamol bei grippeähnlichen Symptomen unter β-Interferon-Therapie</p>

(Hoffmann 2018)

Tab.3: Therapiemöglichkeiten unterschiedlicher MS-Symptome

Um einen Schub zu diagnostizieren, müssen bestimmte Kriterien erfüllt sein. So muss eine klinisch detektierbare oder anamnestisch berichtete Verschlechterung bestehender oder reaktiver Krankheitszeichen vorliegen, deren Dauer 24 Stunden übersteigt. Im Anschluss daran bildet sich die Symptomatik teilweise oder komplett zurück.

Wenn dieses Ereignis weniger als 30 Tage zeitlichen Abstand zu dem letzten Schub hat, wird es diesem zugerechnet und kann nicht als erneuter Schub diagnostiziert werden. Wichtig ist die Abgrenzung von sogenannten Pseudoschüben, die beispielsweise durch eine Temperaturerhöhung oder durch Infekte verursacht werden können. Hier steht die Behandlung der zugrundeliegenden Ursachen im Vordergrund, die sekundär zu der Symptomverschlechterung führen.

Im Folgenden werden die Therapiemöglichkeiten zur Behandlung eines akuten MS-Schubes beschrieben (Tab. 4).

Allgemeine Maßnahmen	Physio- und Ergotherapie, Meidung von Belastung, aber keine Bettruhe!
Glukokortikoidtherapie	Schnelleres Abklingen der Schubsymptomatik durch entzündungshemmende und immunmodulatorische Eigenschaften IVMP = intravenöse hochdosierte Applikation von Methylprednisolon (meistens 1000 mg i.v. über drei Tage bzw. 1000 oder 500 mg i.v. über fünf Tage, anschließende orale Ausschleichphase)
Plasmapherese	Bei fehlendem Ansprechen auf Glukokortikoidtherapie
Weitere Therapiemöglichkeiten	Immunglobuline i. v., Monoklonale Antikörper

(Hoffmann, 2018)

Tab. 4: Therapieoptionen im akuten MS-Schub

Die Langzeitbehandlung der MS erfolgt mit immunmodulatorischen Substanzen. Je nachdem, ob die Aktivität der Erkrankung als mild bzw. moderat oder als aktiv bzw. hochaktiv eingestuft wird, unterscheidet sich die verlaufsbeeinflussende Langzeitbehandlung in der Auswahl der Medikamente. Im ersteren Fall spielen vor allem die Substanzen Glatirameracetat, Teriflunomid, Dimethylfumarat und β -Interferone eine Rolle, während Fingolimod, Natalizumab, Alemtuzumab und Cladribin eine höhere antiinflammatorische Potenz aufweisen und zur Eskalationsbehandlung zur Verfügung stehen. Mit Ocrelizumab steht erstmalig ein Mittel zur Wahl, das zur Therapie der PPMS zugelassen ist (Stahnke and Holt 2018). Zum Teil gelingt es durch moderne immunmodulatorische Therapie bei manchen Patienten einen krankheitsfreien Zustand herzustellen (Giovannoni et al. 2017). Tabelle 5 gibt einen Überblick über die gängigen Substanzen zur Schubprophylaxe bei MS (Tab. 5).

β-Interferone	<p>Avonex, Plegridy, Rebif = Interferon-β1a Betaferon = Interferon-β1b <u>Wirkung:</u> Antagonisierung von entzündlichen Prozessen, evtl. Induktion antiinflammatorischer Zytokine, Hemmung der T-Zell-Proliferation... <u>Applikation:</u> Subkutan bzw. intramuskulär</p>
Glatirameracetat	<p>= Copaxone <u>Wirkung:</u> vermutlich Interaktion mit HLA-Molekülen auf der Oberfläche antigenpräsentierender Zellen, die T-Lymphozyten blockieren <u>Applikation:</u> Subkutan</p>
Fingolimod	<p>= Gilenya <u>Wirkung:</u> Langwirksame Depletion zirkulierender Lymphozyten durch Blockierung der Auswanderung aus dem Lymphknoten <u>Applikation:</u> Oral</p>
Teriflunomid	<p>= Aubagio <u>Wirkung:</u> Hemmung der Pyrimidin-Synthese, dadurch antiproliferativen Effekt in Immunzellen und Abfall der Lymphozytenzahl <u>Applikation:</u> Oral</p>
Dimethylfumarat	<p>= Tecfidera <u>Wirkung:</u> Greift in Nrf2-Signalweg ein und hemmt darüber die Genexpression, außerdem Suppression proinflammatorischer Gene und Induktion von Apoptose in T- und B-Zellen <u>Applikation:</u> Oral</p>
Natalizumab	<p>= Tysabri <u>Wirkung:</u> Störung der Adhäsion zwischen Lymphozyten und Endothelzellen, dadurch Verhinderung des Einwanderns von Entzündungszellen in umliegendes Gewebe und ZNS <u>Applikation:</u> Intravenös</p>
Alemtuzumab	<p>= Lemtrada <u>Wirkung:</u> Antikörpervermittelte komplement- und zellabhängige Lymphozytendepletion <u>Applikation:</u> Intravenös</p>
Ocrelizumab	<p><u>Wirkung:</u> CD20-positiver monoklonaler Antikörper, der B-Zellen angreift <u>Applikation:</u> intravenös</p>

Cladribin	<u>Wirkung:</u> Gezielte Reduktion der B- und T-Lymphozyten <u>Applikation:</u> Oral
Immunglobuline	IVIG = i.v.-Behandlung mit Immunglobulinen Nicht für MS zugelassen, aufgrund günstigen Nebenwirkungsprofils im Einzelfall bei postpartalem Schub während Stillzeit zu erwägen (off-label-Einsatz)
Azathioprin	Bei Versagen einer β -Interferon-Therapie und Notwendigkeit einer immunmodulatorischen Therapie Wirkung erst nach 3-6 Monaten, Gefahr einer intrahepatischen Cholestase und erhöhtes Karzinomrisiko (off-label-Einsatz) <u>Applikation:</u> Oral
Mitoxantron	= Ralenova Bei Versagen einer Vortherapie mit Immunmodulatoren Kardiotoxische Wirkung <u>Applikation:</u> Intravenös

(Wildemann and Diem 2016) (Hacke 2016) (Dargahi et al. 2017) (Radick and Mehr 2015) (Fath 2017)

Tab. 5: Medikamente zur Schubprophylaxe

1.1.5 Multiple Sklerose und Sport

1.1.5.1 Allgemeine Effekte körperlicher Aktivität

Dass sportliche Aktivität grundsätzlich einen positiven Einfluss auf die Gesundheit hat, ist weithin bekannt. Nichtsdestotrotz stellt körperliche Inaktivität nach wie vor ein großes Problem im Gesundheitswesen dar (Haskell et al. 2007). Besonders heutzutage, wo der Lebensstil in Industrieländern mehr und mehr durch Immobilität gekennzeichnet ist, scheint es notwendig, körperliche Aktivität in die Tagesroutine zu integrieren. Durch überwiegend sitzende Arbeitstätigkeit und geringe Notwendigkeit von körperlicher Aktivität im Alltagsleben steigt die Zahl übergewichtiger Menschen immer weiter. Dieses Übergewicht stellt einen bekannten Risikofaktor für die Entwicklung einer Osteoporose und kardiovaskulärer und metabolischer Erkrankungen dar. Eine Studie konnte zeigen, dass eine Kombination aus einer fettarmen Ernährung und moderater körperlicher Aktivität den Body-Mass-Index (BMI) und den oxidati-

ven Stresslevel senkt und gleichzeitig den Fettstoffwechsel verändert. Diese Parameter spielen eine wichtige Rolle bei der Entwicklung verschiedener Krankheiten (Monda et al. 2014). Außerdem scheint Übergewicht bei jungen Frauen zudem ein Risikofaktor für die spätere Entwicklung eines CIS oder einer MS zu sein (Langer-Gould et al. 2013).

Vor diesem Hintergrund spielt körperliche Bewegung eine besondere Rolle, denn dabei handelt es sich um die einzige Möglichkeit, den Energieverbrauch eines Individuums willkürlich zu steigern (Haskell et al. 2007). Hinzu kommt, dass regelmäßige und moderate Aktivität das Infektrisiko vor allem des oberen Respirationstraktes senkt (Reimers, Reimers and Knapp 2013).

Um eine grobe Richtlinie über die Intensität und Dauer sportlicher Aktivität zu geben, die notwendig ist, um positive Effekte auf den menschlichen Körper zu haben, veröffentlicht die Weltgesundheitsorganisation (WHO) Empfehlungen dazu. So heißt es in den Richtlinien für 18-64-Jährige, dass ein wöchentliches aerobes Training von mindestens 150 Minuten moderater Intensität oder aber mindestens 75 Minuten starker Intensität nötig ist, um einen möglichst gesunden Lebensstil zu gewährleisten und um zur Prävention chronischer Erkrankungen beizutragen.

Alternativ kann auch eine äquivalente Kombination aus moderater und intensiver Aktivität angestrebt werden. Der geforderte Zeitumfang kann durch Aufteilung in mehrere Trainingseinheiten erreicht werden, wobei jede einzelne Einheit die Dauer von zehn Minuten nicht unterschreiten sollte. Für zusätzliche positive Gesundheitseffekte könne die körperliche Aktivität auf etwa 300 bzw. 150 Minuten pro Woche für moderate bzw. starke Intensität ausgeweitet werden.

Ebenso ist es durch eine Steigerung möglich, das Risiko für das Auftreten von inaktivitätsassoziierten chronischen Erkrankungen weiter zu vermindern.

Für Krafttraining gilt, dass Übungen, welche die Hauptmuskelgruppen betreffen, an zwei oder mehr Tagen der Woche ausgeführt werden sollten, um einen positiven Beitrag zum Gesundheitszustand zu leisten. Durch das Training der Muskelkraft wird außerdem zusätzlich die Knochenbildung stimuliert. Gleichzeitig wird die Resorption von Knochengewebe verlangsamt. Insgesamt resultiert daraus ein geringeres Risiko für die Entwicklung einer Osteoporose und für Knochenfrakturen (Haskell et al. 2007) (Vuori 2001). Insgesamt besteht ein Zusammenhang zwischen hoher Muskelkraft und geringerer Sterblichkeit (FitzGerald et al. 2004).

Diese Richtlinie ist laut WHO besonders für die in Tabelle 6 aufgeführten Gesundheitsbereiche relevant (Tab. 6).

Kardiorespiratorische Gesundheit	Kardiovaskuläre Erkrankungen, Schlaganfall, Hypertonie
Metabolische Gesundheit	Diabetes mellitus, Fettstoffwechselstörungen, Adipositas
Gesundheit des Bewegungsapparates	Arthrosen, Osteoporose
Malignome	Mammakarzinom, Kolonkarzinom
Funktionale Gesundheit und Sturzprophylaxe	
Depression	

(Reimers, Reimers and Knapp 2013) (Mewes 2015)

Tab. 6: Durch Sport beeinflussbare relevante Dimensionen der Gesundheit laut WHO-Richtlinie

Durch moderates aerobes Fitnesstraining können bereits nach wenigen Wochen mehrere Gefäßrisikofaktoren wie Blutdruck, LDL-Cholesterin und der Blutzuckerwert effektiv gesenkt werden. Außerdem kommt es zu einer Verbesserung der vaskulären Funktion, was durch eine signifikante Erhöhung der im Blut zirkulierenden endothelialen Vorläuferzellen nach einer gewissen Zeit von moderater bis intensiver körperlicher Aktivität deutlich wird (Rieckmann and Broocks 2015).

Diverse Studien bestätigen die Annahme, dass die Quantität der sportlichen Aktivität in direktem Zusammenhang mit dem Risiko kardiovaskulärer Erkrankungen und frühzeitigem Tod steht (Paoli and Bianco 2015) (Haskell et al. 2007).

Insgesamt wurde in den Untersuchungen deutlich, dass regelmäßige körperliche Aktivität nicht nur zur Prävention physischer Erkrankungen beiträgt, sondern ebenso die Vorbeugung gegen psychische Krankheiten fördert (Haskell et al. 2007).

Die genauen Mechanismen, auf welche Art und Weise Sport die mentale Gesundheit beeinflusst, sind umfangreich und nicht genau bekannt. Eine sehr plausible Erklärung für den Beitrag von Sport zur Stabilisierung des psychischen Wohlbefindens gibt sicher der Umstand, dass durch die Ausführung der Aktivität etwas Abstand von der täglichen Routine gewonnen werden kann. So kann Ablenkung geschaffen werden und der oft belastende Alltagsstress rückt für einen Moment in den Hintergrund (Canadian Fitness and Lifestyle Research Institute 1994).

Querschnitts- und Verlaufsstudien zeigen zudem, dass vermehrte körperliche Aktivität zu verbesserten kognitiven Leistungen führen kann (Gomez-Pinilla and Hillman 2013). Diese Entwicklung ist vor allem ab der mittleren Lebensdekade zu beobachten und kann dazu beitragen, das Demenzrisiko zu reduzieren. So zeigte sich sowohl bei Koordinationstraining, als

auch bei Training des Herz-Kreislauf-Systems eine verkürzte Dauer der Informationsverarbeitung in jeweils verschiedenen Hirnarealen (Voelcker-Rehage et al. 2011).

Neben der vermutlich durch Sport verursachten Reduktion der Bildung von Sauerstoffradikalen, die im Gehirn zu oxidativem Stress führen, wird scheinbar auch der sogenannte „Molecular crosstalk“ positiv beeinflusst. Dabei handelt es sich um metabolische Reaktionen in Hirnarealen, die nicht unmittelbar an der körperlichen Aktivität beteiligt sind, aber dennoch durch deren Ausführung induziert werden. Dadurch wird ein zusätzliches Erklärungsmodell geliefert, wie körperliche Aktivität zu verbesserten Kognitionsleistungen führen kann (Rieckmann and Brooks 2015). Inwieweit Sport neuronale Strukturen des Menschen beeinflusst, ist nicht genau bekannt. Tierexperimentelle Untersuchungen kommen zu dem interessanten Schluss, dass Bewegung zur Mobilisierung endogener neuronaler Stammzellen beitragen kann, was wiederum zu direkten morphologischen Veränderungen in betroffenen Hirnarealen führen kann. Des Weiteren fand sich bei körperlich aktiven Tieren eine vermehrte Synthese von neurotrophen Faktoren.

Bekannt ist auch, dass Laufen die Neubildung von Nervenzellen im Nucleus caudatus via Rekrutierung von Stammzellen induziert. Dieser Prozess wird als adulte Neurogenese bezeichnet und bedient sich einer Population aus Stammzellen, die lebenslang im Gyrus dentatus des Hippokampus vorhanden sind. Durch ein sechsmonatiges aerobes Training wurde im Gegensatz zu regelmäßiger Durchführung von Dehnübungen eine Größenzunahme des Hippokampus und eine damit einhergehende verbesserte Merkfähigkeit bei Erwachsenen über 60 Jahre beobachtet. Außerdem zeigte sich eine selektive Zunahme des Blutvolumens im Gyrus dentatus in der Trainingsgruppe (Rieckmann and Brooks 2015) (Chieffi et al. 2017b). Lösliche Komponenten dieses Prozesses werden durch den Vascular Endothelial Growth Factor (VEGF) und den Brain-derived Neurotropic Factor (BDNF) dargestellt, deren Blutkonzentrationen durch sportliche Aktivität ansteigen. Untersuchungen im Tiermodell konnten eine durch verbesserte Mikrozirkulation und erhöhte Ausschüttung von Wachstumshormon gesteigerte Neurogenese im Hippokampus nach sportlicher Aktivität feststellen (Chieffi et al. 2017a).

Durch einen kognitiv und sportlich aktiven Lebensstil kann der Stammzellpool und die Teilungsaktivität auf einem jungen Niveau gehalten werden. Diese dadurch geschaffene „neurogene Reserve“ stellt eine gute Grundlage für Herausforderungen im höheren Lebensalter dar. Eine Optimierung des Bewegungsablaufs kann durch wiederholte Ausführung einer Bewegungssequenz erreicht werden, was zu einer veränderten synaptischen Verschaltung von Neuronen führt. Diesen neurobiologischen Effekt von Bewegung auf die Neurone und die Synap-

senbildung macht man sich insbesondere in der Neurorehabilitation zunutze, um die synaptische Plastizität zu fördern. Aber auch die Schulung koordinativer Fähigkeiten wie beispielsweise Balancierübungen hat Einfluss auf die Synapsenbildung im motorischen Kortex und führt zur Optimierung der neuronalen Verschaltung auf spinaler Ebene.

Ein wichtiger molekularer Mechanismus, der das Aussprossen von Synapsen auf Neuronen fördert, ist die Ausschüttung von Glutamat. Dieser Transmitter führt zur erhöhten Suszeptibilität der postsynaptischen Membranen für BDNF und synaptische Kontakte (Rieckmann and Brooks 2015).

Letztendlich fördert auch die trainingskontrollierte Ausschüttung von Prolaktin die Neuroplastizität. Über Prolaktin wird außerdem direkt die Proliferation von Oligodendrozytenvorfürerzellen induziert und somit die Myelinisierung unterstützt (Rieckmann and Brooks 2015).

Durch die durch körperliche Betätigung ausgelöste Aktivierung des Sympathikus steigt die Ausschüttung von Adrenalin, Noradrenalin und Dopamin. Hier scheint auch die Tatsache interessant, dass durch die Gabe von Naloxon die durch körperliche Belastung verursachte verminderte Schmerzempfindlichkeit antagonisiert werden kann, nicht aber die nach dem Training vorhandenen psychischen Effekte. Psychische Veränderungen durch Sport können demnach nicht ausschließlich auf die Ausschüttung von Endorphinen zurückgeführt werden. Hier scheint ein weitaus komplexerer Mechanismus zugrunde zu liegen (Rieckmann and Brooks 2003).

Insgesamt ist zu bemerken, dass Sport wohl mannigfaltige Auswirkungen auf die menschliche Psyche hat und ebenso wie eine Pharmakotherapie oder andere Therapieansätze grundsätzlich zur Prävention bzw. Behandlung bestimmter psychischer Erkrankungen und Einschränkungen beitragen kann. Besonders deutlich wird dieses Potenzial zum Beispiel im Zusammenhang mit der Behandlung von Depressionen. Über die erhöhte Expression von Wachstumsfaktoren ist eine gemeinsame Endstrecke der medikamentösen Therapie mit Antidepressiva, der Elektrokrampftherapie und der körperlichen Aktivität gegeben, die alle drei positive Ergebnisse in der Behandlung von Depressionen erzielen (Thürauf and Kornhuber 2015). Obwohl die exakten Wirkmechanismen körperlicher Aktivität auf physiologischem und psychologischem Wege also noch nicht abschließend bis ins Detail bekannt sind, lässt sich trotzdem mit Sicherheit feststellen, dass Sport ein vielversprechendes Potenzial bietet, hier auf beiden Ebenen positiv einzuwirken.

1.1.5.2 Spezielle Effekte von Sport bei MS

Menschen, die an MS leiden, sind im Durchschnitt weniger körperlich aktiv als gesunde Vergleichspersonen (Petajan and White 1999). Da neben den direkten Krankheitssymptomen auch die Folgen von körperlicher Inaktivität einen großen Einfluss auf die Behinderung und das Wohlbefinden der Patienten haben, wird deutlich, dass sportliche Betätigung für diese Bevölkerungsgruppe besonders wichtig ist. Ein Grund für die Diskrepanz zwischen erkrankten und gesunden Vergleichspersonen sind die das Motorsystem betreffenden neurologischen Defizite, die mit MS einhergehen können. Als weitere Ursachen für Inaktivität werden unter anderem fehlendes Vertrauen in sich selbst, mangelnde soziale Unterstützung durch das Umfeld und wenig Freude am Sport und der Bewegung genannt.

Daneben zeigt sich ein Informationsdefizit, wonach einige Patienten der Meinung sind, dass körperliche Aktivität bei ihnen zu einer Symptomverschlechterung führen könnte. Als sogenanntes Uhthoff-Phänomen wird eine temporäre Verschlechterung neurologischer Symptome bezeichnet, die durch eine erhöhte Körpertemperatur während körperlicher Aktivität ausgelöst wird. Etwa 40-80 % der MS-Patienten sind davon betroffen. Wichtig zu wissen ist jedoch, dass die Symptome in mehr als der Hälfte der Fälle nach einer sehr kurzen Zeit, in der die körperliche Belastung fortgeführt wird, spontan verschwinden. Deshalb sollte bei Auftreten einer derartigen Symptomatik die körperliche Aktivität nicht sofort abgebrochen werden (Petajan and White 1999). Außerdem gibt mehr als ein Drittel der Patienten an, schlecht über das Thema körperliche Aktivität bei MS informiert zu sein (Waschbisch et al. 2009) (Gentges and Fischer 2015).

Aus bisherigen Studien kann man jedoch keinerlei Hinweise auf negative Auswirkungen körperlicher Aktivität bei MS ableiten. Vielmehr zeigt sich, dass einige Krankheitssymptome wie beispielsweise Fatigue, Mobilitätseinschränkungen und auch Depression durch Training positiv beeinflusst werden können (Waschbisch et al. 2009) (Khan et al. 2017). Entgegen früherer Empfehlungen, körperliche Anstrengung zu vermeiden, um eine Verschlechterung der Krankheitssymptomatik zu verhindern, zeigt der heutige Stand der Forschung, dass eine Vielzahl von Argumenten für körperliche Belastung bei Vorliegen einer MS sprechen (Kesselring and Beer 2005) (Motl and Pilutti 2012) (Petajan and White 1999).

Neben der Tatsache, dass das Training von den Patienten in den allermeisten Fällen gut toleriert wird, kann dessen Durchführung zudem auch Zusatznutzen hinsichtlich der Prävention von Komplikationen und Begleiterkrankungen aufweisen und hat möglicherweise sogar einen neuroprotektiven Einfluss (Giesser 2015). Außerdem können viele Krankheitssymptome von

MS durch Sport positiv beeinflusst werden. So kann körperliche Aktivität zum Beispiel zu einer Verbesserung der Kraft- und Ausdauerfähigkeit, einer Verlängerung der Gehstrecke und zu einer besseren Beweglichkeit in Bezug auf Alltagstätigkeiten führen (Frevel and Mäurer 2015) (Davies et al. 2016) (Sandroff et al. 2014) (Rodgers et al. 1999). Weitere Effekte ergeben sich hinzukommend auch bezüglich der Limitierung von Funktionseinschränkungen und des Erhalts eines möglichst großen Bewegungsumfangs. Insgesamt wird das allgemeine Wohlbefinden durch körperliche Belastung gesteigert (Frevel and Mäurer 2015). MS-Patienten können also neben den allgemeinen positiven Effekten körperlicher Aktivität, die zum Beispiel das Herz-Kreislauf-System und den Lipidstoffwechsel betreffen auch davon profitieren, dass der Umgang mit spezifischen Symptomen wie unter anderen Spastik, Fatigue und kognitiven Defiziten potentiell erleichtert wird (Giesser 2015) (Bayas and Rieckmann 2003) (Gentges and Fischer 2015).

Verschiedene Studien, die den Einfluss einer Aktivitätstherapie bei MS-Erkrankten auf deren Fatigue untersuchten, geben Hinweise auf einen diesbezüglich positiven Zusammenhang (Heine et al. 2015) (Oken et al. 2004). Obwohl nur wenige Studien Fatigue als primären Outcome-Faktor haben kann man feststellen, dass körperliche Aktivität potentiell zu deren Abnahme führt. Welche Trainingsmodalität dafür am geeignetsten erscheint, ist aufgrund der mangelnden Studienlage nicht eindeutig zu klären. Es zeigten sich Effekte sowohl bei Ausdauertraining, Krafttraining, einer Kombination aus beidem, als auch bei anderen Trainingsformen wie Aquatraining. Die resultierenden Ergebnisse sind insgesamt recht heterogen, im Gesamtbild kann jedoch deutlich die Tendenz einer Verbesserung der Fatigue ausgemacht werden (Andreasen et al. 2011).

Mit dem Fortschreiten der Erkrankung kommt es auch vermehrt zum Progress von Balance-schwierigkeiten, verbunden mit einem erhöhten Sturzrisiko und einer erhöhten Angst vor Stürzen. Dass sich sportliche Aktivität bei Betroffenen auch an diesem Punkt positiv auswirken kann, wurde in einer Untersuchung bewiesen: Durch ein nur sechswöchiges Balancetraining kam es bei MS-Erkrankten zu signifikanten Verbesserungen in klinischen Balancetests (Kalron et al. 2016).

Eine Studie von Cruickshank et al. legt dagegen den Fokus auf die Auswirkungen eines Krafttrainings auf Patienten mit Parkinson und MS. Als hauptsächlich beobachteter Effekt zeigte sich erwartungsgemäß eine Zunahme der Kraft. Diese war in der Parkinson-Gruppe etwas stärker ausgeprägt als bei den MS-Patienten. Des Weiteren fanden sich auch Verbesserungen bezüglich der Mobilität und in den klinischen Scores, die die Krankheitsprogression von Parkinson messen. Bei Personen mit MS fanden sich eine erhöhte Muskelaktivität, ein Rückgang

der Fatigue und eine gesteigerte subjektiv empfundene Lebensqualität (Cruickshank et al. 2015). Auch im Rahmen einer weiteren Untersuchung konnte der positive Zusammenhang eines achtwöchigen Krafttrainings mit einer Kraftzunahme und einer reduzierten Fatigue gezeigt werden (White et al. 2004).

Inwiefern körperliche Aktivität bei Patienten mit MS auch einen Einfluss auf immunologische Faktoren hat, kann mit der derzeitigen Studienlage nicht ausreichend geklärt werden. Dass das Risiko eines Atemwegsinfekts bei Personen, die einem regelmäßigen und moderaten Training nachgehen um bis zu 29% erniedrigt ist, ist bewiesen. Was jedoch die längerfristigen Auswirkungen von Sport auf die Immunantwort angeht, gibt es nur eine äußerst geringe Anzahl an Studien, die dieses Thema behandeln. Diese Untersuchungen beschäftigen sich zudem vornehmlich mit gesunden Probanden, was einen Rückschluss auf die Auswirkungen bei erkrankte Personen zusätzlich erschwert (Waschbisch et al. 2009).

Für eine Beeinflussung neurobiologischer Prozesse durch sportliche Aktivität bei Patienten mit MS spricht eine vermehrte Freisetzung von BDNF, Neuronal Growth Factor (NGF) und verschiedenen anti-oxidativer Faktoren, die mit einem entsprechenden neuroplastischen Potenzial verbunden sind (Rieckmann and Brooks 2015). Auch die kognitive Leistungsfähigkeit von MS-Patienten ist durch körperliche Aktivität beeinflussbar (Zimmer et al. 2017). Beispielsweise kann eine Verringerung der Progredienz einer Demenz bei bereits bestehenden kognitiven Defiziten erreicht werden, indem sportliche Aktivitäten ausgeübt werden (Rieckmann and Brooks 2015). Aus psychologischer Sicht können bei der Einführung eines regelmäßigen Trainings als Teil einer Therapie außerdem Rückschlüsse darauf gezogen werden, wie der Patient mit neuen Herausforderungen und mit sich selbst umgeht. Zum Teil werden durch den Sport bestimmte Verhaltensweisen wie Selbstüberforderung oder aber auch Selbstunterschätzung apparent, die auch in anderen Bereichen des Lebens charakteristisch für den jeweiligen Patienten sind. Andersherum können auch durch das Training gewonnene Eindrücke auf andere Situationen übertragen werden. So kann das Durchhaltevermögen und das Selbstvertrauen gesteigert werden. Insgesamt kann regelmäßiges Training und insbesondere die dadurch hervorgerufene schrittweise Leistungsverbesserung zu einer erhöhten Selbstwirksamkeitserwartung beitragen. Des Weiteren konnte gezeigt werden, dass sportliche Aktivität begünstigend auf eine positive Krankheitsbewältigung einwirkt (Brooks 2003) (Gentges and Fischer 2015).

Ein weiterer Aspekt, dass Sport auf multidimensionalem Weg auf die Probleme bei MS einwirken kann, ist mit Sicherheit auch die Möglichkeit des Austauschs mit anderen Betroffenen und Nichtbetroffenen in Sportgruppen. Dadurch kann der bei MS-Patienten oft beobachtete

soziale Rückzug verhindert werden und eine bessere Voraussetzung für einen offenen und ehrlichen Umgang mit der Erkrankung und deren Symptomen geschaffen werden (Bayas and Rieckmann 2003).

Dass es von großer Wichtigkeit ist, auf eine kontinuierliche Trainingsfrequenz und ein langfristiges Sportprogramm zu achten, wurde ebenfalls in einer Studie gezeigt: Die Ergebnisse hier ergaben, dass ein nur vierwöchiges Training auf dem Laufband zu signifikanten Effekten bezüglich der Ganggeschwindigkeit führte. Auch eine nicht-signifikante Verbesserung der Fatigue und der Ausdauer wurde im Rahmen dieser Untersuchung aufgezeigt. Im Follow-up nach einer vierwöchigen Pause nach der Sportintervention waren die Werte jedoch wieder auf dem Anfangsniveau angelangt. Dieser rapide Rückgang lässt vermuten, dass eine so kurze Sportintervention nicht in der Lage ist, langfristige Auswirkungen zu verursachen und daher ein über einen längeren Zeitraum ausgelegtes regelmäßiges und konstantes Training hierfür effektiver sein könnte (van den Berg et al. 2006).

Grundsätzlich gibt es keine definitiven Einschränkungen bei der Wahl der passenden Sportart für Patienten mit MS. Selbstverständlich müssen mögliche Funktionseinschränkungen aufgrund von schneller Ermüdbarkeit, Spastik, kognitiven Einschränkungen und weiterer Symptome berücksichtigt werden. Bei dadurch verursachtem erhöhtem Verletzungsrisiko bei der Ausführung einer bestimmten Sportart kann diese gegebenenfalls modifiziert werden, oder aber es sollte von Anfang an eine andere ausgewählt werden. Da die Symptomatik jedoch interindividuell sehr unterschiedlich ausgeprägt sein kann, ist es wichtig, bei der Auswahl der geeigneten Sportart auf den einzelnen Patienten und dessen spezifische Bedürfnisse einzugehen (Bayas and Rieckmann 2003) (Frevel and Mäurer 2015).

Ein weiteres wichtiges Forschungsergebnis, das eine entscheidende Rolle bei der Akzeptanz einer Sporttherapie vor allem von Seiten der betroffenen Patienten spielt, wird durch Untersuchungen bezüglich der Schubanzahl während solcher Aktivitätsinterventionen dargestellt. Das oben beschriebene und häufig genannte Argument, dass Sport eine Verschlechterung der Symptomatik mit sich bringen könnte, kann insofern entkräftet werden, da die Durchführung sicher zu sein scheint. Mehrere Studien hierzu konnten keine vermehrte Schubrate feststellen, vielmehr wurden im Gegensatz dazu zahlreiche positive Aspekte von Sport aufgedeckt. Entsprechende Versuche im Tiermodell der MS sprechen sogar dafür, dass das Auftreten von Krankheitssymptomen hinausgezögert und die Schubdauer durch die Ausübung körperlicher Aktivität verkürzt werden kann (Waschbisch et al. 2009) (Heine et al. 2015) (van den Berg et al. 2006) (White et al. 2004). Im Tiermodell der MS wird bei den Versuchstieren mittels Injektion von Myelinbestandteilen in einem Adjuvans eine experimentelle autoimmune Enze-

phalomyelitis (EAE) induziert (Weissert 2012). Im Vergleich zweier Gruppen von Mäusen, bei denen eine ebensolche EAE ausgelöst wurde, zeigte sich eine interessante Entwicklung der Demyelinisierung. Die eine Gruppe von Mäusen im tierexperimentellen Modell der MS hatte dabei Zugang zu einem funktionierenden Laufrad, während dieses in der anderen Gruppe blockiert war. Aus diesem Versuchsaufbau resultierte nicht nur ein verspäteter Krankheitsbeginn in der Gruppe von Tieren, die die Möglichkeit zu Bewegung hatte, sondern bei der späteren Untersuchung auch ein geringeres Fortschreiten der Demyelinisierung im lumbalen Bereich des Rückenmarks dieser Tiere (Pryor et al. 2015). Diese vielversprechenden Erkenntnisse aus dem Tiermodell der MS lassen darauf hoffen, dass ähnliche Effekte auch beim Menschen erzielbar sind.

Ein Hauptgrund, welcher für eine Sportintervention bei MS spricht, ist sicherlich auch der Punkt, dass es sich dabei um eine relativ einfache, nichtinvasive und leicht zugängliche Therapiemöglichkeit handelt (Heine et al. 2015). Damit der Patient maximal von einer Sporttherapie profitieren kann, sollte diese bestenfalls schon in einem sehr frühen Krankheitsstadium begonnen werden und regelmäßig und konsequent durchgeführt werden. Nur so kann sich eine sinnvolle präventive Wirkung entfalten (Gentges and Fischer 2015).

1.2 Therapeutisches Klettern

Über die letzten Jahre entwickelte sich das Klettern mehr und mehr zu einer Trendsportart. Es ist wichtig, die verschiedenen Modalitäten und Anforderungen dieses Sports zu kennen, um einen Überblick darüber zu haben, aus welchen Gründen man eine Kletterintervention im Sinne eines Therapieversuches einsetzen kann.

Zuerst einmal gibt es bezüglich des Durchführungsortes zwei verschiedene Möglichkeiten. Zum einen kann der Sport natürlich im Freien an Naturfelsen durchgeführt werden, die extra für diesen Zweck bearbeitet wurden. Zum anderen gibt es aber auch immer mehr Kletterhallen, die speziell für das Sportklettern erbaut wurden und ein maximales Maß an Sicherheit gewährleisten. Für die Kletterhallen spricht, dass es keine Steinschlaggefahr gibt, im Falle von Fragen meist ein qualifizierter Trainer zur Verfügung steht und dass das halleneigene Material regelmäßig bezüglich Sicherheit überprüft wird. Daher scheint sich das Klettern dort besonders für Anfänger und auch für Sportgruppen gut zu eignen. Erste Erfahrungen können in einem sicheren Umfeld gesammelt werden und der Einstieg in den Sport wird möglichst einfach gestaltet.

Des Weiteren existieren beim Sportklettern mehrere Möglichkeiten, wie man das Ende einer Route erreichen kann. Der sogenannte Vorstieg beschreibt dabei eine Art des Kletterns, bei dem das Sturzrisiko im Gegensatz zu anderen Aufstiegsformen erhöht ist. Der Kletterer nutzt dazu in regelmäßigen Abständen an der Wand angebrachte Zwischensicherungen, um letztendlich mit dem Seil am Ende der Kletterroute anzukommen und es dort zu fixieren. Stürzt der Kletterer oberhalb einer solchen Zwischensicherung, so wird er erst von dem zuletzt verwendeten Sicherungshaken nach einer gewissen Strecke freien Falls aufgefangen. Um das Vorsteigen optimal zu beherrschen, benötigt es in der Regel einiges an Erfahrung und viel Übung im Umgang mit dem Material.

Im Anfängerbereich ist deshalb im Bereich des Sportkletterns eher die Methode des Toprope-Kletterns verbreitet. Dabei ist das Seil schon von Anfang an am Routenende befestigt, wodurch der Kletterer nicht auf Zwischensicherungen achten muss und zu jedem Zeitpunkt optimal gesichert ist. Das Risiko eines weiten Sturzes ist stark minimiert. Bei Bedarf kann beim Toprope-Klettern jederzeit eine Pause eingelegt werden und bei schwierigen Kletterstellen kann der Kletterer durch Zug am Seil vom sichernden Partner unterstützt werden.

Eine weitere Unterform des Kletterns ist schließlich auch das Bouldern. Hierbei handelt es sich um Klettern ohne Seilsicherung, dafür ist die Höhe auf ein Maß beschränkt, bei der man ohne große Verletzungsgefahr auf die darunterliegenden Matten abspringen oder fallen kann. Die Länge der zu bewältigenden Kletterstrecke kann über horizontal verlaufende Griffabfolgen variiert werden. Bouldern eignet sich gut für Einsteiger, jedoch kann die Schwierigkeit auch in großem Maße gesteigert werden. Teilweise wird das Bouldern neben dem Sportklettern auch als eigenständige Sportart betrachtet.

Neben diesen eher technischen Grundkenntnissen ist es natürlich auch sinnvoll zu wissen, wie sich das Klettern auf den menschlichen Körper auswirken kann und was die Ausführung für sportliche Anforderungen mit sich bringt. Klettern stellt eine archaische und damit natürliche Bewegungsform des Menschen dar und erfüllte in der Evolution eine grundlegende Rolle (Zajetz 2015) (Kern 2010). Bezüglich der Energiebereitstellung lässt sich sagen, dass das Klettern sowohl aus aeroben als auch aus anoeroben Elementen besteht, deren Kombination sich je nach Schwierigkeit der gekletterten Route in ihrer Zusammensetzung verändert (Draper et al. 2010) (Kim and Seo 2015). Aufgrund dessen, dass Klettern einen relativ hohen Energieverbrauch aufweist und eine umfangreiche Ausschöpfung der gesamten aeroben Kapazität erfordert, eignet es sich möglicherweise gut, um die kardiorespiratorische Fitness und die Ausdauer zu fördern (Mermier et al. 1997) (Sheel 2004). Die Aktivität zwingt den Kletterer dazu, eine starke Körperspannung aufzubauen. Dadurch kommt es zu einem Krafterhalt bzw.

–zuwachs aller großen Hauptmuskelgruppen, woraus wiederum eine erhöhte Knochenmasse und ein gesteigerter Mineralgehalt im Knochengewebe resultieren können (Morrison and Schoffl 2007) (Fleissner et al. 2010) (Kim and Seo 2015) (Vuori 2001). Klettern stellt eine komplexe Anforderung an das gesamte Bewegungssystem dar, indem es neben der simultanen Koordination aller vier Extremitäten auch Körperstabilisierung und Gleichgewichtskomponenten beinhaltet (Stephan et al. 2011) (Kern 2010). Durch eine Vielzahl an verschiedenen Bewegungsabfolgen werden die Rumpfmobilität und die allgemeine Beweglichkeit gesteigert (Kim and Seo 2015) (Fleissner et al. 2010). Durch die unterschiedliche Form der Griffe und die wechselnden Distanzen, die via Körperstabilisierung und Körperschwerpunktverschiebung überwunden werden müssen, wird eine Vielzahl möglicher Körperpositionen geboten. Die Feinmotorik der Hände und Füße spielt insofern eine wichtige Rolle, weil Griffe und Tritte im Sinne einer möglichst hohen Stabilität in der Kletterwand sehr präzise angesteuert werden müssen (Stephan et al. 2011). Die multiplen Stimuli, die sich aus dem Tasten unterschiedlicher Griffformen, dem Sehen der nächsten Griffe und Tritte und der ständigen Verlagerung des Körperschwerpunkts zur Sicherung der eigenen Stabilität ergeben, können zu einer unbewussten Schulung der Vereinigung von äußeren und inneren Wahrnehmungen führen (Kern 2010). Nicht zuletzt stellt das Klettern auch hohe kognitive, emotionale und psychische Anforderungen an den Sportler (Luttenberger et al. 2015) (Mally et al. 2013). Obwohl zwar die Gefahr eines Sturzes beim Toprope-Klettern auf ein Minimum reduziert ist, muss der Kletterer in der Regel trotzdem ein gewisses Risiko eingehen und ein bestimmtes Maß an Angst überwinden, um eine Route erfolgreich abzuschließen. Dabei werden ganz automatisch sowohl die physische als auch die mentale Stärke trainiert und die Selbstwahrnehmung kann genauso wie das Selbstvertrauen positiv beeinflusst werden (Llewellyn et al. 2008) (Aras and Ewert 2016) (Kern 2010). Klettern erfordert ein hohes Maß an Körperkontrolle, Konzentration und Koordination und ist außerdem direkt mit Gefühlen wie Angst, Stolz und Vertrauen verbunden (Luttenberger et al. 2015). Somit bietet das Klettern die Möglichkeit, sowohl körperliche als auch psychische Grenzen zu erkennen und – noch mehr – diese zu verändern (Aras and Ewert 2016).

Der Kletterer kann sich mit dem Abschluss einer Route oder dem Halten eines ganz bestimmten Griffes individuelle Ziele setzen, durch deren Erreichen sich ein Gefühl des Erfolges und des erhöhten Selbstvertrauens einstellen kann (Buechter and Fechtelpeter 2011).

Dass Sport außerdem einen positiven Einfluss auf die Stimmungslage hat, wurde schon im vorherigen Kapitel geklärt. Dieser Effekt kann noch verstärkt werden, indem der Sport regelmäßig und in Gruppen ausgeführt wird und durch einen Trainer begleitet wird. Klettern bietet

hierbei ein besonders großes Potenzial, weil es aufgrund der Möglichkeit, die Schwierigkeit der Kletterrouten je nach Bedürfnis der einzelnen Teilnehmer zu variieren, sehr einfach im Rahmen von betreuten Gruppen durchführbar ist (Luttenberger et al. 2015).

Schließlich kann Klettern auf der sozialen Ebene dazu beitragen, das Vertrauen in Mitmenschen zu steigern. Durch die besondere Beziehung zwischen Kletterer und Sicherer wird die Basis einer ganz speziellen Form des sozialen Kontaktes gebildet. Zum einen muss der Sicherer die Verantwortung für den Partner auf sich nehmen, zum anderen muss der Kletterer seinem Sicherer sehr viel Vertrauen entgegenbringen. Ohne dieses tiefgreifende Gefühl, sich gegenseitig aufeinander verlassen zu können, lässt sich der Sport nicht sinnvoll ausüben (Buechter and Fechtelpeter 2011).

Über die letzten Jahre hinweg gewann das Klettern auch in Form eines Therapieansatzes bei verschiedenen Erkrankungen an Bedeutung. Das Therapeutische Klettern erfordert im Grunde genommen ähnliche Voraussetzungen wie das Sportklettern. Die vorkommenden Bewegungselemente ähneln sich teilweise sehr, wodurch auch hier mit allen oben beschriebenen physischen Auswirkungen gerechnet werden kann. Insbesondere Verbesserungen in der Balance und der Koordination lassen auf die hohe Relevanz des Kletterns als möglichen therapeutischen Ansatzpunkt schließen (Stephan et al. 2011). Überdies besitzt der Sport einen hohen Anforderungscharakter, kann gleichzeitig aber auch anhand der Abstufung des Schwierigkeitsgrades oder der Kletterhöhe gut dosiert werden, sodass weder eine Unterforderung, noch eine Überforderung resultiert (Zajetz 2015). Vor allem orthopädische, degenerative, neurologische und auch psychiatrische Krankheitsbilder scheinen durch therapeutisches Klettern positiv beeinflussbar zu sein (Kern 2010) (Grzybowski and Eils 2011).

