

Klettern und Multiple Sklerose:  
Einfluss auf psychosoziale und motorische Parameter

Masterarbeit  
im Fach Sportwissenschaft  
der Philosophischen Fakultät  
der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

vorgelegt von  
Frederik-Vincent Hof

Erstgutachter: Prof. Dr. Burkhard Weisser  
Zweitgutachter: Markus Müller

Kiel, im März 2018

## Inhaltsverzeichnis

	Abbildungsverzeichnis .....	III
	Tabellenverzeichnis .....	III
	Abkürzungsverzeichnis .....	IV
<b>1</b>	<b>Einleitung</b> .....	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Theoretischer Hintergrund</b> .....	<b>3</b>
2.1	Multiple Sklerose .....	3
2.1.1	Klinisches Bild und Verlaufsformen der Multiplen Sklerose .....	4
2.1.2	Epidemiologie der Multiplen Sklerose .....	7
2.1.3	Diagnose der Multiplen Sklerose .....	8
2.1.4	Möglichkeiten der Therapie und der Rehabilitation bei Multipler Sklerose .....	9
2.2	Psychosoziale Parameter und Multiple Sklerose .....	10
2.2.1	Fatigue - eine besondere Form der Müdigkeit .....	10
2.2.2	Das Konstrukt der gesundheitsbezogenen Lebensqualität .....	12
2.3	Motorische Parameter und Multiple Sklerose .....	13
2.3.1	Die Bedeutung der Gleichgewichtsfähigkeit bei Multipler Sklerose .....	13
2.3.2	Die Bedeutung der Handkraft bei Multipler Sklerose .....	17
2.4	Sport und Multiple Sklerose .....	18
2.4.1	Einfluss von Sport auf psychosoziale und motorische Parameter .....	20
2.5	(Therapeutisches) Klettern .....	26
2.5.1	Klettern als ganzheitliche Bewegung .....	27
2.5.2	Leistungsbestimmende Ressourcen des Kletterns .....	28
2.5.3	Wirkdimensionen des (Therapeutischen) Kletterns auf motorischer Ebene ...	31
2.5.4	Wirkdimensionen des (Therapeutischen) Kletterns auf psychischer Ebene ...	35
2.5.5	Wirkdimensionen des (Therapeutischen) Kletterns auf sozialer Ebene .....	38
2.6	(Therapeutisches) Klettern und Multiple Sklerose .....	39
2.7	Ableitung der Forschungshypothesen .....	40
<b>3</b>	<b>Methodik</b> .....	<b>45</b>
3.1	Studiendesign .....	45
3.2	Messinstrumente zur Erfassung der Untersuchungsparameter .....	47

3.2.1	Fatigue Severity Scale .....	47
3.2.2	Multiple Sclerosis Impact Scale .....	48
3.2.3	Handkraftdynamometer .....	49
3.2.4	Multifunktionales Trainingsgerät S3 Check.....	51
3.2.5	Visuelle Analogskala zur Erfassung der Fatigue bzw. Lebensqualität .....	52
3.2.6	Allgemeiner Fragebogen .....	53
3.3	Beschreibung der Stichprobe .....	54
3.4	Untersuchungsdurchführung .....	60
3.5	Operationalisierung der Forschungshypothesen .....	66
3.6	Datenverarbeitung und -auswertung .....	69
<b>4</b>	<b>Ergebnisse</b> .....	<b>71</b>
4.1	Darstellung der Unterschiede innerhalb der IG und KG.....	71
4.2	Darstellung der Unterschiede zwischen der IG und KG.....	76
<b>5</b>	<b>Diskussion</b> .....	<b>81</b>
5.1	Ergebnisdiskussion .....	81
5.2	Methodendiskussion .....	88
5.2.1	Studiendesign .....	89
5.2.2	Stichprobe.....	89
5.2.3	Messinstrumente.....	90
5.2.4	Durchführung der Kletterintervention.....	94
5.3	Ausblick .....	99
<b>6</b>	<b>Zusammenfassung</b> .....	<b>101</b>
<b>7</b>	<b>Literaturverzeichnis</b> .....	<b>103</b>
<b>8</b>	<b>Anhang</b> .....	<b>123</b>