Da das Klettern aus einer komplexen Kombination verschiedenster physischer und kognitiver Anforderungen besteht, scheint es bedeutsam für die Stimulation einer Wiederherstellung verloren gegangener Fähigkeiten zu sein. Vor allem bei Menschen, die von einer neurologischen Erkrankung betroffen sind, kann dies mit einem großen Zugewinn an Lebensqualität einhergehen. Dies lässt ein sehr vielversprechendes Potenzial des Kletterns in Bezug auf die Behandlung ebensolcher Krankheiten vermuten (Grzybowski and Eils 2011) (Kern 2010) (Steimer and Weissert 2017).

Allgemein sei noch anzumerken, dass Klettern hinsichtlich der sozialen Komponenten und der Relevanz für den Alltag viele transferfreudige Themen hat, wie das „Sich fallen lassen“, das „Aufgefangen werden“ und das „Sich seine Kräfte einteilen, um Ziele zu erreichen“ (Kowald and Zajetz 2015). Tabelle 7 gibt einen Überblick über die möglichen Erlebnisqualitäten, die die Ausübung des Kletterns mit sich bringen kann (Tab. 7).

Angst (Loslassen, Höhe, Versagen)	Angst ist verbunden mit „Lust“ und führt zu einem Gefühl der Belohnung während oder nach der Ausführung
Aufmerksamkeit	Hohes Maß an Konzentration ist notwendig; Fokus ist auf dem Hier und Jetzt
Beziehung und Soziales	Gegenseitiges Vertrauen
Freude	Zufriedenheit, Glücksgefühl, Stolz, sofern sich der Kletterer zwischen dem hohen Anforderungscharakter und der Motivation, die Route zu schaffen bewegt
Grenzen (physisch und psychisch)	Höhe, Kraft, Ausdauer, Motivation, Frustrationstoleranz, Selbstvertrauen, Konzentration
Körpererfahrung	Neue, unbekannte Bewegungsabfolgen, Reaktion auf die Höhe
Leistung	Erreichen der Ziele oder Versagen hängt fast nur von den individuellen Fähigkeiten ab
Lehren/Lernen	Knoten, sichern, klettern
Nähe und Distanz	Autonomie durch Entscheidung, ob man weiterklettert oder abbricht; andererseits auch stets Verbundenheit mit dem Kletterpartner
Planung und Ziele	Routenauswahl, Bewegungsplanung, Setzen eigener Ziele (Ende der Kletterroute, aber auch einzelne Griffe in verschiedenen Höhen möglich)
Selbstwert, Selbstwirksamkeit	Nach oben kommen aus eigener Kraft, Ziele erreichen, Entscheidungen treffen, sich etwas zutrauen
Vertrauen	Vertrauen bekommen, Vertrauen geben, Selbstvertrauen

(nach Kowald and Zajetz 2015)

Tab. 7: Erlebnisqualitäten des Kletterns

An all diesen Ansatzpunkten kann während einer Klettertherapie gearbeitet werden und somit auch die Möglichkeit einer Übertragung der hier erworbenen Fähigkeiten und Kompetenzen auf den Alltag geschaffen werden.

2 Fragestellung

Die Studie „Klettern mit MS“ wurde durchgeführt, um mögliche Effekte eines Klettertrainings bei an MS erkrankten Personen aufzuzeigen. Insbesondere wurden folgende Fragestellungen genauer untersucht:

1. Hat ein regelmäßiges und geplantes Klettertraining über vier Monate in der Halle Auswirkungen auf die Lebensqualität, die Stimmungslage und die Ängstlichkeit von MS-Patienten?
2. Hat ein regelmäßiges und geplantes viermonatiges Training in der Kletterhalle Auswirkungen auf die kognitiven Fähigkeiten von Personen, die an MS leiden? Gibt es dabei Effekte insbesondere auf solche kognitive Funktionen, welche durch Neuroplastizität beeinflusst werden können?
3. Hat ein regelmäßiges und geplantes viermonatiges Training in der Kletterhalle Auswirkungen auf den Stresslevel von MS-Patienten?
4. Hat ein regelmäßiges und geplantes Klettertraining über eine Dauer von vier Monaten Auswirkungen auf den allgemeinen täglichen Bewegungsumfang von MS-Patienten?
5. Hat ein regelmäßiges und geplantes viermonatiges Klettertraining Auswirkungen auf den klinischen Zustand einer MS-Erkrankung, gemessen mittels einer MRT-Bildgebung des Schädels?

3 Patienten, Material und Methoden

3.1 Rekrutierung der Patienten

Die Rekrutierung der Probanden für die Studie „Effekte des Kletterns auf Multiple Sklerose“ erfolgte über einen Flyer, der sowohl am Universitätsklinikum Regensburg ausgegangen wurde, als auch in der wöchentlichen MS-Ambulanz von Professor Dr. med. Dr. Weißert am Bezirksklinikum Regensburg verteilt wurde. Zum Teil wurden Patienten auch direkt während ihres Besuches in der Ambulanz auf die Studie hingewiesen und mit Basisinformationen versorgt. Bei Interesse erfolgte telefonischer Kontakt zu der Trainerin, um individuelle Fragen zu klären. Die Phase der Teilnehmerrekrutierung erfolgte über einen Zeitraum von vier Monaten vor Beginn der Kletterintervention, um ausreichend Spielraum für die Voruntersuchungen zu gewährleisten. In die Studie eingeschlossen wurden alle interessierten Patienten und Patientinnen zwischen 18 und 55 Jahren, deren EDSS-Score zwischen null und vier lag. Welche Verlaufsform der MS bei den Studienteilnehmern vorlag, spielte bei der Auswahl keine Rolle. Ausgeschlossen wurden solche Personen, die jünger als 18 oder älter als 55 Jahre waren und deren EDSS-Score über vier lag. Des Weiteren wurden alle Patienten mit zusätzlichen internistischen Erkrankungen von der Studie ausgeschlossen. Alle Patienten und Patientinnen, die die Auswahlkriterien erfüllten und Interesse an der Studie äußerten, bekamen per Post eine ausführliche Patienteninformation sowie eine Einverständniserklärung (Dokumente siehe Anhang) zugesendet, die sie nach erneuter Rücksprache mit der Trainerin im Falle neu aufgetretener Fragen unterschrieben zurück an die Klinik und Poliklinik für Neurologie des Universitätsklinikums Regensburg am Bezirksklinikum übermittelten. Nachdem für einige Interessenten die Teilnahme nach genauerer Besprechung aufgrund von zu langem Anfahrtsweg oder Zeitmangel leider nicht möglich war, verblieben am Ende der Rekrutierungsphase zehn Patienten, die gleichmäßig auf beide Interventionsgruppen aufgeteilt wurden.

Im Anschluss wurden die Patientendokumente der Probanden hinsichtlich kürzlich abgelaufener Untersuchungen gesichtet, um zu eruieren, welche Voruntersuchungen noch vorzunehmen sind. Zu den Voruntersuchungen gehörten eine Blutabnahme, eine neuropsychologische Testung, eine MRT-Untersuchung des Schädels, sowie das Tragen einer Actiwatch über fünf Tage zur Registrierung des Bewegungsumfanges.

Falls der letzte Untersuchungsbefund zu alt war, um für diese Studie von Relevanz zu sein, wurden neue Termine mit den Patienten vereinbart, die entweder noch vor Studienbeginn oder während der unmittelbaren Anfangsphase der Intervention stattgefunden haben.

Aufgrund von mangelndem Allgemeinbefinden musste die Studie von zwei der Teilnehmer abgebrochen werden. Ein weiterer Patient konnte wegen einer Handverletzung nicht weiter teilnehmen. Ein Proband wurde schließlich noch aufgrund mangelnder Teilnahme an den Terminen von der Studie ausgeschlossen. Im Verlauf der Intervention ist während der Anfangsphase ein weiterer Proband dazu gestoßen, der ab der zweiten Trainingseinheit anwesend war. Letztendlich schlossen somit sieben Patienten die Studie ab. Drei davon kletterten wöchentlich, während die anderen vier Teilnehmer alle drei Wochen trainierten (Abb. 4).

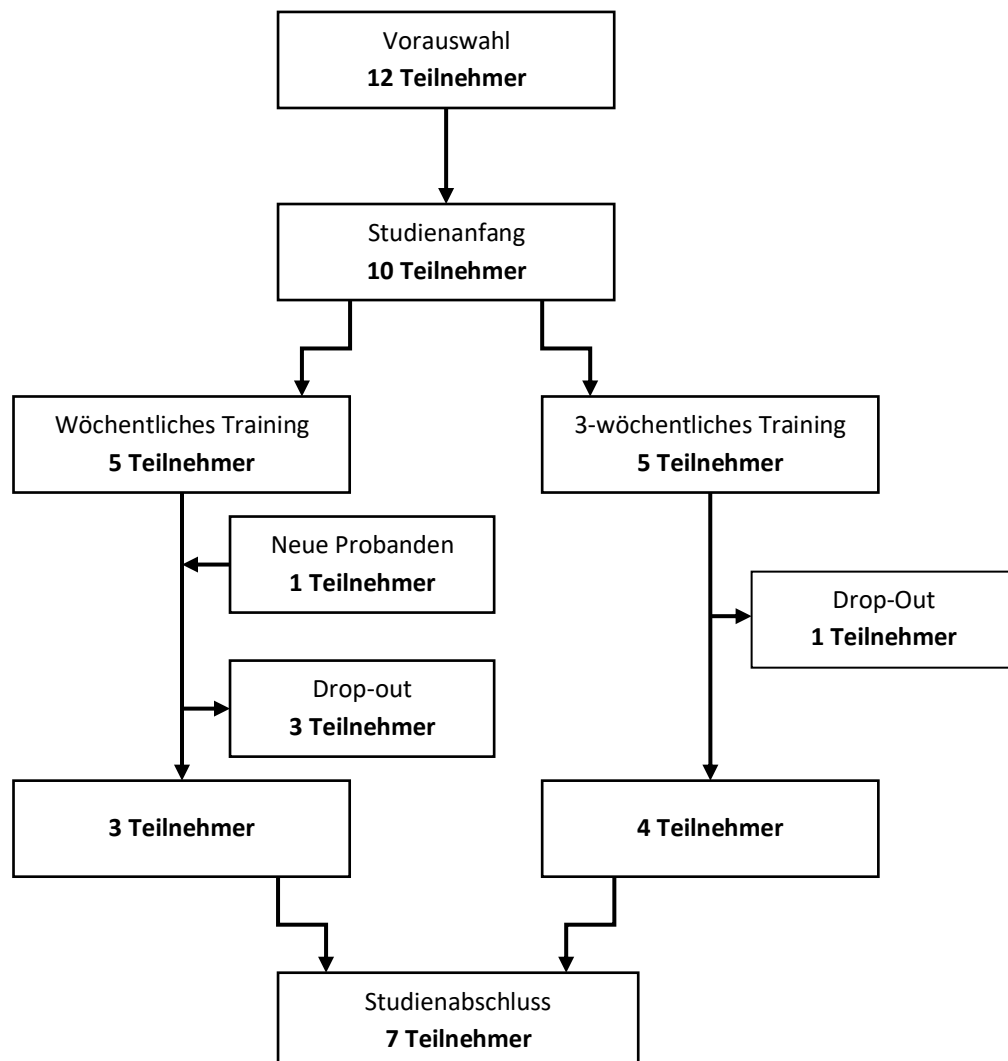


Abb.4.: Flowchart zur Veranschaulichung der Teilnehmerzusammensetzung

Tabelle 8 fasst Charakteristika der sieben Probanden zusammen, welche die Studie abgeschlossen haben und deren Angaben und Untersuchungsergebnisse somit in der Auswertung zu tragen kommen (Tab. 8).

Patienten-ID	Gruppe	Geschlecht	Alter	EDSS	Verlaufsform	Diagnose seit Monat/Jahr
1	Wöchentlich	Weiblich	24	1	CIS	12/2014
2	Wöchentlich	Männlich	37	1	RRMS	04/2015
5	Wöchentlich	Weiblich	37	1	RRMS	11/2015
6	3-wöchentlich	Weiblich	49	3	RRMS mit Residuen	05/2006
7	3-wöchentlich	Männlich	22	2	RRMS	02/2013
8	3-wöchentlich	Männlich	32	0	RRMS	08/2014
9	3-wöchentlich	Weiblich	44	0	RRMS	11/2013

Tab. 8: Charakteristika der Probanden, die die Studie zu Ende führten

3.2 Actiwatch

Die Actiwatch ermöglicht es, die Bewegungen des Probanden Tag und Nacht aufzuzeichnen. Sie hat etwa die Größe einer Armbanduhr und wird auch ebenso am Arm befestigt. Das Gerät ist sehr robust und kann bei den meisten Aktivitäten getragen werden. Abzulegen ist sie nur beim Schwimmen und duschen, um eine Schädigung durch das Wasser zu verhindern. Insbesondere bei der Aufzeichnung in der Nacht kann das Gerät Rückschlüsse auf die Schlafdauer und -qualität geben und im Falle eines gestörten Schlafverhaltens abnorme Bewegungsintensitäten feststellen. Die Patienten wurden angehalten, die Actiwatch möglichst ununterbrochen zu tragen, um eine ausreichende Übersicht über die Bewegungsaktivitäten über den Untersuchungszeitraum von fünf Tagen hinweg zu gewährleisten.

Die Geräte wurden den Studienteilnehmern zum Teil an den Terminen den Trainingseinheiten ausgehändigt, zum Teil wurden auch individuelle Termine und Treffpunkte vereinbart. Die Rücksendung erfolgte entweder mit der Post oder durch direkte Übergabe, sodass sichergestellt werden konnte, dass die Actiwatches rechtzeitig ausgelesen werden konnten und für den nächsten Studienteilnehmer zur Verfügung stehen.

Zur Auswertung der erhobenen Daten wurde das Programm „Sleep Analysis 7“ verwendet. Das Programm erlaubt es, den mittels Actiwatch aufgezeichneten Bewegungsumfang des Probanden graphisch in einem sogenannten Aktogramm darzustellen. Des Weiteren gibt das Programm absolute Werte für den mittleren Bewegungsumfang eines Probanden an, sodass vergleichbare Daten erhoben werden können.

3.3 Stresstestung

Die Möglichkeit einer Biofeedbacktestung von vier Probanden im Klinikum in Donaustauf ergab sich erst nach Beginn der Studie. Die Testung wurde dann jedoch so schnell wie möglich eingeleitet, um dennoch möglichst aussagekräftige Ergebnisse nach Studienabschluss zu erzielen. Dabei wurden die Teilnehmer einer kurzen Stresstestung unterzogen, die im Folgenden beschrieben wird.

Zuerst einmal wurden verschiedene Messinstrumente am Patienten angebracht, um bei der späteren Untersuchung körperliche Reaktionen sichtbar zu machen. Dazu gehört auch ein Gurt, der um den Bauch geschnallt wird und die Atemtätigkeit aufzeichnet. Um die Muskelspannung zu registrieren, werden Elektroden im Nacken- und Schulterbereich des Patienten aufgeklebt, die die Aktivität der dortigen Muskeln messen. An den Fingern des Patienten wird ein Gerät zur Messung der Schweißdrüsenaktivität, der Körpertemperatur und der Hautleitfähigkeit angelegt. Der Patient erhält einen Kopfhörer, der eine Ablenkung von äußeren akustischen Reizen gewährleisten soll und die in der Testzeit integrierten Ruhephasen durch Musik unterstützt. Der Teilnehmer wird aufgefordert eine möglichst bequeme Sitzposition einzunehmen und die Anweisungen auf dem Monitor zu befolgen, der gut sichtbar direkt vor dem Probanden steht.

Der Stresstest beginnt nach der erfolgreichen Anbringung aller Messinstrumenten mit einer Ruhephase, um das Ausgangsniveau des Patienten zu registrieren. Im Anschluss daran beginnt die erste Phase des eigentlichen Stresstests mit dem sogenannten „Stroop-Test“: Der Patient erhält über den Monitor die Anweisung, die Schriftfarbe der folgenden Wörter auf dem Monitor laut auszusprechen. Daraufhin erscheinen am Monitor Farbbezeichnungen, der Patient soll jedoch nicht die einzelnen Wörter vorlesen, sondern lediglich deren jeweilige Schriftfarbe benennen. Nach wenigen Minuten, in denen der Proband diese Übung durchführt, folgt wieder eine Entspannungsphase.

Als nächstes erhält die Testperson die Aufgabe, von einer bestimmten Anfangszahl sieben abzuziehen, das Ergebnis laut auszusprechen und von dieser Zahl dann erneut sieben abzuziehen und so weiter. Nach einer gewissen Zeit wird die Aufgabe von einer erneuten Ruhephase unterbrochen.

Im letzten Anteil der Stresstestung führt der Patient dann ein sogenanntes Stressgespräch, bei dem über ein Thema gesprochen wird, welches momentan als besonders belastend angesehen wird. Nach einiger Zeit wird die Biofeedbacktestung dann mit einer letzten Entspannungsphase beendet.

Die gesamte Dauer der Messung beträgt in etwa zwanzig bis dreißig Minuten und die verschiedenen Messparameter können später im genauen Zeitverlauf betrachtet werden. Dadurch kann man visualisieren, in welcher Form sich welche Parameter im Verlauf des Stresstests verändert haben und wie lange die Testperson benötigt hat, nach einem Stressor in der Ruhephase zurück zum Ausgangsniveau zu gelangen, beziehungsweise ob ihr das überhaupt gelingt.

3.4 Neuropsychologie

Die neuropsychologische Testung dient dazu, die Gedächtnisleistung, Aufmerksamkeitsfähigkeit, Visuokonstruktion, Visuoperzeption und die sprachlichen Fähigkeiten einer Person zu ermitteln. Dabei unterzieht sich die zu untersuchende Person einer Reihe von verschiedenen Tests, deren Durchführung insgesamt zwei bis drei Stunden in Anspruch nimmt. Die standardisierten und validierten Tests ermöglichen es, das Ergebnis eines Individuums mit der neuronalen Funktionalität einer gesunden Kontrollgruppe desselben Alters zu vergleichen. Um einen möglichst guten Überblick sämtlicher neuronaler Subsysteme abzubilden, wird in der neuropsychologischen Testung eine Vielzahl verschiedener Tests durchgeführt (Luerding et al. 2016). Tabelle 9 gibt einen Überblick über die verschiedenen Bereiche, die in der neuropsychologischen Testung untersucht werden (Tab. 9).

Grundlegende kognitive Funktionen	Allgemeines Wissen Allgemeines Verständnis
Aufmerksamkeit und Konzentration	Psychomotorische Geschwindigkeit Komplexe visuelle Suche Visuelle Daueraufmerksamkeit Reaktionszeit (mit und ohne Vorwarnung)
Exekutive Funktionen	Gemeinsamkeiten finden Bilder ergänzen
Visuoperzeptive und visuokonstruktive Fähigkeiten	Einfache visuelle Suche Diskriminierung wichtige/unwichtige Bildde- tails Visuoperzeptives Konstruieren unter Zeit- druck Visuokonstruktion (Abzeichnen einer kom- plexen Figur)
Lernen und Gedächtnis	Verbale Gedächtnisspanne Nonverbale Gedächtnisspanne Reproduktion komplexer Textinformation Lern-/Reproduktionsleistung einer Wortliste Wiedergabe einer Interferenzliste Lern-/Reproduktionsleistung für nonverbale Information Reproduktionsleistung einer komplexen Fi- gur Langzeitgedächtnis für verbale und nonver- bale Information
Problemlösen und Sprache	Sprachliches Abstraktionsvermögen Lexikalische Wortflüssigkeit Semantische Wortflüssigkeit

Tab. 9: Bereiche, die in der neuropsychologischen Testung untersucht werden (Luerding et al. 2016)

Im Folgenden werden die unterschiedlichen Tests beschrieben, die in der neuropsychologischen Untersuchung zur Anwendung gekommen sind (Zusammenfassung siehe Tab. 10).

Zur Beurteilung der allgemeinen Leistungsfähigkeit wurden das allgemeine Wissen und das allgemeine Verständnis mittels der entsprechenden Teile des Hamburg-Wechsler-Intelligenztest für Erwachsene ermittelt.

Um die Konzentrationsfähigkeit und die Aufmerksamkeit der Probanden zu testen, wurden mehrere Tests durchgeführt. Beim Ruff 2&7-Test wird die zu untersuchende Person gebeten, unter einer Menge von Buchstaben beziehungsweise Zahlen alle Zweier und Siebener zu markieren. Außerdem wurde auch der Trail-making-Test angewendet, den es in zwei verschiedenen Formen gibt. Die Studienteilnehmer absolvierten beide Arten. Beim Trail-making-Test A sollen Zahlen der Reihe nach verbunden werden und beim Trail-making-Test B sollen alternierend Zahlen und Buchstaben der Reihe nach verbunden werden.

Ein weiterer Test, der vor allem eine Aussage über die Verarbeitungsgeschwindigkeit zulässt, ist der Zahlen-Symbol-Test. Hier ist das Ziel, dass die Testperson einer Reihe von Ziffern abstrakte Symbole zuordnet.

Schließlich wurden noch drei Tests aus der Testbatterie zur Aufmerksamkeitsprüfung (TAP) angewendet. Dabei handelt es sich zum einen um den Test der sogenannten „Alertness“. Die Alertness beschreibt den allgemeinen Wachheitszustand einer Person, der es zulässt, dass diese adäquat auf Reize und konkrete Aufforderungen reagieren kann. Dieser Test wird unter zwei Bedingungen durchgeführt: Eine Messung bestimmt die unmittelbare Reaktionszeit der Untersuchungsperson auf einen spezifischen Reiz. Beim zweiten Durchgang wird die Zeit gemessen, die die Testperson für die Reaktion auf den Reiz benötigt, nachdem unmittelbar davor eine Vorwarnung gegeben wird. Ein zweiter Test aus der TAP, der in der neuropsychologischen Untersuchung angewendet wurde, ist der „Go/NoGo“-Test. Die Verhaltenskontrolle der Testperson wird überprüft, indem zwei Reize dargeboten werden, von denen nur einer kritisch ist. Der Proband hat die Aufgabe, nur bei dem kritischen Reiz zu reagieren, während der andere Reiz keine Reaktion auslösen sollte. In einem weiteren Durchgang kann die Situation komplexer gestaltet werden, indem es fünf verschiedene Reize gibt, von denen zwei als kritisch definiert werden.

Der letzte Test zur Prüfung der Aufmerksamkeitsprüfung aus der TAP ist schließlich der Test der geteilten Aufmerksamkeit. Simultan ablaufende Prozesse müssen von der Testperson gleichzeitig verarbeitet werden. Die Aufgabenstellung besteht darin, dass der zu untersuchen-

de Proband zum einen auf einen bestimmten optischen Reiz, zur gleichen Zeit jedoch auch bei einem spezifischen akustischen Reiz reagieren soll.

Die visuokonstruktive und visuoperzeptive Leistung der Studienteilnehmer wurde mittels des Rey-Figure-Copy-Tests überprüft. Dabei soll eine komplexe Figur zunächst abgezeichnet werden und später auch aus dem Gedächtnis wiedergegeben werden.

Das wahrnehmungsgebundene logische Denken wird durch den Mosaik-Test ermittelt, der wiederum Teil des Hamburg-Wechsler-Intelligenztests ist. Mithilfe von zweifarbigen Würfeln soll die Testperson hier innerhalb einer gewissen Zeitspanne vorgegebene Muster nachbauen. Als weiterer Untertest des Hamburg-Wechsler-Intelligenztest für Erwachsene wurde zudem der Bilder-ergänzen-Test durchgeführt, der ebenfalls seine Aussagekraft im Bereich des logischen Denkens hat. Dem Probanden wird dabei eine Reihe von Bildern vorgelegt, auf denen jeweils das fehlende wesentliche Detail benannt werden soll.

Die Gedächtnisleistung der Testpersonen wurde überprüft, indem eine Zahlenspanne sowohl vorwärts als auch rückwärts aufgesagt werden sollte. Bei dem Rey-Figure-Retention-Test geht es darum, komplexe Figuren wiederzuerkennen. Des Weiteren wurden die Studienteilnehmer gebeten, im Rahmen des California-Verbal-Learning-Tests eine Wortliste von 16 Wörtern auswendig zu lernen und nach unterschiedlich langen Zeitspannen möglichst viele der gelernten Wörter wiederzugeben. Bei der Testung der Corsi-Blockspanne sieht die Testperson neun Blöcke vor sich. Die Aufgabe besteht darin, sich zu merken, in welcher Reihenfolge die Blöcke berührt werden und sie dann unmittelbar danach selbst in der gleichen Reihenfolge anzutippen. Dabei wächst die Anzahl der berührten Blöcke mit jedem Durchgang.

Der Regensburger Wortflüssigkeitstest ermöglicht eine Aussage über sowohl die semantische, als auch die formallexikalische Wortflüssigkeit, indem zu jedem dieser zwei Bereiche je fünf Fragen beantwortet werden müssen. Zur Testung der formallexikalischen Wortflüssigkeit sollen die Testpersonen über einen vorgegebenen Zeitraum von zwei Minuten möglichst viele Wörter nennen, die mit einem bestimmten Anfangsbuchstaben beginnen. Die Überprüfung der semantischen Wortflüssigkeit erfolgt über die Nennung möglichst vieler Wörter zu einem bestimmten vorgegebenen Überbegriff. Dabei sollten die Probanden zu den beiden Begriffen „Tiere“ und „Lebensmittel“ innerhalb von zwei Minuten jeweils alle Wörter nennen, die ihnen dazu einfallen. Das verbale Schlussfolgern der Testpersonen wurde mittels eines Untertests des Hamburg-Wechsler-Intelligenztest für Erwachsene untersucht. Bei diesem Test müs-

sen Gemeinsamkeiten von Wörtern gefunden werden. Dabei kann das Sprachverständnis überprüft werden.

Allgemeine Leistungsfähigkeit	Hamburg-Wechsler-Intelligenztest für Erwachsene (allgemeines Wissen, allgemeines Verständnis)
Aufmerksamkeit und Konzentration	Ruff 2&7-Test Trail-Making-Test (A und B) Zahlen-Symbol-Test Testbatterie zur Aufmerksamkeitsprüfung: Alertness, Go/NoGo, geteilte Aufmerksamkeit
Visuoperzeptive und visuokonstruktive Fähigkeiten	Rey-Figure-Copy-Test Mosaik-Test Bilder-ergänzen-Test
Lernen und Gedächtnis	Zahlenspanne vorwärts und rückwärts Rey-Figure-Retention-Test California-Verbal-Learning-Tests Corsi-Blockspanne
Problemlösen und Sprache	Regensburger Wortflüssigkeitstest Gemeinsamkeiten finden

Tab. 10: Angewendete Tests in der neuropsychologischen Untersuchung

Die Teilnehmer der Studie „Klettern mit MS“ unterzogen sich jeweils zweimal dieser neuropsychologischen Testung. Einmal wurden sie zu Studienbeginn untersucht und dann nochmals nach dem Abschluss des Klettertrainings. Um zu verhindern, dass das Ergebnis der zweiten Testung besser ausfällt, nur weil sich einige der Tests wiederholen und dem Probanden noch von der ersten Testung bekannt sind, wurde der empfohlene zeitliche Mindestabstand von sechs Monaten eingehalten. Dadurch wird gewährleistet, dass beide Ergebnisse miteinander vergleichbar sind und eine wahrheitsgemäße Aussage über die untersuchten neurologischen Fertigkeiten getroffen werden kann.

Um die diversen Untertests auch untereinander vergleichen zu können, wurden sogenannte z-Werte angewendet. Bei jedem der Tests kann ein Prozentrang errechnet werden, auf dem sich

die getestete Person im Vergleich zur Gesamtgesellschaft befindet. Dieser Prozentrang kann dann mittels Tabelle in einen z-Wert umgewandelt werden. Mithilfe des z-Wertes kann man also die Ergebnisse verschiedener Tests direkt miteinander vergleichen und mittels Zusammenfassung mehrerer Tests mittlere z-Werte bilden. So kann beispielsweise ein z-Wert für die semantische Wortflüssigkeit gebildet werden, indem der Mittelwert der beiden z-Werte errechnet wird, die die Testperson in den beiden Untertests des Regensburger Wortflüssigkeitstests erreicht hat, in denen er zum einen möglichst viele Wörter zum Überbegriff „Lebensmittel“ nennen soll und zum anderen zum Überbegriff „Tiere“. Alle Untertests der neuropsychologischen Testung können somit beliebig miteinander verglichen werden.

Zur Auswertung herangezogen wurden insbesondere jene Bestandteile der neuropsychologischen Testung, die am ehesten eine Abhängigkeit von der Neuroplastizität aufweisen. Folgende Tabelle gibt einen Überblick über die verschiedenen Untertests, die zur Analyse herangezogen wurden (Tab. 11).

Zahlenspanne vorwärts
Zahlenspanne rückwärts
Ruff 2&7
Corsi-Blockspanne
Semantische Wortflüssigkeit
Trail-Making-Test A
Trail-Making-Test B
Rey-Figure-Copy-Test
Zahlen-Symbol-Test

Tab. 11: Untertests der neuropsychologischen Testung, die im Zusammenhang mit der Neuroplastizität stehen und zur Auswertung herangezogen wurden

Andere Tests, die das allgemeine Wissen und das allgemeine Verständnis untersuchen, wie beispielsweise die Bestandteile des Hamburg-Wechsler-Intelligenztest für Erwachsene, sowie der Mosaik-Test und der Bilder-ergänzen-Test verhalten sich in der Regel intraindividuell stabil und lassen sich durch Training nicht wesentlich beeinflussen.

3.5 Fragebögen

Im Verlauf der Studie erhielten die Trainingsteilnehmer zu drei verschiedenen Zeitpunkten einige Fragebögen mit der Bitte, sie auszufüllen. Die Bögen zielten darauf ab, zum einen allgemeine Informationen zur Person zu erhalten, zum anderen aber auch mögliche Veränderungen verschiedener Untersuchungsparameter wie beispielsweise den Grad einer möglichen Depression oder die Lebensqualität aufzudecken. Im Folgenden werden die einzelnen verwendeten Fragebögen kurz vorgestellt.

3.5.1 Allgemeine Informationen

Um einige allgemeine Informationen zu den einzelnen Studienteilnehmern zu sammeln, wurde zu Beginn der Intervention ein Fragebogen ausgeteilt, der Daten wie das Alter, das Körpergewicht und den Berufsstand abfragt (siehe Anhang).

3.5.2 Selbst entworfener Fragebogen

Außerdem wurde den Patienten zu allen drei Untersuchungszeitpunkten ein von der Klettertrainerin selbst angefertigter Fragebogen zur Erfassung der momentanen körperlichen Fitness und der immateriellen Lebensqualität der Probanden ausgehändigt. Um einen groben Überblick über das sportliche Aktivitätsprofil der einzelnen Studienteilnehmer zu erhalten, sollen hier diverse Fragen beantwortet werden. Beispielsweise wird nach der Dauer und Art von körperlicher Aktivität im Alltag gefragt. Zudem sollen die Probanden eine Einschätzung ihrer eigenen Fitness zum Zeitpunkt des Ausfüllens angeben. Auf einer Skala sollen die Studienteilnehmer angeben, wie wichtig ihnen sportliche Aktivität in ihrem Leben erscheint. So kann in etwa abgeschätzt werden, welchen Stellenwert der Sport für die einzelnen Probanden hat. Ebenso enthält dieser Fragebogen Angaben über mögliche Erfahrungen mit dem Sport Klettern und einige Fragen zur Einschätzung bestimmter Persönlichkeitscharakteristika wie Ängstlichkeit, Selbstvertrauen, die Fähigkeit, seinen Mitmenschen zu vertrauen und Motivationsbereitschaft. Angaben über die Qualität einer bestehenden Partnerschaft und die Selbstbeurteilung der Interaktionsqualität mit der eigenen Familie sollen Anhaltspunkte zu Lebensqualität und sozialer Integration der Probanden liefern. Bei der Anfangsevaluation wird zudem nach erwarteten Auswirkungen des Trainings gefragt und nach Abschluss der Studie nach möglicherweise eingetretenen Veränderungen in diversen Bereichen (siehe Anhang).

3.5.3 QOL

Der QOL-Fragebogen (Quality of Life) (siehe Anhang) erfragt anhand von 10 verschiedenen Items die Lebensqualität einer Person. Beachtet werden dabei neben dem gesundheitlichen und körperlichen Wohlbefinden auch spirituelle Aspekte. Bei diesem Fragebogen handelt es sich um ein schnell durchführbares, verlässliches und valides Instrument zur Erfassung der aktuellen Lebensqualität (Mezzich et al. 2011). Die befragte Person hat bei jeder der Fragestellungen die Möglichkeit, einen Wert von eins bis zehn zu vergeben, wobei stets gilt: Je höher die gewählte Zahl, desto größer ist die Lebensqualität in diesem Bereich. Die maximal erreichbare Punktzahl beträgt somit 100, die minimal erreichbare 10 Punkte.

3.5.4 SAS

Der SAS-Fragebogen (Self-rating Anxiety Scale) (siehe Anhang) dient der Quantifizierung der Ängstlichkeit. Der Proband muss dabei für 20 Items, die die vier Bereiche Kognition, zentralnervöses System, autonomes und motorisches System umfassen jeweils angeben, inwieweit diese auf ihn selbst zutreffen. Zur Verfügung steht dabei eine vierstufige Likert-Skala. Der maximale Punktwert im SAS beträgt 80, das minimal erreichbare Ergebnis ist 20. Bei der Auswertung des Fragebogens wird zwischen folgenden Scores unterschieden: Liegt der errechnete Wert bei über 75 Punkten, so geht man von extremer Ängstlichkeit aus. Zwischen 60 und 74 Punkten spricht man von auffälliger bis schwerer und bei 45 bis 59 Punkten von milder bis moderater Ausprägung der Ängstlichkeit. Liegt das Ergebnis unter 44 Punkten, so ist das Merkmal der Ängstlichkeit im durchschnittlichen Rahmen (Zung 1971).

3.5.5 SDS

Genauso wie beim oben beschriebenen SAS-Fragebogen ist der sogenannte SDS-Fragebogen (Self-rating Depression Scale) (siehe Anhang) aufgebaut. Auch hier gibt es 20 Items, bei denen die Testperson sich zwischen den Ausprägungen selten/nie, manchmal, oft und meistens/immer entscheiden kann. Die Abfrage bezieht sich ausschließlich auf die letzten Wochen. Bei einem Ergebnis von unter 44 Punkten gilt die Person als nicht depressiv, bei 45 bis 59 Punkten als leicht und bei 60 bis 69 Punkten schon als durchaus depressiv. Ab über 70 Punkten spricht man von einer starken Depression (Zung 1965).

3.5.6 GSE

Beim GSE-Test (General Self-Efficacy) (siehe Anhang) handelt es sich um einen häufig eingesetzten Fragebogen zur Ermittlung der allgemeinen Selbstwirksamkeitserwartung einer Person. Bei insgesamt 10 Items muss die Testperson auf einer vierstufigen Skala angeben,

inwieweit die Aussage auf sie selbst zutrifft. Das erreichbare Ergebnis liegt im Bereich zwischen 10 und 40 Punkten. Je höher die erreichte Punktzahl ist, die sich durch Summierung aller zehn Einzelpunktzahlen ergibt, desto höher ist die Selbstwirksamkeitserwartung einzuordnen (Freie Universität Berlin).

3.5.7 BDI

Das Becks Depression Inventar (BDI) (siehe Anhang) ist ein Fragebogen, der aus insgesamt 21 Gruppen besteht. In jeder Gruppe muss der Proband genau die Aussage auswählen, die am ehesten auf ihn zutrifft. Jeder Antwortmöglichkeit ist eine bestimmte Punktzahl zugeordnet. Das Gesamtergebnis des BDI ergibt sich durch Aufsummierung der 21 einzelnen Punktwerte. Das maximal erreichbare Ergebnis beträgt 63 Punkte. Die Cut-off Werte des BDI sind folgendermaßen festgelegt: Liegt das Ergebnis unter 10 Punkten, so wird davon ausgegangen, dass keine Depression vorliegt. Zwischen 10 und 19 Punkten spricht man von einem leichten, bei 20 bis 29 Punkten von einem mittelgradigen depressivem Syndrom. Bei Vorliegen einer Gesamtpunktzahl von 30 oder mehr Punkten wird das Vorhandensein einer schweren Depression angenommen (S3-Leitlinie/NVL Unipolare Depression).

3.5.8 Fatigue Severity Scale

Bei der Fatigue Severity Scale (siehe Anhang) handelt es sich um einen Fragebogen, der den Schweregrad der Fatigue eines Menschen feststellt. Bei insgesamt neun Aussagen muss angegeben werden, inwieweit diese zutreffen. Die Skala reicht dabei von eins für "Stimme gar nicht zu" bis zu sieben für "Stimme vollkommen zu". Bei der Auswertung kann der Untersucher entweder einen Mittelwert aus der Summe der Punkte aller sieben Aussagen bilden und bei einem Ergebnis von vier oder mehr Punkten von einer erhöhten Fatigue ausgehen oder die Gesamtsumme des Fragebogens errechnen. Je höher das Ergebnis ist, desto höher ist auch die Fatigue. Genaue Cut-off Werte sind dabei jedoch nicht bekannt (Pfeffer 2008). Für die Auswertung des Fragebogens im Rahmen dieser Studie wurde letztere Methode angewendet.

3.6 Ablauf des Trainings

In der Vorphase der Studie entwickelte die Trainerin unter Mithilfe von anderen Klettertrainern einen Trainingsplan (siehe Anhang), der aus 16 Trainingseinheiten von jeweils etwa zwei Stunden Dauer besteht. Dieses Programm enthielt neben ausreichend bemessener Zeit an der Kletterwand auch Übungen zum Erlernen der grundlegenden Klettertechniken und Trainingseinheiten zur Schulung von Kraft, Balance, Konzentration und Koordination. Um das Training möglichst abwechslungsreich zu gestalten, wurde auch auf spielerische Elemente und Gruppenübungen zur Stärkung des Vertrauens untereinander und des Teamgeistes Wert gelegt.

Das Training selbst fand in der DAV-Kletterhalle in Lappersdorf, Regensburg statt. Die Kletterwände dort sind bis zu 14 Meter hoch, für Anfänger steht jedoch ein Wandbereich zur Verfügung, der mit acht Metern kürzer ist und zudem bessere Tritt- und Griffmöglichkeiten bietet und somit klettertechnisch leichter zu bewältigen ist.

Die Anforderungsgrade der verschiedenen Kletterrouten differieren sehr stark. Abhängig von der Wandneigung, der Griffgröße und dem Griffabstand kann eine Vielzahl an fein abgestuften Schwierigkeitsgraden geboten werden. Darüber hinaus bietet die Kletterhalle drei Übungsbereiche mit nur etwa drei Meter Wandhöhe und Fallschutzmatten, in denen das Erlernen und Üben von Klettertechniken ohne große Verletzungsgefahr möglich ist. Bei gutem Wetter kann man zudem den großen Außenbereich nutzen, der neben zahlreichen Kletterrouten auch ein großes Trampolin und eine sogenannte Slackline beinhaltet. Das Trampolin ermöglicht die Durchführung von Balanceübungen. Bei der Slackline handelt es sich um ein etwa fünf Zentimeter breites, gespanntes Band, auf dem es zu balancieren gilt. Für diese Aufgabe ist ein hohes Maß an Körperbeherrschung und Konzentration nötig. Dieses Übungsgerät eignet sich hervorragend als Ergänzungstraining zum Klettern und liefert eine Vielzahl an zusätzlichen Übungsmöglichkeiten.

Der erste Trainingstermin fand für beide Gruppen am 05.03.2016 statt. Dort erhielt jeder Patient eine Mappe mit Fragebögen und einem Informationszettel mit den folgenden Terminen, die für die eine Gruppe wöchentlich, für die andere dreiwöchentlich stattfinden sollten. Das benötigte Material wie Seile, Klettergurte, Sicherungsgeräte, Kletterschuhe und zusätzliche Trainingsmaterialien (Springseile, Softbälle usw.) wurden entweder von der Trainerin oder von der Kletterhalle gestellt.

Um den neusten Empfehlungen des Deutschen Alpenvereins gerecht zu werden, fiel die Wahl des Sicherungsgerätes auf den sogenannten „Smart“. Dabei handelt es sich um ein halbautomatisches Gerät, das eine integrierte Bremsfunktion im Falle eines Sturzes beinhaltet. Dadurch wird ein Maximum an Sicherheit gewährleistet und die Gefahr eines Sturzes stark vermindert. Alle Teilnehmer der Studie wurden in die Sicherungstechnik eingeführt und konnten sich gegenseitig sichern, sofern der Kletterpartner dem zustimmte.

Selbstverständlich wurde darauf geachtet, dass die Handhabung des Sicherungsgerätes korrekt eingehalten wurde und die Trainerin stets zusätzlich das Bremsseil hintersicherte, damit der Kletterer zu keinem Zeitpunkt einem Risiko ausgesetzt war.

Bei den verwendeten Kletterseilen handelte es sich teilweise um bereits in der Halle befindliche Seile, die speziell für die Nutzung zum Toprope-Klettern ausgelegt sind. Diese Seile sind fest an bestimmten Stellen fixiert, sodass die entsprechenden Routen immer im Toprope-Stil begangen werden können.

Weitere Seile wurden vor Beginn des Trainings von der Trainerin so angebracht, dass das Toprope-Klettern daran möglich war. Dazu wurden Leihseile aus der Kletterhalle verwendet, die mit einer Länge von 40 Metern für alle Routen verwendet werden konnten. Der Standort dieser Seile wurde von der Trainerin entsprechend der Leistungen der Teilnehmer ausgewählt. So konnte sichergestellt werden, dass jedem der einzelnen Probanden eine Kletterroute zur Verfügung stand, die seinen Kletterfähigkeiten und Ansprüchen entspricht.

Des Weiteren konnte mit dem Anbringen weiterer Seile neben den fixierten Topropeseilen der Halle auch auf einzelne Wünsche der Studienteilnehmer eingegangen werden. So konnte auf die Bitte eines Probanden eine ganz bestimmte Klettertour ausgewählt werden, die er im Anschluss im Toprope ausprobieren konnte.