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1. Circulus viciosus der posturalen Instabilität. ....	16
Abbildung 2. Ressourcen der Kletterleistung. 8).....	29
Abbildung 3. Klettern im Kontext des biopsychosozialen Modells.....	30
Abbildung 4. Studiendesign der zehnwöchigen Kletterintervention.....	45
Abbildung 5. Handdynamometer mit analoger Anzeige.....	50
Abbildung 6. MFT S3-Check mit Haltevorrichtung.....	52
Abbildung 7. Mittelwertvergleich der EDSS-Werte in der IG und KG. ....	55
Abbildung 8. Sport- und Therapietreue der IG.....	56
Abbildung 9. Verteilung der maximalen Gehstrecke der IG. ....	57
Abbildung 10. Verteilung MS-typischer Symptome in der IG.....	58
Abbildung 11. Verteilung der Verlaufsformen der Multiplen Sklerose in der IG. ....	59
Abbildung 12. Kletterhalle der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel. ....	63
Abbildung 13. Klettermaterial.....	65
Abbildung 14. Verlauf der Fatiguesymptomatik in der IG.....	72
Abbildung 15. Verlauf der gesundheitsbezogenen Lebensqualität in der IG. ....	74
Abbildung 16. Mittelwertdifferenz der Handkraft innerhalb der IG.....	75

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1. Stichprobencharakteristik der IG und KG. ....	54
Tabelle 2. Mittelwertdifferenzen innerhalb der IG und KG zur Fatiguesymptomatik. ....	71
Tabelle 3. Mittelwertdifferenzen innerhalb der IG und KG zur HRQoL.....	73
Tabelle 4. Mittelwertdifferenz der Handkraft in der IG und KG.....	75
Tabelle 5. Mittelwertdifferenz der Gleichgewichtsfähigkeit in der IG und KG. ....	76
Tabelle 6. Mittelwertvergleich der Fatiguesymptomatik zwischen IG und KG. ....	77
Tabelle 7. Mittelwertvergleich der HRQoL zwischen IG und KG. ....	78
Tabelle 8. Mittelwertvergleich der Handkraft zwischen IG und KG.....	79
Tabelle 9. Mittelwertvergleich der Gleichgewichtsfähigkeit zwischen IG und KG.....	79

## Abkürzungsverzeichnis

Abb.	Abbildung
AE	Nebenwirkungen (adverse events)
df	Freiheitsgrade (degrees of freedom)
ES	Effektstärke
EDSS	Expanded Disability Status Scale
FSS	Fatigue Severity Scale (Fatigue Schweregrad Skala)
HK	Handkraft
HRQoL	Gesundheitsbezogene Lebensqualität (Health-Related Quality of Life)
ICD-10	International Classification of Diseases, 10. Revision
IG	Interventionsgruppe
Kap.	Kapitel
KG	Kontrollgruppe
KIS	klinisch isoliertes Syndrom
KSP	Körperschwerpunkt
M	Mittelwert
$M_{Diff}$	mittlere Differenz
MRT	Magnetresonanztomographie
MS	Multiple Sklerose
MSIS	Multiple Sclerosis Impact Scale
PmMS	Person(en) mit Multipler Sklerose
PPMS	primär progrediente MS
PRMS	progredient relapsierende MS
RIS	radiologisch isoliertes Syndrom
RRMS	relapsierend remittierende MS
s.	siehe
SD	Standardabweichung
SPMS	sekundär progrediente MS
TK	Therapeutisches Klettern
VAS	Visuelle Analogskala
VEP	visuell evozierte Potentiale
ZNS	Zentralnervensystem

## Vorwort

Für die Betreuung dieser Arbeit bedanke ich mich herzlich bei Herrn Prof. Dr. med. Weisser und Herrn Müller.

Darüber hinaus gilt mein Dank PD Dr. med. Wenzelburger, der mich insbesondere bei der Auswahl der Teilnehmenden unterstützt hat.

Des Weiteren möchte ich mich bei Frau Ulrich von der Deutschen Multiplen Sklerose Gesellschaft (DMSG) bedanken, die sich für die Bekanntmachung des Studienvorhabens eingesetzt hat.