Manche der Studienteilnehmer entschieden sich dafür, während des Kletterns normale Hallenturnschuhe zu tragen. Diese sind bequemer als Kletterschuhe, welche sehr eng sitzen müssen. Jedoch verringert sich die Trittpräzision durch das Tragen von Turnschuhen. Wichtige grundlegende Klettertechniken können aber auch mit Turnschuhen erlernt werden. Einer der Studienteilnehmer brachte seine eigenen Kletterschuhe mit zum Training. Dabei handelte es sich um reguläre Schuhe aus dem Anfängerbereich, die dadurch gekennzeichnet sind, dass sie im Vergleich zu Kletterschuhen für fortgeschrittene Kletterer eine recht harte Sohle haben. Dies führt dazu, dass sich die Schuhe nicht so schnell abnutzen und somit eine längere Überlebensdauer haben, jedoch auch zu einem schlechteren Tritgefühl, insbesondere bei sehr kleinen Tritten. Da am Anfang beim Klettern die kleinen Tritte jedoch keine sehr große Rolle

spielen, sind die Kletterschuhe aus dem Anfängerbereich sehr gut geeignet, um die optimale Tritttechnik zu erlernen.

Die Probanden, die weder eigene Kletterschuhe besaßen, noch mit Hallenturnschuhen klettern wollten, wurden mit Leihschuhen der Marke Beal aus der Kletterhalle ausgestattet. Auch bei diesen Schuhen handelt es sich um ein Modell aus dem Anfängerbereich, das die oben genannten Vor- und Nachteile bietet.

Derselbe Studienteilnehmer, der seine eigenen Kletterschuhe mitbrachte, benutzte auch einen eigenen Klettergurt. Bei einer Überprüfung auf die aktuellen Sicherheitsstandards kamen keinerlei Mängel zum Vorschein. Die restlichen Probanden erhielten Leihgurte der Marke Beal aus dem Bestand der Kletterhalle, die den allgemeinen Normen entsprechen. Je nach Größe und Hüftbreite des Kletterers stehen drei verschiedene Gurtgrößen zur Auswahl. Zusätzlich kann jeder Gurt sowohl an der Hüfte, als auch an den beiden Beinschlaufen individuell verstellt werden, damit ein optimaler Sitz und ein maximaler Tragekomfort sichergestellt werden kann.

Die Durchführung des Trainings orientierte sich grob an dem im Vorfeld erstellten Trainingsplan. Aufgrund mangelnder Teilnehmerzahl an einzelnen Terminen mussten jedoch einige Gruppenübungen, die eine bestimmte Personenanzahl erfordern, auf einen späteren Termin verschoben werden und andere Übungen wurden stattdessen vorgezogen. Außerdem konnten im Laufe des Trainings immer mehr auf die individuellen Wünsche und Bedürfnisse der Probanden eingegangen werden, sodass der Trainingsplan letztendlich zwar einen groben Leitfaden vorgab, jedoch nicht eins zu eins umgesetzt werden konnte.

Da einige der Teilnehmer mehrmals aufgrund von persönlichen Gründen fehlten und in der Zwischenzeit auch ein neuer Proband hinzugekommen war, wurde die Dauer der Studie schließlich um drei Wochen verlängert, sodass die wöchentlich trainierenden insgesamt 19, und die dreiwöchentlichen Teilnehmer sieben Termine in der Kletterhalle hatten. Bei verpassten Terminen der Teilnehmer, die nur alle drei Wochen kletterten wurde versucht, diese Trainingseinheit später in der anderen Gruppe nachzuholen, was aber leider nicht immer gelang. Da einige der Teilnehmer einen sehr langen Anfahrtsweg sowie terminliche Überschneidungen hatten, war es leider unvermeidbar, dass manche der Probanden mehrere Termine nicht wahrnehmen konnten.

Im Rahmen der zehnten Trainingseinheit wurden die Fragebögen für die Zwischenevaluation ausgeteilt.

Am letzten Trainingstermin erfolgte die erneute Ausgabe der Fragebögen. In der Phase nach Abschluss der Studie wurden nochmals die gleichen Untersuchungen wie zu Beginn der Intervention durchgeführt, um dadurch auf mögliche Effekte des Kletterns schließen zu können.

3.7 Statistische Auswertung

Zur statistischen Auswertung dieser Arbeit wurde IBM SPSS Statistics (Version 23) verwendet.

Vor der statistischen Datenanalyse wurden die Daten mittels des Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstests und mittels Erstellung von Histogrammen auf Normalverteilung überprüft.

Um mögliche Gruppenunterschiede zu erkennen, die vor oder nach Abschluss des Klettertrainings im Vergleich der beiden Interventionsgruppen vorliegen, wurde der parameterfreie Mann-Whitney-U-Test verwendet, der bei unabhängigen Stichproben Anwendung findet.

Der Zusammenhang der Messparameter über die verschiedenen Messzeitpunkte hinweg erfolgte mittels des nicht-parametrischen Wilcoxon-Tests.

Die Effektstärke wurde mithilfe der Formel $r = \left| \frac{z}{\sqrt{N}} \right|$ berechnet, wobei z der Teststatistik des entsprechenden Tests entspricht und N die Fallzahl wiedergibt. Bei $r < 0,3$ ergibt sich ein kleiner, bei $0,3 < r < 0,5$ ein mittlerer Effekt und ein $r > 0,5$ zeigt einen großen Effekt an.

Die α -Fehlerwahrscheinlichkeit wurde auf fünf Prozent festgelegt, sodass p -Werte $\leq 0,05$ als signifikant gelten.

Die Erstellung der unterschiedlichen Grafiken und der Tabellen erfolgte teils mit SPSS, teils aber auch mit Microsoft Office Excel 2007. Beide Programme kamen zum Einsatz, um die Erstellung möglichst aussagekräftiger Diagramme zu jeder Art von Fragestellung zu gewährleisten.

Die in sämtlichen Grafiken und Abbildung mit „Pat_ID 1“, „Pat_ID 2“, „Pat_ID 5“, oder nur mit „ID 1“, „ID 2“ oder „ID 5“ gekennzeichneten Studienteilnehmer gehörten der Interventionsgruppe an, die sich wöchentlich zum Training in der Kletterhalle traf. Die mit den Nummern sechs bis neun dargestellten Probanden waren in der Gruppe, die dreiwöchentlich trainierte. Da sich die Probandenzahl im Laufe der Studie zunehmend reduziert hat und somit geringer ausfiel als ursprünglich geplant, wurden bei der Untersuchung von signifikanten Unterschieden zu den beiden Messzeitpunkten alle sieben Probanden, die die Studie abgeschlossen haben, zusammengefasst. Somit wurde eine Stichprobengröße von zumindest $N=7$ ge-

währleistet, obwohl in der wöchentlichen Interventionsgruppe lediglich drei und in der dreiwöchentlichen Gruppe vier Probanden die Studie abschlossen.

4 Ergebnisse

4.1 Klettern

Im Laufe der Zeit konnte beobachtet werden, wie sich die Kletterfähigkeiten der Teilnehmer Schritt für Schritt verbesserte. Sowohl die Klettertechnik, als auch die Kraft und die Ausdauer schienen von Trainingseinheit zu Trainingseinheit zuzunehmen. Nach dem Erlernen einer neuen Technik versuchten die Teilnehmer stets, diese während ihrer nächsten Routen anzuwenden. Obwohl es schwierig ist, die Bewegungsabfolgen, die man zuvor an genau definierten Griffen und Tritten einstudiert hat dann später genauso an einer anderen Kletterstelle in einer Route anzuwenden, gelang dies den Probanden durchwegs recht ordentlich. Die Schwierigkeit liegt unter anderem daran, dass während des Kletterns ein hohes Maß an Konzentration gefordert ist und es daher leicht passieren kann, dass man sich ausschließlich auf das nach oben Kommen konzentriert, ohne darüber nachzudenken, wie genau man nun am kraftsparendsten dorthin gelangt. Auf der anderen Seite ist es nicht einfach zu erkennen, an welcher Kletterstelle man am besten welche der zahlreichen Techniken anwenden sollte. Das Wiedererkennen von bestimmten Griffabfolgen, die die Anwendung der gelernten Technik ermöglichen, ist mit viel Körperbewusstsein und hoher Übungsintensität verbunden.

Selbst wenn die Technik also theoretisch gut beherrscht wird und an genau definierten Griffen und Tritten auch vom Kletterer abrufbar und anwendbar ist, kann es passieren, dass der Transfer an eine spezifische Klettersituation innerhalb einer Route an der Kletterwand schwer fällt. Daher wurde den Studienteilnehmern allesamt geraten, sich nicht beirren zu lassen. Sie wurden gebeten zu versuchen, möglichst viel der gelernten Klettertechnik einzusetzen, auch wenn dies bedeutet, dass ihnen eine Kletterroute, die sie vorher geschafft haben, möglicherweise zu Beginn nun schwerer erscheint. Denn im Endeffekt entwickelt man mit einer verbesserten Technik einen kraftsparenderen und technisch einwandfreien Kletterstil, der die Grundlage für mehr Ausdauer und vor allem auch für das Erreichen des nächsten Schwierigkeitsgrades darstellt.

Tatsächlich konnte bei der Beobachtung der einzelnen Kletterer festgestellt werden, dass sie einige der Technikaspekte im Laufe der Zeit immer sicherer anwendeten und oftmals letztendlich dazu übergingen, in den entsprechenden Situationen ganz automatisch auf die richtige Klettertechnik zurückzugreifen.

Insgesamt verbesserte sich die Klettertechnik bei allen sieben Teilnehmern. Dabei war bei vier der Teilnehmer ein etwas geringerer Zuwachs der Fertigkeiten zu erkennen, während bei den drei anderen eine größere Entwicklung festgestellt werden konnte. Zwei der drei Personen mit dem besseren Erfolg bei der Anwendung der Techniken an der Kletterwand gehörten zu der Trainingsgruppe, die wöchentlich trainierte.

Am Verlauf der Studie ist auch zu erkennen, dass die Anzahl der Routen, die die Teilnehmer während des Trainings bewältigen bei einigen der Studienteilnehmer zunehmende Tendenz aufweist. Dabei ist natürlich zu beachten, dass die Routenanzahl auch davon abhängig ist, wie viel Zeit für das Aufwärmen und eventuelle technische Übungen aufgewendet wurde. Des Weiteren spielt auch die Teilnehmeranzahl zum Termin der entsprechenden Trainingseinheit eine wesentliche Rolle dabei, wie oft jeder einzelne Kletterer an die Reihe kommt. Zu guter Letzt hängt die Anzahl der pro Training gekletterten Routen natürlich auch von deren Schwierigkeit und von der jeweiligen Tagesform der Teilnehmer ab.

Die folgenden Abbildungen zeigen, wie viele Routen der entsprechende Teilnehmer in den einzelnen Trainingseinheiten geklettert ist. Die Probanden mit der ID 1, ID 2 und ID 5 nahmen am wöchentlichen Training teil, während die mit ID 6 bis ID 9 gekennzeichneten Studienteilnehmer zu der Gruppe gehören, die alle drei Wochen trainierten. Daher ist im jeweiligen Diagramm zu erkennen, dass diese Personen nur zu den entsprechenden Trainingseinheiten vor Ort waren. Außerdem lässt sich aus den Abbildungen ablesen, wie oft die einzelnen Studienteilnehmer das Training verpasst haben, oder dass der mit ID 6 gekennzeichnete Proband einen verpassten Termin in der anderen Trainingsgruppe nachholte (Abb. 5 – 11).

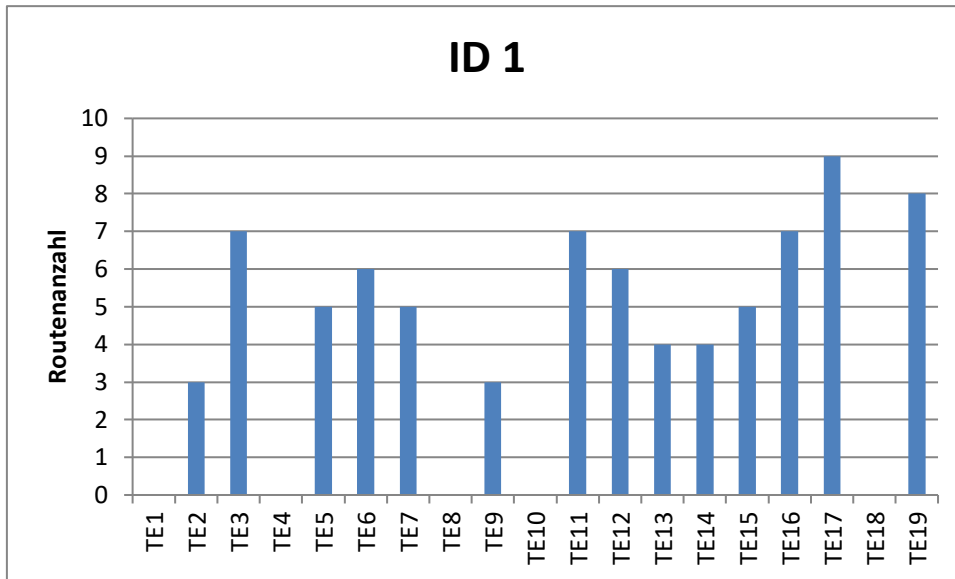


Abb. 5.: Anzahl der gekletterten Routen des Teilnehmers mit der ID 1

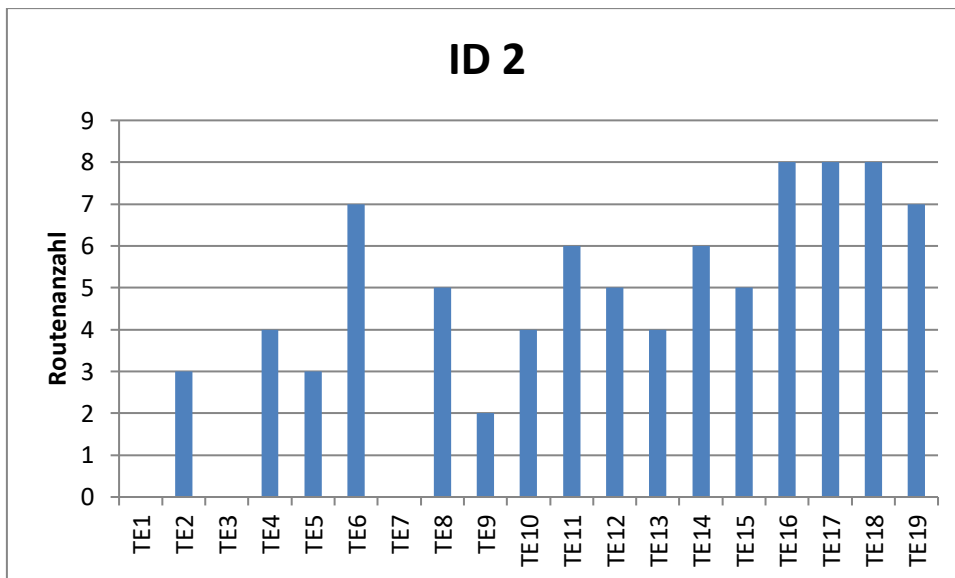


Abb. 6.: Anzahl der gekletterten Routen des Teilnehmers mit der ID 2

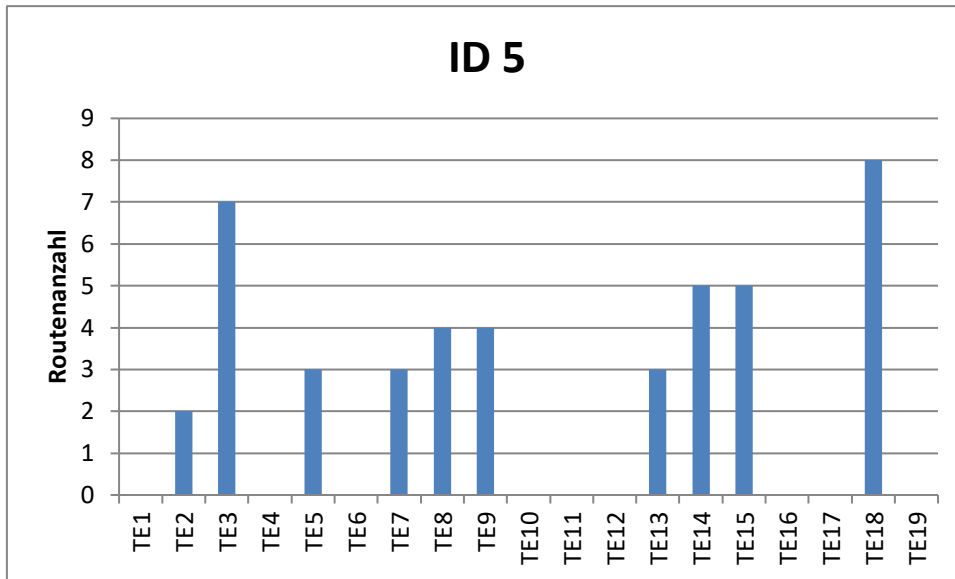


Abb. 7.: Anzahl der gekletterten Routen des Teilnehmers mit der ID 5

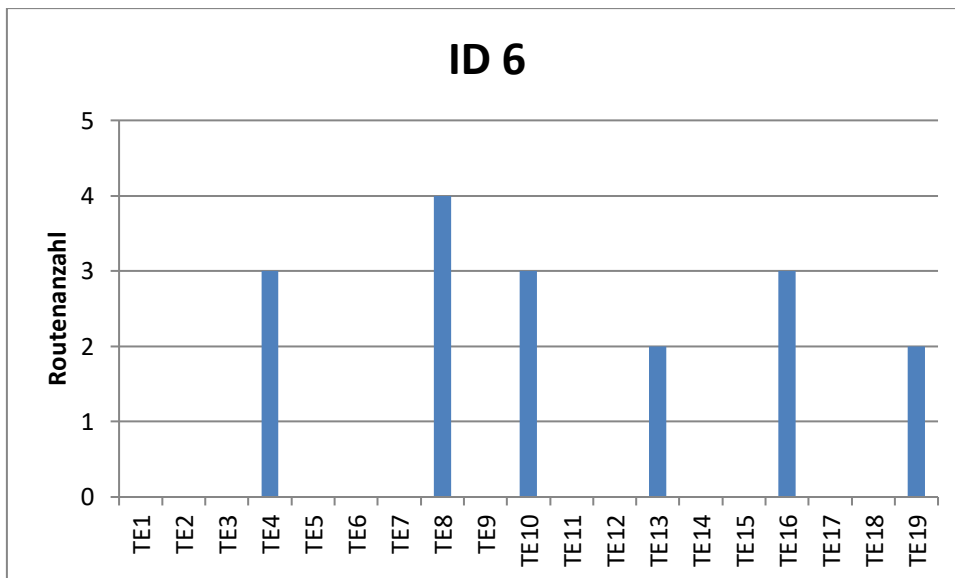


Abb. 8.: Anzahl der gekletterten Routen des Teilnehmers mit der ID 6

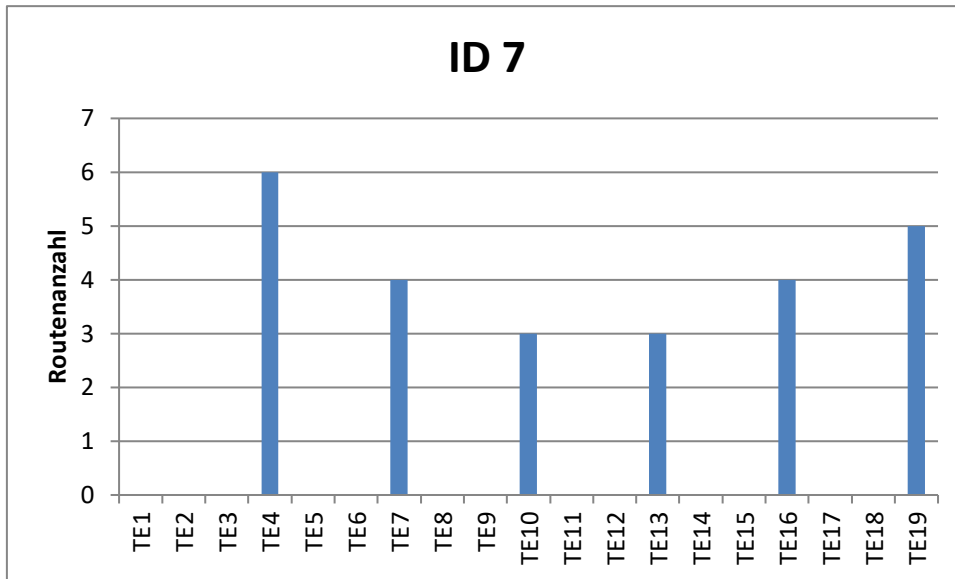


Abb. 9.: Anzahl der gekletterten Routen für den Teilnehmer mit der ID 7

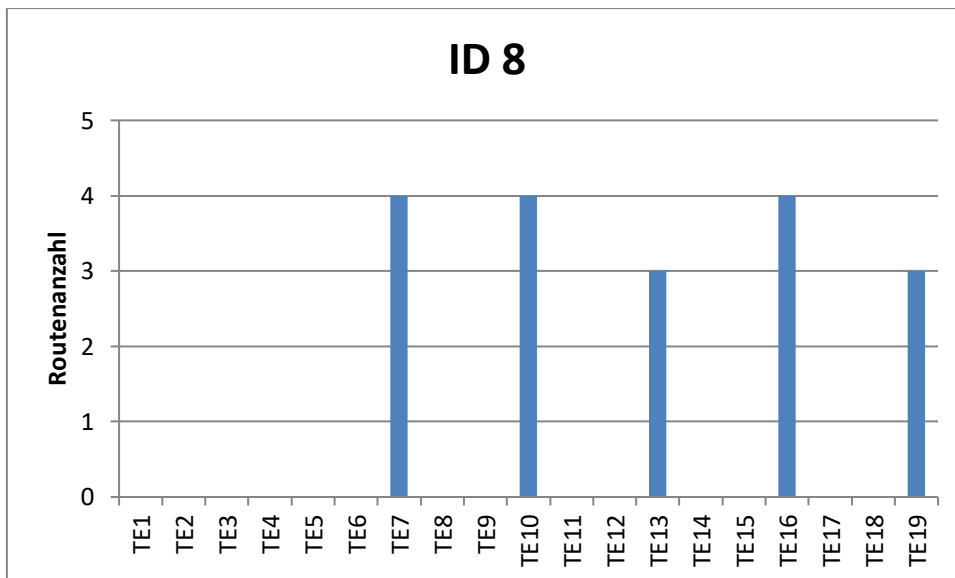


Abb. 10.: Anzahl der gekletterten Routen für den Teilnehmer mit der ID 8

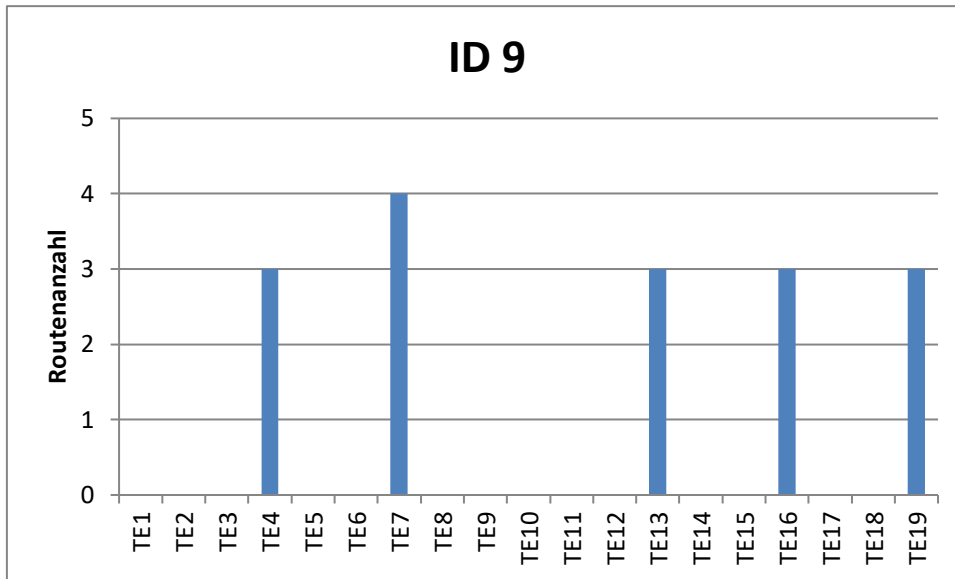


Abb. 11.: Anzahl der gekletterten Routen für den Teilnehmer mit der ID 9

Untenstehende Grafik zeigt, wie viele Teilnehmer zur jeweiligen Trainingseinheit anwesend waren (Abb. 12).

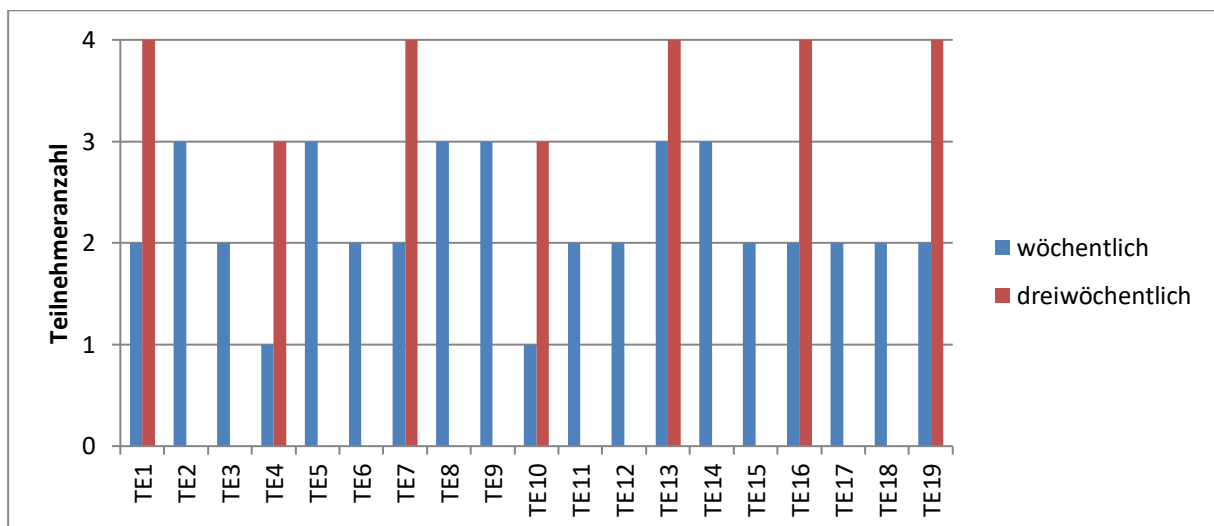


Abb. 12.: Anzahl der anwesenden Teilnehmer bei den einzelnen Trainingseinheiten

Der Schwierigkeitsgrad der Kletterrouten, die von den Teilnehmern bewältigt werden konnten, stieg bei allen sieben Probanden an. Zu Beginn des Trainingsprogramms lag der durch-

schnittlich erreichte Schwierigkeitsgrad etwa im Bereich zwischen 3+ und 5-. Bis zum Ende des Klettertrainings konnten teilweise Routen bis zu einem Schwierigkeitsgrad von 6 bewältigt werden.

Bei einigen der Teilnehmer konnte eine größere Steigerung beobachtet werden als bei anderen. Insgesamt konnte die Schwierigkeit jedoch bei allen Teilnehmern um etwa einen Grad erhöht werden.

Jedoch sind die Schwierigkeitsgrade einer Kletterroute stets sehr subjektiv bewertet. So ist es möglich, dass eine mit der Schwierigkeit „5“ gekennzeichnete Route für den einen Kletterer tatsächlich als eine „5“ empfunden wird, für einen anderen Kletterer, der möglicherweise aufgrund einer geringeren Körpergröße Schwierigkeiten hat, die Griffe zu erreichen, subjektiv aber viel schwerer erscheint. Hinzu kommt, dass jeder Kletterer mit bestimmten Kletterstellen mehr Probleme hat als Andere oder dass bestimmte Bewegungsabfolgen ihm eher liegen und Kletterrouten somit subjektiv sehr unterschiedlich erscheinen können. Zu guter Letzt ist der an der Route angegebene Schwierigkeitsgrad lediglich ein Vorschlag der Person, die die Griffe angebracht hat und somit kein objektiver Wert, mit dem die Kletterfähigkeit gemessen werden kann.

Nichtdestotrotz ist im Verlauf der Studie „Klettern mit MS“ zu erkennen, dass die Teilnehmer allesamt ihre Kletterfähigkeiten verbessern konnten. Wie bei anderen Sportarten auch verhält es sich beim Klettern im Regelfall so, dass anfangs durch verbesserte Technik und einen effektiveren Einsatz von Kraft relativ schnell eine Zunahme des Kletterkönnens sichtbar wird. Im Laufe der Zeit ist dann jedoch intensiveres und zielgenaueres Training nötig, um weitere Verbesserungen zu erzielen. Aufgrund dessen, dass die Studienteilnehmer keinerlei Vorerfahrungen mit dem Klettern hatten kann erklärt werden, warum bei allen schon nach relativ kurzer Trainingszeit Verbesserungen beobachtet werden konnten.

4.2 Auswertung der Fragebögen

Zu Beginn der Studie wurden die Teilnehmer mittels eines auszufüllenden allgemeinen Fragebogens gebeten, ihre momentane Leistungsfähigkeit und den Grad der eigenen Fitness einzuschätzen. Außerdem wurden sie bezüglich des Stellenwerts von Sport in ihrem Leben befragt. Dabei gaben sechs von den anfangs elf in der Studie eingeschlossenen Probanden an, sich regelmäßig körperlich zu betätigen, während die anderen fünf keinem Sport nachgehen.

Die Selbstbeurteilung der momentanen Fitness erfolgte mittels der Vergabe von Schulnoten. „1“ bedeutet dabei „Sehr gut“, „2“ steht für „Gut“, „3“ heißt „Befriedigend“ und „4“ „Ausreichend“. Mit einer „5“ wird „Mangelhaft“ beschrieben und „6“ steht für „Ungenügend“. Zu Beginn der Studie wählten 64% aller Teilnehmer die Noten eins bis drei, während sich am Ende der Studie 71% der verbliebenen Probanden für die Noten eins bis drei entschieden. Betrachtet man ausschließlich diejenigen Studienteilnehmer, die bis zum Ende am Klettertraining teilgenommen haben, zeigt sich, dass sich bei fünf von den insgesamt sieben Probanden der subjektiv wahrgenommene Fitnesslevel um jeweils eine Notenstufe verbessert hat. Eine Person gab keinerlei Veränderung an und eine andere Person verschlechterte sich um zwei Notenstufen (Abb. 13).

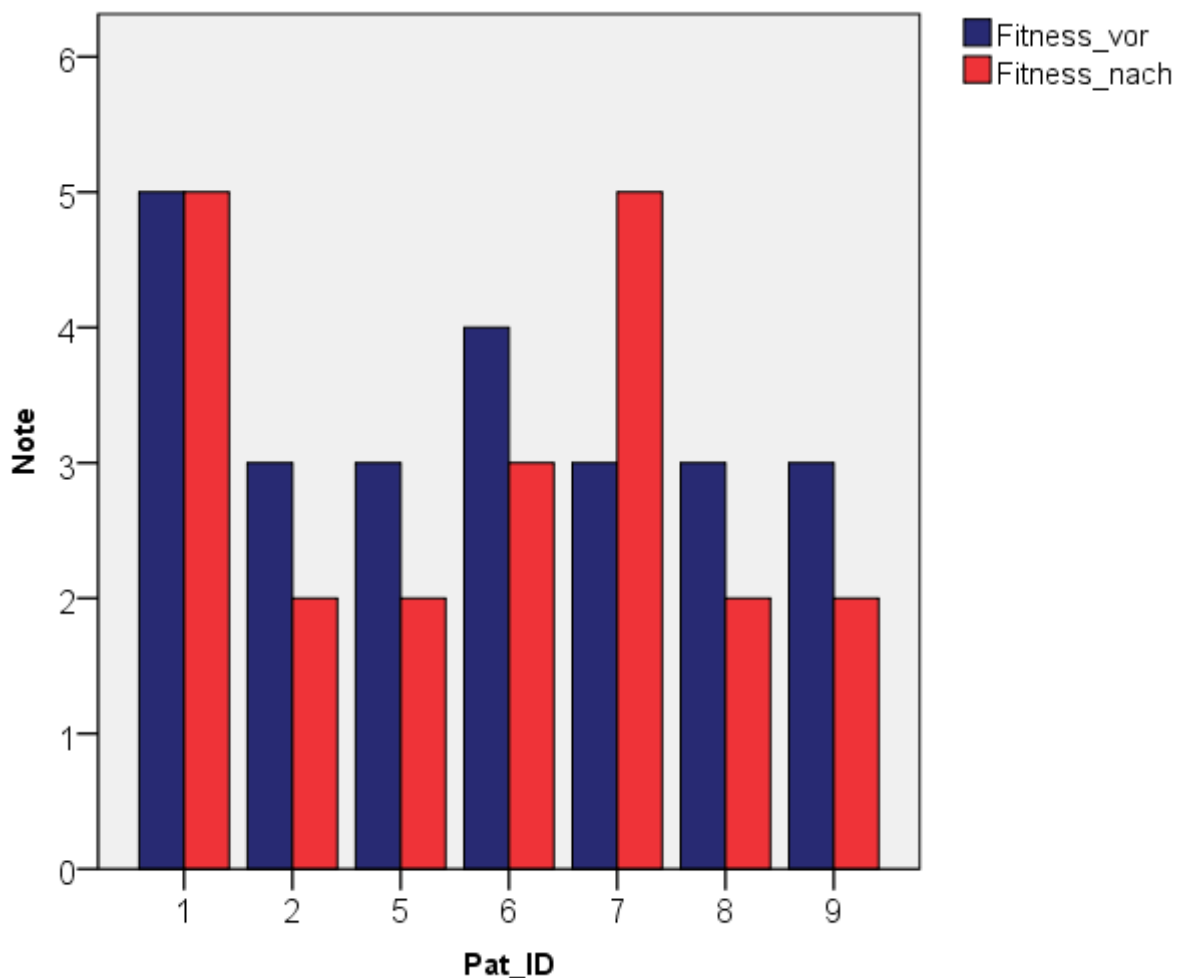


Abb. 13.: Selbstbeurteilung des Fitnesslevels der sieben Probanden, die die Studie abgeschlossen haben (1=„Sehr gut“, 2=„Gut“, 3=„Befriedigend“, 4=„Ausreichend“, 5=„Mangelhaft“, 6=„Ungenügend“)

Die Teilnehmer der Studie waren auch aufgefordert, ihre berufliche Leistungsfähigkeit zu beurteilen. Auch hier erfolgte die Angabe auf einer sechsstufigen Skala, die angelehnt an Schulnoten von „Sehr gut“ bis „Ungenügend“ reicht.

Von den elf Probanden standen zum Zeitpunkt der Datenerhebung zehn im Berufsleben. Davon gab die Hälfte an, eine gute Leistung im beruflichen Leben zu erzielen, während vier Personen die Frage mit einem „Befriedigend“ und eine Person mit „Ausreichend“ beantwortete. Zum Studienende wurde bei derselben Frage viermal mit „Befriedigend“ und zweimal mit „Gut“ geantwortet. Dabei blieb bei zwei der Studienteilnehmer die Einschätzung der beruflichen Leistungsfähigkeit auf konstantem Level, bei zwei weiteren verschlechterte sie sich um eine Notenstufe und bei den übrigen zwei verbesserte sie sich um eine Notenstufe (Abb. 14).

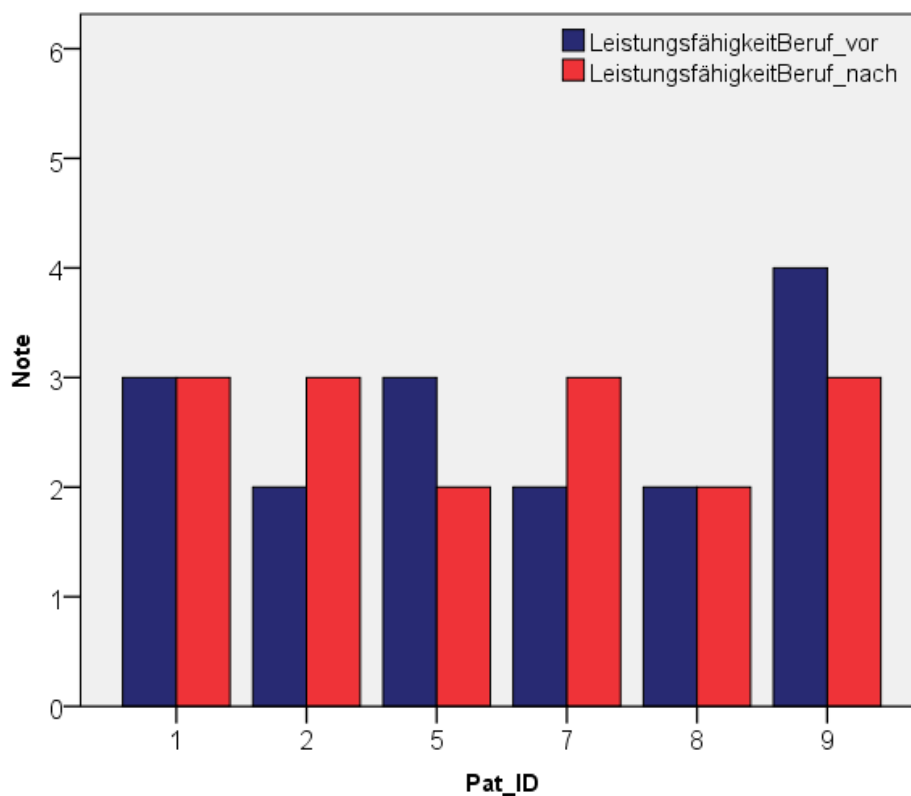


Abb. 14: Selbstbeurteilung der beruflichen Leistungsfähigkeit (1=„Sehr gut“, 2=„Gut“, 3=„Befriedigend“, 4=„Ausreichend“, 5=„Mangelhaft“, 6=„Ungenügend“)

Der Stellenwert des Sports im eigenen Leben wurde von den Probanden mittels einer Skala angegeben, die von „Sehr niedrig“ in insgesamt fünf Abstufungen bis „Sehr hoch“ reicht. Im Verlauf der Studie blieb der Stellenwert bei jeweils zwei der sieben Teilnehmer, die die Studie abgeschlossen haben konstant beziehungsweise fiel ab. Die anderen drei Teilnehmer ga-

ben nach Abschluss des Klettertrainings einen höheren Stellenwert von Sport in ihrem Leben an (Abb. 15.).

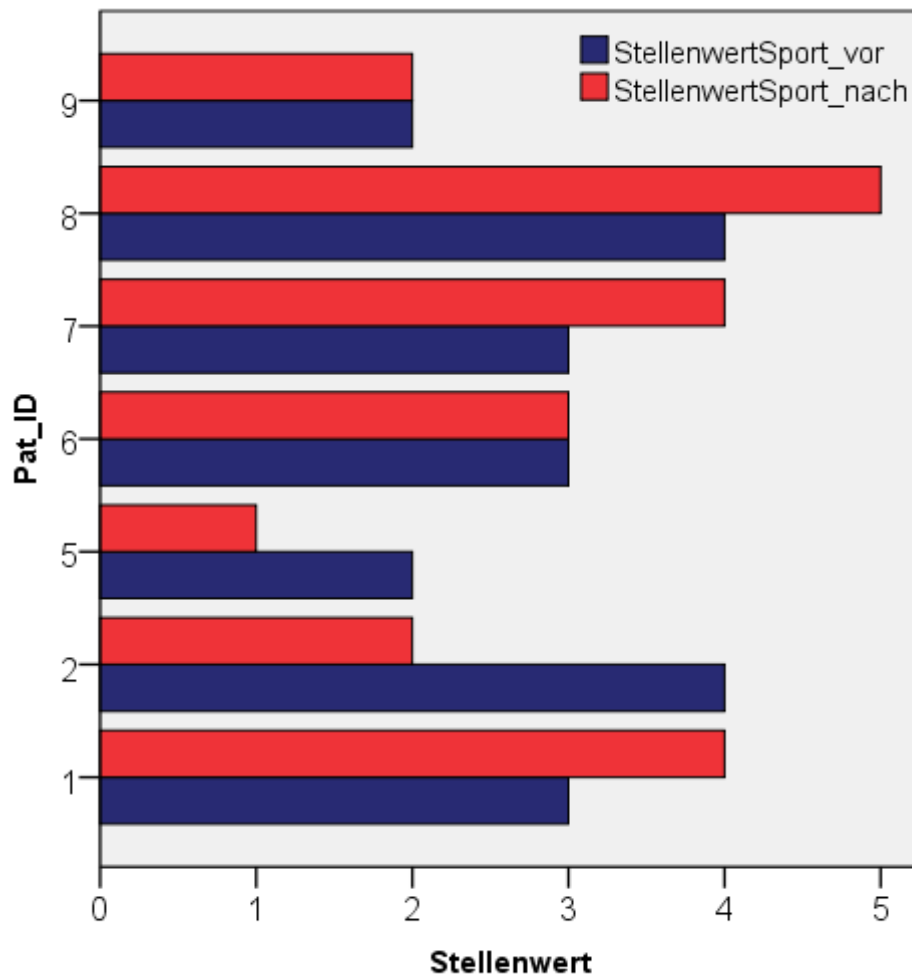


Abb. 15.: Selbstbeurteilung des Stellenwerts von Sport (1=„Sehr hoch“, 2=„Eher hoch“, 3=„Mittel“, 4=„Eher niedrig“, 5=„Sehr niedrig“)

Eine weitere Frage des Fragebogens befasste sich mit den Auswirkungen sportlicher Tätigkeiten auf die Bereiche Allgemeinbefinden, Tagesmüdigkeit, Schlaf und Alltagsmobilität.

Lediglich einer der elf Patienten berichtete von keinerlei Beeinflussung dieser Parameter durch körperliche Aktivität, alle anderen beschrieben durchaus Zusammenhänge. Zum Zeitpunkt vor Beginn des Klettertrainings gaben 55% der befragten Probanden einen positiven Zusammenhang zwischen der Ausübung von Sport und dem Allgemeinbefinden an. 64% berichteten von einer Wirkung auf die Schlafqualität und 91% von reduzierter Tagesmüdigkeit, wenn sie sich sportlich betätigen. Die Alltagsmobilität wird bei 64% der Teilnehmer positiv durch Sport beeinflusst. Die sieben Probanden, die bis zum Studienende mit dabei waren,

beantworteten dieselben Fragen nochmals im Abschlussfragebogen. Dabei berichteten jeweils 71% von einem Effekt des Sporttreibens auf das Allgemeinbefinden und die Alltagsmobilität und jeweils 43% von einer Auswirkung auf den Schlaf und die Tagesmüdigkeit.

Außerdem wurden die Probanden im allgemeinen Fragebogen gebeten, einige Fragen zur groben Persönlichkeitsstruktur zu beantworten. Bei diesen Fragen musste sich die ausfüllende Person entscheiden, ob die Aussage für sie selbst zutreffend oder unzutreffend ist und dementsprechend entweder mit „Ja“ oder mit „Nein“ antworten. So wurde unter anderem erfragt, ob sich die Person oftmals selbst als besonders wütend, hilflos oder ängstlich wahrnimmt.

Von den zehn Teilnehmern, die diese Fragen beantworteten, gaben zu Beginn der Studie vier Personen an, oftmals wütend zu sein. Am Ende der Intervention wurde dieselbe Frage von allen verbleibenden sieben Teilnehmern beantwortet, wobei nur ein einziges Mal mit „Ja“ geantwortet wurde. Insgesamt entschieden sich drei der Teilnehmer, die vorher ein „Ja“ angekreuzt hatten nach Abschluss des Klettertrainings für ein „Nein“ (Abb. 16).

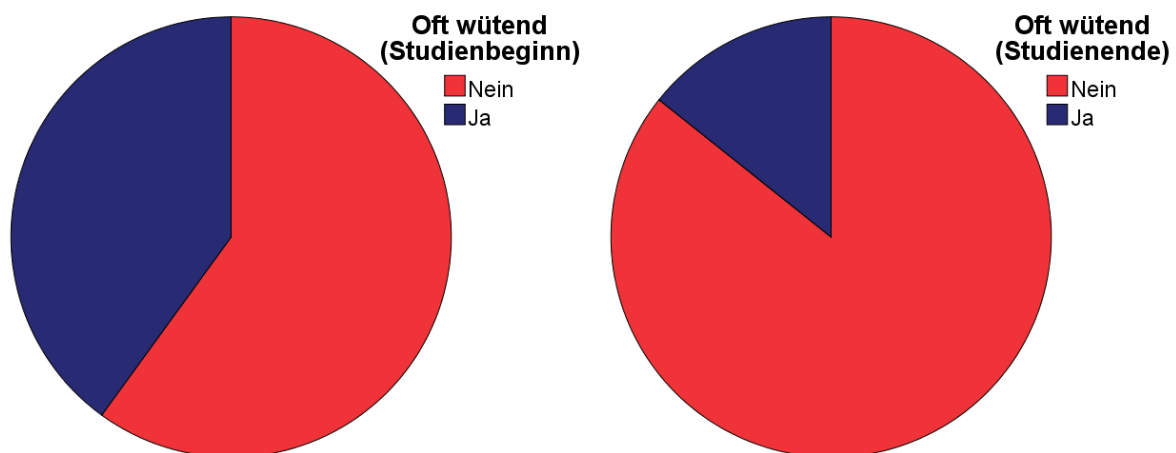


Abb. 16: Antworten der Probanden, ob sie oft wütend seien zu Beginn der Studie (links) und zum Studienabschluss (rechts)

Die Aussage „Ich fühle mich oft hilflos“ wurde in der erstmaligen Evaluation von zwei Personen als zutreffend und von acht Personen als nicht zutreffend markiert. In der Abschlussbefragung änderte einer der beiden Teilnehmer, die sich vorher oftmals hilflos fühlten seine Selbsteinschätzung, sodass nur noch lediglich eine Person für „Ja“ stimmte, die verbliebenen sechs jedoch mit „Nein“ antworteten (Abb. 17).

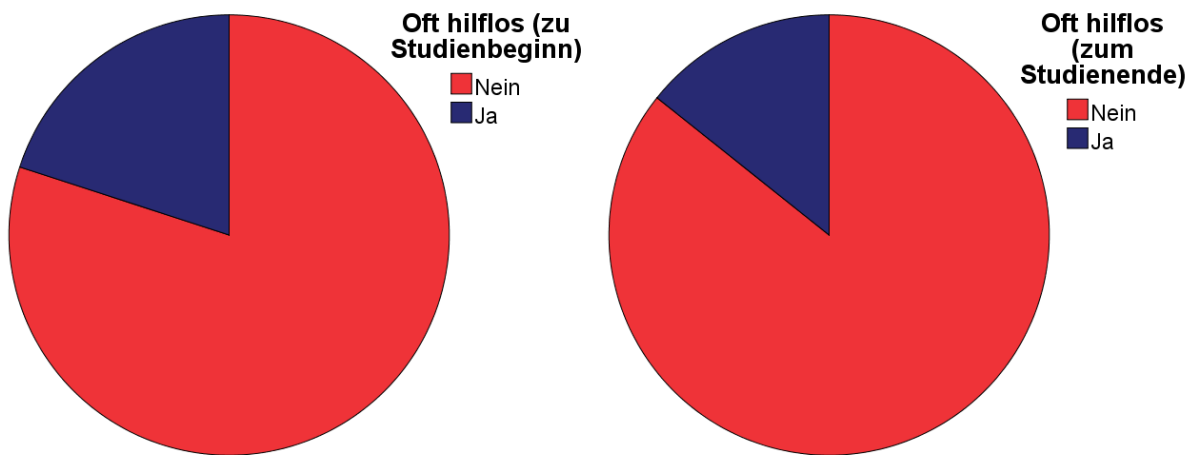


Abb. 17: Antworten der Probanden, ob sie sich oft hilflos fühlen zu Beginn der Studie(links) und zum Studienabschluss (rechts)

Ein ähnlicher Verlauf ist auch bei der Frage nach der Ängstlichkeit zu erkennen. Hier stimmten drei der zehn Personen der Aussage, sie seien oftmals ängstlich zu, während in der Abschlussevaluation alle sieben Probanden die Aussage verneinten. Dabei gaben auch zwei der Personen, die davor ein „Ja“ angekreuzt hatten an, dass sie nun keine häufige Ängstlichkeit mehr verspüren (Abb. 18).

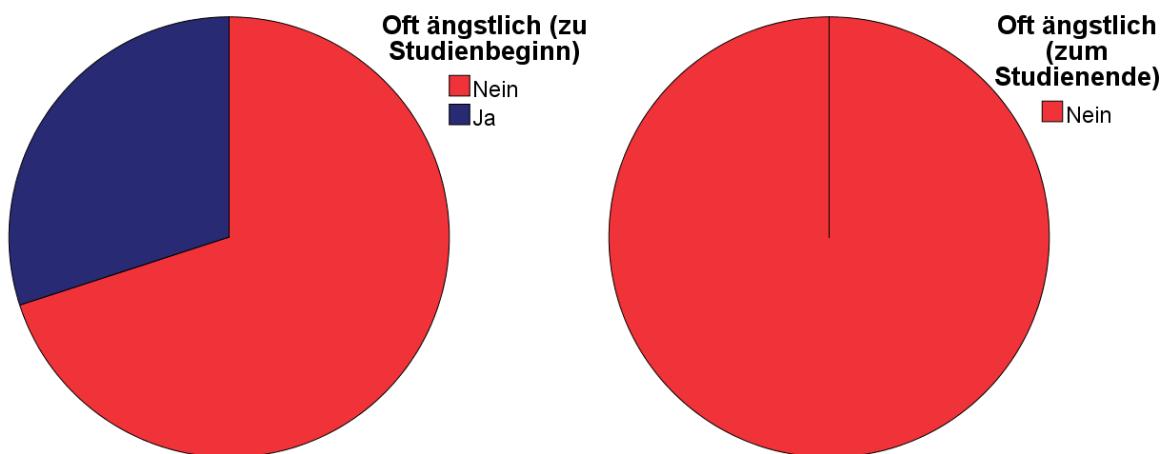


Abb. 18: Antworten der Probanden, ob sie sich oft ängstlich fühlen zu Beginn der Studie (links) und zum Studienabschluss (rechts)

Des Weiteren wurden die Probanden bezüglich der Kompetenz im Umgang mit den eigenen Ängsten befragt. Anfangs gaben vier Personen an, nicht gut mit ihren Ängsten umgehen zu können, während sechs der Meinung waren, sie hätten durchaus die Fähigkeit, gut damit umzugehen. Am Ende der Studie gaben alle übrigen sieben Personen, die den Fragebogen ausfüllten an, dass sie gut mit der eigenen Angst umgehen können. Drei der Teilnehmer, die im Anfangsfragebogen angegeben haben, sie könnten nicht gut mit Angst umgehen, änderten zum Zeitpunkt des Studienendes ihre Selbsteinschätzung (Abb. 19).

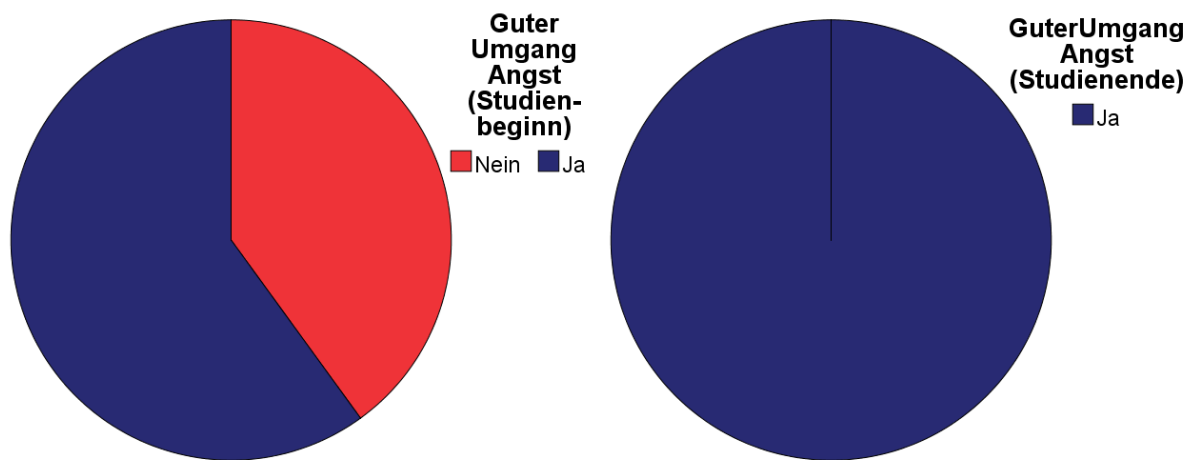


Abb. 19: Antworten der Probanden, ob sie gut mit ihren Ängsten umgehen können zu Beginn der Studie (links) und zum Studienabschluss (rechts)

Zu Beginn der Studie gaben acht Personen an, grundsätzlich eine hohe Selbstzufriedenheit zu haben, während zwei Personen eine hohe Selbstzufriedenheit verneinten. Bei der Datenerhebung zum Abschluss der Intervention zeigten alle sieben Teilnehmer eine hohe Selbstzufriedenheit, insgesamt änderte eine Person ihre Angabe von einem „Nein“ zu einem „Ja“ (Abb. 20).

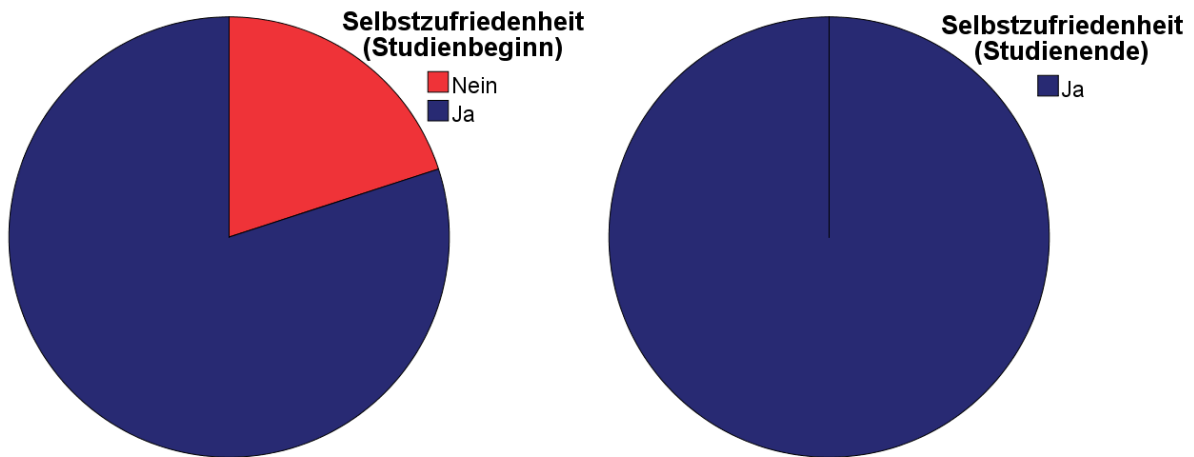


Abb. 20: Antworten der Probanden, ob sie eine hohe Selbstzufriedenheit haben zu Beginn der Studie (links) und zum Studienabschluss (rechts)

Die Frage nach dem subjektivem Wohlbefinden wurde zu Studienbeginn von sechs der Teilnehmer dahingehend beantwortet, dass es hoch sei, wohingegen vier Personen angaben, kein hohes Wohlbefinden zu verspüren. Zu Studienende berichteten vier der verbliebenen Teilnehmer von einem hohem Wohlbefinden. Dabei ist jedoch zu beachten, dass jeweils einer der Teilnehmer seine Angabe von vormals „Ja“ in „Nein“ beziehungsweise von „Nein“ in „Ja“ änderte (Abb. 21).

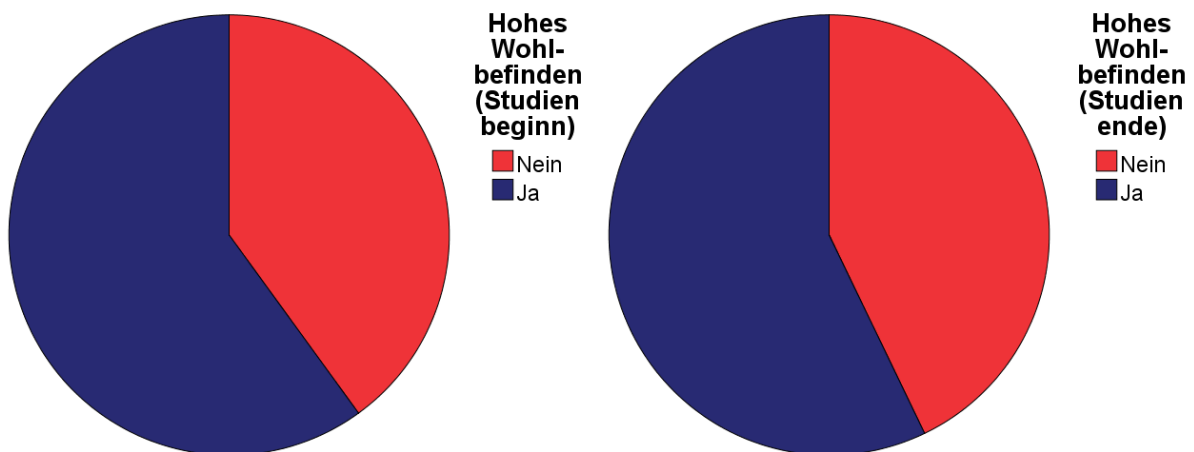


Abb. 21: Antworten der Probanden, ob sie ein hohes Wohlbefinden haben zu Beginn der Studie (links) und zum Studienabschluss (rechts)

Eine weitere Frage beschäftigte sich mit der Motivation, die die Teilnehmer aufbringen können, Probleme in ihrem Leben anzugehen. Dabei berichteten anfangs sechs der zehn Personen, eine hohe Motivation dafür aufbringen zu können, während die anderen vier angaben, sich nicht richtig dazu aufrufen zu können. Zum Zeitpunkt der Abschlussevaluation gaben wiederum sechs Personen an, eine hohe Motivation in Bezug auf die Problemlösung zu haben und lediglich eine Person verneinte die Aussage. Zwei der Personen, die im ersten Fragebogen keine hohe Motivation zur Lösung von Alltagsproblemen aufbringen konnten, gaben nun im Verlauf eine hohe Motivationsbereitschaft an (Abb. 22).

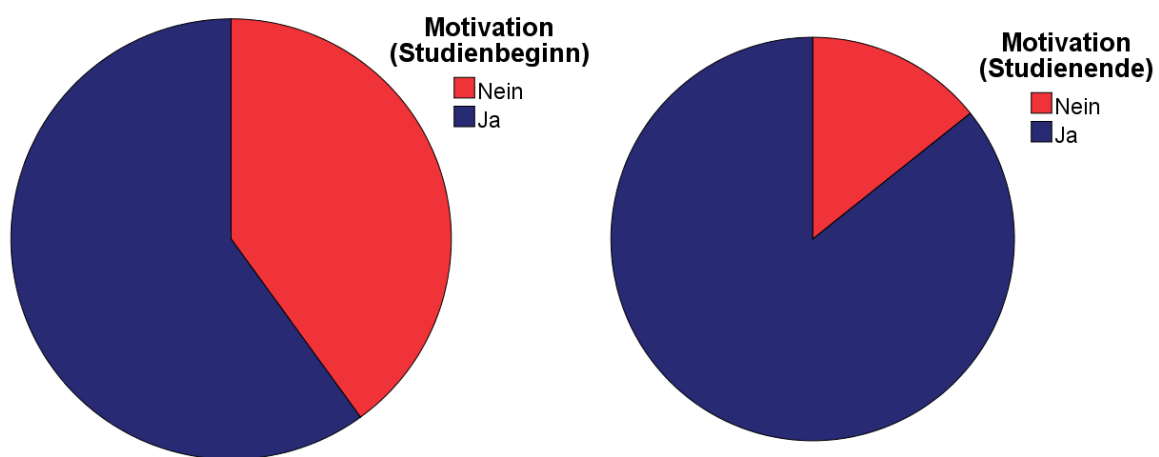


Abb. 22: Motivation, Alltagsprobleme anzugehen zum Zeitpunkt vor Studienbeginn (links) und nach Studienende (rechts)

Letztendlich wurden die Studienteilnehmer gebeten anzugeben ob es ihnen leichtfalle, ihren Mitmenschen zu vertrauen. Im ersten Fragebogen sagten sechs von zehn Personen aus, dass sie keinerlei Probleme dabei hätten, anderen Menschen zu vertrauen. Zum Studienende hin gaben fünf der verbliebenen sieben Teilnehmer an, dass es ihnen durchaus leichtfalle. Eine Person änderte im Verlauf der Studie ihre Angabe, indem sie im ersten Fragebogen berichtete, dass es ihr nicht leichtfalle, den Menschen in ihrer Umgebung Vertrauen entgegenzubringen, während sie im Abschlussfragebogen angab, dass es ihr durchaus leicht gelinge, ihren Mitmenschen zu vertrauen (Abb. 23).

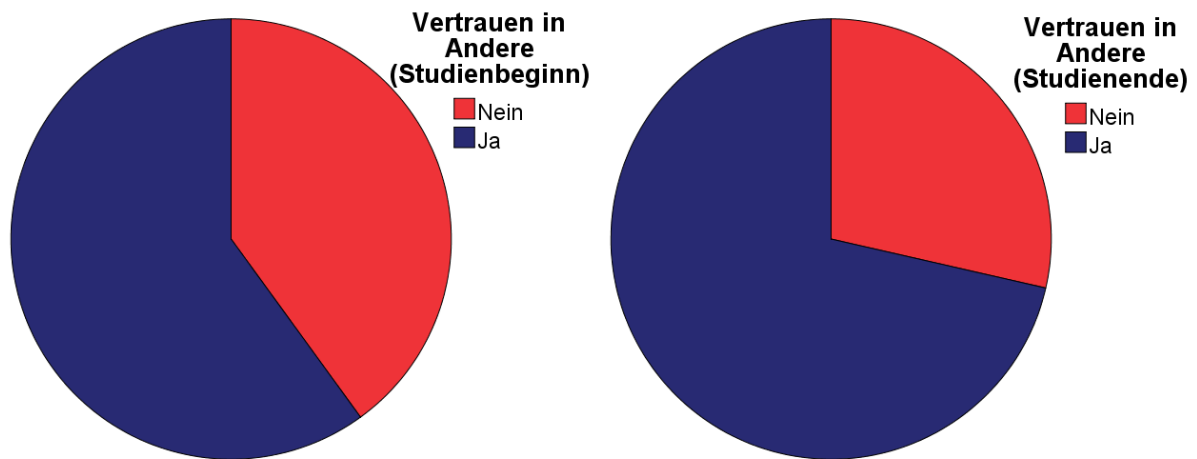


Abb. 23: Antworten der Studienteilnehmer zur Frage, ob es ihnen leichtfiel, anderen Menschen zu vertrauen zu Studienbeginn (links) und am Studienende (rechts)

Weitere Fragen im allgemeinen Fragebogen beschäftigten sich mit der subjektiven Einschätzung der Interaktionsfähigkeit mit dem Freundeskreis beziehungsweise mit der Familie und mit der Qualität der Partnerschaft. Dabei erfolgte wiederum eine Bewertung auf einer sechsstufigen Skala, die die gleichen Abstufungen wie die Schulnoten enthält.

Zu Beginn der Studie beantworteten zehn der Teilnehmer die Frage nach der Interaktion im Freundeskreis. Dabei bewertete eine Person ihre Fähigkeit mit „Sehr gut“, vier Personen mit „Gut“, drei mit „Befriedigend“ und zwei mit „Ausreichend“. Nach dem Interventionsende gaben je zwei der verbliebenen Teilnehmer ein „Sehr gut“ oder ein „Befriedigend“ an und drei ein „Gut“. Bei drei der an der Studie teilnehmenden Personen verbesserte sich die Beurteilung der Interaktionsfähigkeit mit den Freunden (Abb. 24).

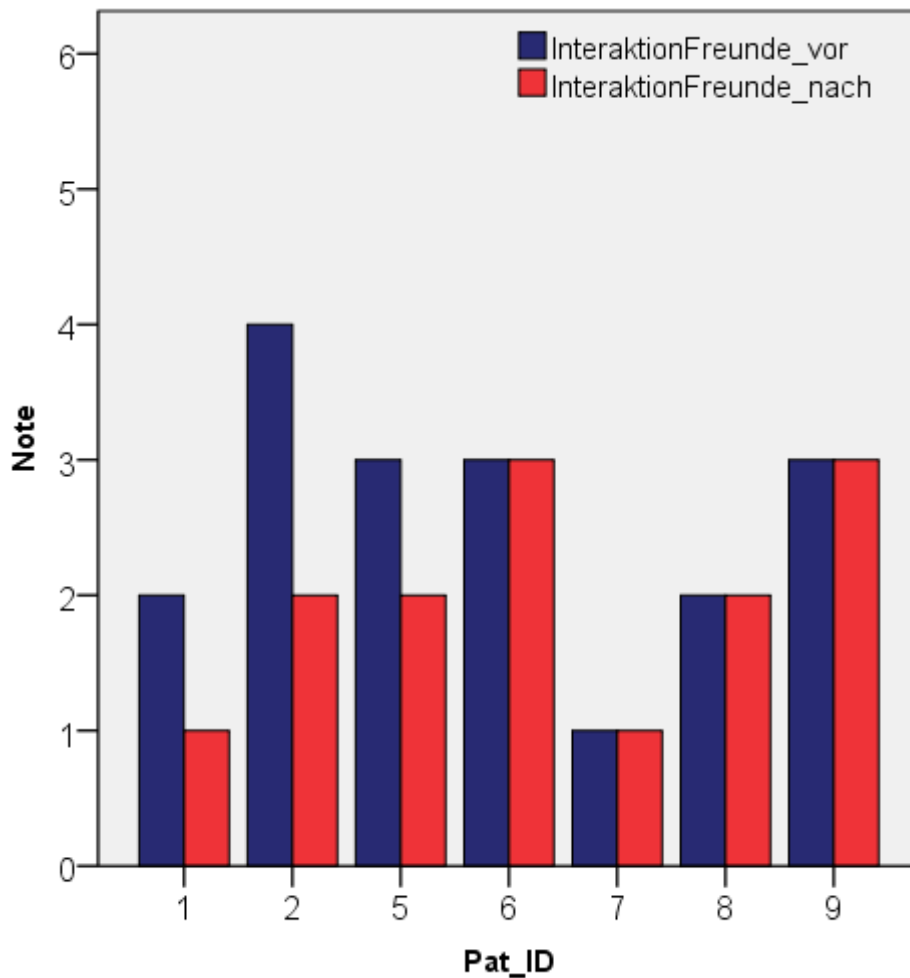


Abb. 24: Selbstbeurteilung der Qualität der Interaktion mit dem Freundeskreis (1=„Sehr gut“, 2=„Gut“, 3=„Befriedigend“, 4=„Ausreichend“, 5=„Mangelhaft“, 6=„Ungenügend“)

Ein Vergleichbarer Trend ist auch bei der nächsten Frage erkennbar, die sich mit der Interaktion mit der eigenen Familie befasste. Insgesamt elf Teilnehmer beantworteten diese Frage zu Beginn der Studie, jeweils zwei entschieden sich dabei für „Sehr gut“, „Befriedigend“ und „Ausreichend“ und fünf setzten ihr Kreuz bei „Gut“. Zum Zeitpunkt des Studienendes verbesserte sich die subjektive Interaktionsfähigkeit im Kreis der Familie bei zwei Personen und verschlechterte sich bei einem der Teilnehmer. Insgesamt gaben nun vier Personen an, eine gute Interaktion zu haben, während sich je eine Person für „Sehr gut“, „Befriedigend“ beziehungsweise für „Ausreichend“ entschied (Abb. 25).

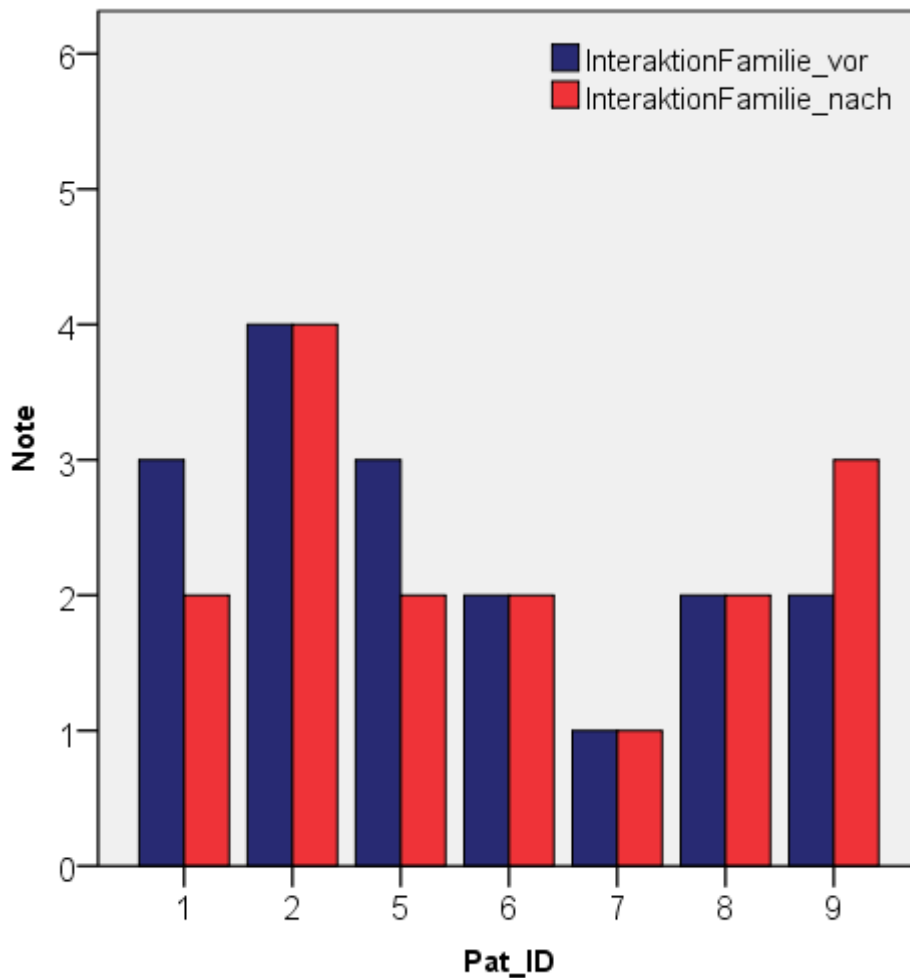


Abb. 25: Selbstbeurteilung der Qualität der Interaktion mit der Familie (1=„Sehr gut“, 2=„Gut“, 3=„Befriedigend“, 4=„Ausreichend“, 5=„Mangelhaft“, 6=„Ungenügend“)

Die Qualität der Partnerschaft wurde im Anfangsfragebogen von neun der Teilnehmer beurteilt, fünf davon berichteten von einer sehr guten, drei von einer guten und eine Person von einer ausreichenden Qualität ihrer Partnerschaft. Am Studienende gaben jeweils drei Teilnehmer an, die Qualität ihrer Partnerschaft wäre sehr gut beziehungsweise gut. Allerdings ist zu beobachten, dass sich bei einer Person die Bewertung um eine Notenstufe verschlechterte (Abb. 26).

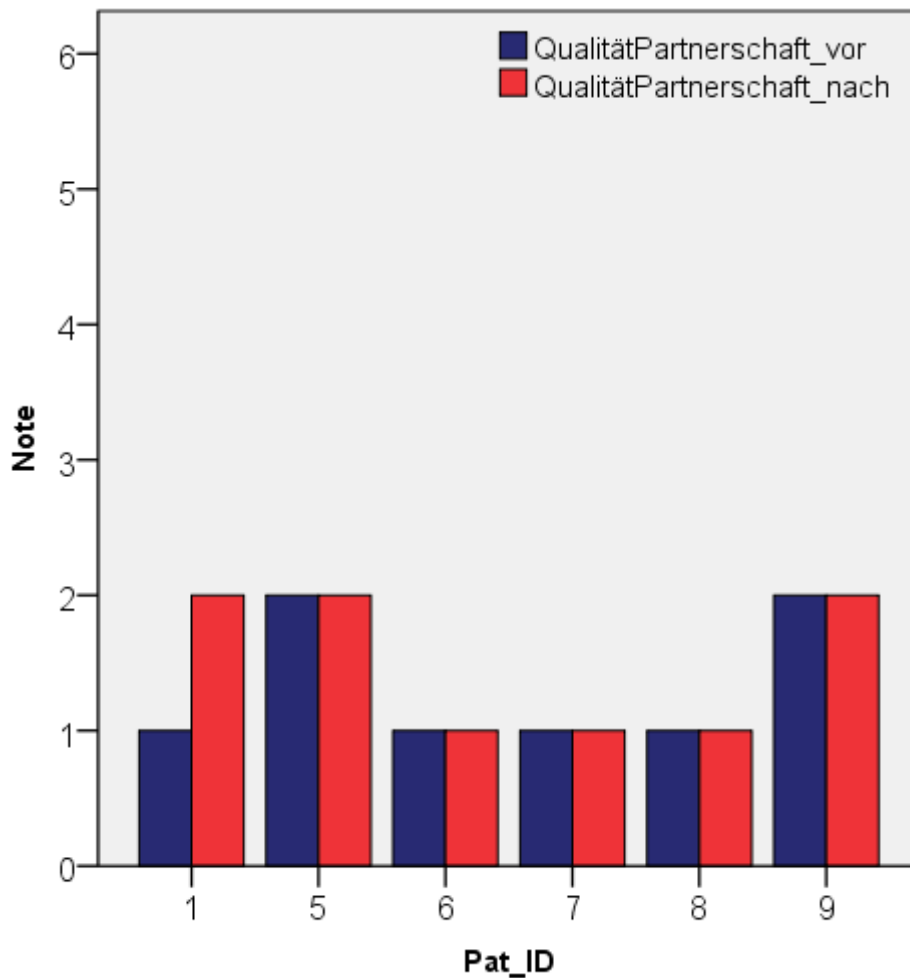


Abb. 26: Selbstbeurteilung der Qualität der Partnerschaft (1=„Sehr gut“, 2=„Gut“, 3=„Befriedigend“, 4=„Ausreichend“, 5=„Mangelhaft“, 6=„Ungenügend“)

Nach Abschluss des Klettertrainings wurden die verbliebenen sieben Teilnehmer zu speziellen Auswirkungen des Kletterns im Vergleich mit anderen Sportarten befragt. Dabei ging es im Besonderen um Wirkungen in den Bereichen Ausgeglichenheit, Müdigkeit, Konzentration, Selbstbewusstsein, Körperwahrnehmung, Alltagsmobilität, Aktivität, Muskelaufbau und die Fähigkeit, seinen Mitmenschen zu vertrauen.

Insgesamt gaben 71% der Teilnehmer in der Abschlussbefragung an, dass sie Auswirkungen des Klettertrainings bemerkt haben. Keiner der Teilnehmer hat Veränderungen in den Bereichen Konzentration und der Körperwahrnehmung angegeben, 28,5% gaben jedoch an, Verbesserungen im Bereich der Tagesmüdigkeit zu bemerken und nun allgemein aktiver zu sein. Außerdem bemerkten 14% der Studienteilnehmer Veränderungen im Muskelaufbau. Des Weiteren berichteten 14% der Teilnehmer von einer erhöhten Alltagsmobilität. 43% gaben ein gesteigertes Selbstbewusstsein an und 57% aller Absolventen des Klettertrainings fällt es zum

Zeitpunkt der Abschlussevaluation leichter, ihren Mitmenschen zu vertrauen als vor dem Training. Mit 71% gab der Großteil der Probanden an, sich nach dem Klettern ausgeglichener zu fühlen.

In Tabelle 12 sieht man für beide Interventionsgruppen die jeweiligen Mittelwerte der erreichten Punkte in den weiteren Fragebögen, die zu Beginn der Studie ausgefüllt wurden (Tab. 12). Außerdem zeigt das Ergebnis des Mann-Whitney-U-Tests, dass kein signifikanter Unterschied bezüglich der Ergebnisse der Fragebögen zwischen den beiden Gruppen besteht.

Gruppe	BDI_Score_vor	GSE_Score_vor	SDS_vor	SAS_vor	QOL_Score_vor	FatigueSeverityScale_Score_vor
Wöchentlich	13,20	27,60	41,60	42,00	66,00	41,60
3-wöchentlich	5,80	29,17	32,50	30,83	79,67	30,33
Insgesamt	9,50	28,45	36,64	35,91	73,45	35,45
Exakte Signifikanz (2-seitig)	0,175	0,619	0,219	0,082	0,091	0,141

Tab. 12: Mittelwerte der erreichten Ergebnisse in den Fragebögen zum Zeitpunkt vor Interventionsbeginn

Die erreichten Mittelwerte in den Fragebögen, die nach dem Abschluss des Klettertrainings ausgefüllt wurden, sind in untenstehender Tabelle aufgeführt (Tab. 13). Auch hier zeigt der Mann-Whitney-U-Test, dass kein signifikanter Unterschied zwischen beiden Interventionsgruppen besteht.

Gruppe	BDI_Score_nach	GSE_Score_nach	SDS_nach	SAS_nach	QOL_Score_nach	FatigueSeverityScale_Score_nach
Wöchentlich	6,50	29,50	34,00	35,00	78,50	25,50
3-wöchentlich	5,00	28,20	29,60	29,40	82,00	24,00
Insgesamt	5,43	28,57	30,86	31,00	80,83	24,43
Exakte Signifikanz (2-seitig)	1,00	0,857	0,667	0,810	0,533	0,857

Tab. 13: Mittelwerte der erreichten Ergebnisse in den Fragebögen zum Zeitpunkt nach Abschluss der Studie

Der Vergleich der Ergebnisse in den Fragebögen zu Beginn der Studie mit denen des Studienendes ergab weder für die Gruppe die wöchentlich trainierte, noch für die Gruppe, die sich alle drei Wochen der Intervention unterzog signifikante Ergebnisse (siehe Tab. 14 und 15).

	BDI	GSE	SDS	SAS	QOL	Fatigue-Severity-Scale
Mittelwert_vor	13,20	27,60	41,60	42,00	66,00	41,60
Mittelwert_nach	6,50	29,50	34,00	35,00	78,50	25,50
Z (Wilcoxon)	-1,342	-1,414	-1,342	-1,342	-1,342	-1,342
Exakte Signifikanz (2-seitig)	,500	,500	,500	,500	,500	,500
r	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7

Tab. 14: Mittelwerte der Fragebögen im Vergleich vorher zu nachher und Wilcoxon-Test (Gruppe 1 = wöchentlich)

	BDI	GSE	SDS	SAS	QOL	Fatigue-Severity-Scale
Mittelwerte_vor	5,80	29,17	32,50	30,83	79,67	30,33
Mittelwerte_nach	5,00	28,20	29,60	29,40	82,00	24,00
Z (Wilcoxon)	,000	-,365	-1,134	-,552	,000	-1,841
Exakte Signifikanz (2-seitig)	1,000	,875	,500	,750	1,000	,125
r	0	0,1	0,2	0,1	0	0,4

Tab. 15: Mittelwerte der Fragebögen im Vergleich vorher zu nachher und Wilcoxon-Test (Gruppe 2 = 3-wöchentlich)

Obwohl durch die Auswertung der Fragebögen in keiner der beiden Gruppen eine signifikante Verbesserung des jeweils untersuchten Parameters gefunden wurde, kann in beiden Gruppen eine positive Tendenz beobachtet werden. So ergeben sich ein durchschnittlich niedrigerer erreichter Wert im BDI-, SDS-, SAS- und Fatigue-Severity-Scale-Fragebogen und ein höherer Wert im QOL-Fragebogen bei beiden Interventionsgruppen.

Lediglich im GSE-Fragebogen zeigt sich eine geringgradige Verschlechterung bei den Teilnehmern, die alle drei Wochen trainierten. Bei den Gruppenmitgliedern der wöchentlichen Intervention zeigt sich dagegen auch hier ein Anstieg des Mittelwertes und damit eine Ver-

besserung der durchschnittlichen Selbstwirksamkeitserwartung. Die Berechnung der Effektstärke ergibt bei allen Fragebögen in der wöchentlich trainierenden Gruppe einen großen Effekt. In der dreiwöchentlich trainierenden Gruppe findet sich nur bei dem Fatigue-Severity-Scale-Fragebogen ein großer Effekt, während bei allen anderen Fragebögen die Effektstärke niedriger ausfällt.

Um die Entwicklung der Fragebogenauswertung über den gesamten Studienzeitraum hinweg zu veranschaulichen, werden im Folgenden die Ergebnisse graphisch dargestellt (Abb. 27-32). Im jeweiligen Diagramm sind die Mittelwerte der erreichten Punktskizze zu den Messzeitpunkten zu Beginn, in der Mitte und am Ende der Studie aufgetragen. Dabei werden zum einen die beiden Trainingsgruppen getrennt betrachtet, zum anderen wird aber auch die Entwicklung aller Probanden zusammen mithilfe der Kurve „gesamt“ ersichtlich.