Außerdem bedanke ich mich bei Herrn Lange, dem Leiter und Geschäftsführer des Hochschulsports Kiel, der es möglich gemacht hat, dass die Kletterhalle zu verschiedenen Zeiten kostenfrei genutzt werden konnte.



## 1 Einleitung

Im Jahr 2020 ist es soweit: Klettern wird als neue Sportart bei den Olympischen Spielen in Tokio vertreten sein. Eine Tatsache, die nicht überraschen dürfte, wenn die Entwicklung betrachtet wird, die der Klettersport in den letzten Jahren genommen hat. Noch vor 15 Jahren repräsentierten Kletternde den Wesenstypus des unerschrockenen Nonkonformisten und Freigeistes. Mittlerweile jedoch sprießen Kletter- und Boulderhallen wie Pilze aus dem Boden – Klettern ist ein Massenphänomen geworden. Bezeichnenderweise erlebte der Deutsche Alpenverein (DAV) einen enormen Anstieg der Mitgliederzahlen von 686.000 im Jahr 2004 auf 1.132.000 Ende 2015. Selbst im aus topographischer Sicht für das Klettern ungeeigneten Bundesland Schleswig-Holstein wurde 2016 mit der Eröffnung einer neuen Boulderhalle in Kiel der Klettertrend fortgesetzt. Gründe für eine derartige Entwicklung sind vielfältig. Werden die anderen neuen olympischen Sportarten in den Blick genommen – Skateboarden und Surfen – wird deutlich, dass gerade sogenannten Extremsportarten vermehrt Aufmerksamkeit geschenkt wird. Aufgrund der gestiegenen Popularität ist Klettern damit vor allem zu einer attraktiven und gesellschaftlich anerkannten Sportart geworden.

Neben der Tatsache, dass Klettern „in“ ist, wird der Sportart zudem ein hohes gesundheitsförderliches Potential zugesprochen. Klettern, so scheint es, vermag nicht nur motorische Verbesserungen herbeizuführen, sondern auch auf psychischer und sozialer Ebene wirksam zu werden. Insofern erhält der Klettersport neben der Etablierung in Bereiche des Breiten- und Leistungssports immer häufiger Einzug in therapeutische Anwendungsfelder. Dabei handelt es sich unter anderem um Gebiete aus der Physiotherapie und Orthopädie, der Pädagogik oder der Psychotherapie. Konkret kommt Klettern vor allem im Zusammenhang mit Suchterkrankungen seit einiger Zeit zum Einsatz. Aber auch andere Krankheitsbilder können mithilfe der Sportart therapiert werden. Multiple Sklerose (MS) ist eines davon.

MS ist eine nicht heilbare Erkrankung, die mit entzündlichen Prozessen im zentralen Nervensystem einhergeht und eine Vielzahl an Einschränkungen mit sich bringt. Sie wird häufig im jungen Erwachsenenalter diagnostiziert und verschlechtert sich mit fortschreitendem Verlauf. Zu den häufigsten Symptomen zählen Gleichgewichtsprobleme, Sensibilitätsstörungen, Müdigkeitserscheinungen (Fatigue) oder Kraftlosigkeit.

Hinzu kommt, dass die Betroffenen nachweislich inaktiver sind als Gesunde und soziale Unternehmungen abnehmen. Damit einher geht auch, dass die wahrgenommene Lebensqualität bei MS reduziert ist. Die Vielfältigkeit der genannten Symptomatik erklärt, warum MS auch als „Krankheit mit den 1000 Gesichtern“ bezeichnet wird.

Dadurch, dass die medikamentöse Behandlung nur bedingt wirksam ist, nimmt Bewegung in der symptomatischen Therapie einen wichtigen Platz ein. Das war jedoch nicht immer so. Vor nicht allzu langer Zeit ist Personen mit Multipler Sklerose von Bewegung sogar abgeraten worden und Bettruhe galt als empfehlenswert. Wenngleich sich mittlerweile ein gegenteiliger Trend durchgesetzt hat und Sport in der Regel angeraten wird, hat sich nur eine geringe Anzahl an Studien mit den Potentialen sogenannter Trendsportarten befasst. Diese werden nach wie vor nur selten im Rahmen einer herkömmlichen Sport- und Bewegungstherapie angeboten. Dabei ist es insbesondere bei chronischen Erkrankungen bedeutsam, den Betroffenen eine Sportart zu präsentieren, die sie auch langfristig ausüben wollen. Klettern scheint dieser Forderung gerecht werden zu können, da einerseits die vielfältige Symptomatik adressiert werden kann und Effekte auf motorischer, psychischer und sozialer Ebene vermutet werden können, andererseits Klettern aufgrund seiner Attraktivität und Popularität eine geeignete Sportart darstellt, um die Betroffenen zu einem regelmäßigen aktiven Lebensstil motivieren zu können.

Die vorliegende Arbeit hat insofern zum Ziel, den Einfluss einer zehnwöchigen Klettereinheit auf die Fatiguesymptomatik, die gesundheitsbezogene Lebensqualität, die Handkraft und die Gleichgewichtsfähigkeit bei Personen mit Multipler Sklerose zu evaluieren. Die gewonnenen Erkenntnisse aus den erhobenen Daten werden unter Zuhilfenahme der dargelegten theoretischen Überlegungen diskutiert und mit aktuellen Forschungsergebnissen in Zusammenhang gebracht. Über die Klettereinheit hinaus besteht ein Anliegen darin, den Betroffenen eine Möglichkeit zu bieten, auch weiterhin aktiv zu klettern.

## 2 Theoretischer Hintergrund

In den folgenden Kapiteln wird sowohl das Krankheitsbild der Multiplen Sklerose (Enzephalomyelitis disseminata) näher beleuchtet als auch auf den Zusammenhang zwischen Multipler Sklerose (MS) und körperlicher Aktivität, insbesondere dem Klettern, eingegangen.

In einem *ersten Schritt* wird dargelegt, welche allgemeinen pathogenen Prozesse bei Multipler Sklerose stattfinden. Außerdem werden mögliche Auslöser der MS genannt (Kap. 2.1). Anschließend erfolgt eine Darstellung der spezifischen Verlaufsformen der MS sowie eine Beschreibung der klinischen Symptomatik (Kap. 2.1.1). Daraufhin sollen epidemiologische Maßzahlen über die Verbreitung der Erkrankung informieren (Kap. 2.1.2). Ferner wird neben der Erläuterung zur Diagnostik auch auf Möglichkeiten der Therapie und der Rehabilitation hingewiesen (Kap. 2.1.3 und 2.1.4).

In einem *zweiten Schritt* (Kap. 2.2) erfolgt die Beschäftigung mit den psychosozialen Untersuchungsparametern. Dabei wird insbesondere auf die Fatiguesymptomatik und das Konstrukt der gesundheitsbezogenen Lebensqualität eingegangen.

Der *dritte Schritt* (Kap. 2.3) nimmt hingegen die motorischen Parameter in den Blick. Hier werden gesondert die Handkraft und die Gleichgewichtsfähigkeit thematisiert.

Der *vierte Schritt* (Kap. 2.4) fasst den Forschungsstand zum Zusammenhang von körperlicher Aktivität und Multipler Sklerose zusammen. Im Zuge dessen wird der Einfluss von körperlicher Aktivität auf die genannten psychosozialen und motorischen Parameter dargestellt.

Nachdem *fünftens* (Kap. 2.5) eine terminologische Einordnung des Begriffs des (*Therapeutischen*) *Kletterns* erfolgt ist und auf mögliche Wirkdimensionen des Kletterns eingegangen wurde, sollen in einem *letzten Schritt* (Kap. 2.6) die Möglichkeiten und Potentiale aufgezeigt werden, die zwischen der Sportart Klettern und der Krankheit Multiple Sklerose bestehen. Die anschließende Ableitung der Forschungshypothesen erfolgt auf Grundlage des theoretischen Hintergrunds (Kap. 2.7).