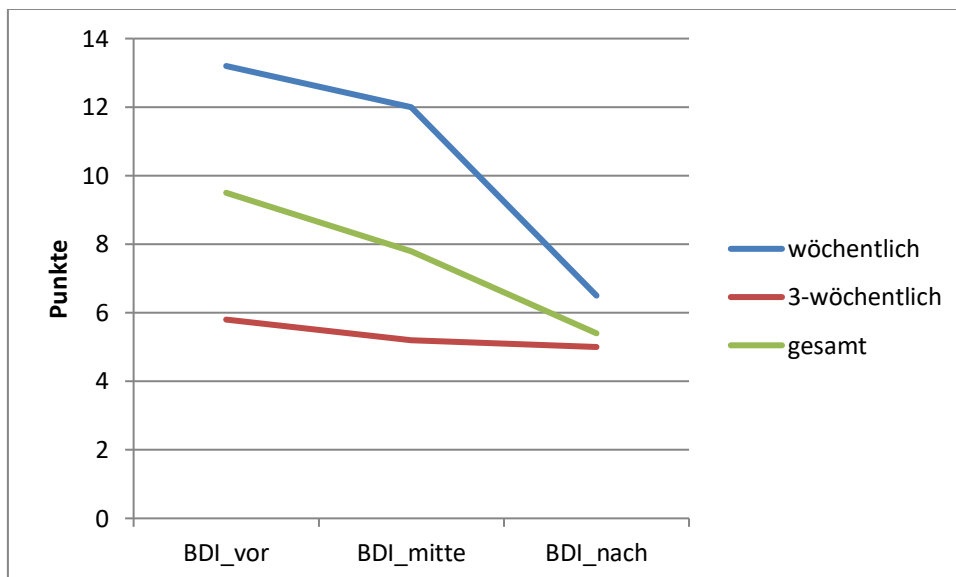


Abb. 27: BDI

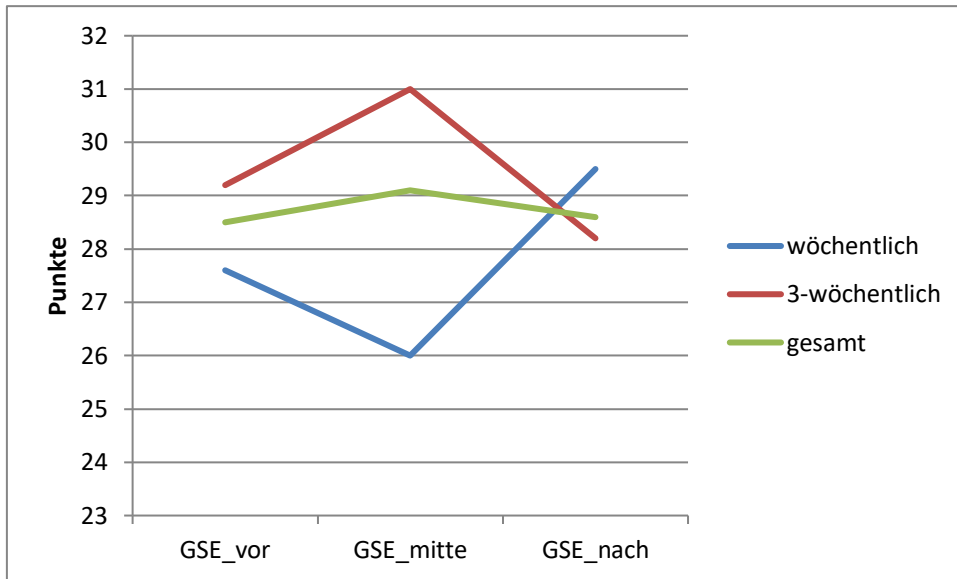


Abb. 28: GSE

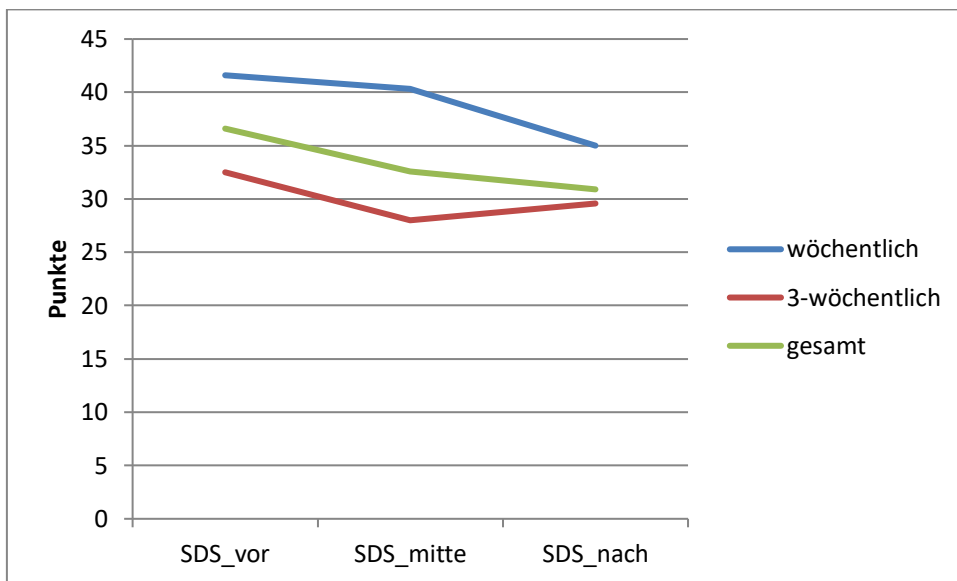


Abb. 29: SDS

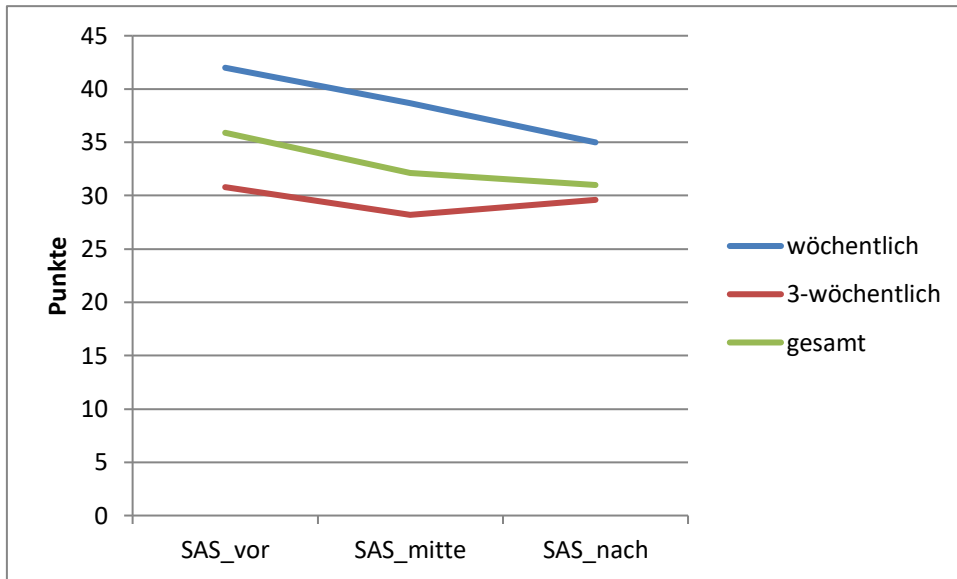


Abb. 30: SAS

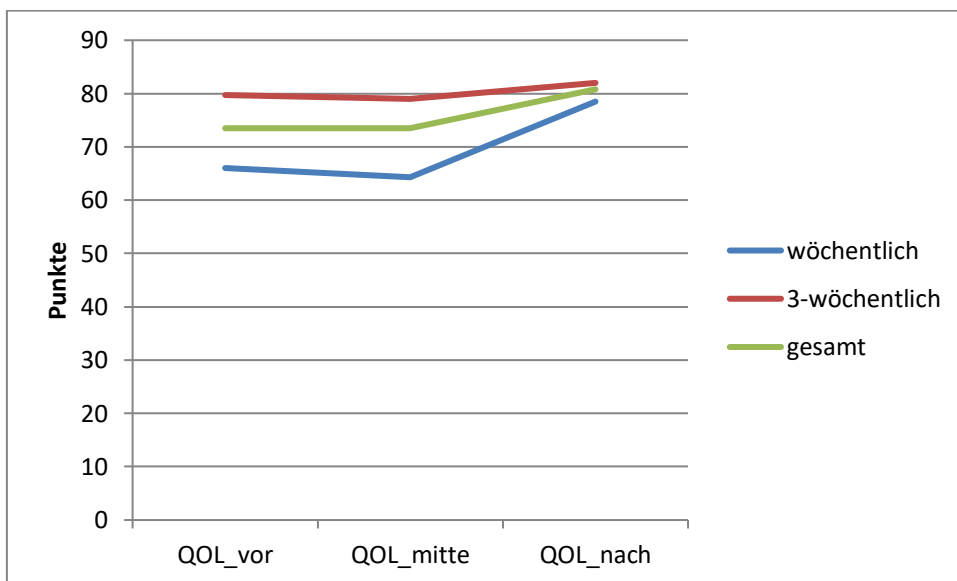


Abb. 31: QOL

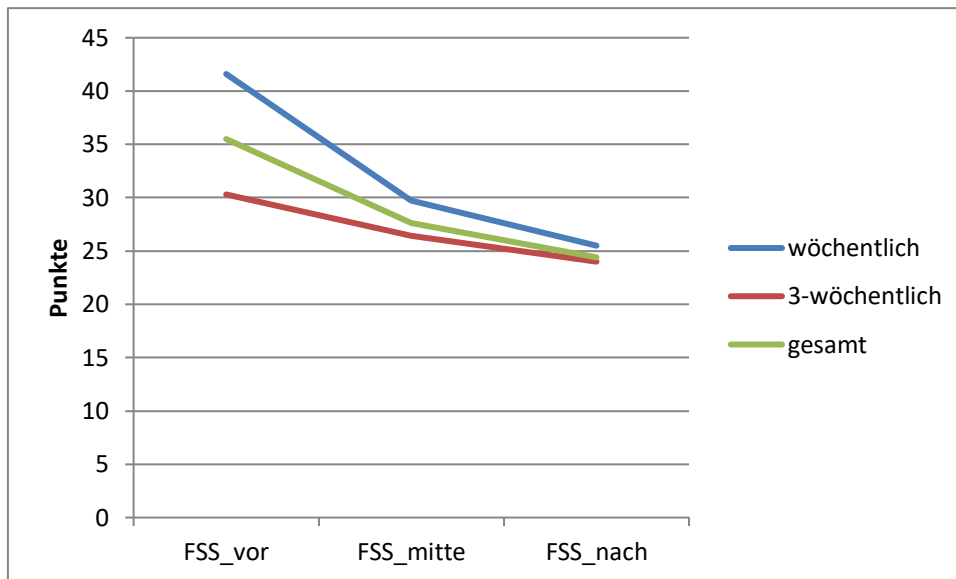


Abb. 32: Fatigue Severity Scale

Um eine qualifiziertere Aussage über die Auswirkung des Klettertrainings treffen zu können, wurde ein Gesamtscore erstellt, in den die einzelnen Fragebögen und die von den Probanden beantworteten Fragen zur Persönlichkeitsstruktur eingehen. Der in diesem Score maximal erreichbare Wert beträgt 100%. Je höher die erreichte Prozentzahl ist, desto positiver ist das Ergebnis zu interpretieren. Insgesamt setzt sich der Score aus den in Abbildung 33 dargestellten Faktoren zusammen (Abb. 33).



Abb. 33: Zusammensetzung des Gesamtscores

Bei den acht Einzelfragen handelt es sich um die folgenden Aussagen, die die beantwortende Person entweder mit „Ja“ oder mit „Nein“ beantworten sollte (Tab. 16).

	Ja	Nein
1 – Ich fühle mich oft wütend		
2 – Ich fühle mich oft hilflos		
3 – Ich fühle mich oft ängstlich		
4 – Ich kann gut mit meinen Ängsten umgehen		
5 – Ich bin meist mit mir selbst zufrieden		
6 – Mein körperliches Wohlbefinden ist hoch		
7 – Ich bin motiviert, Probleme anzugehen und sie zu lösen		
8 – Mir fällt es leicht, mich auf andere Menschen einzulassen und ihnen zu vertrauen		

Tab. 16: Einzelfragen, die in den Gesamtscore mit eingehen

Der im Score erreichte Prozentwert errechnet sich wie folgt: Für jeden der Fragebögen wurde die maximale Punktzahl mit 100% angesetzt. Die bei jedem Studienteilnehmer erreichten Werte wurden dann in Prozent angegeben, sodass jeder Proband für jeden der Fragebögen eine Prozentzahl erhält. Im Anschluss daran wurden die einzelnen Prozentzahlen der Frage-

bögen aufsummiert und durch die Anzahl der Fragebögen geteilt, damit letztendlich ein einziger Prozentwert übrig bleibt – nämlich das Ergebnis des jeweiligen Probanden.

Wichtig ist dabei, darauf zu achten, dass eine hohe Prozentzahl auch in jedem der einzelnen Fragebögen für ein positives Ergebnis spricht. So bedeutet eine geringe Punktzahl im BDI-Fragebogen, dass mit einer geringen Wahrscheinlichkeit eine Depression vorliegt. Hat nun einer der Probanden einen niedrigen Wert im BDI-Fragebogen und damit eher keine Depression, muss dies mit einem hohen Prozentwert in den Gesamtscore eingehen. Ebenso verhält es sich bei dem SAS-Fragebogen, dem SDS-Fragebogen und der Fatigue-Severity-Scale.

Um zu gewährleisten, dass eine hohe Prozentzahl in allen Fragebögen mit einem positiven Ergebnis assoziiert ist, wurden die Punkte in den entsprechenden Fragebögen zunächst regulär in Prozent umgerechnet und dieser Wert dann von 100 abgezogen. Beim GSE-Fragebogen und beim QOL-Fragebogen sprechen hohe Ergebnisse für eine positive Ausprägung der untersuchten Parameter, weshalb hier die Prozentwerte direkt mittels der von den Studienteilnehmern erreichten Punkte errechnet werden konnten.

Die von den Probanden beantworteten Einzelfragen gingen wie folgt in den Gesamtscore ein: Für die acht Fragen wurde eine maximal erreichbare Punktzahl von 80 Punkten festgelegt. Wenn die ungünstigere Antwort von den Teilnehmern gewählt wurde, wurden null Punkte gezählt, wenn sich für die günstigere Antwort entschieden wurde, erhielt der Proband hierfür zehn Punkte. Diese insgesamt 80 Punkte wurden im Anschluss wieder mit 100 Prozent gleichgesetzt und im Weiteren genauso verfahren wie bei den anderen Fragebögen oben beschrieben.

Folgende Darstellung verdeutlicht noch einmal, wie genau sich die maximale Punktzahl des Scores zusammensetzt (Tab. 17).

Parameter	Punkte	Prozent
1: Ich fühle mich oft wütend. 2: Ich fühle mich oft hilflos 3: Ich fühle mich oft ängstlich 4: Ich kann gut mit meinen Ängsten umgehen 5: Ich bin meist mit mir selbst zufrieden 6: Mein körperliches Wohlbefinden ist hoch. 7: Ich bin motiviert, Probleme anzugehen und sie zu lösen 8: Mir fällt es leicht, mich auf Andere Menschen einzulassen und ihnen zu vertrauen	Fragen 1-3: Ja=0, Nein=10 Fragen 4-8: Ja=10, Nein=0 Gesamtpunktzahl: 80	80 Punkte $\hat{=}$ 100%
BDI-Fragebogen	Maximal 63	63 Punkte $\hat{=}$ 100%
QOL-Fragebogen	Maximal 100	100 Punkte $\hat{=}$ 100%
SAS-Fragebogen	Maximal 80	80 Punkte $\hat{=}$ 100%
SDS-Fragebogen	Maximal 80	80 Punkte $\hat{=}$ 100%
GSE-Fragebogen	Maximal 40	40 Punkte $\hat{=}$ 100%
FSS-Fragebogen	Maximal 63	63 Punkte $\hat{=}$ 100%

Tab. 17: Parameter, die in den Score eingehen mit maximal erreichbaren Punkten

In Tabelle 18 sieht man die so errechneten Prozentwerte, die letztendlich für den statistischen Vergleich herangezogen wurden (Tab. 18).

Patienten-ID	Anzahl der Trainingseinheiten	Prozentzahl zu Studienbeginn	Prozentzahl zum Studienende
1	15	47	62
2	17	68	79
5	10	56	77
6	7	67	69
7	7	67	67
8	6	81	82
9	6	76	78

Tab. 18: Erreichte Gesamtprozentzahl der einzelnen Studienteilnehmer in der ersten Befragung (Prozentzahl zu Studienbeginn) und in der Befragung nach Abschluss des Klettertrainings (Prozentzahl zum Studienende)

Insgesamt ist in Tabelle 19 zu erkennen, dass sich das Ergebnis des Scores zum Zeitpunkt nach dem Abschluss der Studie „Klettern mit MS“ signifikant im Vergleich zu dem Ergebnis vor Studienbeginn unterscheidet (Tab. 19).

Statistik für Test	
	Gesamt_NACH - Gesamt_VOR
Z	-2,197
Exakte Signifikanz (2-seitig)	,031

a. Wilcoxon-Test

b. Basiert auf negativen Rängen.

Tab. 19: Wilcoxon-Test zum Vergleich des Ergebnisses im Score vorher zu nachher

Nach Abschluss der Studie wurde somit eine signifikant höhere Prozentzahl im Gesamtscore erreicht, als zu Studienbeginn. Abbildung 34 stellt die Entwicklung des Ergebnisses für die sieben Studienteilnehmer, die das Klettertraining abgeschlossen haben, dar (Abb. 34).

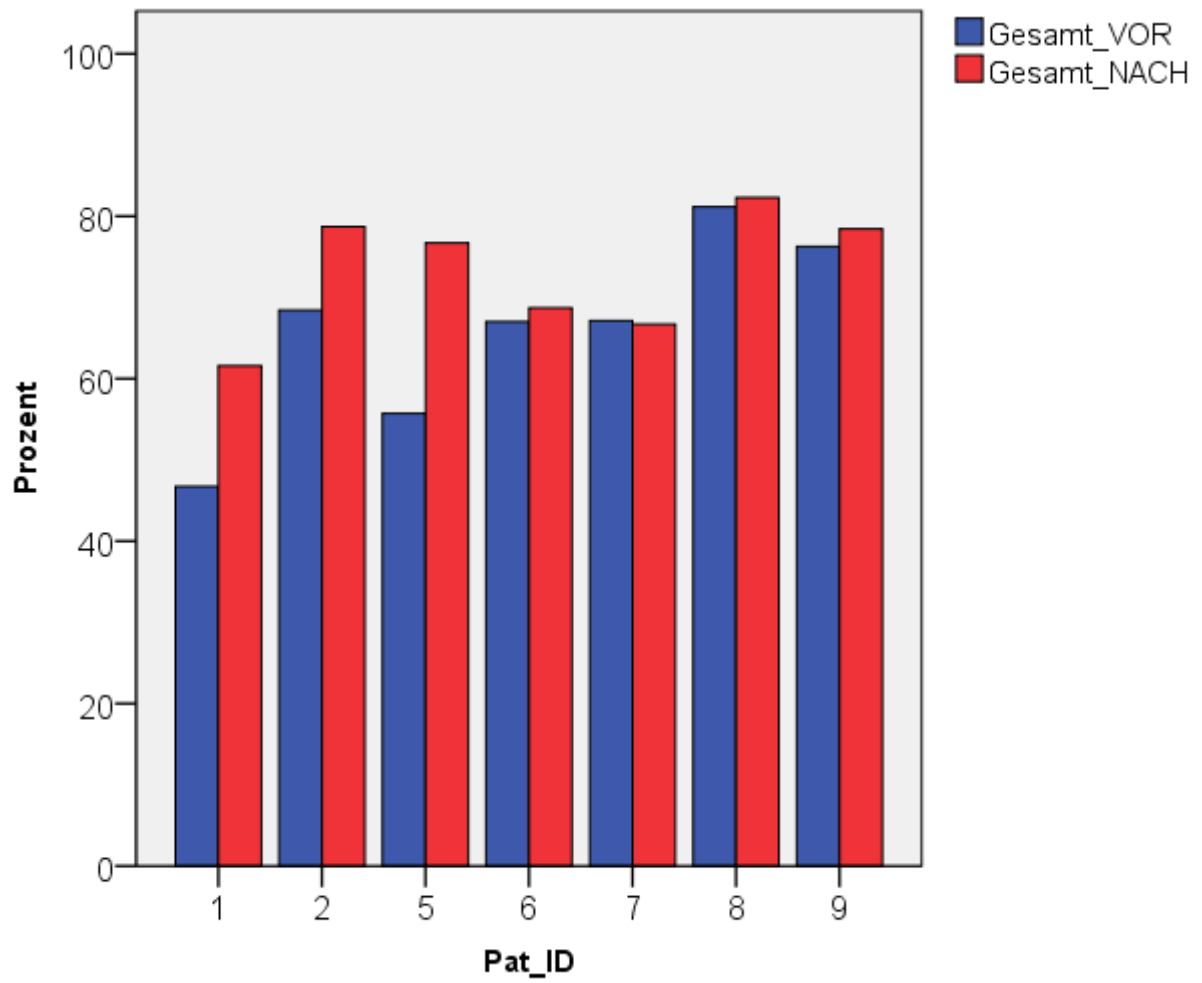


Abb. 34: Erreichte Punktzahl der Teilnehmer im Score zum Studienbeginn (blau) und zum Studienende (rot)

4.3 Neuropsychologische Testung

Vergleicht man den Mittelwert, der sich aus allen z-Werten der einzelnen Untertests der neuropsychologischen Testung ergibt, so entsteht folgende Grafik (Abb. 35).

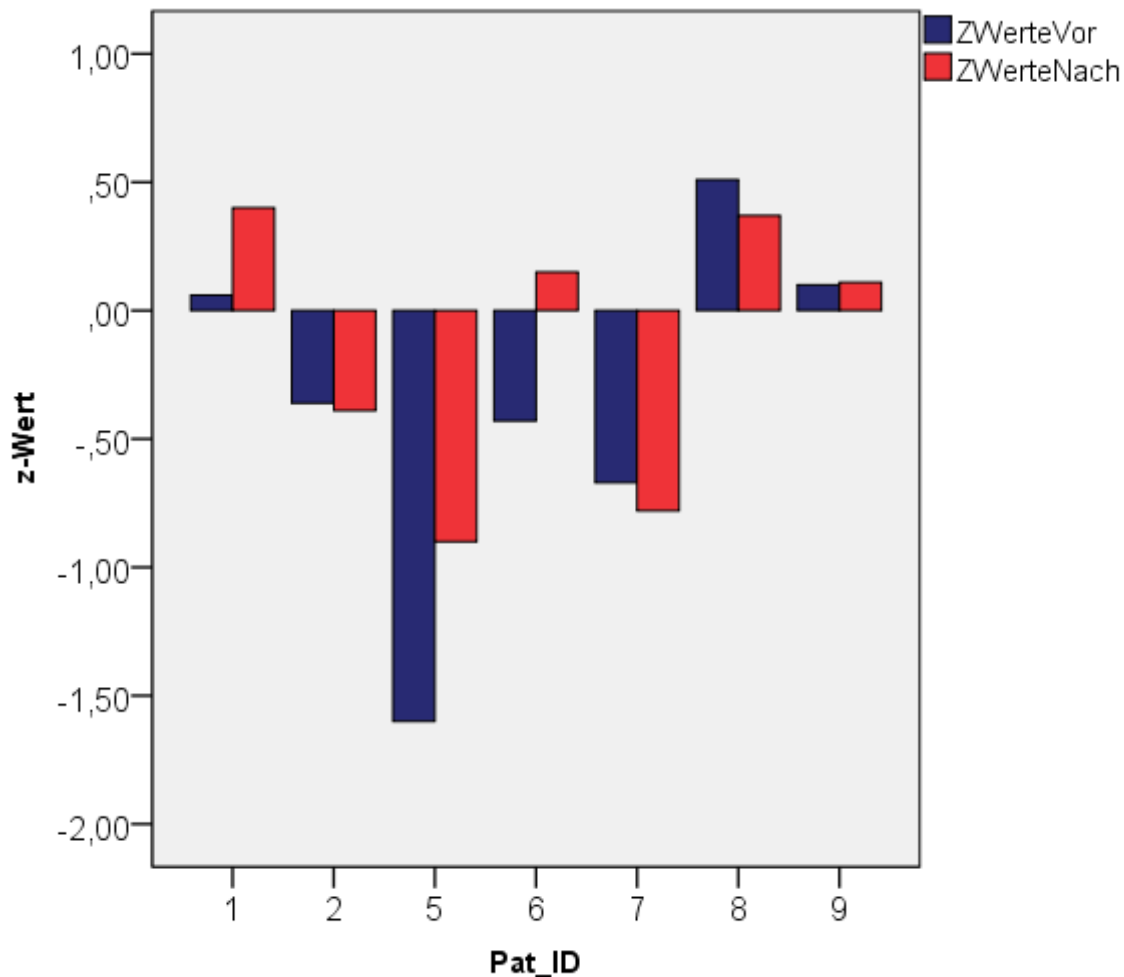


Abb. 35: Mittelwert der z-Werte aller Untertests für die sieben Studienteilnehmer zum Zeitpunkt vor Studienbeginn (blau) und nach Studienende (rot)

Es zeigt sich, dass sich der mittlere z-Wert, der sich aus der Summe der erreichten z-Werte in den einzelnen Untertests dividiert durch die Anzahl der Untertests ergibt bei vier der sieben Probanden erhöht. Dies spricht für ein insgesamt besseres Abschneiden im Test dieser Testpersonen nach Studienabschluss im Vergleich zu davor. Bei den anderen drei Teilnehmern sinkt der mittlere z-Wert ab und zeigt somit eine Verschlechterung des Gesamtergebnisses in der neuropsychologischen Testung.

Bei Betrachtung der z-Werte derjenigen Tests, welche wie im Methodenteil beschrieben abhängig von der Neuroplastizität sind fällt auf, dass bei sechs der neun beobachteten Tests bei der Untersuchung nach Interventionsabschluss höhere Werte erreicht wurden, als zum ersten Untersuchungszeitpunkt. Dabei wurde für jeden der Tests der Mittelwert aus den Testergebnissen der Studienteilnehmer gebildet, sodass für die neun untersuchten Tests jeweils ein z-Wert vorlag. Bei den drei weiteren beobachteten Untertests wurden bei der Folgeuntersuchung geringfügig geringere z-Werte erreicht als zu Studienbeginn. Die insgesamt erreichten Ergebnisse waren für acht der Tests nicht signifikant unterschiedlich. Beim „Zahlenreihe rückwärts nachsprechen“ schnitten die Testpersonen in der Folgeuntersuchung signifikant besser ab als zum ersten Untersuchungszeitpunkt (Tab. 20 und 21).

	ZR vorwärts vor	ZR vorwärts nach	ZR rückwärts vor	ZR rückwärts nach	Corsi vor	Corsi nach	Ruff 2&7 vor	Ruff 2&7 nach
Mittelwert	,4286	,4000	-,5429	,4571	-,0571	-,3429	-,7600	-,6429

	TMB vor	TMB nach	TMA vor	TMA nach	Semantic Fluency vor	Semantic Fluency nach	RCFC vor	RCFC nach	ZST vor	ZST nach
Mittelwert	,2667	,3000	,2000	,3857	-,5857	-,3571	-,3500	-,8143	-,0714	,1857

Tab. 20: Mittelwerte in den diversen Untertests zum Messzeitpunkt vor Studienbeginn (vor) bzw. nach Studienende (nach). Der Mittelwert errechnet sich aus den z-Werten der sieben Probanden, die die Studie abgeschlossen haben. (ZR = Zahlenreihe, Corsi = Corsi-Blockspanne, TMB = Trail-Making-Test B, TMA = Trail-Making-Test A, RCFC = Rey-Complex-Figure-Retention, ZST = Zahlen-Symbol-Test)

	Zahlenreihe vorwärts	Zahlenreihe rückwärts	Corsi-Blockspanne	Ruff 2&7	Trail-Making-Test B	Trail-Making-Test A	Semantic Fluency	Rey-Complex-Figure-Copy	Zahlen-Symbol-Test
Z	-,137	-2,201	-,816	-1,857	-,271	-,762	-,841	-,674	-1,761
Exakte Signifikanz (2-seitig)	1,000	,031	,750	,125	,875	,500	,469	,625	,125

Tab. 21: Untersuchung auf signifikante Unterschiede im Testergebnis im Vergleich der einzelnen Tests jeweils vor Studienbeginn und nach Studienende

4.4 Stresstestung

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Auswertung der Stresstestung dargestellt. Drei der Probanden absolvierten jeweils eine Testung zu Beginn des Klettertrainings und eine zweite nach Abschluss der Intervention. Verglichen werden jeweils die Werte der sogenannten Baseline, die vor Beginn der Stressinduktion aufgezeichnet werden und somit ein Maß für das allgemeine Anspannungslevel darstellen. Außerdem wird der Stressindex einmal über den gesamten Zeitraum des etwa zwanzigminütigen Tests und einmal in der Entspannungsphase über fünf Minuten nach Beendigung der Stressoren verglichen. Diese Werte spiegeln wider, inwiefern der Stresslevel des Probanden durch die zu erledigenden Aufgaben aktiviert wird, beziehungsweise inwieweit es ihm gelingt, seinen Stresslevel nach deren Erfüllung wieder zu reduzieren.

Proband 9 gehörte zu jener Gruppe, die alle drei Wochen kletterte. Beim Vergleich der Ergebnisse der beiden Stresstestungen ergab sich insgesamt eine leicht gesteigerte Kohärenz zum Zeitpunkt der Baseline. Die Kohärenz ist ein wichtiger Wert zur Bestimmung der Kompetenz im Umgang mit Stress. Sie ist ein Maß für den Zusammenhang von Herzfrequenz und Atemfrequenz. Je niedriger die Kohärenz ist, desto schlechter ist die Synchronisation zwischen dem Puls und dem Atemrhythmus und desto schlechter ist die mentale Leistungsfähigkeit in Bezug auf den Umgang mit Stress jeglicher Art. Auch andere Parameter, wie beispielsweise die Hautleitfähigkeit und die Temperatur wiesen zum Zeitpunkt der zweiten Messung Werte auf, die für einen geringeren Stresslevel sprechen. Im Entspannungszustand steigt die Temperatur physiologisch an und der Hautleitwert nimmt ab. Des Weiteren ergab die Betrachtung des Stressindex über die gesamte Dauer der Testung hinweg eine leichte Abnahme. Auch in der Entspannungsphase, die den Stressoren folgt, zeigt sich in der Wiederholungsmessung nach Abschluss des Klettertrainings ein geringerer absoluter Wert als bei der Anfangstestung.

Auch Proband 6 trainierte alle drei Wochen. In der Baseline fällt auf, dass die Kohärenz bei der Testung nach der Studie im Vergleich zu vorher leicht abgefallen ist. Auch ist der Stress-Index insgesamt angestiegen. In der Entspannungsphase nach den Stressoren ist er jedoch bei der Wiederholungsmessung geringer.

Proband 2 ging einmal die Woche klettern. Bei ihm sieht man ähnlich wie bei Proband 9 eine deutliche Zunahme der Kohärenz im Vergleich der beiden Messungen. Der Stress-Index über die gesamte Dauer der Testung ist jedoch nach der Studie höher als zuvor. In der Entspan-

nungsphase nach Beendigung der im Test gestellten Aufgaben zeigt sich dahingegen ein geringerer Stress-Index in der zweiten Messung.

Der Vergleich der drei Parameter Kohärenz in der Baseline, Stress-Index über den Gesamtzeitraum und Stress-Index in der Entspannungsphase wird in folgenden Grafiken verdeutlicht (Abb. 36-38).

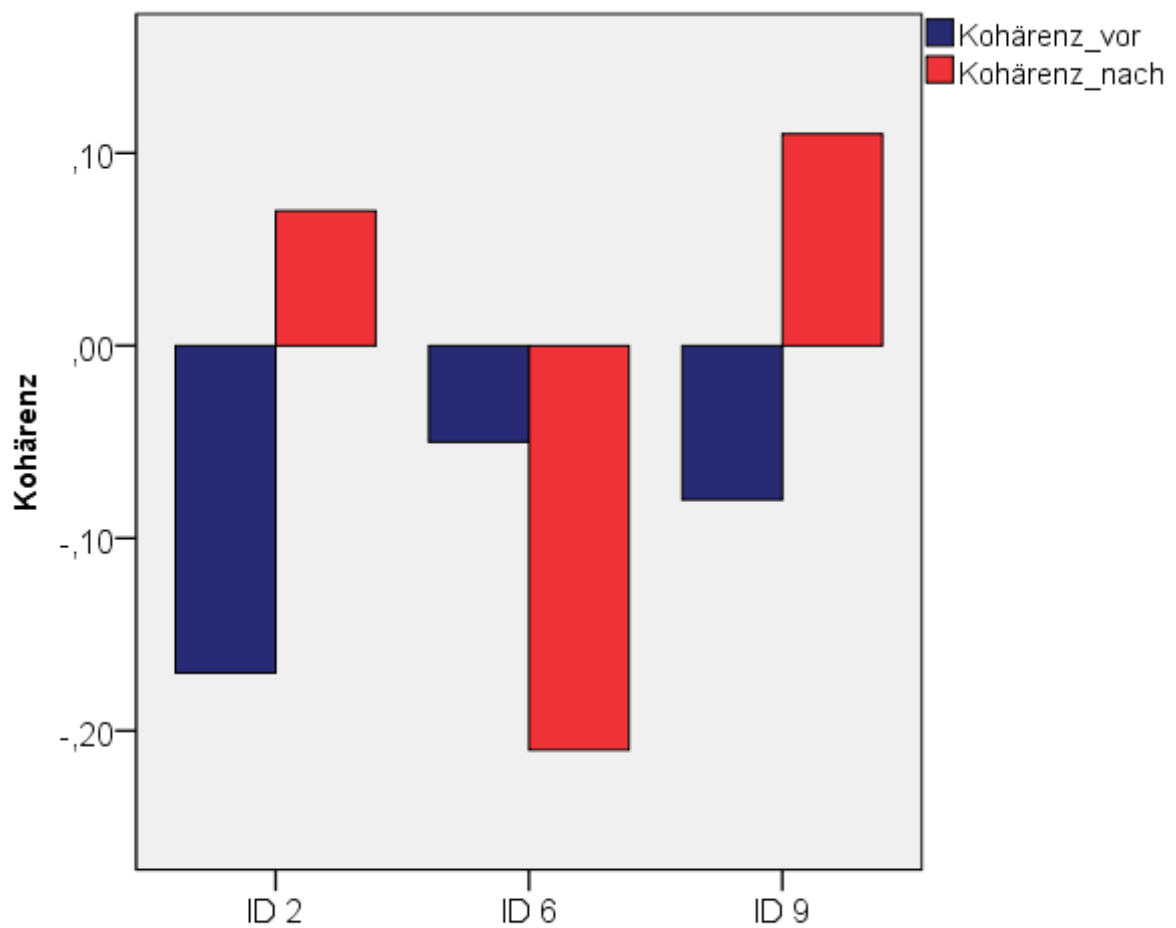


Abb. 36: Kohärenz zum Studienbeginn (blau) und zum Studienende (rot)

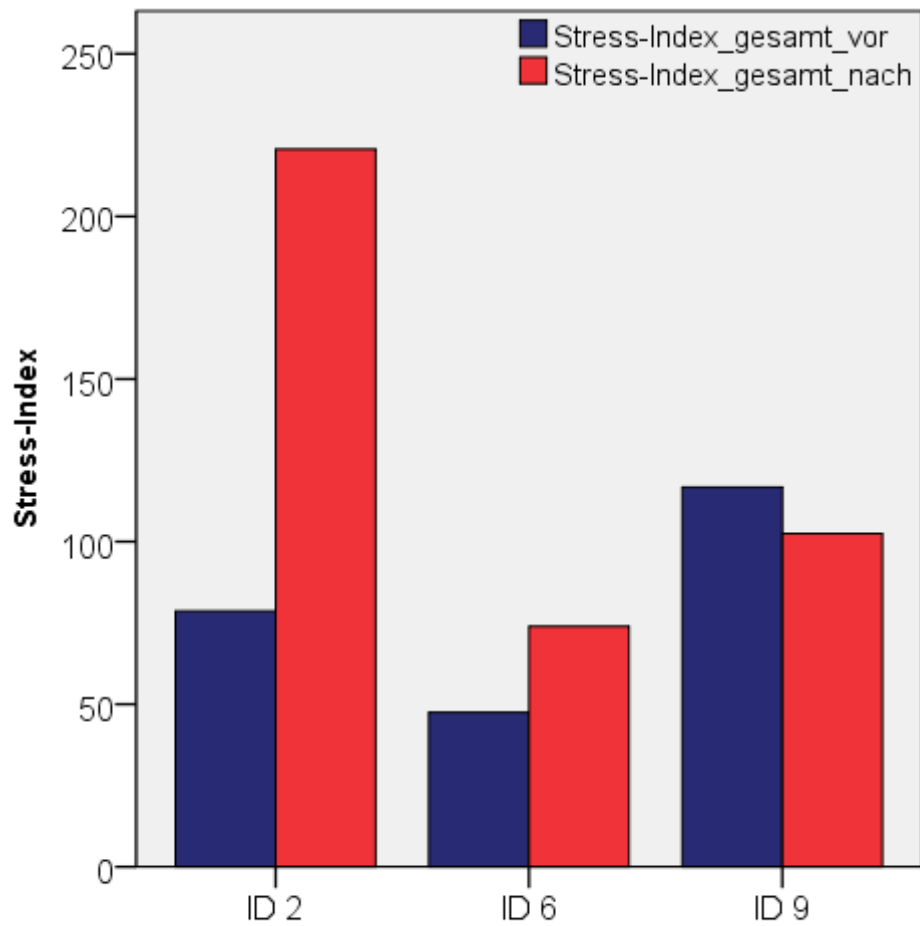


Abb. 37: Stress-Index über die gesamte Dauer der Testung zu Studienbeginn (blau) und zum Studienende (rot)

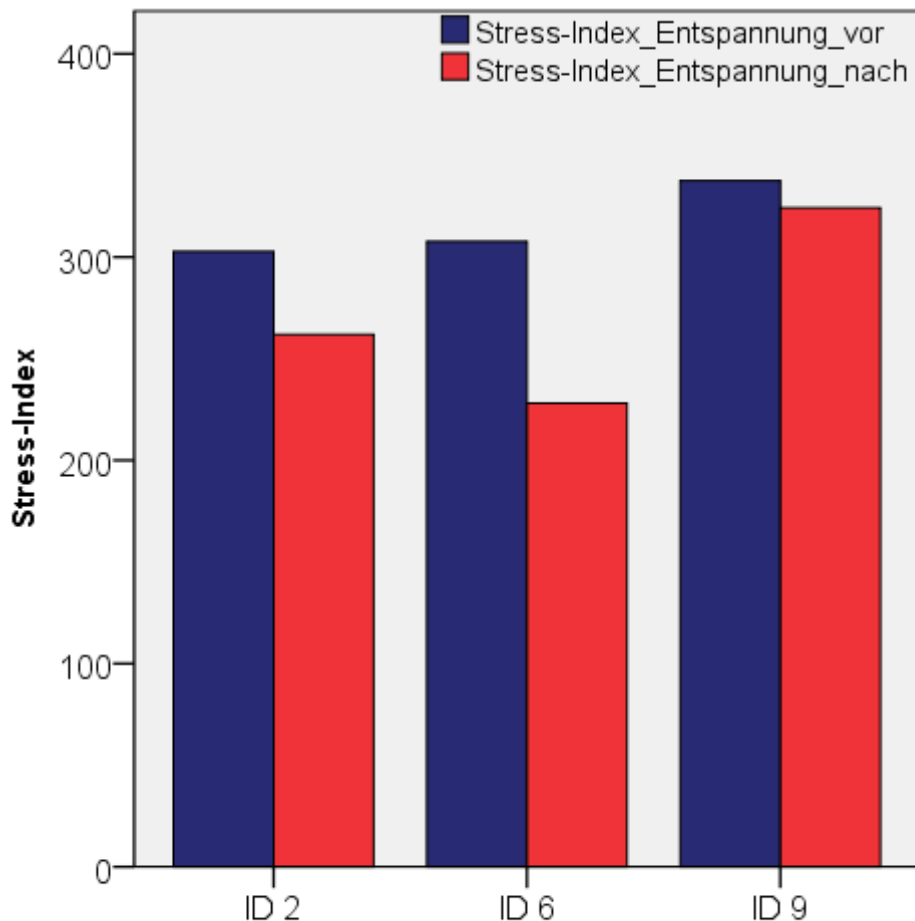


Abb. 38: Stress-Index in der Entspannungsphase zu Studienbeginn (blau) und zum Studienende (rot)

Insgesamt wird aus den Grafiken ersichtlich, dass die drei Studienteilnehmer, die an der Stresstestung teilnahmen, ganz unterschiedliche Veränderungen aufweisen. Die Kohärenz als Maß für die Fähigkeit im Umgang mit Stress war bei zwei der Probanden in der Folgeuntersuchung deutlich verbessert, bei dem dritten Studienteilnehmer aber ebenso deutlich verringert. Bei dem allgemeinen Stressindex, der über den gesamten Untersuchungszeitraum ermittelt wurde, kann bei zwei Testpersonen in der zweiten Untersuchung ein erhöhter Stresslevel festgestellt werden und nur bei einer Person verringerte sich der Index geringfügig. Ein einheitliches Ergebnis aller drei Probanden zeigt sich nur in der Messung des Stress-Indexes in der Entspannungsphase nach Abschluss der Testung. Hier zeigten alle Testpersonen einen geringeren Stresslevel als zum Zeitpunkt der ersten Messung.

4.5 Actiwatch

Die Auswertung der mit der Actiwatch erhobenen Werte lieferte das in der folgenden Abbildung dargestellte Ergebnis (Abb. 39).

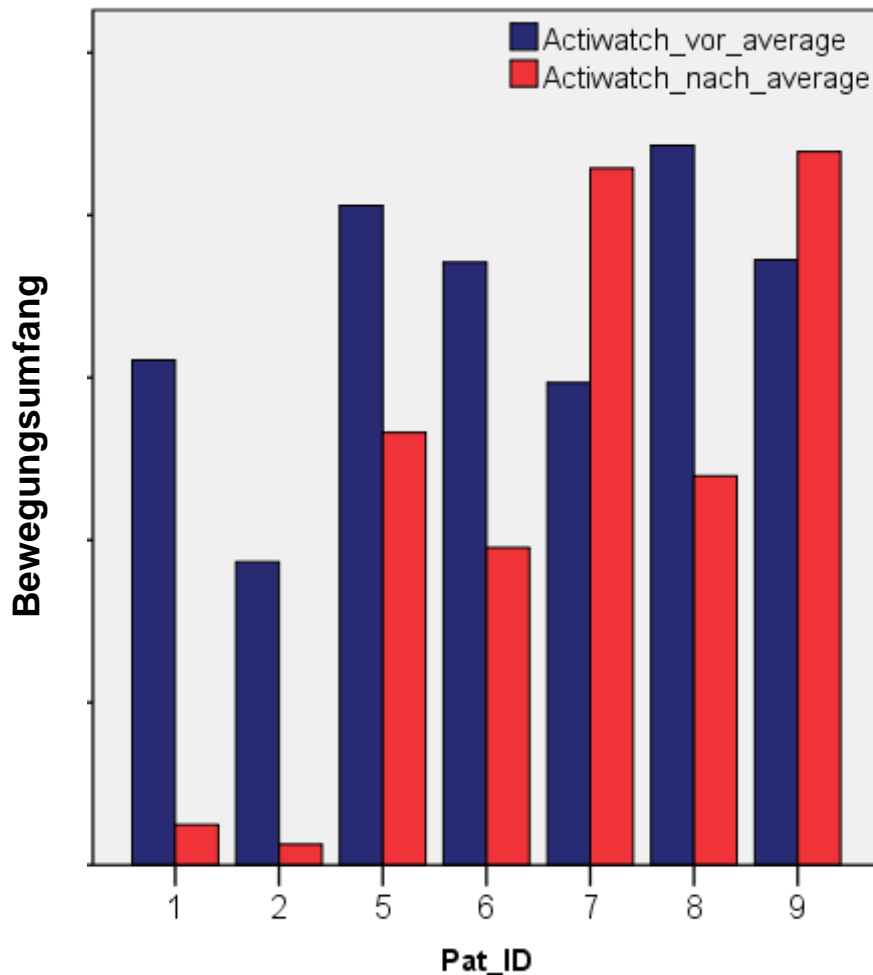


Abb. 39: Auswertung des Bewegungsumfangs der Probanden mithilfe der Actiwatch. Vergleich des mittleren Bewegungsumfangs jeweils zum Zeitpunkt des Studienbeginns und des Studienendes.

Es ist zu erkennen, dass sich der mittlere Bewegungsumfang bei fünf der sieben Probanden, die das Klettertraining abschlossen, verminderte. Bei den beiden anderen beiden ist eine Zunahme zu erkennen. Zu beachten ist hierbei, dass eine der Actiwatches, die für die Erfassung der zweiten Datenreihe zum Zeitpunkt nach Studienende an die Probanden verteilt wurde, mutmaßlich defekt war. Die in der Grafik als Proband 1 und Proband 2 gekennzeichneten Studienteilnehmer erhielten beide dieselbe Actiwatch, die bei der Auswertung einen auffällig

niedrigen Wert lieferte. Derart geringe Werte können nicht damit erklärt werden, dass die untersuchten Personen sehr gering körperlich aktiv waren, sondern kämen höchstens dadurch zustande, dass die Actiwatch nicht wie vereinbart getragen wurde und somit nichts aufzeichnen konnte. Da die beiden Probanden auf Nachfragen hin jedoch glaubwürdig angaben, das Gerät wie gefordert über fünf Tage lang ununterbrochen getragen zu haben und es sich wie bereits bemerkt bei beiden um dasselbe Gerät handelte, das sie nacheinander zugeteilt bekamen, ist dieser niedrige Wert am ehesten auf einen technischen Defekt zurückzuführen.