### 2.1 Multiple Sklerose

Multiple Sklerose (MS) ist eine chronisch entzündliche Erkrankung, die das Zentralnervensystem (ZNS), d.h. Sehnerven, Gehirn und Rückenmark, betrifft. Die auftretende Leistungsverzögerung der Informationsverarbeitung ist Folge von Autoimmun-

reaktionen weißer Blutzellen (sog. T-Lymphozyten) und Antikörpern gegen Bestandteile der Isolierschicht (Myelin) der Nervenbahn im ZNS. Treffen die T-Zellen im ZNS auf ihr spezifisches Autoantigen, kommt es durch die Freisetzung von proinflammatorischen Zytokinen und durch die Aktivierung von B-Zellen, welche verantwortlich für die Bildung von Antikörpern sind, zu einer Entzündungsreaktion mit einer resultierenden Schädigung der Myelinscheiden. Ferner gibt es direkte Anhaltspunkte, die auf Nervenschädigungen und auf einen im Verlauf der Erkrankung stattfindenden Abbau von Nervenfasern hinweisen. Als Grund wird vor allem ein Ungleichgewicht von aggressiver Entzündung und vermindertem neurotrophem Potential angenommen (Rieckmann & Reimers, 2017; Schmidt, Hoffmann, Faiss, Köhler, & Zettl, 2017; Wiendl & Kieseier, 2010).

Nach wie vor kennt die Forschung den/die genauen Auslöser der MS nicht. Aktuell wird davon ausgegangen, dass Ursachen der Erkrankung multifaktoriell bedingt sind. Neben einer genetischen Disposition können auch Umweltfaktoren wie Klima, Hygiene, Ernährung und Infektionen eine entscheidende Rolle für das Auftreten einer MS spielen. Zudem wird neuerdings auch intensiv die Rolle des Mikrobioms (Ansammlung der physiologisch im Körper lebenden Mikroorganismen) beim Zustandekommen der MS diskutiert (Rieckmann & Reimers, 2017).

### 2.1.1 *Klinisches Bild und Verlaufsformen der Multiplen Sklerose*

Wenngleich eine MS-Erkrankung stets mit entzündlichen Prozessen und dem Abbau von Myelin einhergeht, ist ihr Verlauf hochgradig unterschiedlich. Häufig wird daher auch von der ‚Erkrankung mit den 1000 Gesichtern‘ gesprochen. Die Forschung verweist grundsätzlich auf drei verschiedene Formen der Erkrankung: (1) schubförmig remittierend (relapsierend remittierende MS, RRMS), (2) primär (chronisch)-progredient (PPMS) und (3) sekundär (chronisch)-progredient (SPMS). Diese drei Verlaufsformen können um drei weitere Formen ergänzt werden: den progredient-relapsierenden Verlauf (PRMS), das radiologisch isolierte Syndrom (RIS) sowie das klinisch isolierte Syndrom (KIS) (Koriem, 2016; Lublin et al., 2014; Lublin & Reingold, 1996).

Die zu Krankheitsbeginn am häufigsten auftretende MS-Form stellt die *schubförmig remittierende Multiple Sklerose (RRMS)* dar. 80% - 90% der Personen mit Multipler

Sklerose (PmMS)<sup>1</sup> sind zunächst von einem RRMS-Verlauf betroffen (Flachenecker & Zettl, 2017b; Gold, 2015). Diese Verlaufsform zeichnet sich dadurch aus, dass episodisch auftretende Schübe die Symptome auslösen. Zu den häufigsten Frühsymptomen zählen Sensibilitätsstörungen, Gangstörungen sowie eine einseitige Optikusneuritis (Sehnerventzündung). Der Rückbildungsprozess der Schübe dauert in der Regel sechs bis acht Wochen. Pro Jahr liegt die Schubrate initial bei ca. 1,8 Schüben und nimmt dann in den Folgejahren kontinuierlich ab (Gold, 2015). Im Durchschnitt schwankt die Schubrate zwischen 0,14 – 1,1 pro Jahr und pro Patient. Diese Werte sind abhängig von der Definition eines Schubes, der Zeit seit Krankheitsbeginn und der Art der Datenerhebung. Die aktuelle Definition eines Schubes gemäß den Leitlinien für Diagnostik und Therapie in der Neurologie erkennt einen Schub als solchen an, wenn

„neue [Schübe] oder eine Reaktivierung bereits zuvor aufgetretener klinischer Ausfälle und Symptome, die subjektiv berichtet oder durch die Untersuchung objektiviert werden können und mindestens 24 Stunden anhalten, mit einem Zeitintervall von 30 Tagen zum Beginn vorausgegangener Schübe auftreten und nicht durch Änderungen der Körpertemperatur (Uhthoff-Phänomen) oder im Rahmen von Infektionen erklärbar sind“ (Gold, 2015).