Des Weiteren hat einer der Studienteilnehmer angegeben, dass die Actiwatch bei dem Messzeitraum zum Studienabschluss, der in den Sommermonaten lag, sehr oft abgelegt wurde, weil das warme Wetter zum Baden einlud. Dadurch lässt sich zum Teil erklären, weshalb hier geringere Werte registriert wurden als zu Studienbeginn, als die Actiwatch konstant über alle fünf Untersuchungstage getragen wurde, ohne vermehrt abgelegt zu werden. Insgesamt kann man jedoch klar erkennen, dass die untersuchten Personen im Schnitt nach der Teilnahme am Klettertraining im Vergleich zu vorher kein gesteigertes Aktivitätsniveau aufweisen. Vielmehr registrierte die Actiwatch nach dem Studienabschluss im Mittel einen geringeren Bewegungsumfang als zum Studienanfang.

Um eine aussagekräftigere Analyse zu gewährleisten, wurden daraufhin bei jedem der Probanden jeweils zwei Tage ausgewählt, bei denen laut der Auswertung die Actiwatch möglichst konstant getragen wurde. Diese Tage konnten leicht optisch mittels des Aktogrammes, das in dem entsprechenden Auswertungsprogramm angezeigt wird ermittelt werden. Die Auswahl der beiden repräsentativsten Tage erfolgte so für jeden der Studienteilnehmer sowohl zum Zeitpunkt vor Studienbeginn, als auch nach Studienabschluss. Somit konnte darauf folgend ein Vergleich der Daten erfolgen, die den gesamten Bewegungsumfang an den beiden entsprechenden Tagen vor der Intervention und nach Beendigung dieser widerspiegeln. Die folgenden Abbildungen stellen jeweils das sich ergebende Aktogramm der beiden Tage zu beiden Messzeitpunkten gegenüber (Abb. 40-53). Je höher der angezeigte Ausschlag in dem Diagramm, desto größer war der Bewegungsumfang zu diesem Zeitpunkt. Die Abbildungen starten ganz links bei 0 Uhr an dem ausgewählten Tag, dann wird der Bewegungsumfang über den Tag hinweg angezeigt, bis die Aufzeichnung um 23:59 Uhr ganz rechts in der Abbildung endet.

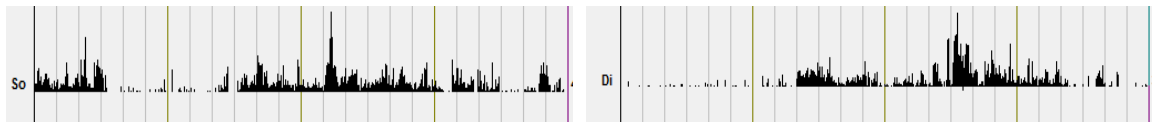


Abb. 40: Aktogramm des Studienteilnehmers mit der ID 1 zum Zeitpunkt vor Beginn der Studie



Abb. 41: Aktogramm des Studienteilnehmers mit der ID 1 zum Zeitpunkt nach Studienende

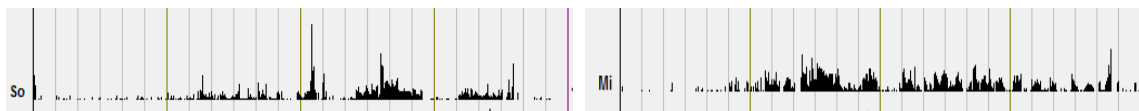


Abb. 42: Aktogramm des Studienteilnehmers mit der ID 2 zum Zeitpunkt vor Beginn der Studie

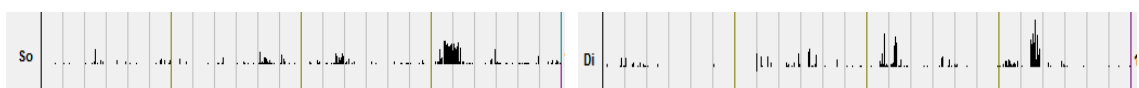


Abb. 43: Aktogramm des Studienteilnehmers mit der ID 2 zum Zeitpunkt nach Studienende

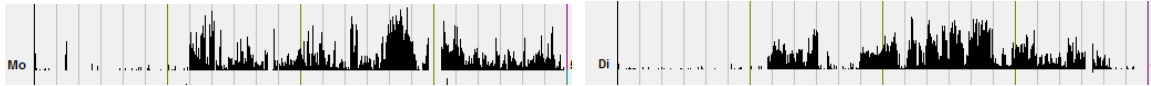


Abb. 44: Aktogramm des Studienteilnehmers mit der ID 5 zum Zeitpunkt vor Beginn der Studie



Abb. 45: Aktogramm des Studienteilnehmers mit der ID 5 zum Zeitpunkt nach Studienende

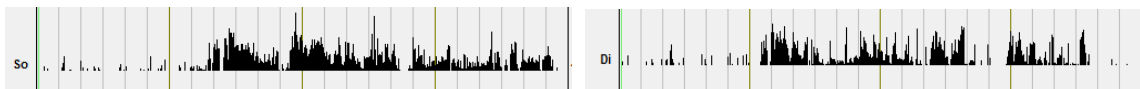


Abb. 46: Aktogramm des Studienteilnehmers mit der ID 6 zum Zeitpunkt vor Beginn der Studie



Abb. 47: Aktogramm des Studienteilnehmers mit der ID 6 zum Zeitpunkt nach Studienende

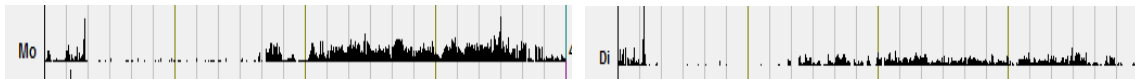


Abb. 48: Aktogramm des Studienteilnehmers mit der ID 7 zum Zeitpunkt vor Beginn der Studie

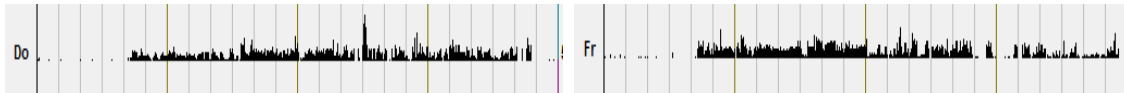


Abb. 49: Aktogramm des Studienteilnehmers mit der ID 7 zum Zeitpunkt nach Studienende

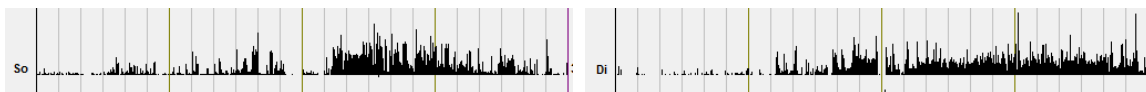


Abb. 50: Aktogramm des Studienteilnehmers mit der ID 8 zum Zeitpunkt vor Beginn der Studie

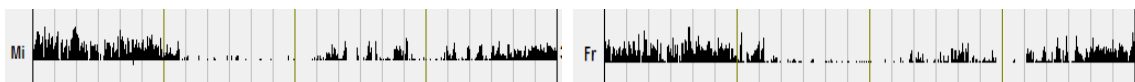


Abb. 51: Aktogramm des Studienteilnehmers mit der ID 8 zum Zeitpunkt nach Studienende

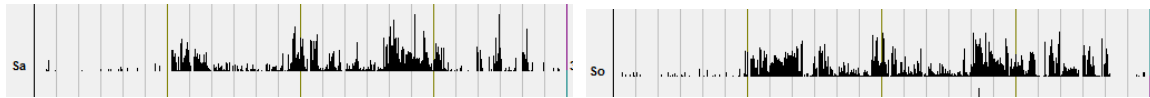


Abb. 52: Aktogramm des Studienteilnehmers mit der ID 9 zum Zeitpunkt vor Beginn der Studie



Abb. 53: Aktogramm des Studienteilnehmers mit der ID 9 zum Zeitpunkt nach Studienende

Auch hier ist zu erkennen, dass die Ausschläge bei den mit ID 1 und ID 2 gekennzeichneten Studienteilnehmern zum Messzeitpunkt nach Abschluss der Studie deutlich verringert sind, was wie oben beschrieben höchstwahrscheinlich auf einen technischen Defekt der entsprechenden Actiwatch zurückzuführen ist. Beim Vergleich des gesamten Bewegungsumfangs an den beiden genauer untersuchten Tagen ergibt sich folgende Darstellung (Abb. 54).

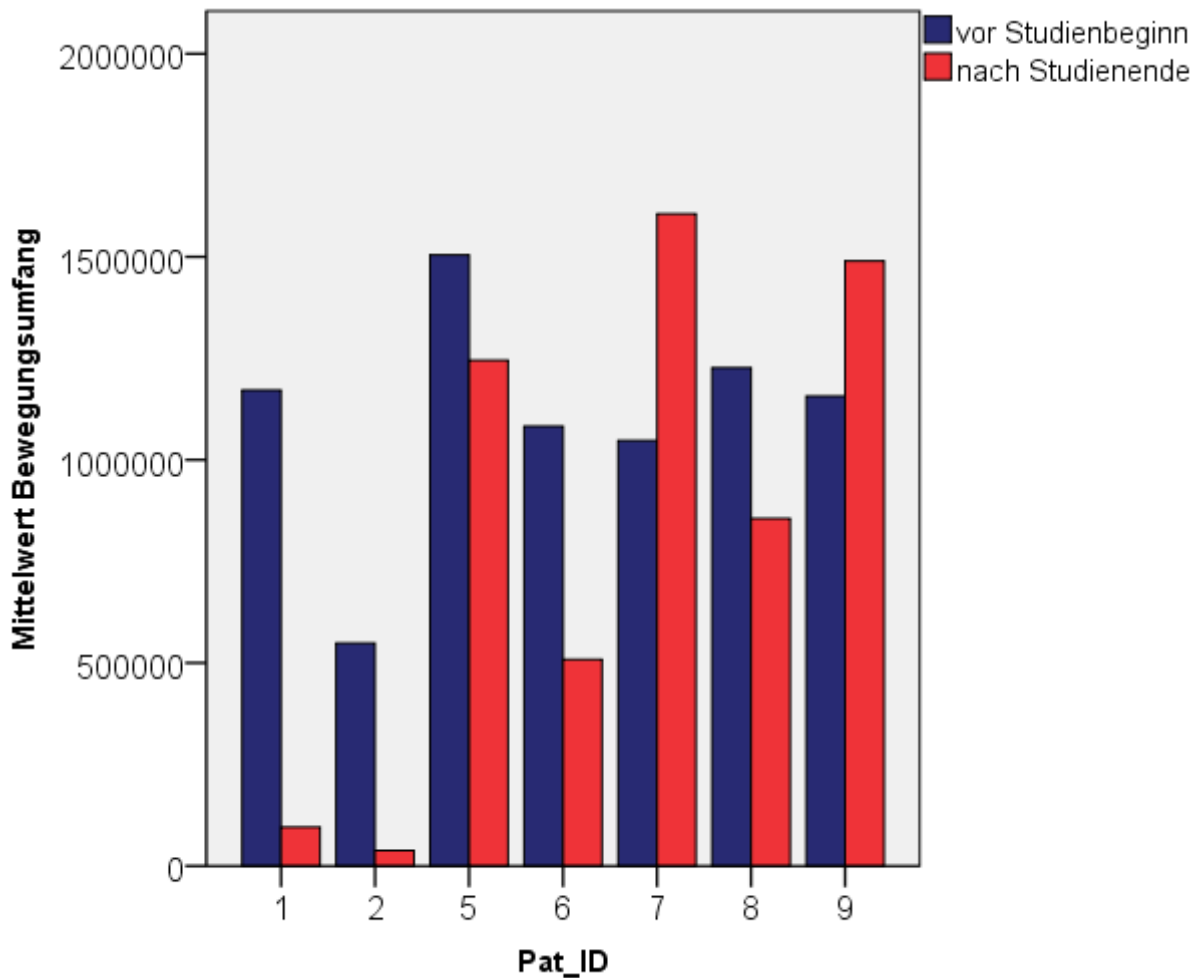


Abb. 54: Auswertung des mittleren Bewegungsumfangs der Studienteilnehmer. Vergleich der jeweils zwei ausgewählten Tage zum Zeitpunkt vor Studienbeginn (blau) und nach Abschluss der Intervention (rot)

Bei Betrachtung dieser Grafik ist zu erkennen, dass der gesamte Bewegungsumfang wie auch schon bei der Untersuchung der Gesamtdaten vermutet eher abnimmt. Lässt man die Probanden mit der ID 1 und der ID 2 aufgrund der defekten Actiwatch außer Acht, so zeigt sich bei drei der fünf übrigen Studienteilnehmer eine deutliche Abnahme des gesamten Bewegungsumfangs, während bei den anderen beiden eine Zunahme zu erkennen ist.

Für die folgende grafische Darstellung wurde jeweils ein Tag von der Messperiode vor Studienbeginn und einer nach Studienabschluss ausgewählt. Die Zahlen um den Kreis geben die Uhrzeit an. Je höher der Bewegungsumfang zum jeweiligen Zeitpunkt war, desto größer ist der Ausschlag im Diagramm in Richtung Peripherie des Kreises (Abb. 55-61).

Pat_ID 1

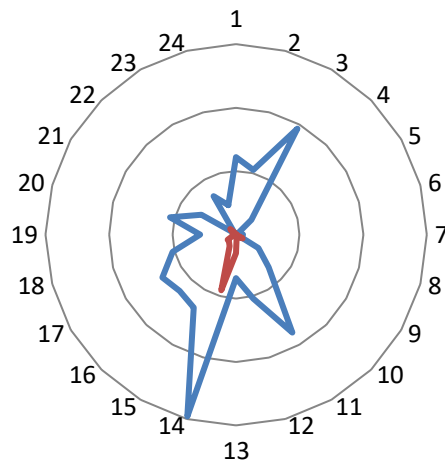


Abb. 55: Vergleich von zwei Messtagen des Studienteilnehmers mit der ID 1. Die blaue Datenreihe entspricht der Messung vor Studienbeginn, die rote Datenreihe stellt das Ergebnis nach Studienabschluss dar.

Pat_ID 2

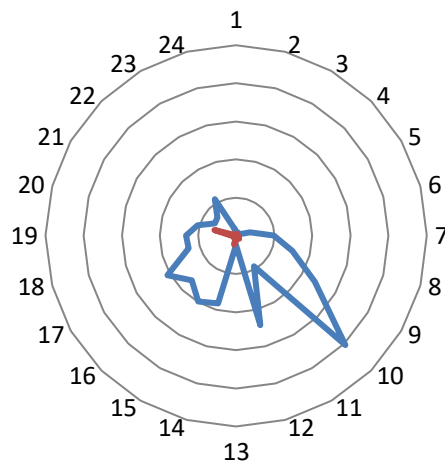


Abb. 56: Vergleich von zwei Messtagen des Studienteilnehmers mit der ID 2. Die blaue Datenreihe entspricht der Messung vor Studienbeginn, die rote Datenreihe stellt das Ergebnis nach Studienabschluss dar.

Bei den beiden obenstehenden Diagrammen ist gut zu erkennen, dass die Actiwatch zum Zeitpunkt der Folgemessung nach Abschluss des Klettertrainings sehr wenig Bewegungsumfang aufzeichnet. Bei den mit ID 1 und ID 2 gekennzeichneten Studienteilnehmern handelt es

sich um jene, die beide dieselbe, vermutlich technisch Defekte Actiwatch ausgehändigt bekommen haben.

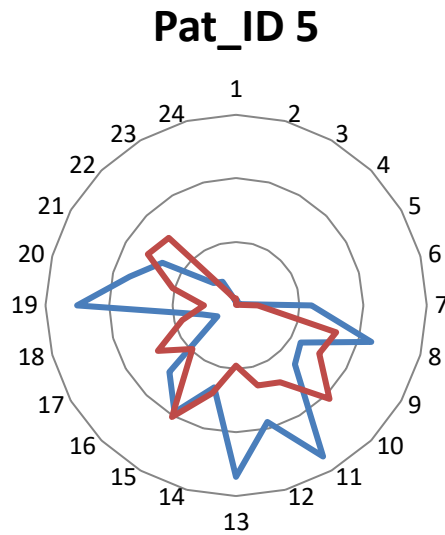


Abb. 57: Vergleich von zwei Messtagen des Studienteilnehmers mit der ID 5. Die blaue Datenreihe entspricht der Messung vor Studienbeginn, die rote Datenreihe stellt das Ergebnis nach Studienabschluss dar.

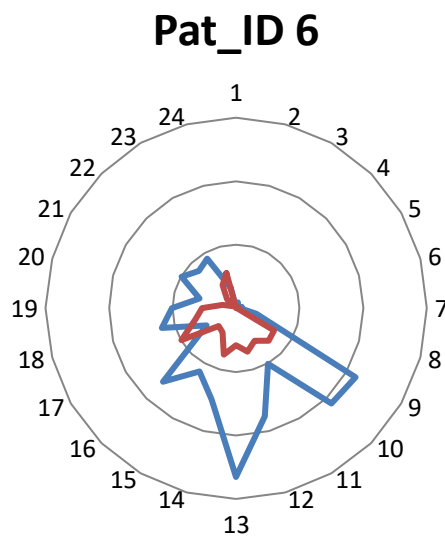


Abb. 58: Vergleich von zwei Messtagen des Studienteilnehmers mit der ID 6. Die blaue Datenreihe entspricht der Messung vor Studienbeginn, die rote Datenreihe stellt das Ergebnis nach Studienabschluss dar.

Pat_ID 7

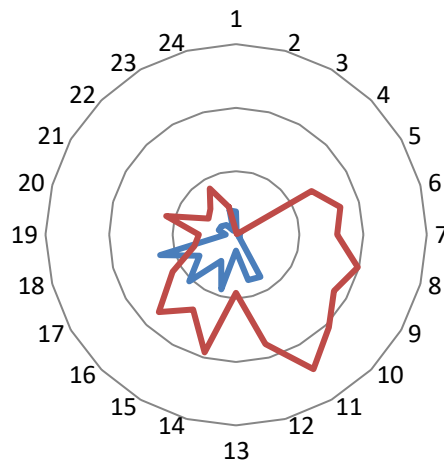


Abb. 59: Vergleich von zwei Messtagen des Studienteilnehmers mit der ID 7. Die blaue Datenreihe entspricht der Messung vor Studienbeginn, die rote Datenreihe stellt das Ergebnis nach Studienabschluss dar.

Pat_ID 8

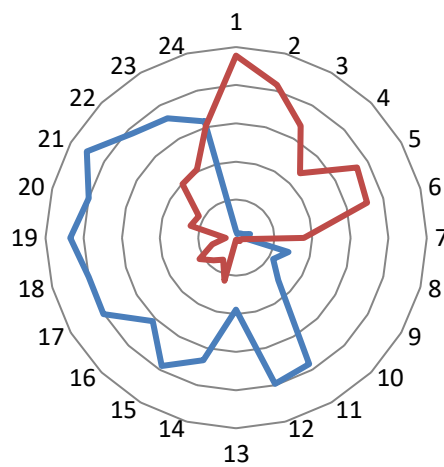


Abb. 60: Vergleich von zwei Messtagen des Studienteilnehmers mit der ID 8. Die blaue Datenreihe entspricht der Messung vor Studienbeginn, die rote Datenreihe stellt das Ergebnis nach Studienabschluss dar.

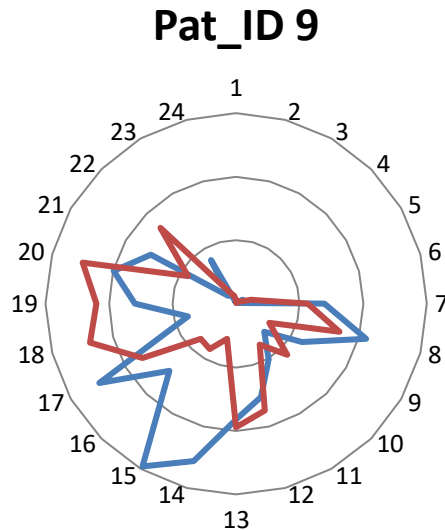


Abb. 61: Vergleich von zwei Messtagen des Studienteilnehmers mit der ID 9. Die blaue Datenreihe entspricht der Messung vor Studienbeginn, die rote Datenreihe stellt das Ergebnis nach Studienabschluss dar.

Insgesamt ist auch hier der nach Studienende geringere Bewegungsumfang im Vergleich zu der Messung vom Studienanfang zu erkennen. Interessant an dieser Form der Darstellung ist vor allem, dass sich Änderungen im Tagesablauf deutlich in der Grafik widerspiegeln. So kann man erkennen, dass der mit der Nummer 8 gekennzeichnete Studienteilnehmer während den beiden Messungen zu komplett unterschiedlichen Tageszeiten aktiv war. Auf Rückfrage hin lässt sich dies dadurch erklären, dass der entsprechende Proband Schichtarbeiter ist und zu den beiden Messzeitpunkten einmal Spät- und einmal Frühschicht arbeitete.

4.6 MRT

Nach Abschluss der Studie wurde von den Probanden ein Schädel-MRT gemacht, dessen Ergebnis mit den Vorbefunden verglichen wurde. Dabei zeigte sich bei sechs der sieben Studienteilnehmer, die bis zum Ende am Klettertraining teilnahmen ein stabiler Befund ohne neu aufgetretene Läsionen. Das Bild eines Probanden wies eine Befundverbesserung im Vergleich zu dem zuletzt vor Studienbeginn durchgeführten MRT auf. Bei keinem einzelnen Studienteilnehmer konnte eine Verschlechterung beobachtet werden.

5 Diskussion

Ziel der Studie „Effekte des Kletterns auf MS“ war es, Auswirkungen eines systematischen Klettertrainings bei MS-Erkrankten zu ermitteln. Ein besonderes Augenmerk wurde dabei auf Parameter wie beispielsweise die Gesamtstimmung, die Lebensqualität, die Fatigue und die Ängstlichkeit der Probanden gelegt, die mittels Fragebögen erhoben werden konnten. Daneben wurde auch der Umgang mit Stress und die neurokognitive Entwicklung der Studienteilnehmer untersucht, sowie deren Bewegungsumfang und mögliche Veränderungen im Krankheitsverlauf. Es folgt eine Diskussion der im Rahmen der Studie ermittelten Informationen.

Wie bereits im Ergebnisteil beschrieben wurden bei der Auswertung der einzelnen Fragebögen keinerlei statistisch signifikanten Veränderungen gefunden. Nichtsdestotrotz lässt sich bei der Betrachtung der Ergebnisse eine klare Tendenz erkennen. So ist der erreichte Punktwert beispielsweise im BDI-Fragebogen nach dem Studienende insgesamt kleiner als zu Beginn der Intervention.

Dieses Ergebnis deckt sich mit Angaben aus der Literatur. In einer Studie von Luttenberger et al. im Jahr 2015 wurde eine Kontrollgruppe mit einer Interventionsgruppe verglichen, die sich einem achtwöchigen Klettertraining in der Halle unterzog. Die Trainingseinheiten fanden einmal wöchentlich statt und umfassten eine Dauer von jeweils drei Stunden. Die Auswirkung dieses Trainings auf die Depressivität der Patienten wurde mittels Verteilung von Fragebögen untersucht. Insgesamt schlossen 49 Probanden die Studie ab. Die Auswertung der erhobenen Daten zeigte einen signifikanten Unterschied in der Entwicklung der Scores zur Erhebung der Depression in beiden Gruppen, wobei die Interventionsgruppe größere positive Veränderungen aufwies.

Ferner wurde in dieser Studie beschrieben, dass die erzielte Verbesserung umso größer war, je höher die ursprüngliche Symptomausprägung war. Insgesamt gehen die Autoren dieser Studie davon aus, dass Klettern als zusätzliche Maßnahme neben der konventionellen Therapie einen positiven Einfluss auf das Krankheitsbild der Depression hat (Luttenberger et al. 2015).

Eine weitere Studie untersuchte den Einfluss eines Trainings im Hochseilgarten bei Patienten mit psychischer Beeinträchtigung. Neben einem positiven emotionalen Erlebnis gaben die Teilnehmer nach der Intervention im Vergleich zu vorher eine gebesserte Stimmungslage an. Im Gegensatz zu einer Kontrollgruppe, die abgesehen von der Nutzung des Hochseilgartens ansonsten dieselbe Therapie erhielten, wurde von den Patienten in der Interventionsgruppe eine Steigerung der Lebensqualität berichtet (Mehl and Wolf 2008).

Obwohl die Teilnehmer der Studie „Klettern mit MS“ in einer Kletterhalle trainierten und keinen Hochseilgarten nutzen, lassen sich bei den beiden Interventionen einige Parallelen erkennen. So geht es sowohl beim Klettern als auch im Hochseilgarten darum, sich selbst zu überwinden und sich einer gewissen Höhe auszusetzen. Zudem erfordert beides ein hohes Maß an Konzentration und setzt eine gewisse Bewegungskoordination voraus. Da das Krankheitsbild der MS wie oben beschrieben oftmals von Symptomen einer Depression begleitet wird liegt nahe, dass das Klettern auch hier einen positiven Einfluss haben könnte. Die Ergebnisse der Studie „Klettern mit MS“ sprechen dafür, dass ein viermonatiges Klettertraining bei Patienten, die an einer MS leiden, möglicherweise zu einer Abnahme einer begleitenden Depression führen kann.

Velikonja et al. untersuchten in ihrer Studie die Effekte von Yoga und Sportklettern unter anderem auf die Spastizität und die Fatigue bei MS-Patienten. Eine Studienpopulation von 20 Probanden wurde dabei randomisiert in beide Interventionsgruppen aufgeteilt. Die Studiendauer betrug 10 Wochen. In beiden Gruppen konnte kein signifikanter Effekt hinsichtlich der Spastizität gefunden werden. In der Interventionsgruppe, die das Klettertraining durchführte konnte jedoch im Gegensatz zu der anderen Gruppe eine signifikante Reduktion der Fatigue aufgedeckt werden (Velikonja et al. 2010).

Bei Betrachtung des Fragebogens zur Untersuchung der Fatigue, der von den Teilnehmern der Studie „Klettern mit MS“ ausgefüllt wurde, ergibt sich zwar keine signifikante Reduktion, jedoch eine eindeutige Tendenz hin zu einer nach Studienabschluss verminderten Ausprägung der Fatigue.

Eine von Kim et al. durchgeführte Untersuchung beschäftigt sich mit der gesundheitsbezogenen Lebensqualität und der Muskelaktivität bei Patienten mit lumbal lokalisierten Rückenschmerzen. Dabei unterzog sich eine Gruppe einem einmonatigen Trainingsprogramm im therapeutischen Klettern, während eine Kontrollgruppe an einem Stabilisierungsprogramm der lumbalen Muskelstrukturen teilnahm. Das Training fand dreimal wöchentlich für jeweils eine halbe Stunde statt und zog sich über eine Dauer von insgesamt vier Wochen hinweg. 30 Erwachsene mit chronischen Rückenschmerzen, die in die beiden Gruppen eingeteilt wurden, nahmen an der Studie teil.

Die Auswertung der Ergebnisse zeigte eine gesteigerte gesundheitsbezogene Lebensqualität in beiden Interventionsgruppen, wobei die Steigerung bei den Patienten, die am therapeutischen Kletterprogramm teilgenommen haben größer war. Außerdem konnte in beiden Subgruppen eine gesteigerte Muskelaktivität der unteren Rückenmuskulatur und der Bauchmus-

kulatur festgestellt werden. Dabei waren je nach Interventionsgruppe verschiedene Muskelgruppen unterschiedlich stark betroffen, insgesamt kam es jedoch nach Abschluss der beiden Trainingsprogrammen zu einer Steigerung der Muskelaktivität (Kim and Seo 2015).

Der Effekt des therapeutischen Kletterns auf Patienten, die an chronischen Rückenschmerzen leiden, wurde auch in einer weiteren Studie von Engbert et al. untersucht. 28 Probanden wurden hier entweder der Interventionsgruppe, die therapeutisches Klettern durchführte, oder der Kontrollgruppe zugewiesen. Die Personen in der Kontrollgruppe vollzogen das standardisierte Therapieregime für chronische Rückenschmerzen. Die Studie umfasste vier wöchentliche Trainingseinheiten über einen Zeitraum von insgesamt vier Wochen. Mithilfe eines Fragebogens wurde der subjektive und physische Gesundheitszustand der Studienteilnehmer erfragt. Insgesamt konnte in der Untersuchung gezeigt werden, dass in beiden Patientengruppen signifikante Verbesserungen in einigen Teilaspekten des Fragebogens gefunden werden konnten. In der Gruppe, die therapeutisches Klettern anwendete, waren höher signifikante Werte aufzuzeichnen als in der Kontrollgruppe (Engbert and Weber 2011).

Auch die Probanden, die an der Studie „Klettern mit MS“ teilgenommen haben, wurden mittels Fragebogen zum Thema Lebensqualität befragt. Aus deren Auswertung ergab sich zwar keine signifikante Verbesserung, aber bei der Betrachtung der Entwicklung fällt auf, dass die subjektiv empfundene Lebensqualität von den Teilnehmern beider Interventionsgruppen nach Abschluss des Kletterprogramms im Vergleich zum Zeitpunkt davor höher empfunden wurde. Daraus lässt sich schließen, dass durchaus ein positiver Einfluss des Kletterprogramms zu erwarten ist.

Obwohl die Muskelaktivität bei den Studienteilnehmern nicht objektiv gemessen wurde, kann man anmerken, dass ein Viertel der Teilnehmer nach Studienende angegeben hat, Veränderungen im Muskelaufbau zu bemerken. Dieses Ergebnis spricht dafür, dass auch hier Effekte des Kletterns ursächlich sind. Eine verbesserte Rumpfstabilität und erhöhte Kraft der Muskulatur durch therapeutisches Klettern entspricht auch dem Ergebnis einer Studie von Mally et al. Die Muskelaktivierung wurde dort mittels oberflächlicher Elektromyographie gemessen. Die Autoren kamen zu dem Schluss, dass das Training an der Kletterwand ein hoch effektives Training für die Muskulatur des Rumpfes und der unteren Extremität darstellt (Mally et al. 2013).

Die Auswirkung eines Kletterprogrammes auf die Mobilität und die Bewältigungsfähigkeit des Alltages bei geriatrischen Patienten wurde von Fleissner et al. untersucht. Hierbei wurde eine Interventionsgruppe, deren Teilnehmer an einigen therapeutischen Klettereinheiten teilnahmen, mit einer Kontrollgruppe von Probanden verglichen, die konventionelle Physiothe-

rapie erhielten. Die Studienpopulation umfasste 95 Patienten, die sich zusammensetzten aus 48 Personen in der Interventionsgruppe und 47 Personen, die der Kontrollgruppe zugeteilt wurden. Die Studienteilnehmer nahmen an fünf Trainingseinheiten teil, die jeweils eine Dauer von 30 Minuten umfassten. Insgesamt zeigten sich in beiden untersuchten Gruppen nach der jeweiligen Intervention eine gesteigerte Handkraft, ein sichereres Gangbild, eine höhere Bewegungsgeschwindigkeit und eine Verbesserung der Fähigkeit, das Gleichgewicht zu halten. Außerdem verringerte sich die Häufigkeit von Stürzen.

Obwohl diese Beobachtungen in beiden Gruppen gemacht wurden und keine signifikanten Unterschiede bestanden, betonen die Autoren, dass die Ergebnisse bei den Teilnehmern, die das therapeutische Kletterprogramm absolvierten, im Gegensatz zu den Teilnehmern der Kontrollgruppe tendenziell besser waren. Die Mobilität und die Unabhängigkeit im Alltag jener Patienten, die sich der Klettertherapie unterzogen, war signifikant verbessert im Vergleich zu den Patienten, die konventionelle Physiotherapie erhielten (Fleissner et al. 2010).

Auch eine Studie von Stephan et al. beschäftigt sich mit Auswirkungen eines Klettertrainings auf die Bewegungsqualität und die Mobilität. Hierzu wurde bei vier Patienten mit zerebellarer Ataxie untersucht, inwiefern sich ein sechswöchiges Kletterprogramm auf die Ausführung bestimmter Bewegungsaufgaben auswirkt. Die Trainingsfrequenz und die Dauer der jeweiligen Trainingseinheit richteten sich nach dem Gesundheitszustand und der momentanen physischen Verfassung der Teilnehmer und waren somit variabel.

Das Ergebnis der Studie zeigt Verbesserungen in bestimmten Bereichen, so wurde beispielsweise in Tests gezeigt, dass die Schnelligkeit der Bewegungen nach den sechs Wochen gesteigert werden konnte. Interessant ist zudem, dass die Balancefähigkeit bei den Patienten, die zuvor Probleme mit dem Gleichgewicht hatten durch das Training verbessert werden konnte. Insgesamt berichteten die Studienteilnehmer nach dem Abschluss des Klettertrainings teilweise sogar von einer allgemein verbesserten Bewegungsqualität in ihrem Alltag (Stephan et al. 2011).

Da auch das Krankheitsbild der MS zum Teil mit Beeinträchtigungen der Mobilität und Balanceschwierigkeiten vergesellschaftet ist, liegt die Vermutung nahe, dass ein Klettertraining nicht nur bei geriatrischem Patientengut und Patienten mit zerebellarer Ataxie, sondern auch bei an MS erkrankten Personen vergleichbare Auswirkungen zeigen kann. In der Abschlussbefragung wurden die Probanden der Studie „Klettern mit MS“ zu Auswirkungen des Trainings auf die Alltagsmobilität befragt. Dabei gab wie oben im Ergebnisteil beschrieben einer der sieben Teilnehmer, welche die Studie abgeschlossen haben an, dass er Auswirkungen des Kletterns in diesem Bereich bemerkt habe.

Die Frage, ob klettern einen Einfluss auf die Ängstlichkeit einer Person hat, wurde von Aras et al. untersucht. Insgesamt 19 Studienteilnehmer wurden in zwei Gruppen aufgeteilt. Dabei umfasste die Zielgruppe neun Probanden, während die restlichen zehn Probanden die Kontrollgruppe darstellten. Die Studienpopulation setzte sich aus Studenten der Universität in Ankara zusammen. Die Teilnehmer der Interventionsgruppe nahmen an einem insgesamt achtwöchigen Trainingsprogramm teil, dabei kletterten sie dreimal wöchentlich für jeweils eine Stunde.

Die Autoren der Studie definieren zwei verschiedene Arten von Ängstlichkeit, wobei die kognitive Ängstlichkeit die mentale Komponente darstellt, die zu negativer Selbstbeurteilung und Selbstzweifeln führt. Somatische Ängstlichkeit dagegen beinhaltet physiologische Faktoren und wirkt sich direkt auf den menschlichen Organismus aus. Die beiden Unterarten der Ängstlichkeit wurden in der Studie mittels des sogenannten „Competitive Sport Anxiety Inventory-2“ untersucht. Dieser Fragebogen ist einer der häufigsten in der Wissenschaft verwendeten Fragebögen zur Untersuchung der Ängstlichkeit.

Die Studienergebnisse zeigen nach der Intervention sowohl eine verringerte kognitive, als auch eine verringerte somatische Ängstlichkeit in der Zielgruppe, während in der Kontrollgruppe keinerlei Veränderungen dieser Parameter zu verzeichnen waren. Auch eine Steigerung des Selbstvertrauens bei den Studienteilnehmern, welche das Klettertraining absolvierten, konnte beobachtet werden (Aras and Ewert 2016).

In der Studie „Klettern mit MS“ wurden die Probanden zu den Themen Ängstlichkeit und Selbstvertrauen befragt. Die direkte Frage, ob die Teilnehmer sich im Allgemeinen oft ängstlich fühlen würden, bejahten zu Beginn der Studie zwei der sieben Probanden, die die Studie letztendlich abgeschlossen haben. Am Studienende gaben alle Teilnehmer an, keine vermehrte Ängstlichkeit zu verspüren. Auch das Ergebnis des SAS-Fragebogens, der sich wie beschrieben mit dem Ausmaß der Ängstlichkeit der ausfüllenden Person beschäftigt, zeigt nach Studienabschluss einen insgesamt geringeren Punktwert, was darauf schließen lässt, dass die Ängstlichkeit bei den Studienteilnehmern im Vergleich zum Zeitpunkt vor Studienbeginn gesunken ist. Des Weiteren gaben drei von sieben Studienteilnehmern an, sich nach dem Klettertraining selbstbewusster zu fühlen.

Die Beobachtung der kognitiven Fähigkeiten der Studienteilnehmer mittels neuropsychologischer Testung lässt insgesamt eine Veränderung nach der Intervention vermuten. Obwohl nur bei einem einzigen der genauer untersuchten Untertests eine signifikante Verbesserung erkennbar war, war es doch so, dass bei einem Großteil der Test in der Folgeuntersuchung ein

besseres Ergebnis erzielt wurde, als in der Anfangsevaluation. Möglicherweise können also durch ein geplantes und zielführendes Training an der Kletterwand Veränderungen im kognitiven Leistungsprofil induziert werden.

Bei der Biofeedbacktestung, die zur Untersuchung des Stresslevels der Probanden diente, wurden in der Studie „Klettern mit MS“ sehr divergierende Ergebnisse erzielt. Da der Ausgang der Messung in starkem Maße abhängig ist von der jeweiligen Tagesform der Testpersonen und auch sehr leicht von äußeren Reizen beeinflussbar ist, lässt sich nur sehr schwer eine Aussage über die Auswirkung des Klettertrainings auf die Stresstoleranz der Probanden treffen. Alle drei Studienteilnehmer wiesen bei der Messung nach der Intervention einen geringeren Stresslevel in der Entspannungsphase nach Durchführung der Testung auf. Das spricht dafür, dass es ihnen zu diesem Zeitpunkt leichter fiel, sich nach dem Erleben einer stressigen Situation zu regulieren und schneller in einen Entspannungszustand zu gelangen. Summarisch betrachtet muss aber bemerkt werden, dass mithilfe der erhobenen Daten von nur drei Probanden keine Aussage über mögliche Auswirkungen des Klettertrainings auf die Stresstoleranz einer Person gemacht werden kann.

Die Messung des Bewegungsumfangs der Studienteilnehmer mittels Actiwatch gestaltete sich insofern schwierig, als die Ergebnisse in hohem Maße abhängig von äußeren Einflüssen sind. Zum einen wird eine relativ große Patientencompliance gefordert, da die Actiwatch über den Messzeitraum hinweg möglichst konstant und zuverlässig getragen werden muss. Zum anderen wies leider eines der verwendeten Geräte zum Zeitpunkt der Folgemessung mutmaßlich einen technischen Defekt auf, sodass keine zuverlässige Auswertung der dadurch erhobenen Daten möglich war.

Insgesamt wurde ein eher geringerer Bewegungsumfang aller Testpersonen nach Abschluss der Intervention aufgezeichnet. Über die Ursachen hierfür können nur Vermutungen angestellt werden. Möglicherweise waren die Probanden durch die sportliche Aktivität am Alltag ausgeglichener und führten zielgerichtete Bewegungen aus. Durchaus wahrscheinlicher ist die Abnahme des allgemeinen Bewegungsumfangs aber damit zu erklären, dass die Studienteilnehmer die Actiwatch während der Folgemessung vermehrt abgelegt haben bzw. einem veränderten Tagesablauf nachgingen, als bei der ersten Messung. Um zu gewährleisten wirklich verlässliche Daten zu erhalten, müssten die Testpersonen dazu angehalten werden die Actiwatch über zwei Zeitperioden hinweg zu tragen, in denen sie möglichst identischen Tätigkeiten nachgehen. Bei einer Messperiode von nur fünf Tagen, wie sie in der Studie „Klettern mit

MS“ angewendet wurde, können die Daten sehr leicht durch die verschiedensten Gründe verfälscht werden. Zu nennen sind hier beispielweise Schichtarbeit, Feier- oder Urlaubstage und diverse Freizeitaktivitäten. Jede Abweichung des Tagesablaufs der Testperson zwischen den beiden Messperioden spiegelt sich in veränderten Daten, die von der Actiwatch aufgezeichnet werden wider und erschwert somit erheblich die Auswertung.

Wie bereits im Ergebnisteil beschrieben, verbesserten sich die Kletterfertigkeiten bei den Teilnehmern der Studie „Klettern mit MS“ über die Zeit hinweg. Zu einem ähnlichen Resultat kommt eine Studie von Schram Christensen et al. aus dem Jahr 2017. Hier wurde eine Gruppe von 11 Kindern untersucht, die an Cerebralparese leiden und mit einer Kontrollgruppe von sechs normal entwickelten Kindern verglichen. Die Kinder mit Cerebralparese erreichten am Ende der über einen Zeitraum von 3 Wochen hinweg stattfindenden Intervention eine größere Höhe in der gekletterten Testroute. Die Teilnehmer der Kontrollgruppe konnten zwar nicht die gekletterte Strecke verbessern, zeigten jedoch eine signifikant schnellere Klettergeschwindigkeit (Schram Christensen et al. 2017). Insgesamt kann also davon ausgegangen werden, dass Verbesserungen der Kletterfertigkeiten auch bei relativ kurz angelegten Untersuchungszeiträumen möglich sind und die im Rahmen der Studie „Klettern mit MS“ erhobenen Beobachtungen hierzu durchaus plausibel sind.

Bei der Sichtung der MRT-Bilder des Schädels der Studienteilnehmer wurden nach Studienende keine zusätzlichen Entmarkungsherde im Vergleich zum letzten Bild vor Studienbeginn detektiert. Vielmehr wurde durchwegs ein stabiler Krankheitsverlauf bzw. im Falle eines Probanden sogar eine Befundverbesserung beschrieben. Als interessante Fragestellung sollten hier mögliche Auswirkungen des Klettertrainings auf den Krankheitsverlauf untersucht werden. Mit den Ergebnissen der Studie „Klettern mit MS“ lässt sich die Aussage treffen, dass eher ein positiver Einfluss des Trainings angenommen werden kann und zumindest nicht mit einer Befundverschlechterung zu rechnen ist.