Flachenecker und Zettl (2017) verweisen auf eine durchschnittliche Schubrate von 0,5 pro Patient. Damit erlebt eine PmMS in etwa alle zwei Jahre eine schubartige Verschlechterung.

Nach 10 – 20 Jahren einer RRMS treten die Schübe nur noch sporadisch auf und werden abgelöst durch eine MS-Form, die eine allmähliche Verschlechterung neurologischer Symptome mit sich bringt. Diese Form stellt die *sekundär (chronisch)-progrediente MS* (SPMS) dar. Das Auftreten von gelegentlichen Schüben, geringfügigen Remissionen oder Plateaus ist auch in dieser Phase noch möglich (Flachenecker & Zettl, 2017).

Auch bei der *primär (chronisch)-progredienten MS* (PPMS) sind gelegentliche Verbesserungen und Plateaus möglich. Diese Form geht allerdings nicht aus einem initial schubförmigen Verlauf hervor, sondern ist durch eine sukzessive Verschlechterung von Krankheitsbeginn an charakterisiert (Flachenecker & Zettl, 2017).

---

<sup>1</sup> Einer Studie zu Folge wird die Bezeichnung „Person mit Multipler Sklerose“ (PmMS) anderen Begriffen wie Patient, Klient oder Betroffener vorgezogen (Baker et al., 2016). Diesem Empfinden soll in der Arbeit weitestgehend Rechnung getragen werden.

Die von Lublin und Reingold (1996) bezeichnete PRMS als eigenständige Form einer *primär (chronisch)-progredienten MS mit aufgesetzten Schüben* wird heute als eine Sonderform der PPMS klassifiziert (Graubner, 2013; Lublin et al., 2014).

Im Falle eines klinisch nachweislichen Schubes ohne die Erfüllung aller MS-Diagnosekriterien wird von einem *klinisch isolierten Syndrom* (KIS) gesprochen. Ein radiologischer Nachweis vermittelt Magnetresonanztomographie (MRT) wird entsprechend als *radiologisch isoliertes Syndrom* (RIS) bezeichnet (Sellner, Schirmer, Hemmer, & Mühlau, 2010).

Das klinische Bild zeigt, dass die im Anfangsstadium herbeigeführten Dysfunktionen häufig reversibel sind, während sich die pathologischen Veränderungen im weiteren Verlauf der Erkrankung als dominant mit einer chronisch neuronalen und axonalen Degeneration erweisen (Compston & Coles, 2008). Über die genannten Frühsymptome hinaus finden sich somit in einem fortgeschrittenen Erkrankungsstatus am häufigsten Störungen der Motorik, die auf eine Beteiligung des Rückenmarks hinweisen. Während zu Beginn vor allem eine rasche Ermüdbarkeit und ein Schwere- und Spannungsgefühl in den Beinen auftritt, kann das Gehen im weiteren Verlauf durch Spastik oder Koordinationsstörungen beeinträchtigt sein. Darüber hinaus treten Gefühlsstörungen wie Kribbeln, Taubheitsgefühle, Gleichgewichtsstörungen und andere Missempfindungen bei fast jeder zweiten PmMS auf.

Zusammenfassend können die folgenden Symptome klinisch erfasst werden: Motorische Symptome (Spastik, Ataxie, Tremor), Sensibilitätsstörungen (Parästhesien, Neuralgie), Schmerzen, Koordinationsstörungen (skandierende Sprache, Dysmetrie), Ophthalmologische Erkrankungen (Optikusneuritis, Läsionen der Sehbahn, Störungen der Okulomotorik), Blasen- und Mastdarmstörungen, Sexualstörungen, Fatigue, kognitive Störungen (visuell-räumliche Wahrnehmung, Aufmerksamkeitsfunktionen, Informationsverarbeitungsgeschwindigkeit) sowie psychische Veränderungen (depressive Symptome, verminderte Lebensqualität) (F. Hoffmann & Block, 2017; Kesselring, 2005; Rieckmann & Reimers, 2017).