Tabelle 22 zeigt eine Übersicht über die im Verlauf des vorherigen Textes erwähnten Studien, bei denen Klettern eine Form der Intervention darstellte. Sie liefert einen schnellen Überblick über die Art, Dauer und Frequenz der Intervention, die Anzahl der Studienteilnehmer und fasst knapp relevante Untersuchungsergebnisse der verschiedenen Studien zusammen (Tab. 22).

Autor	Titel der Studie	Erscheinungs- jahr	Anzahl der Probanden	Probanden- kondition	Dauer der Stu- die	Trainings- frequenz	Totale Interven- tions- dauer	Interventionstyp	Relevante Ergebnisse
Stephan et al.	Effect of Long Term Climbing Training on Cerebellar Ataxia: A CaseSeries	2011	4	Cerebelläre Ataxie	6 Wochen	Von 2x30min/Woche bis 3x60min/Woche Abhängig von der individuellen Konstitution	9 bis 18 Stunden pro Proband	Indoor-Kletterwand (2,5 m hoch, Winkel verstellbar)	Bewegungsgeschwindigkeit ↑; Balance ↑ bei zwei Probanden; Manuelle Geschicklichkeit ↑ bei zwei Probanden
Fleissner et al.	Therapeutic climbing improves independence, mobility and balance in geriatric patients	2010	95 (48 in der Interventionsgruppe; 47 in der Kontrollgruppe)	Patienten von einer geriatrischen Station	Keine Angabe	5x30min	2,5 Stunden	Therapeutisches Klettern (Wand bis zu 2,90 m hoch), konventionelle Physiotherapie für die Kontrollgruppe	Handkraft, Tinetti-Test, timed up&go-Test und ADL (activity of daily living, Barthel-Index) ↑ in beiden Gruppen; Sturzanzahl ↓ in beiden Gruppen; ADL, Tinetti-Test und timed up&go-Test: signifikant mehr Verbesserung in der Interventionsgruppe verglichen mit der Kontrollgruppe

Kim et al.	Effects of a therapeutic climbing program on muscle activation and SF-36 scores of patients with lower back pain	2015	30 (15 in der Interventionsgruppe und 15 in der Kontrollgruppe)	Patienten mit chronischen Rückenschmerzen im Lumbalbereich	4 Wochen	3x30min/Woche	6 Stunden	Therapeutisches Klettern (Wand bis zu 3 m hoch, Steilheit 90°), Stabilitätsübungen der lumbalen Muskulatur für die Kontrollgruppe	SF-36 Score (gesundheitsbezogene Lebensqualität) ↑ in beiden Gruppen; Elektromyographische Aktivität ↑ in beiden Gruppen
Engbert et al.	The effects of therapeutic climbing in patients with chronic low back pain	2011	28 (14 in der Interventionsgruppe, 14 in der Kontrollgruppe)	Patienten mit chronischen Rückenschmerzen	4 Wochen	4x45min/Woche	12 Stunden	Therapeutisches Klettern (Wand bis zu 2,5 m hoch), konventionelle Bewegungstherapie für die Kontrollgruppe	Signifikante Verbesserungen in 3 von 8 Subkategorien des SF36-Fragebogens bei beiden Gruppen, in 2 von 8 Kategorien verbesserte sich nur die Interventionsgruppe, in 1 von 8 nur die Kontrollgruppe
Mehl et al.	Experiential learning in psychotherapy. Evaluation of psychophysical exposure to a tightrope course as adjunct to inpatient psychotherapeutic treatment	2007	247 (155 in der Interventionsgruppe, 92 in der Kontrollgruppe)	Patienten mit psychischer Störung	Keine Angabe	Durchschnittlich zwei Besuche im Hochseilgarten pro Proband	Keine Angabe	Hochseilgarten (Höhe bis zu 12 m)	Größere Verbesserungen in einigen Outcomeparametern (z.B. Depression, Selbstwirksamkeit, Lebensqualität) bei der Interventionsgruppe

Luttenberger et al.	Indoor rock climbing (bouldering) as a new treatment for depression	2015	47 (22 in der Interventionsgruppe, 25 Teilnehmer in der Wartelisten-Gruppe)	Patienten mit Depression	8 Wochen	1x3h/Woche	24 Stunden	Bouldern (Wand bis zu 4 m hoch)	Signifikant geringere Punktwerte im BDI II Score in der Interventionsgruppe verglichen mit der Kontrollgruppe
Aras et al.	The effects of eight weeks sport rock climbing training on anxiety	2016	19 (9 in der Interventionsgruppe, 10 in der Kontrollgruppe)	Gesunde (vielsitzende) Erwachsene	8 Wochen	3x1h/Woche	24 Stunden	Sportklettern (Wand bis zu 12 m hoch)	Gesteigertes Selbstvertrauen und reduzierte Ängstlichkeit in der Interventionsgruppe
Velikonja et al.	Influence of sports climbing and yoga on spasticity, cognitive function, mood and fatigue in patients with multiple sclerosis	2010	20 (10 Personen in der Klettergruppe, 10 Personen in der Yogagruppe)	Relapsing-remitting MS oder progressive MS, EDSS < 6, EDSS pyramidal functions score > 2	10 Wochen	1/Woche	Keine Angabe	Sportklettern (Wandhöhe bis 5 m, Steilheit 90°), Yoga	Verbesserung der selektiven Aufmerksamkeit in der Yoga-Gruppe, Reduktion der Fatigue in der Klettergruppe
Schram Christensen et al.	To be active through indoor-climbing: an exploratory feasibility study in a group of children with cerebral palsy and typically developing children	2017	17 (11 Kinder mit Cerebralparese und 6 gesunde Kinder)	11 bis 13 Jahre alte Kinder mit Cerebralparese (GMFSC 1 and 2)	3 Wochen	3x2,5h/Wochen	22,5 Stunden	Sportklettern (Wandhöhe bis 12 m) und Bouldern	Die Kinder mit Cerebralparese kletterten eine weitere Strecke, die gesunden Kinder kletterten schneller

Tab. 22: Übersicht über einige Studien, bei denen Klettern eine Intervention darstellt

5.1 Grenzen und Möglichkeiten der Studie

Zusammengefasst lässt sich erkennen, dass die Studie „Klettern mit MS“ trotz des relativ kurzen Interventionszeitraumes von vier Monaten und der geringen Teilnehmeranzahl im Großen und Ganzen zeigt, dass es durchaus Auswirkungen des Klettertrainings auf verschiedenste Aspekte gab. Die Krankheit Multiple Sklerose kann als multidimensionales Gebilde verstanden werden, das diverse Systeme und Lebensbereiche beeinflussen kann. Die Studie hat in mehreren Bereichen, wie beispielsweise Lebensqualität und Stimmungslage eine positive Entwicklung im Laufe des Trainings aufgezeigt. Bei nur lediglich sieben Studienteilnehmern, die die Intervention letztendlich abschlossen, sind diese Veränderung zwar größtenteils nicht signifikant. Nichtsdestotrotz kann durch die Vielzahl an meist positiven Veränderungen, die sich im Verlauf der Studiendauer einstellten davon ausgegangen werden, dass sich das Klettern förderlich auf verschiedene Aspekte der Krankheit MS auswirkt. Ähnlich wie sich die Multiple Sklerose auf mehrere Systeme auswirkt, kann man auch das Klettern als eine Betätigung beschreiben, die multidimensionale Systeme fordert und beeinflusst. Dabei ist interessant zu erkennen, dass Klettern das Potential hat, eben jene Bereiche zu beeinflussen, die durch MS betroffen sein können. Als Beispiel ist hier unter anderem die Koordinationsfähigkeit zu nennen, die durch die MS deutlich eingeschränkt sein kann und durch Klettern gezielt geschult werden kann. Des Weiteren trainiert man beim Klettern sein Körpergefühl und die Gleichgewichtsfähigkeit, die durch MS ebenfalls erheblich beeinträchtigt sein kann.

Die Studie „Klettern mit MS“ hat gezeigt, dass der Klettersport durchaus Potential hat, sich positiv auf eine Erkrankung an MS auszuwirken. Für zukünftige Studien sollte darauf geachtet werden, einen ausreichend langen Interventionszeitraum zu gewährleisten, der es ermöglicht, die Effekte des Trainings über lange Sicht hinweg aufrecht zu erhalten. Außerdem sollte darauf geachtet werden, eine möglichst große Studienpopulation zu untersuchen. Nur dadurch können gezieltere Aussagen für alle an MS erkrankten Patienten getroffen werden. Dabei ist jedoch zu bedenken, dass es in jedem Fall ausgebildete Trainer bedarf, die auch auf die individuellen Bedürfnisse der Teilnehmer einzugehen vermögen. Dabei können die einzelnen Probanden umso besser gefördert werden, je geringer die Anzahl der pro Trainer betreuten Kletterer ist. Durch diese Konstellation wird ersichtlich, dass bei der Durchführung einer größer angelegten Studie eine wesentliche Schwierigkeit darin besteht, ausreichend qualifiziertes Personal zu finden.

Als weiteren interessanten Aspekt könnte untersucht werden, inwiefern sich das Klettern unterschiedlich auf verschiedene Schweregrade der Erkrankung auswirkt. So wurden in der Studie „Klettern mit MS“ ausschließlich solche Probanden ausgewählt, die eher gering von der MS affiziert sind. Da hier schon Effekte des Klettertrainings auszumachen waren stellt sich die Frage, ob diese Effekte bei Patienten mit schwerwiegenderen Symptomen möglicherweise anders ausfallen. Dabei sollte aber unbedingt auf die Umsetzbarkeit des Trainings geachtet werden. Denn je schwerer die Studienteilnehmer durch ihre Krankheitssymptome beeinträchtigt sind, desto schwieriger wird es, passende Übungen zu finden. Schwer betroffene Probanden benötigen zudem eine intensivere Betreuung als jene, die kaum durch die Erkrankung eingeschränkt sind, wodurch das Problem der benötigten qualifizierten Fachkräfte nochmals verschärft wird.

Obwohl das Klettern scheinbar eine sinnvolle Ergänzung zur konventionellen Therapie der Multiplen Sklerose darstellt und sich potentiell positiv auf verschiedene Symptome auswirken kann, gibt es bislang kaum Studien zu diesem Thema. Die Ergebnisse der Studie „Klettern mit MS“ weisen auf einen günstigen Einfluss des Klettertrainings auf die Erkrankung hin und können als Anregung für tiefgreifende Untersuchungen dienen.

Betrachtet man die vorliegende Studie also als eine Art Pilotstudie, so lassen sich daraus wichtige Erfahrungen für die Durchführung von etwaigen Folgestudien gewinnen. Die Ergebnisse können verwendet werden um zu entscheiden, welche Einzelaspekte es sich besonders lohnt in ihrer Entwicklung zu beobachten und welche vermutlich eher nicht zu belastbaren Erkenntnissen führen.

In einer etwaigen Folgestudie könnte dabei ein besonderes Augenmerk auf die Fragebögen zu Lebensqualität und Befindlichkeit gelegt werden, da sich in der Studie „MS und Klettern“ hier klare positive Tendenzen gezeigt haben. Möglicherweise erweist es sich als sinnvoll, die Studienteilnehmer mehr offene Fragen beantworten zu lassen, um zu eruieren worauf die erzielten Veränderungen tatsächlich zurückzuführen sind. Auch erscheint es sinnvoll, die wichtigsten Beobachtungsparameter in regelmäßigen Zeitabständen zu mehreren verschiedenen Messzeitpunkten zu erheben, um auch zwischenzeitliche Schwankungen wahrheitsgemäß zu erfassen und ein verlässliches Endergebnis zu erhalten.

Die neuropsychologische Testung scheint trotz ihrer aufwendigen und zeitintensiven Durchführung ein geeignetes Mittel zu sein, um kognitive Veränderungen bei den Testpersonen zu untersuchen. Aufgrund der Vielzahl von Untertests, die eine große Anzahl an verschiedenen Hirnfunktionen abdecken, ist diese Untersuchung sehr sinnvoll, um die generelle Entwicklung der Kognition zu beobachten, aber auch, um zwischen verschiedenen Bereichen der Kognition

zu unterscheiden. So könnte bei einer länger angelegten Studie, während deren Interventionsdauer sich die Probanden mehrmals einer neuropsychologischen Testung unterziehen exakter festgestellt werden, ob es grundlegend divergierende Veränderungen in jenen Bereichen der kognitiven Fähigkeiten gibt, die potenziell durch Training verändert werden können verglichen mit denen, die intrapersonell sehr stabil sind.

Ein wesentlicher Nachteil bei dieser Untersuchung besteht allerdings darin, dass zwischen der ersten und der Folgetestung ein Zeitraum von mindestens sechs Monaten liegen sollte. Daraus lässt sich ableiten, dass die Überprüfung der kognitiven Fähigkeiten nur bei Studien sinnvoll erscheint, die eine sehr lange Interventionsdauer aufweisen, zudem es auch wünschenswert wäre, die Entwicklung langfristig mittels mehr als nur zwei Testungen zu untersuchen. Trotz diesem Umstand und der langen Untersuchungsdauer der Testung selbst lässt die Studie „Klettern mit MS“ vermuten, dass es hier eventuell langfristig zu Veränderungen kommt, weshalb die neuropsychologische Testung insgesamt als interessante Variable betrachtet werden kann.

Einen weiteren wichtigen Punkt stellt natürlich die klinische Untersuchung der Studienteilnehmer dar. Im Rahmen von Kontrolluntersuchungen, denen sich die Probanden unterziehen, kann der klinische Zustand und die Krankheitsprogression ermittelt werden. Bei einer längeren Studiendauer als bei der Studie „Klettern mit MS“ könnten genauere Aussagen zum Einfluss des Trainings auf den Krankheitsprogress getroffen werden. Interessant dabei ist in jedem Fall, wie sich das MRT des Schädels in Bezug auf neu hinzugekommene, stabile oder rückgängige Entmarkungsherde im Laufe der Zeit verändert. Unter Zuhilfenahme einer Kontrollgruppe könnte so bei einer ausreichend großen Gruppenstärke untersucht werden, ob jene Patienten, die sich der Intervention unterzogen haben, unterschiedliche Entwicklungen aufweisen als die Patienten in der Kontrollgruppe.

Der Betroffenheitsgrad der MS spiegelt sich zudem im EDSS-Wert wider, der im Rahmen einer klinischen Untersuchung ermittelt werden kann. Bei einer längeren Interventionsdauer erscheint es sinnvoll, die Entwicklung dieses Wertes zu beobachten und gegebenenfalls mit den Werten einer Kontrollgruppe zu vergleichen, um herauszufinden ob das Klettertraining langfristig einen Einfluss darauf hat.

Weitaus weniger vielversprechend erscheint die Untersuchung des Bewegungsumfanges mittels Actiwatch. Hier hängt das Ergebnis zu stark von der Patient compliance ab und die Ergebnisse können nicht ohne weiteres interpretiert werden. Zur Validierung der Messungen wäre es notwendig, dass die Studienteilnehmer ihren gesamten Tagesablauf dokumentieren, damit die Daten letztendlich sinnvoll genutzt werden können. Dies stellt hohe Anforderungen

an die Probanden, sodass die Aussagekraft der so ermittelten Daten fraglich ist. Zudem ist es unter der Annahme, dass sich das Bewegungsprofil der Studienteilnehmer mit der Zeit tatsächlich verändert von Nöten, sowohl die Studiendauer massiv zu verlängern als auch die Zeitspanne, in der die Probanden die Actiwatch zur Datenerfassung tragen auszudehnen.

Eine weitere Untersuchung, deren Ergebnis mit großer Vorsicht betrachtet werden muss, ist die Biofeedbacktestung zur Untersuchung des Stresslevels. Da diese Untersuchung in höchstem Maße abhängig ist von der jeweiligen Tagesform der Testperson, sollte auch hier darauf geachtet werden, mehrere Messungen zu vielen verschiedenen Messzeitpunkten vorzunehmen. Dadurch könnten Schwankungen erkannt werden und bei Durchführung über einen langen Zeitraum hinweg eine tatsächliche Entwicklungstendenz aufgezeigt werden. Dazu müsste die Interventionsdauer der Studie ebenfalls drastisch verlängert werden. Hinzu kommt, dass bei der Studie „MS und Klettern“ lediglich drei der Probanden diese Untersuchung durchführten. Um signifikante Ergebnisse zu erhalten, müsste die Studienpopulation um ein Vielfaches größer sein. Insgesamt wäre somit in jedem Fall ein erhöhter Personalaufwand notwendig, um die zahlreichen Testungen durchzuführen, sodass die Umsetzbarkeit in Frage gestellt werden kann.

6 Zusammenfassung

Im Rahmen der Studie „Klettern mit MS“ nahmen insgesamt sieben MS-Patienten an einem viermonatigen Interventionsprogramm in einer Kletterhalle teil. Der Trainingsumfang betrug dabei bei drei Probanden 19 und bei den restlichen vier Probanden sieben Trainingseinheiten. In die Studie eingeschlossen wurden Patienten zwischen 18 und 55 Jahren, deren EDSS-Score nicht höher als vier ist. Ziel der als Pilotstudie angelegten Studie war es, Effekte des Klettertrainings auf verschiedene Parameter zu ermitteln. Mit Fragebögen untersucht wurde dabei die Entwicklung der Lebensqualität, der Ängstlichkeit und der Depressivität der Studienteilnehmer über den Interventionszeitraum hinweg. Die Durchführung einer neuropsychologischen Testung sollte dazu beitragen, mögliche Effekte des Trainings auf kognitive Funktionen zu ermitteln. Bei drei der Studienteilnehmer wurde zudem eine Biofeedbacktestung vorgenommen, um Aussagen über die Entwicklung im Umgang mit Stress treffen zu können. Alle Probanden wurden angehalten, zu zwei Zeitpunkten einmal zu Beginn der Studie und einmal nach Beendigung der Intervention jeweils über fünf Tage hinweg eine sogenannte Actiwatch zur Registrierung des allgemeinen Bewegungsumfangs zu tragen. Letztendlich wurde der klinische Verlauf der Erkrankung bei allen Studienteilnehmern unter Zuhilfenahme von MRT-Untersuchungen des Schädels ermittelt.

In der Gesamtheit betrachtet zeigt die Auswertung der mithilfe von Fragebögen ermittelten Werte ein signifikant besseres Abschneiden der Probanden zum Studienabschluss im Vergleich zum Studienbeginn. Obwohl keiner der Fragebogen einzeln untersucht ein signifikantes Ergebnis liefert, ist bei einer Vielzahl ein deutlich positiver Trend zu vermerken. Besonders zu betonen ist dabei die subjektive Einschätzung der Studienteilnehmer bezüglich ihrer Lebensqualität, ihrer Depressivität und ihrer Ängstlichkeit. Hierzu wurde jeweils einmal zu Studienbeginn und im Verlauf nach Abschluss des Klettertrainings der gleiche Fragebogen ausgefüllt. Bei Betrachtung der Ergebnisse zeigt sich, dass nach Studienabschluss eine insgesamt gesteigerte Lebensqualität und ein geringerer Grad einer Depression und der Ängstlichkeit angegeben wurde.

Bei Betrachtung der gesamten neurologischen Testung lässt sich keine signifikante Verbesserung der Studienteilnehmer nach der Studie im Vergleich zu davor erkennen. Bei vier der sieben Probanden zeigt sich jedoch ein etwas besseres Abschneiden zum Zeitpunkt der Folgetestung. Um eine differenziertere Analyse leisten zu können, wurden zudem jene Untertests ge-

nauer betrachtet, welche diejenigen Gehirnareale untersuchen, die aufgrund von Neuroplastizität mithilfe von Training beeinflusst werden können. Wird auf die Ergebnisse dieser insgesamt neun in der neuropsychologischen Testung durchgeführten Tests besonderes Augenmerk gelegt, so lässt sich bei insgesamt sechs dieser Tests ein verbessertes Testergebnis zum Zeitpunkt nach Interventionsabschluss ablesen. Die Verbesserung in einem dieser Tests ist als signifikant anzugeben.

Die Durchführung der Biofeedbacktestung bei drei der Studienteilnehmer liefert Anhaltspunkte für einen verbesserten Umgang mit Stress nach Abschluss der Studie. Bei zwei der untersuchten Personen zeigte sich in der Folgemessung eine Zunahme der Kohärenz, was für eine verbesserte Synchronisation von Puls und Atemrhythmus und somit für eine verbesserte Kompetenz im Umgang mit stressigen Situationen spricht. Insgesamt muss jedoch unbedingt betont werden, dass das Ergebnis der Biofeedbacktestung stark abhängig ist von äußeren Einflüssen und von der jeweiligen Tagesform der untersuchten Person, sodass man aus der nur zweimaligen Durchführung bei einer derartig geringen Anzahl von Testpersonen keine belastbaren Aussagen treffen darf.

Ähnlich verhält es sich bei der Ermittlung des allgemeinen Bewegungsumfanges mittels Actiwatch. Die so gewonnen Daten sind in hohem Maße abhängig von der Patientcompliance und äußeren Einflüssen. Im Rahmen dieser Studie sollte versucht werden, mögliche Tendenzen aufzudecken. Dies wurde dadurch erschwert, dass eines der verwendeten Geräte leider falsche Werte lieferte. Betrachtet man dennoch die erhobenen Daten, so lässt sich am ehesten feststellen, dass der Bewegungsumfang der Studienteilnehmer zum Interventionsende hin verglichen mit dem Zeitpunkt vor der Intervention abgenommen hat.

Die Sichtung von aktuellen MRT-Bildern zeigte bei sechs der sieben Studienteilnehmer einen stabilen Befund im Vergleich zur Voruntersuchung vor Studienbeginn. Bei einem Probanden konnte eine Befundbesserung festgestellt werden.

Die Studie „Effekte des Kletterns auf Multiple Sklerose“ liefert aufgrund der äußerst geringen Probandenzahl und des begrenzten Interventionszeitraums zwar sehr wenige signifikante Ergebnisse, lässt aber einen deutlich positiven Trend erkennen. Als Pilotstudie ist sie damit geeignet, um die Sinnhaftigkeit etwaiger Folgestudien zu bestätigen und um erste Anhaltspunkte dafür zu liefern, in welchen Bereichen besonders mit positiven Effekten zu rechnen ist.

Literaturverzeichnis

Alharbi, F. M. (2015): Update in vitamin D and multiple sclerosis. *Neurosciences (Riyadh)* 20 (4), 329–335. doi: 10.17712/nsj.2015.4.20150357

Andlauer, T. F. M., Buck, D., Antony, G., Bayas, A., Bechmann, L., Berthele, A. et al. (2016): Novel multiple sclerosis susceptibility loci implicated in epigenetic regulation. *Sci adv.* 2. doi: 10.1126/sciadv.1501678

Andreasen, A. K., Stenager, E., and Dalgas, U. (2011): The effect of exercise therapy on fatigue in multiple sclerosis. *Mult scler.* 17 (9), 1041–1054. doi: 10.1177/1352458511401120

Aras, D., and Ewert, A. (2016): The effects of eight weeks sport rock climbing training on anxiety. *Acta Med. Mediterranea* 32, 223–230. doi: 10.19193/0393-6384_2016_1_35

Bayas, A., Rieckmann P. (2003): “Multiple Sklerose” in: *Neurologie, Psychiatrie und Sport*, 1. Auflage, Reimers, C. D., Broocks, A. (Thieme), 102-105

Braley, T. J., and Chervin, R. D. (2010): Fatigue in multiple sclerosis: mechanisms, evaluation, and treatment. *Sleep* 33, 1061–1067. doi: 10.1093/sleep/33.8.1061

Broocks, A. (2003): „Die Bedeutung von Sport für Prävention und Behandlung psychischer Erkrankungen“ in *Neurologie, Psychiatrie und Sport*, 1. Auflage, Reimers, C. D., Broocks, A. (Thieme), 5

Buechter, R. B., and Fechtelpeter, D. (2011): Climbing for preventing and treating health problems: a systematic review of randomized controlled trials. *Ger.Med. Sci.* 9:Doc19. doi: 10.3205/000142

Canadian Fitness and Lifestyle Research Institute (1994): *Exercise, Anxiety and Depression*. In: *The Research File* (7)

Chen, J., Chia, N., Kalari, K.R., Yao, J.Z., Novotna, M., Soldan, M.M., Luckey, D.H., Marietta, E.V., Jeraldo, P.R., Chen, X., Weinshenker, B.G., Rodriguez, M., Kantarci, O.H., Nelson, H., Murray, J.A., and Mangalam A.K. (2016): Multiple sclerosis patients have a distinct gut microbiota compared to healthy controls. *Sci Rep.* 6, 28484. doi: 10.1038/srep28484

Chieffi, S., Messina, G., Villano, I., Messina, A., Esposito, M., Monda, V. et al. (2017a): Exercise influence on hippocampal function. Possible involvement of orexin-A. *Front. Physiol.* 8:85. doi: 10.3389/fphys.2017.00085

Chieffi, S., Messina, G., Villano, I., Messina, A., Valenzano, A., Moscatelli, F., et al. (2017b): Neuroprotective effects of physical activity. Evidence from human and animal studies. *Front. Neurol.* 8:188. doi: 10.3389/fneur.2017.00188

Cruickshank, T. M., Reyes, A. R., and Ziman, M. R. (2015): A systematic review and meta-analysis of strength training in individuals with multiple sclerosis or Parkinson disease. *Medicine* 94:e411. doi: 10.1097/MD.0000000000000411

Dargahi, N., Katsara, M., Tselios, T., Androutsou, M.E., Courten, M., Matsoukas, J., and Apostolopoulos, V. (2017): Multiple Sclerosis. Immunopathology and Treatment Update. *Brain SCI*. 7 (7).doi: 10.3390/brainsci7070078

Davies, B. L., Arpin, D. J., Liu, M., Reelfs, H., Volkman, K. G., Healey, K., et al. (2016): Two different types of high-frequency physical therapy promote improvements in the balance and mobility of persons with multiple sclerosis. *Arch. Phys.Med. Rehabil.* 97, 2095.e3–2101.e3. doi: 10.1016/j.apmr.2016.05.024

Draper, N., Jones, G. A., Fryer, S., Hodgson, C. I., and Blackwell, G. (2010). Physiological and psychological responses to lead and top rope climbing for intermediate rock climbers. *Eur. J. Sport Sci.* 10, 13–20. doi: 10.1080/17461390903108125

Engbert, K., and Weber, M. (2011): The effects of therapeutic climbing in patients with chronic low back pain. A randomized controlled study. *Spine* 11, 842–849. doi: 10.1097/BRS.0b013e3181e23cd1

Fath, R. (2017): Multiple Sklerose: Cladribin im zweiten Anlauf zugelassen. *Dtsch. Arztebl.* 114 (45), A-2108

FitzGerald, S. J., Barlow, C. E., Kampert, J. B., Morrow, J. R., Jackson, A. W., and Blair, S. N. (2004): Muscular fitness and all-cause mortality: prospective observations. *J. Phys. Activity Health* 1, 7–18. doi: 10.1123/jpah.1.1.7

Fleissner, H., Sternat, D., Seiwald, S., Kapp, G., Kauder, G., Rauter, B., et al. (2010): Therapeutisches Klettern verbessert Selbstständigkeit, Mobilität und Gleichgewicht bei geriatrischen Patienten. *Eur. J. Geriatr.* 12, 13–16

Freie Universität Berlin: The General Self-Efficacy Scale (GSE). Online verfügbar unter <https://userpage.fu-berlin.de/health/engscal.htm>

Frevel, D., und Mäurer, M. (2015): “Multiple Sklerose” in Prävention und Therapie durch Sport, Band 2: Neurologie, Psychiatrie/Psychosomatik, Schmerzsyndrome, Reimers, C.D., Reuter, I., Tettenborn, B., Broocks, A., Thürauf, N., Mewes, M. und Knapp, G. (München: Urban & Fischer), 125-139.

Garg, H., Bush, S., and Gappmaier, E. (2016): Associations Between Fatigue and Disability, Functional Mobility, Depression, and Quality of Life in People with Multiple Sclerosis. *Int J MS Care.* 18 (2), 71–77. doi: 10.7224/1537-2073.2015-013

Gentges, B.; Fischer, F. (2015): Barrieren in der Bewegungsförderung bei Patienten mit Multipler Sklerose. In: *Zeitschrift für Gesundheit und Sport* (1), S. 67–80

- Giesser, B. S. (2015): Exercise in the management of persons with multiple sclerosis. *Ther. Adv. Neurol. Dis.* 8, 123–130. doi: 10.1177/1756285615576663
- Giovannoni, G., Tomic, D., Bright, J. R., and Havrdová, E. (2017): “No evident disease activity”: the use of combined assessments in the management of patients with multiple sclerosis. *Mult. Scler.* 23, 1179–1187. doi: 10.1177/1352458517703193
- Gomez-Pinilla, F., and Hillman, C. (2013): The influence of exercise on cognitive abilities. *Compr Physiol.* 3, 403–428. doi: 10.1002/cphy.c110063
- Granberg, T., Fan, Q., Treaba, C. A., Ouellette, R., Herranz, E., Mangeat, G., et al. (2017): In vivo characterization of cortical and white matter neuroaxonal pathology in early multiple sclerosis. *Brain* 140, 2912–2926. doi: 10.1093/brain/awx247
- Grzybowski, C., and Eils, E. (2011): Therapeutic climbing - barely explored but widely used. *Sportverletz. Sportschaden* 25, 87–92. doi: 10.1055/s-0029-1245539
- Haskell, W. L., Lee, I. M., Pate, R. R., Powell, K. E., Blair, S. N., Franklin, B. A., et al. (2007): Physical activity and public health. Updated recommendation for adults from the American college of sports medicine and the American Heart Association. *Circulation* 116, 1081–1093. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.107.185649
- Heine, M., van de Port, I., Rietberg, M. B., van Wegen, E. E. H., and Kwakkel, G. (2015): Exercise therapy for fatigue in multiple sclerosis. *Cochrane Database Syst. Rev.* 11:CD009956. doi: 10.1002/14651858.CD009956.pub2
- Hoffmann, F. A. (2018): “Symptomatische Therapie” in: *Multiple Sklerose*, 7. Auflage, Schmidt R. M., Hoffmann, F., Faiss, J. H., Köhler, W., Zettl, U. K. (München: Elsevier Urban & Fischer). 212-256
- Hoffmann, F. A. (2018): “Therapie des akuten Schubs“ in: *Multiple Sklerose*, 7. Auflage, Schmidt R. M., Hoffmann, F., Faiss, J. H., Köhler, W., Zettl, U. K. (München: Elsevier Urban & Fischer). 264-271
- Hunter, S.F. (2016): Overview and diagnosis of multiple sclerosis. *Am J Manag Care* 22 (6), 141-150.
- Incerti, C. C., Argento, O., Magistrale, G., Ferraro, E., Caltagirone, C., Pisani, V., et al. (2017): Adverse working events in patients with multiple sclerosis. *Neurol. Sci.* 38, 349–352. doi: 10.1007/s10072-016-2737-0
- Kalron, A., Fonkatz, I., Frid, L., Baransi, H., and Achiron, A. (2016): The effect of balance training on postural control in people with multiple sclerosis using the CAREN virtual reality system: a pilot randomized controlled trial. *J Neuroeng Rehabil.* 13, 13. doi: 10.1186/s12984-016-0124-y.

Kern, C. (2010): Klettern mit Multipler Sklerose. Therapieoption oder nur ein Traum? *Int. Z. Handlungsorientiertes Lernen* 5, 27–31.

Kesselring, J., and Beer, S. (2005): Symptomatic therapy and neurorehabilitation in multiple sclerosis. *Lancet Neurol.* 4, 643–652. doi: 10.1016/S1474-4422(05)70193-9

Khan, F., Amatya, B., Galea, M. P., Gonzenbach, R., and Kesselring, J. (2017): Neurorehabilitation: applied neuroplasticity. *J. Neurol.* Mar. 264, 603–615. doi: 10.1007/s00415-016-8307-9

Kim, S. H., and Seo, D. Y. (2015): Effects of a therapeutic climbing program on muscle activation and SF-36 scores of patients with lower back pain. *J. Phys. Ther. Sci.* 27, 743–746. doi: 10.1589/jpts.27.743

Kowald, A. C., und Zajetz A. (2015): „Erlebnisqualitäten des Kletterns“ in *Therapeutisches Klettern: Anwendungsfelder in Psychotherapie und Pädagogik*, 1sr Edn., eds A C. Kowald und A. Zajetz (Stuttgart: Schattauer), 20-40

Kurtzke, J. F. (1983): Rating neurologic impairment in multiple sclerosis. An expanded disability status scale (EDSS). *Neurology* 33 (11), 1444–1452.

Langer-Gould, A., Brara, S. M., Beaber, B. E., and Koebnick, C. (2013): Childhood obesity and risk of pediatric multiple sclerosis and clinically isolated syndrome. *Neurology* 80, 548–552. doi: 10.1212/WNL.0b013e31828154f3

Llewellyn, D.J., Sanchez, X., Asghar, A., and Jones, G. (2008): Self-efficacy, risk taking and performance in rock climbing. *Personality and Individual Differences.* 45 (1), 5–81. doi: 10.1016/j.paid.2008.03.001

Lublin, F.D., Reingold, S.C., Cohen, J.A., Cutter, G.R., Sorensen, P.S., Thompson, A.J., Wolinsky, J.S., Balcer, L.J., Banwell, B., Barkhof, F., Bebo, B.Jr., Calabresi, P.A., Clanet, M., Comi G., Fox, R.J., Freedman, M.S., Goodman, A.D., Inglese, M., Kappos, L., Kieseier, B.C., Lincoln, J.A., Lubetzki, C., Miller, A.E., Montalban, X., O'Connor, P.W., Petkau, J., Pozzilli, C., Rudick, R.A., Sormani, M.P., Stüve, O., Waubant, E., and Polman, C.H. (2014): Defining the clinical course of multiple sclerosis: the 2013 revisions. *Neurology.* 83 (3), 278–286. doi: 10.1212/WNL.0000000000000560

Luerding, R., Gebel, S., Gebel, E., Schwab-Malek, S., and Weissert, R. (2016): Influence of Formal Education on Cognitive Reserve in Patients with Multiple Sclerosis. *Front Neurol.* 7 (46). doi: 10.3389/fneur.2016.00046

Luttenberger, K., Stelzer, E.M., Först, S., Schopper, M., Kornhuber, J., and Book, S. (2015): Indoor rock climbing (bouldering) as a new treatment for depression: study design of a wait-list-controlled randomized group pilot study and the first results. *BMC Psychiatry* 15:201. doi: 10.1186/s12888-015-0585-8

Mally, F., Litzenberger, S., and Sabo, A. (2013): Surface electromyography measurements of dorsal muscle cross-activation in therapeutic climbing. *Proc. Eng.* 60, 22–27. doi: 10.1016/j.proeng.2013.07.039

Marks, Detlef (2008): Multiple Sklerose - Schweregrad bestimmen. In: *physiotherapie* (9), S. 38–39

Mehl, K., and Wolf, M. (2008): Erfahrungsorientiertes Lernen in der Psychotherapie. *Psychotherapeut* 53, 35–42. doi: 10.1007/s00278-007-0569-3

Mermier, C.M., Robergs, R. A., McMinn, S.M., and Heyward, V. H. (1997): Energy expenditure and physiological responses during indoor rock climbing. *Br. J. Sports Med.* 31, 224–228. doi: 10.1136/bjism.31.3.224

Mewes, N. (2015): “Epidemiologie körperlich-sportlicher Aktivität” in: *Prävention und Therapie durch Sport. Band 1: Grundlagen*, Will, N., Reimers, C.D., Knapp, G. (München: Urban & Fischer), 89-112

Mokry, L.E., Ross, S., Timpson, N.J., Sawcer, S., Davey Smith, G., and Richards, J.B. (2016): Obesity and Multiple Sclerosis: A Mendelian Randomization Study. *PLoS Med.* 13 (6), e1002053. doi: 10.1371/journal.pmed.1002053

Monda, M., Messina, G., Scognamiglio, I., Lombardi, A., Martin, G. A., Sperlongano, P., et al. (2014): Short-term diet and moderate exercise in young overweight men modulate cardiocyte and hepatocarcinoma survival by oxidative stress. *Oxid. Med. Cell Longev.* 2014:131024. doi: 10.1155/2014/131024

Morrison, A. B., and Schöffl, V. R. (2007): Physiological responses to rock climbing in young climbers. *Br. J. Sports Med.* 41, 852–861. doi: 10.1136/bjism.2007.034827

Motl, R. W., and Pilutti, L. A. (2012): The benefits of exercise training in multiple sclerosis. *Nat. Rev. Neurol.* 8, 487–497. doi: 10.1038/nrneurol.2012.136

MSlife: <http://www.ms-life.de/>

National Multiple Sclerosis Society: <http://www.nationalmssociety.org/Symptoms-Diagnosis/MS-Symptoms>

Oken, B. S.; Kishiyama, S.; Zajdel, D.; Bourdette, D.; Carlsen, J.; Haas, M. et al. (2004): Randomized controlled trial of yoga and exercise in multiple sclerosis. In: *Neurology* 62 (11), S. 2058–2064

Ortona, E., Pierdominici, M., Maselli, A., Veroni, C., Aloisi, F., and Shoenfeld, Y. (2016): Sex-based differences in autoimmune diseases. *Ann Ist Super Sanita.* 52 (2), 205–212. doi: 10.4415/ANN_16_02_12

- Paoli, A., and Bianco, A. (2015): What is fitness training? Definitions and implications: a systematic review article. *Iran J. Public Health* 44, 602–614
- Petajan, J. H., and White, A. T. (1999): Recommendations for physical activity in patients with multiple sclerosis. *Sports Med.* 27, 179–191. doi: 10.2165/00007256-199927030-00004
- Pfeffer, A. (2008): Einsatz bei Erschöpfung. Assessment: Fatigue Severity Scale. In: *physio-praxis* (6 (10)), S. 42–43
- Poorolajal, J., Bahrami, M., Karami, M., and Hooshmand, E. (2016): Effect of smoking on multiple sclerosis: a meta-analysis. *J Public Health (Oxf.)* 39(2), 312-320. doi: 10.1093/pubmed/fdw030
- Popp, R. F., Fierlbeck, A. K., Knüttel, H., König, N., Rupprecht, R., Weissert, R., et al. (2017): Daytime sleepiness versus fatigue in patients with multiple sclerosis: a systematic review on the Epworth sleepiness scale as an assessment tool. *Sleep Med. Rev.* 32, 95–108. doi: 10.1016/j.smrv.2016.03.004
- Pryor, W. M., Freeman, K. G., Larson, R. D., Edwards, G. L., and White, L. J. (2015): Chronic exercise confers neuroprotection in experimental autoimmune encephalomyelitis. *J Neurosci Res.* 93 (5), 697–706. doi: 10.1002/jnr.23528
- Radick, L., Mehr, S. R. (2015): The Latest Innovations in the Drug Pipeline for Multiple Sclerosis. *Am Health Drug Benefits* 8 (8), 448–453
- Reimers, C. D., Reimers, A. K., and Knapp, G. (2013): “Prävention und Erhöhung der Lebenserwartung durch körperliche Aktivität” in *Prävention und Therapie Neurologischer und Psychischer Krankheiten durch Sport*, 1st edn., eds C. D. Reimers, C.D., Reuter, I., Tettendorf, B., Broocks, A., Thürauf, N., Mewes, N., und Knapp, G. (München: Urban & Fischer), 3–20
- Rieckmann, P., und Broocks A. (2003): „Neurobiologische Effekte von motorischer Aktivität“ in *Neurologie, Psychiatrie und Sport*, 1. Auflage, Reimers, C. D., Broocks, A. (Thieme) 56-59
- Rieckmann, P., und Broocks, A. (2015): “Direkte Neurobiologische Effekte körperlicher Aktivität” in *Prävention und Therapie durch Sport*, Band 1: Grundlagen, Will, N., Reimers, C.D., Knapp, G. (München: Urban & Fischer), 207-211
- Riedhammer, C., and Weissert, R. (2015): Antigen presentation, autoantigens, and immune regulation in multiple sclerosis and other autoimmune diseases. *Front. Immunol.* 6:322. doi: 10.3389/fimmu.2015.00322
- Rodgers, M. M., Mulcare, J. A., King, D. L., Mathews, T., Gupta, S. C., and Glaser, R. M. (1999): Gait characteristics of individuals with multiple sclerosis before and after a 6-month aerobic training program. *J. Rehabil. Res. Dev.* 36, 183–188

S3-Leitlinie/NVL Unipolare Depression. Online verfügbar unter https://www.dgppn.de/fileadmin/user_upload/_medien/download/pdf/kurzversion-leitlinien/S3-NVLdepression-lang_2015.pdf

Sandroff, B. M., Klaren, R. E., Pilutti, L. A., Dlugonski, D., Benedict, R. H., and Motl, R. W. (2014): Randomized controlled trial of physical activity, cognition, and walking in multiple sclerosis. *J. Neurol.* 261, 363–372. doi: 10.1007/s00415-013-7204-8

Schram Christensen, M., Jensen, T., Voigt, C. B., Nielsen, J. B., and Lorentzen, J. (2017): To be active through indoor-climbing. An exploratory feasibility study in a group of children with cerebral palsy and typically developing children. *BMC Neurol.* 17:112. doi: 10.1186/s12883-017-0889-z

Shaygannejad, V., Rezaie, N., Paknahad, Z., Ashtari, F., and Maghzi, H. (2016): The environmental risk factors in multiple sclerosis susceptibility: A case-control study. *Adv Biomed Res.* 5, 98. doi: 10.4103/2277-9175.183665

Sheel, A. W. (2004): Physiology of sport rock climbing. *Br. J. Sports Med.* 38, 355–359. doi: 10.1136/bjism.2003.008169

Stahnke, A. M., Holt, K. M. (2018): Ocrelizumab. A New B-cell Therapy for Relapsing Remitting and Primary Progressive Multiple Sclerosis. *Ann. Pharmacother.* 52 (5), 473–483. DOI: 10.1177/1060028017747635

Steimer, J., Weissert, R. (2017): Effects of Sport Climbing on Multiple Sclerosis. *Front Physiol.* 8:1021. doi: 10.3389/fphys.2017.01021

Stephan, M. A., Krattinger, S., Pasquier, J., Bashir, S., Fournier, T., Ruegg, D. G., et al. (2011): Effect of long-term climbing training on cerebellar ataxia. A case series. *Rehabil. Res. Pract.* 2011:525879. doi: 10.1155/2011/525879

Thompson, A. J., Banwell, B. L., Barkhof, F., Carroll, W. M., Coetzee, T., Comi, G., Correale, J., Fazekas, F., Filippi, M., Freedman, M. S., Fujihara, K., Galetta, S. L., Hartung, H. P., Kappos, L., Lublin, F. D., Marrie R. A., Miller, A. E., Miller, D. H., Montalban, X., Mowry, E. M., Sorensen, P. S., Tintoré, M., Traboulsee, A. L., Trojano, M., Uitdehaag B. M. J., Vukusic, S., Waubant, E., Weinshenker, B. G., Reingold, S. C., Cohen, J. A. (2018): Diagnosis of multiple sclerosis: 2017 revision of the McDonald criteria. *Lancet Neurol.* 2018 Feb; 17(2):162-173. doi: 10.1016/S1474-4422(17)30470-2. Epub 2017 Dec 21

Thürauf, N., Kornhuber, J. (2015): “Der Einfluss von Sport und Bewegung auf die neuronale Konnektivität“ in: Prävention und Therapie durch Sport. Band 1: Grundlagen, Will, N., Reimers, C.D., Knapp, G. (München: Urban & Fischer), 215-219

van den Berg, M., Dawes, H., Wade, D.T., Newman, M., Burridge, J., Izadi, H., and Sackley, C.M. (2006): Treadmill training for individuals with multiple sclerosis: a pilot randomised trial. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*. 77 (4), 531–533. doi: 10.1136/jnnp.2005.064410

Velikonja, O., Curić, K., Ozura, A., and Jazbec, S. S. (2010): Influence of sports climbing and yoga on spasticity, cognitive function, mood and fatigue in patients with multiple sclerosis. *Clin. Neurol. Neurosurg*. 112, 597–601. doi: 10.1016/j.clineuro.2010.03.006

Voelcker-Rehage, C., Godde, B., and Staudinger, U. M. (2011): Cardiovascular and coordination training differentially improve cognitive performance and neural processing in older adults. *Front. Hum. Neurosci*. 5:26. doi: 10.3389/fnhum.2011.00026

Vuori, I. M. (2001): Dose-response of physical activity and low back pain, osteoarthritis, and osteoporosis. *Med. Sci. Sports Exerc*. 33, 551–586. doi: 10.1097/00005768-200106001-00026

Wang, C., Paling, D., Chen, L., Hatton, S. N., Lagopoulos, J., Aw, S. T., et al. (2015): Axonal conduction in multiple sclerosis: a combined magnetic resonance imaging and electrophysiological study of the medial longitudinal fasciculus. *Mult. Scler*. 21, 905–915. doi: 10.1177/1352458514556301

Waschbisch, A., Tallner, A.; Pfeifer, K., and Maurer, M. (2009): Multiple sclerosis and exercise. Effects of physical activity on the immune system. *Nervenarzt*. 80 (6), S. 688–692. doi: 10.1007/s00115-008-2639-3

Weissert, R. (2012): Experimental Autoimmune Encephalomyelitis. *Experimental Autoimmune Encephalomyelitis - Models, Disease Biology and Experimental Therapy*, ed R. Weissert (InTech). Online verfügbar unter <https://www.intechopen.com/books/experimental-autoimmune-encephalomyelitis-modelsdisease-biology-and-experimental-therapy/experimental-autoimmune-encephalomyelitis>

Weissert, R. (2013): The immune pathogenesis of multiple sclerosis. *J. Neuroimmune Pharmacol*. 8, 857–866. doi: 10.1007/s11481-013-9467-3

White, L.J., McCoy, S.C., Castellano, V., Gutierrez, G., Stevens, J.E., Walter, G.A., and Vandenberg, K. (2004): Resistance training improves strength and functional capacity in persons with multiple sclerosis. *Mult Scler*. 10 (6), S. 668–674. doi: 10.1191/1352458504ms1088oa

Wildemann, B., Diem, R. (2016): „Multiple Sklerose und andere immunvermittelte Enzephalopathien“ in *Neurologie*. Hacke, W., 14., überarbeitete Auflage (Berlin-Heidelberg: Springer), 560-575

Zajetz, A. (2014): “Warum eignet sich Klettern als therapeutisches Medium?” in *Therapeutisches Klettern: Anwendungsfelder in Psychotherapie und Pädagogik*, 1st Edn., eds A. C. Kowald und A. Zajetz (Stuttgart: Schattauer), 41–43.