Trotz der vielfältigen Symptomatik ist die Lebenserwartung bei PmMS nur geringfügig eingeschränkt und reduziert sich bei stark behinderten PmMS häufig aufgrund sekundärer Komplikationen (F. Hoffmann & Block, 2017).

### 2.1.2 Epidemiologie der Multiplen Sklerose

Die Erkrankung manifestiert sich bei der Mehrzahl der PmMS zwischen dem 20. und 40. Lebensjahr. Wesentlich seltener wird Multiple Sklerose bereits im Kleinkind- oder sogar Säuglingsalter diagnostiziert. Auf der anderen Seite ist eine klinische Manifestation der MS auch noch bis in die achte Lebensdekade hinein möglich (Flachenecker & Zettl, 2017).

Im Hinblick auf geschlechtsspezifische Unterschiede kann festgestellt werden, dass Frauen häufiger von MS betroffen sind. Während einige Studien auf eine Häufigkeitsverteilung von 2:1 hinweisen, geben neuere Studien ein Verhältnis von 3-4:1 an (Alonso & Hernán, 2008; Flachenecker & Zettl, 2017a; Kingwell et al., 2013). Der Grund für die geschlechtsspezifischen Verhältnisse konnte noch nicht nachgewiesen werden. Es wird vermutet, dass Sexualhormone die Immunantwort beeinflussen und somit für die differenzielle Empfindlichkeit auf Multiple Sklerose verantwortlich sein können. Eine andere Annahme für den Anstieg der Erkrankung bei Frauen ist die, dass das Rauchverhalten bei Frauen zugenommen hat und dies zu einem erhöhten MS-Risiko beiträgt (Ascherio & Munger, 2007).

Neben dem Alter und der Geschlechtszugehörigkeit kann ein weiterer demografischer Faktor für das Auftreten der MS ausgemacht werden: die ethnische Zugehörigkeit. Beispielsweise ist das Erkrankungsrisiko bei männlichen schwarzen Amerikanern etwa halb so niedrig wie bei männlichen weißen Amerikanern. Angehörige anderer ethnischer Gruppen weisen ein noch geringeres Risiko auf (Flachenecker & Zettl, 2017a). Koriem (2016) stellt zudem heraus, dass die Prävalenz bei Multiple Sklerose stark von geografischen Faktoren bestimmt ist. Während in Afrika Multiple Sklerose mit einer Häufigkeitsverteilung von 0,5 Erkrankungen pro 100.000 Einwohner angenommen wird, wird in Nordeuropäischen Ländern die Prävalenz auf bis zu 200/100.000 geschätzt. Weltweit kann davon ausgegangen werden, dass etwa 2 – 2,5 Millionen Menschen von Multipler Sklerose betroffen sind (30/100000) (Koriem, 2016). In Deutschland wurde über einen längeren Zeitraum ein Wert von 120.000 bis 130.000 MS-Erkrankungen vermutet. Neuere Stichproben gehen jedoch davon aus, dass die Anzahl bei 200.000 Erkrankungen liegt. Diskutiert wird, ob ein Anstieg der Prävalenz dadurch zustande kommt, dass Diagnosen früher im Krankheitsverlauf gestellt und auch leichtere Verläufe miterfasst werden (Petersen, Wittmann, Arndt, & Göppfarth, 2014). Weitere Gründe sind eine höhere Inzidenz und eine längere Krankheitsdauer

bzw. höhere Lebenserwartung. Charakteristisch für Deutschland ist zudem, dass die Erkrankungsrate ein West-Ost-Gefälle aufweist.