Zimmer, P., Bloch, W., Schenk, A., Oberste, M., Riedel, S., Kool, J., et al. (2017): High-intensity interval exercise improves cognitive performance and reduces matrix metallopro-

teinases-2 serum levels in persons with multiple sclerosis: a randomized controlled trial. *Mult. Scler.* 1:1352458517728342. doi: 10.1177/1352458517728342

Zung, W.W.K. (1965): A self rating depression scale. *Arch Gen Psychiatry.* 12, S. 63–70

Zung, W.W.K. (1971): A Rating Instrument For Anxiety Disorders. *Psychosomatics.* 12 (6), 371–379. doi: 10.1016/S0033-3182(71)71479-0

Anhang

Anhang 1: Patienteninformation

Patienteninformation

Zum Projekt

Effekte des Kletterns auf Multiple Sklerose

Sehr geehrte Studienteilnehmerin, sehr geehrter Studienteilnehmer,

Vielen Dank für Ihr Interesse an dieser Untersuchung.

Die körperliche Leistungsfähigkeit spielt eine wichtige Rolle in Bezug auf das subjektive Wohlbefinden und die allgemeine Lebensqualität. Wir wollen uns der Frage widmen, inwiefern man durch ein spezifisches Training bei Multiple Sklerose-Erkrankten auf den Aspekt der Leistungsfähigkeit einwirken kann. Es soll untersucht werden, welche Auswirkung besagtes Training auf das Ausmaß der Krankheit und ferner auch auf die eigene Befindlichkeit und die Tagesmüdigkeit hat.

1. Was wir untersuchen wollen – Zweck der Studie

Uns interessiert, welchen Effekt ein regelmäßiges Klettertraining über den Zeitraum von vier Monaten auf verschiedene Aspekte der Multiplen Sklerose hat. Neben dem wöchentlichen Training werden etablierte diagnostische Verfahren wie bildgebende Verfahren des Gehirns und Blutentnahmen für die Untersuchung eingesetzt. Um ein möglichst differenziertes Bild zu erhalten, werden diese durch eine Reihe weiterer Testverfahren ergänzt, die Fragebögen sowie Reaktions- und Leistungstests umfassen. Art und Umfang der medizinischen Behandlung werden von diesen Untersuchungen nicht beeinflusst.

2. Wie laufen die Untersuchungen ab und welche Risiken bestehen?

Folgende Untersuchungen werden im Rahmen der klinischen Diagnostik und der Beurteilung des Therapieverlaufs durchgeführt:

- Bildgebung des Gehirns mittels Magnetresonanztomographie (MRT)

Die Kernspinuntersuchung des Gehirns (Magnetresonanztomographie/MRT) liefert bei der MS einen wichtigen klinisch-diagnostischen Befund. Mithilfe des MRT können Aufnahmen von Gehirnstrukturen gemacht werden.

Die Untersuchung beruht auf der Wechselwirkung von Magnetfeldern und Radiowellen; es kommen keine Röntgenstrahlen oder Iod-haltige Kontrastmittel zur Anwendung. Das Verfahren ist für Ihre Gesundheit absolut ungefährlich.

Die Untersuchung wird mit Hilfe eines Magnetfeldes durchgeführt. Bei der Untersuchung dürfen Sie keine Metallteile mit sich führen, da es sonst zu Unfällen durch fliegende, vom Magnetfeld angezogene Metallgegenstände kommen kann.

Ebenfalls können Sie nicht an der Studie teilnehmen, wenn sie Metallteile im oder am Körper tragen sollten (z.B. Herzschrittmacher, Insulinpumpe, Nervenstimulator, Hörgerät, Piercings, metallhaltige Implantate, z.B. Zahnspangen, künstliche Gelenke, Gefäßklips, Granatsplitter Schrauben, Hautklammern oder ähnliches).

Die Magnetröhre des Kernspins ist offen und Sie haben jederzeit die Möglichkeit, über eine Gegensprechanlage Kontakt zu uns aufzunehmen sowie ein Signal auszulösen, falls etwas nicht in Ordnung ist. Ihr Wohlbefinden wird zu jedem Zeitpunkt fachgerecht überwacht. Störend könnten eventuell die Klopfgeräusche des Gerätes sein. Um Sie davor zu schützen, geben wir Ihnen für die Dauer der Untersuchung Ohrstöpsel.

Für die Untersuchung wird Ihnen ein Kontrastmittel verabreicht (Gadolinium). Dieses verursacht in der Regel keine Komplikationen. Sie werden gesondert von dem die Kernspintomographie durchführenden Arzt über die möglichen Nebenwirkungen von Gadolinium aufgeklärt.

- Blutentnahmen

Die Entnahme von Blut erfolgt in der neurologischen Klinik und wird insgesamt dreimal stattfinden, einmal vor Beginn der Studie, einmal nach Beendigung und einmal während der Zwischenuntersuchung. Dabei werden jeweils 100 ml Blut für die Aufreinigung von Lymphozyten abgenommen sowie 30 ml für die Gewinnung von Serum

und bei der ersten Entnahme 10 ml für die Bestimmung der DNS. Des Weiteren werden für Routinezwecke 3 ml Blut abgenommen zur Bestimmung eines Differentialblutbildes sowie 6 ml für die Bestimmung von Serumparametern. Die entnommene Blutmenge ist gesundheitlich unbedenklich.

Das Verfahren läuft dabei wie folgt ab: ein erfahrener Arzt oder eine erfahrene speziell geschulte Krankenschwester desinfiziert die Einstichstelle, in der Regel in der Armbeuge oder im Unterarm, und legt die Entnahmekanüle in die Armvene. Anschließend wird das Blut in speziellen Röhrchen und Spritzen abgenommen. Nach Beendigung der Blutentnahme wird die Kanüle entfernt und ein Pflaster auf die Haut gebracht.

Bei der routinemäßigen Blutentnahme können Blutergüsse (Hämatome), Blutungen und Infektionen auftreten. Diese Risiken sind als sehr gering einzuschätzen. Als Nebenwirkung bei der Blutentnahme kann bei einigen Personen Übelkeit und ein Blutdruckabfall auftreten.

Im Rahmen der Studie bitten wir Sie, an folgenden zusätzlichen Untersuchungen teilzunehmen:

- Fragebögen zum Ausfüllen
Die Fragebögen erfassen verschiedene Aspekte zu Lebensqualität, psychischer Befindlichkeit, Tagesschläfrigkeit oder Erschöpfung
- Neuropsychologische Testung
Zur Erhebung neurologischer Leistungsparameter wie Aufmerksamkeit, Langzeitgedächtnis, Arbeitsgedächtnis, Sprache, Visuoperzeption und –konstruktion und Exekutivfunktion
- Aktimetrie
Wir bitten Sie einmal vor Studienbeginn, sowie einmal nach Studienabschluss je über bis zu zehn Tage hinweg ein Armband mit Bewegungssensor (sog. „Actiwatch“) zu tragen. Damit können Aktivitäts- und Ruhezeiten registriert werden. Die Aufzeichnung dient dazu, den Grad der körperlichen Aktivität zu erfassen und gegebenenfalls einen Unterschied zwischen vor bzw. nach dem Klettertraining zu erkennen.

Diese Untersuchungen sind absolut schmerzfrei und für Ihre Gesundheit vollkommen unbedenklich.

3. Datenschutz und Vertraulichkeit

Alle erhobenen Daten unterliegen der ärztlichen Schweigepflicht. Besonderer Wert wird auf den Datenschutz gelegt. Alle Daten werden Dritten unzugänglich gelagert. Die Daten werden in verschlüsselter Form gespeichert und streng anonym ausgewertet.

Die Blutproben werden nach Abschluss der Untersuchung nicht vernichtet, sondern weiter gelagert, um eventuell später bei neueren Erkenntnissen nochmals für die Untersuchung herangezogen werden zu können.

4. Vorteile im Zusammenhang mit der Studie

Der Nutzen der Studie besteht unter anderem darin, den Zusammenhang des Klettertrainings und dem Verlauf der Multiplen Sklerose bezüglich Leistungsfähigkeit, Tagesmüdigkeit und Lebenszufriedenheit darzustellen. Derartige Erkenntnisse könnten zur Optimierung vorhandener oder Entwicklung neuer Therapieverfahren beitragen.

5. Studienteilnahme an anderen Projekten

Während der laufenden Studie dürfen Sie an keinen weiteren klinischen Prüfungen teilnehmen. Diese Einschränkung betrifft einen Zeitraum von ca. 4 Monaten, Dies ist notwendig, da die Teilnahme an anderen klinischen Prüfungen die Studienergebnisse beeinflussen kann.

6. Das Recht Fragen zu stellen und das Recht die Teilnahme abubrechen

Sie haben das Recht, jederzeit Fragen zu den möglichen und/oder bekannten Risiken dieser Studie zu stellen. Ihre Teilnahme an der Studie ist freiwillig und Sie können jederzeit Ihre Teilnahme ohne Angabe von Gründen widerrufen, ohne dass Ihnen irgendwelche Nachteile entstehen.

Einverständniserklärung - Patienten

Hiermit willige ich,

Vorname, Name

Geburtsdatum

in der Teilnahme an der Studie

Effekte des Sportkletterns auf die körperliche Leistungsfähigkeit bei Patienten mit Multipler Sklerose

ein.

Ich bin mit den folgenden studienspezifischen Maßnahmen in der Durchführung der Untersuchung einverstanden:

- **Ausfüllen von Fragebögen**

Die Fragebögen erfassen verschiedene Aspekte zu Lebensqualität, psychischer Befindlichkeit, Tagesschläfrigkeit oder Erschöpfung.

- **Neuropsychologische Testung**

- **Bewegungsmessung mittels Aktimetrie**

Zu diesem Zweck bin ich bereit, ein Armband mit Bewegungssensor (sog. „Actiwatch“) an zwei Terminen über 10 Tage zu tragen.

- **Entnahme und Verwertung von Blutproben**

Mit meiner Unterschrift erkläre ich mich bereit, Blut an drei Zeitpunkten (jeweils 130 – 145 ml) für die Studie zur Verfügung zu stellen. Ich bin damit einverstanden, dass mit Hilfe meiner Blutproben Laboranalysen im Hinblick auf Biomarker sowie die Entwicklung der Erkrankung oder das Ansprechen auf pharmakologische Behandlungen durchgeführt werden dürfen.

- **Bildgebung des Gehirns mittels Magnetresonanztomographie**

Ich erkläre mich damit einverstanden, dass im Rahmen der diagnostischen Abklärung am Anfang und am Ende der Studie eine Magnetresonanztomographie (MRT) meines Gehirns durchgeführt werden kann. Im Rahmen der Untersuchung willige ich ein, dass ich ein Kontrastmittel (Gadolinium) verabreicht bekomme.

Datenschutz:

Ich erkläre mich damit einverstanden, dass im Rahmen dieser Studie mich betreffende personenbezogene Daten/Angaben durch den Studienarzt erhoben und verschlüsselt (pseudonymisiert) auf elektronischen Datenträgern aufgezeichnet und verarbeitet werden dürfen. Ich bin auch damit einverstanden, dass die Studienergebnisse in nicht rück-entschlüsselbarer (anonymer) Form, die keinen Rückschluss auf meine Person zulassen, veröffentlicht werden.

Darüber hinaus bin ich mit der Entnahme, Untersuchung sowie Lagerung meines im Rahmen dieser klinischen Studie entnommenen Blutes und der hieraus entnommenen zellulären und genetischen Materialien in pseudonymisierter Form für den Zweck der Studie durch den Studienarzt Prof. Dr. med. Dr. Robert Weißert, Klinik und Poliklinik für Neurologie der Universität Regensburg einverstanden.

Wiederruf:

Mir ist bekannt, dass ich meine Einwilligung jederzeit ohne Angabe von Gründen und ohne nachteilige Folgen für mich zurückziehen und einer Weiterverarbeitung meiner Daten und Proben jederzeit widersprechen und ihre Löschung bzw. Vernichtung verlangen kann.

Studienteilnahme an anderen Forschungsprojekten:

Ich versichere, dass ich während der laufenden Studie (Zeitraum 4 Monate) an keiner weiteren klinischen Prüfung teilnehmen werde, welche die Untersuchungsergebnisse der aktuellen Studie beeinflussen könnten.

Name des Patienten: _____

Unterschrift des Patienten: _____

Ort, Datum: _____

Erklärung des aufklärenden Arztes:

Hiermit erkläre ich, dass ich den/die o.g. Teilnehmer/in am _____ über Wesen, Bedeutung, Tragweite und Risiken der o.g. Studie mündlich und schriftlich aufgeklärt und ihm/ihr eine Ausfertigung der Information sowie eine Kopie dieser Einverständniserklärung übergeben habe.

Unterschrift des aufklärenden Arztes:

Ort, Datum:

Name des Arztes (in Druckschrift):

Anhang 3: Trainingsplan zur Studie „Effekte des Kletterns auf Multiple Sklerose“

Trainingsstag	Übung 1	Übung 2	Übung 3	Übung 4	Übung 5
1	Namensspiel (Ball)	Ball zwischen Beinen durch im Kreis	Seilkommandos	Klettern	
2	Schenkelsitz	Rückenübung mit Springseil	Sicherungsübung	Klettern	
3	Nach hinten umfallen lassen	1 bis 7	Standardbewegung	Klettern	
4	Gordischer Knoten	Armhalteübung	Rückenübung mit Springseil	Richtig greifen	Klettern
5	Rücken an Rücken	1 bis 7	Richtig treten	Klettern	
6	Transport im Kreis	Zeigefinger und Daumen	Langer Arm, Rastpositionen	Klettern	Schulterkraft
7	Planking	Bouldern zu zweit	Eindrehen	Klettern	
8	Armhalteübung	Koffer packen	Offene Tür + Lösung	Klettern	
9	1 bis 7	Campusboard	Blind klettern	Klettern	
10	Daumen und Zeigefinger	Ball zwischen Beinen durch im Kreis	Wiederholung Technik?	Rückenübung	Klettern
11	Transport im Kreis	Links/Linke - Rechts/Rechte	Klettern	Schulterkraft	
12	Fahrradfahren	Gordischer Knoten	Klettern	Campusboard	
13	Liegestütz + Hand	Armhalteübung	Klettern	Planking	Mit Handschuhen klettern

14	Tauziehen	1 bis 7	Klettern	Rückenübung	
15	Planking	Kofferpacken	Klettern	Schulterkraft	
16	Fahrradfahren	Seilübung in Grotte	Klettern	Abschlussrunde	

Konzentration	Vertrauen/Teamegeist	Kraft	Technik	Schnelligkeit
---------------	----------------------	-------	---------	---------------

Allgemeine Fragen zur Person

Geschlecht: männlich weiblich

Alter: _____

Körpergröße in cm: _____

Gewicht in kg: _____

Berufsabschluss/Berufsausbildung:

- Keine bzw. ungelernt
- Noch Student/in
- Noch Auszubildende/r
- Noch Schüler/in
- Lehre abgeschlossen
- (Fach-) Hochschule
- Fach-/Meisterschule

Wie viele Stunden pro Tag arbeiten Sie durchschnittlich? _____

Berufsstand:

- Fest angestellt
- Selbstständig
- Im Ruhestand
- arbeitssuchend

Fitness Score

1) Treiben Sie regelmäßig Sport?

- Ja
- Nein

2) Wenn ja, welche Sportarten?

3) Seit wann sind Sie körperlich aktiv?

4) Wie oft pro Woche treiben Sie Sport?

5) Wie viele Stunden pro Woche sind Sie körperlich aktiv?

6) Wie beurteilen Sie ihre momentane Fitness?

- Sehr gut
- Gut
- Befriedigend
- Ausreichend
- Mangelhaft
- Ungenügend

7) Welchen Stellenwert hat körperliche Aktivität in Ihrem Leben?

- Sehr hoch
- Eher hoch
- Mittel
- Eher niedrig
- Sehr niedrig

8) Hat sportliche Aktivität Auswirkungen auf...

- ... ihr allgemeines Befinden?
- ... die Tagesmüdigkeit (falls vorhanden)?
- ... Ihren Schlaf?
- ... die Mobilität im Alltag?

Wenn ja, welche?

9) Trinken Sie regelmäßig Alkohol?

- Nein
- Ja

Wenn ja, welche Menge? (Angabe bitte in ml/Woche mit Art = Wein/Bier etc.)

10) Rauchen Sie?

- Nein
- Ja

Wenn ja, wie viele Zigaretten pro Tag? _____

Seit wie vielen Jahren sind Sie Raucher? _____

11) Nehmen Sie regelmäßig Schmerzmittel zu sich?

- Nein
- Ja, und zwar (Name und Menge/Tag): _____

12) Kreuzen Sie bitte an, ob folgende Aussagen auf Sie zutreffen oder nicht:

	Ja	Nein
1 – Ich fühle mich oft wütend		
2 – Ich fühle mich oft hilflos		
3 – Ich fühle mich oft ängstlich		
4 – Ich kann gut mit meinen Ängsten umgehen		
5 – Ich bin meist mit mir selbst zufrieden		
6 – Mein körperliches Wohlbefinden ist hoch		
7 – Ich bin motiviert, Probleme anzugehen und sie zu lösen		
8 – Mir fällt es leicht, mich auf andere Menschen einzulassen und ihnen zu vertrauen		

13) Bitte beurteilen Sie Ihre soziale Interaktion im Freundeskreis:

- Sehr gut
- Gut
- Befriedigend
- Ausreichend
- Mangelhaft
- Ungenügend

14) Bitte beurteilen Sie Ihre soziale Interaktion in der Familie:

- Sehr gut
- Gut
- Befriedigend
- Ausreichend
- Mangelhaft
- Ungenügend

15) Bitte beurteilen Sie die Qualität Ihrer Partnerschaft:

- Sehr gut
- Gut
- Befriedigend
- Ausreichend
- Mangelhaft
- Ungenügend

16) Bitte beurteilen Sie Ihre Leistungsfähigkeit im Beruf:

- Sehr gut
- Gut
- Befriedigend
- Ausreichend
- Mangelhaft
- Ungenügend

17) Haben Sie schon frühere Erfahrungen mit dem Klettern gemacht?

- Nein
- Ja → Wie lange ist das her? _____

18) Welche Auswirkungen erwarten Sie sich besonders vom Klettern?

Klettern bei MS

Datum: _____

QOL

MEZZICH und COHEN

(Deutsche Übersetzung: KATSCHNIG & JAIDHAUSER)

Instruktion: Bitte teilen Sie uns mit, wie Sie Ihren **Gesundheitszustand und Ihre Lebensqualität zurzeit einschätzen**. Die Beurteilungsskala reicht von 1 bis 10, wobei **1 = sehr schlecht** und **10 = sehr gut** bedeutet.

Bitte machen Sie einen Kreis um die zutreffende Ziffer. **Je größer die eingeringelte Ziffer ist, umso besser geht es Ihnen; je kleiner, umso schlechter.**

1. Körperliches Wohlbefinden (voller Energie, frei von Schmerzen und körperlichen Beschwerden)

1-----2-----3-----4-----5-----6-----7-----8-----9-----10

sehr schlecht

schlecht

gut

sehr gut

2. Seelisches Wohlbefinden (sich gut fühlen, zufrieden mit sich selber sein)

1-----2-----3-----4-----5-----6-----7-----8-----9-----10

sehr schlecht

schlecht

gut

sehr gut

3. Für sich selbst sorgen und selbständiges Funktionieren (selbständiges Erledigen von Alltagsarbeiten und Aufgaben, selbständig Entscheidungen treffen)

1-----2-----3-----4-----5-----6-----7-----8-----9-----10

sehr schlecht

schlecht

gut

sehr gut

4. Berufliches Funktionieren (fähig sein zu arbeiten, die Schule zu besuchen)

1-----2-----3-----4-----5-----6-----7-----8-----9-----10

sehr schlecht

schlecht

gut

sehr gut

5. Zwischenmenschliches Funktionieren (fähig sein, eine gute Beziehung zur Familie, zu Freunden und Gruppen herzustellen und aufrecht zu erhalten)

1-----2-----3-----4-----5-----6-----7-----8-----9-----10

sehr schlecht

schlecht

gut

sehr gut

6. Soziale Unterstützung (Vorhandensein von Menschen, denen Sie vertrauen können und von Menschen, bei denen Sie Hilfe und emotionale Unterstützung erfahren können)

1-----2-----3-----4-----5-----6-----7-----8-----9-----10

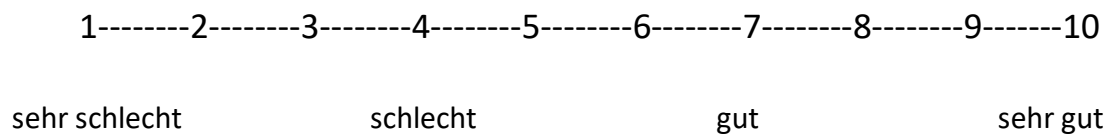
sehr schlecht

schlecht

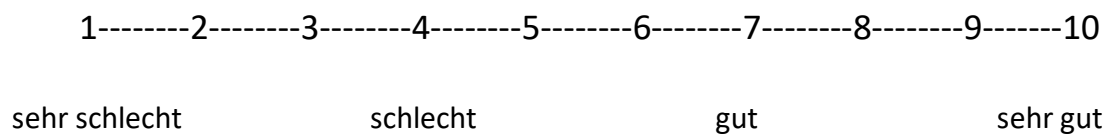
gut

sehr gut

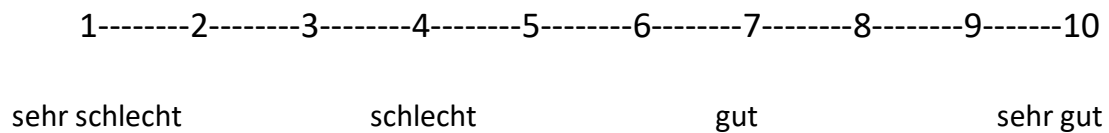
7. Zufriedenstellende Lebensumwelt (zufriedenstellende und sichere Wohnumgebung, Verfügbarkeit von Geld und anderen Hilfen)



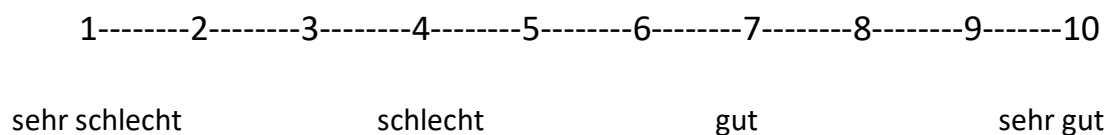
8. Persönliche Erfüllung (Gefühl von Ausgeglichenheit, Freude an schönen Dingen, an Sexualität)



9. Geistige Erfüllung (Erfahrung eines höheren Lebenssinns, Religiosität, hinter den materiellen Leben werden ideelle Werte gesehen)



10. Lebensqualität im Allgemeinen (sich zufrieden und glücklich fühlen mit dem Leben allgemein)



Anhang 7: SAS-Fragebogen

SAS

Bitte kreuzen Sie bei jeder Aussage nur dasjenige Kästchen mit der am ehesten zutreffenden Häufigkeit an. Beziehen Sie sich dabei ausschließlich auf die **letzten Wochen**.

		selten oder nie	manchmal	oft	Meistens oder immer
1	<i>Ich fühle mich nervöser und ängstlicher als sonst</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	<i>Ich fürchte mich ohne jeden Grund</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	<i>Ich rege mich leicht auf oder bekomme das Gefühl, in Panik zu geraten</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	<i>Ich habe das Gefühl zusammenzubrechen</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5	<i>Ich glaube, dass alles in Ordnung ist und nichts Schlimmes geschehen wird</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6	<i>Meine Arme und Beine schlottern und zittern</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7	<i>Ich leide an Kopf,- Nacken- und Rückenschmerzen</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8	<i>Ich fühle mich schwach und werde schnell müde</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9	<i>Ich fühle mich ganz ruhig und kann gut still sitzen</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10	<i>Ich kann spüren, wie mein Herz ganz schnell pocht</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11	<i>Ich leide unter Schwindelanfällen</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12	<i>Ich habe Ohnmachtsanfälle oder das Gefühl, ohnmächtig zu werden</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13	<i>Ich kann frei ein- und ausatmen</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

14	<i>Ich bekomme das Gefühl von Taubheit und Kribbeln in meinen Fingern und Zehen</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
15	<i>Ich leide unter Magen- oder Verdauungsstörungen</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
16	<i>Ich muss häufiger als sonst Wasser lassen</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
17	<i>Meine Hände sind gewöhnlich trocken und warm</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
18	<i>Ich fühle, wie mein Gesicht heiß wird und ich erröte</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
19	<i>Ich schlafe leicht ein und finde erholsamen Schlaf</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
20	<i>Ich habe Alpträume</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

GS

Anhang 8: SDS-Fragebogen

SDS

Bitte kreuzen Sie bei jeder Aussage nur dasjenige Kästchen mit der am ehesten zutreffenden Häufigkeit an. Beziehen Sie sich dabei ausschließlich auf die **letzten Wochen**.

		selten oder nie	manchmal	oft	Meistens oder immer
1	<i>Ich fühle mich bedrückt, schwermütig und traurig</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	<i>Morgens fühle ich mich am besten</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	<i>Ich weine plötzlich oder mir ist oft nach Weinen zumute</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	<i>Ich kann nachts nicht schlafen</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5	<i>Ich esse so viel wie früher</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6	<i>Sex macht mir noch immer Freude</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7	<i>Ich merke, dass ich an Gewicht abnehme</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8	<i>Ich leide an Verstopfung</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9	<i>Mein Herz schlägt schneller als gewöhnlich</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10	<i>Ich werde grundlos müde</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11	<i>Ich kann so klar denken wie immer</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12	<i>Die Dinge gehen mir so leicht von der Hand wie immer</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13	<i>Ich bin unruhig und kann nicht stillhalten</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
14	<i>Ich sehe voller Hoffnung in die Zukunft</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
15	<i>Ich bin gereizter als gewöhnlich</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
16	<i>Mir fällt es leicht, Entscheidungen zu treffen</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

17	<i>Ich glaube, dass ich nützlich bin und dass man mich braucht</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
18	<i>Mein Leben ist ziemlich ausgefüllt</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
19	<i>Ich habe das Gefühl, dass es für andere besser ist, wenn ich tot wäre</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
20	<i>Ich tue Dinge, die ich früher tat, immer noch gern</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

GS

GSE Test

(R. SCHWARZER)

1. Die Lösung schwieriger Probleme gelingt mir immer, wenn ich mich darum bemühe.

1. Stimmt nicht 2. Stimmt kaum 3. Stimmt eher 4. Stimmt genau

2. Wenn mir jemand Widerstand leistet, finde ich Mittel und Wege, mich durchzusetzen.

1. Stimmt nicht 2. Stimmt kaum 3. Stimmt eher 4. Stimmt genau

3. Es bereitet mir keine Schwierigkeiten, meine Absichten und Ziele zu verwirklichen.

1. Stimmt nicht 2. Stimmt kaum 3. Stimmt eher 4. Stimmt genau

4. Auch bei überraschenden Ereignissen glaube ich, dass ich gut damit zurechtkommen werde.

1. Stimmt nicht 2. Stimmt kaum 3. Stimmt eher 4. Stimmt genau

5. In unerwarteten Situationen weiß ich immer, wie ich mich verhalten soll.

1. Stimmt nicht 2. Stimmt kaum 3. Stimmt eher 4. Stimmt genau

6. Für jedes Problem habe ich eine Lösung.

1. Stimmt nicht 2. Stimmt kaum 3. Stimmt eher 4. Stimmt genau

7. Schwierigkeiten sehe ich gelassen entgegen, weil ich mich immer auf meine Fähigkeiten verlassen kann.

1. Stimmt nicht 2. Stimmt kaum 3. Stimmt eher 4. Stimmt genau

8. Wenn ich mit einem Problem konfrontiert werde, habe ich meist mehrere Ideen, wie ich damit fertig werde.

1. Stimmt nicht 2. Stimmt kaum 3. Stimmt eher 4. Stimmt genau

9. Wenn ich mit einer neuen Sache konfrontiert werde, habe ich meist mehrere Ideen, wie ich damit umgehen kann.

1. Stimmt nicht 2. Stimmt kaum 3. Stimmt eher 4. Stimmt genau

10. Was auch immer passiert, ich werde schon klarkommen.

1. Stimmt nicht 2. Stimmt kaum 3. Stimmt eher 4. Stimmt genau

GS

Becks Depressions Inventar BDI

Dieser Fragebogen enthält 21 Gruppen von Aussagen. Bitten lesen Sie jede Gruppe sorgfältig durch. Suchen Sie dann die eine Aussage in jeder Gruppe heraus, die am besten beschreibt, wie sie sich in dieser Woche einschließlich heute gefühlt haben und kreuzen Sie die dazugehörige Ziffer (0, 1, 2 oder 3) an. Falls mehrere Aussagen einer Gruppe gleichermaßen zutreffen, können Sie auch mehrere Ziffern markieren. Lesen Sie auf jeden Fall alle Aussagen in jeder Gruppe, bevor Sie Ihre Wahl treffen.

<p>Gruppe A</p> <p>0 <input type="radio"/> Ich bin nicht traurig.</p> <p>1 <input type="radio"/> Ich bin traurig.</p> <p>2 <input type="radio"/> Ich bin die ganze Zeit traurig und komme nicht davon los.</p> <p>3 <input type="radio"/> Ich bin so traurig oder unglücklich, dass ich es kaum noch ertrage.</p>	<p>Gruppe F</p> <p>0 <input type="radio"/> Ich habe nicht das Gefühl, gestraft zu sein.</p> <p>1 <input type="radio"/> Ich habe das Gefühl, vielleicht gestraft zu werden.</p> <p>2 <input type="radio"/> Ich erwarte bestraft zu werden.</p> <p>3 <input type="radio"/> Ich habe das Gefühl, bestraft zu sein.</p>
<p>Gruppe B</p> <p>0 <input type="radio"/> Ich sehe nicht besonders mutlos in die Zukunft.</p> <p>1 <input type="radio"/> Ich sehe mutlos in die Zukunft.</p> <p>2 <input type="radio"/> Ich habe nichts, worauf ich mich freuen kann.</p> <p>3 <input type="radio"/> Ich habe das Gefühl, dass die Zukunft hoffnungslos ist und dass die Situation nicht besser werden kann.</p>	<p>Gruppe G</p> <p>0 <input type="radio"/> Ich bin nicht von mir enttäuscht.</p> <p>1 <input type="radio"/> Ich bin von mir enttäuscht.</p> <p>2 <input type="radio"/> Ich finde mich fürchterlich.</p> <p>3 <input type="radio"/> Ich hasse mich.</p>

<p>Gruppe C</p> <p>0 <input type="radio"/> Ich fühle mich nicht als Versager.</p> <p>1 <input type="radio"/> Ich habe das Gefühl, öfter versagt zu haben als der Durchschnitt.</p> <p>2 <input type="radio"/> Wenn ich auf mein Leben zurückblicke, sehe ich bloß eine Menge Fehlschläge.</p> <p>3 <input type="radio"/> Ich habe das Gefühl, als Mensch ein Völliger Versager zu sein.</p>	<p>Gruppe H</p> <p>0 <input type="radio"/> Ich habe nicht das Gefühl, schlechter zu sein als alle anderen.</p> <p>1 <input type="radio"/> Ich kritisiere mich wegen meiner Fehler und Schwächen.</p> <p>2 <input type="radio"/> Ich mache mir die ganze Zeit Vorwürfe wegen meiner Mängel.</p> <p>3 <input type="radio"/> Ich gebe mir für alles die Schuld, was schief geht.</p>
<p>Gruppe D</p> <p>0 <input type="radio"/> Ich kann die Dinge genauso genießen wie früher.</p> <p>1 <input type="radio"/> Ich kann die Dinge nicht mehr so genießen wie früher.</p> <p>2 <input type="radio"/> Ich kann aus nichts mehr eine echte Befriedigung ziehen.</p> <p>3 <input type="radio"/> Ich bin mit allem unzufrieden oder gelangweilt.</p>	<p>Gruppe I</p> <p>0 <input type="radio"/> Ich denke nicht daran, mir etwas anzutun.</p> <p>1 <input type="radio"/> Ich denke manchmal an Selbstmord, aber ich würde es nicht tun.</p> <p>2 <input type="radio"/> Ich möchte mich am liebsten umbringen.</p> <p>3 <input type="radio"/> Ich würde mich umbringen, wenn ich die Gelegenheit hätte.</p>
<p>Gruppe E</p> <p>0 <input type="radio"/> Ich habe keine Schuldgefühle.</p> <p>1 <input type="radio"/> Ich habe häufig Schuldgefühle.</p> <p>2 <input type="radio"/> Ich habe fast immer Schuldgefühle.</p> <p>3 <input type="radio"/> Ich habe immer Schuldgefühle.</p>	<p>Gruppe J</p> <p>0 <input type="radio"/> Ich weine nicht öfter als früher.</p> <p>1 <input type="radio"/> Ich weine jetzt mehr als früher.</p> <p>2 <input type="radio"/> Ich weine jetzt die ganze Zeit.</p> <p>3 <input type="radio"/> Früher konnte ich weinen, aber jetzt kann ich es nicht mehr, obwohl ich es möchte.</p>
<p>Gruppe K</p> <p>0 <input type="radio"/> Ich bin nicht reizbarer als sonst.</p> <p>1 <input type="radio"/> Ich bin jetzt leichter verärgert oder gereizt als früher.</p> <p>2 <input type="radio"/> Ich fühle mich dauernd gereizt.</p> <p>3 <input type="radio"/> Die Dinge die mich früher geärgert haben, berühren mich nicht mehr.</p>	<p>Gruppe Q</p> <p>0 <input type="radio"/> Ich ermüde nicht stärker als sonst.</p> <p>1 <input type="radio"/> Ich ermüde schneller als früher.</p> <p>2 <input type="radio"/> Fast alles ermüdet mich.</p> <p>3 <input type="radio"/> Ich bin zu müde, um etwas zu tun.</p>

<p>Gruppe L</p> <p>0 ○ Ich habe nicht das Interesse an Menschen verloren.</p> <p>1 ○ Ich interessiere mich jetzt weniger für Menschen als früher.</p> <p>2 ○ Ich habe mein Interesse an anderen Menschen zum größten Teil verloren.</p> <p>3 ○ Ich habe mein ganzes Interesse an anderen Menschen verloren.</p>	<p>Gruppe R</p> <p>0 ○ Mein Appetit ist nicht schlechter als sonst.</p> <p>1 ○ Mein Appetit ist nicht mehr so gut wie früher.</p> <p>2 ○ Mein Appetit hat sehr stark nachgelassen.</p> <p>3 ○ Ich habe überhaupt keinen Appetit mehr.</p>
<p>Gruppe M</p> <p>0 ○ Ich bin so entschlossen wie immer.</p> <p>1 ○ Ich schiebe Entscheidungen jetzt öfter als früher auf.</p> <p>2 ○ Es fällt mir jetzt schwerer als früher, Entscheidungen zu treffen.</p> <p>3 ○ Ich kann überhaupt keine Entscheidungen mehr treffen.</p>	<p>Gruppe S</p> <p>0 ○ Ich habe in letzter Zeit kaum abgenommen.</p> <p>1 ○ Ich habe mehr als 2 Kilo abgenommen.</p> <p>2 ○ Ich habe mehr als 5 Kilo abgenommen.</p> <p>3 ○ Ich habe mehr als 8 Kilo abgenommen.</p> <p>Ich esse absichtlich weniger, um abzunehmen:</p> <p style="text-align: center;"><input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein</p>
<p>Gruppe N</p> <p>0 ○ Ich habe nicht das Gefühl, schlechter auszusehen als früher.</p> <p>1 ○ Ich mache mir Sorgen, dass ich alt oder unattraktiv aussehe.</p> <p>2 ○ Ich habe das Gefühl, dass Veränderungen in meinem Aussehen eintreten, die mich hässlich machen.</p> <p>3 ○ Ich finde mich hässlich.</p>	<p>Gruppe T</p> <p>0 ○ Ich mache mir keine größeren Sorgen um meine Gesundheit als sonst.</p> <p>1 ○ Ich mache mir Sorgen über körperliche Probleme, wie Schmerzen, Magenbeschwerden oder Verstopfung.</p> <p>2 ○ Ich mache mir so große Sorgen über gesundheitliche Probleme, dass es mir schwer fällt, an etwas anderes zu denken.</p> <p>3 ○ Ich mache mir so große Sorgen über gesundheitliche Probleme, dass ich an nichts anderes mehr denken kann.</p>

0 1 2 3	<p>Gruppe O</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Ich kann so gut arbeiten wie früher. ○ Ich muss mir einen Ruck geben, bevor ich eine Tätigkeit in Angriff nehme. ○ Ich muss mich zu jeder Tätigkeit zwingen. ○ Ich bin unfähig zu arbeiten. 	<p>Gruppe U</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Ich habe in letzter Zeit keine Veränderung meines Interesses an Sex bemerkt. ○ Ich interessiere mich weniger für Sex als früher. ○ Ich interessiere mich jetzt viel weniger für Sex. ○ Ich habe das Interesse an Sex völlig verloren.
0 1 2 3	<p>Gruppe P</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Ich schlafe so gut wie sonst. ○ Ich schlafe nicht mehr so gut wie früher. ○ Ich wache 1 bis 2 Std. früher auf als sonst und es fällt mir schwer, wieder einzuschlafen. ○ Ich wache mehrere Stunden früher auf als sonst und kann nicht mehr einschlafen. 	<p><u>Summenwert:</u></p>

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich allen beteiligten Personen danken, die mich bei der Anfertigung meiner Dissertation unterstützt haben.

Mein besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr. med. Dr. Robert Weißert für die hervorragende Betreuung und die große Unterstützung bei der Umsetzung der gesamten Arbeit.

Außerdem möchte ich mich auch bei Herrn Prof. Dr. Thomas Loew, Herrn Ralf Lürding, Herrn Dr. Roland Popp und Herrn Dr. Albert Doweijko für die tatkräftige Unterstützung bedanken!

Des Weiteren möchte ich auch den Mitarbeitern des DAV Kletterzentrum Regensburgs meinen Dank aussprechen, die mir die Räumlichkeiten und das Material für die Durchführung des Klettertrainings gestellt haben.

Nicht zuletzt gilt mein ausdrücklicher Dank natürlich allen Studienteilnehmern und Teilnehmerinnen, welche bereit waren, mit großer Motivation am Klettertraining teilzunehmen!

Meinen Eltern und Freunden danke ich für ihre Geduld während der Arbeit an dieser Doktorarbeit.