Wiendl und Kieseier (2010) nennen zusammenfassend einige Fakten zur Epidemiologie. Demnach sind Hochrisikogebiete Kanada, Zentral- und Nordeuropa sowie die nördlichen Regionen der USA. Je weiter man sich den Polen nähert bzw. sich vom Äquator entfernt, desto höher ist die Prävalenz der MS. Auch scheinen Umweltfaktoren eine Rolle zu spielen, da PmMS häufig einen Vitamin-D-Mangel aufweisen, was auf einen Einfluss der Sonnenexposition schließen lässt (Mehta, 2010). Neben der Tatsache, dass Rauchen mit MS assoziiert wird (Hedström, Bäärnhielm, Olsson, & Alfredsson, 2009), haben Maimgeborene eine höhere, Novembergeborene eine niedrigere Wahrscheinlichkeit an MS zu erkranken. Auch wenn Multiple Sklerose familiären Häufungen unterliegt, folgt die Erkrankung keinem Mendel'schen oder mitochondrialen Erbgang (Wiendl & Kieseier, 2010).

### *2.1.3 Diagnose der Multiplen Sklerose*

Die Diagnose einer Multiplen Sklerose stützt sich vorerst auf die Anamnese und somit auf Hinweise, die auf frühere neurologische Ereignisse mit Schubcharakter hindeuten. Zusätzlich erfolgt eine Objektivierung klinisch neurologischer Ausfälle, die eine zentralnervöse Störung anzeigen, sowie den klinischen oder paraklinischen Nachweis einer zeitlichen und örtlichen Dissemination. Andere Ursachen müssen zudem ausgeschlossen werden.

Die endgültige Diagnosestellung erfolgt letztlich aufgrund definierter klinischer Kriterien. Die heutigen, standardisierten, internationalen Empfehlungen wurden durch Revisionen der Kriterien von McDonald et al. (2001) abgeleitet (Gafson, Giovannoni, & Hawkes, 2012; Polman et al., 2011). Demnach kann eine Diagnose bereits gestellt werden, wenn nach einem Krankheitsschub klinisch nachweisbare Auffälligkeiten durch eine Untersuchung der visuell evozierten Potenziale (VEP) vorliegen (z.B. im Hirnstamm oder in der Pyramidenbahn) und sich zusätzlich zwei oder mehr charakteristische Läsionen in der initialen Magnetresonanztomographie finden. Wenn die genannten Kriterien nicht nachgewiesen werden können und dennoch ein klinischer Schub vorliegt, wird ein KIS diagnostiziert (s. Kap. 2.1.1) (Gold, 2015).

Neben der Liquoruntersuchung und der MRT als sensitive Methode zur Aufdeckung und Darstellung von pathologischen Befunden, zielen neue Forschungen darauf ab, nicht die Folgen einer Entzündung im Gehirn darzustellen, sondern die Entzündung

selbst sichtbar zu machen. Gerwien et al. (2016) ist es gelungen, mittels Positronen-Emissions-Tomographie die Aktivität von Enzymen (Matrix-Metalloproteasen; hauptverantwortlich für die Zersetzung gesunden Gewebes) nachzuweisen, und zwar schon bevor im betroffenen Bereich mit dem traditionellen Verfahren der MRT eine Schädigung der Blut-Hirn-Schranke zu sehen war. Diese Entdeckung könnte zukünftig dazu beitragen, bei PmMS genauere Diagnosen zu stellen und Therapien besser überwachen sowie zielgerichteter einsetzen zu können (Gerwien et al., 2016).

#### 2.1.4 Möglichkeiten der Therapie und der Rehabilitation bei Multipler Sklerose

Aufgrund der komplexen klinischen Symptome und den unterschiedlichen Krankheitsverläufen von PmMS, ist es erforderlich, dass Therapiemaßnahmen ein breites Spektrum an Möglichkeiten abdecken. Grundsätzlich stehen für die Behandlung bei MS drei therapeutische Optionen zur Verfügung: (1) die Therapie einzelner Symptome, (2) die Therapie des akuten Schubs und (3) die verlaufsbeeinflussende Langzeittherapie. F. Hoffmann und Block (2017) betonen, dass, wenngleich die Möglichkeiten und Fortschritte der Schubtherapie und der verlaufsbeeinflussenden Langzeittherapie bedeutend sind, die Symptomtherapie nicht vernachlässigt werden sollte. Letztere stelle das Fundament des individuell angepassten Therapiekonzepts.

Die Schubtherapie zählt genau wie die verlaufsbeeinflussende Langzeittherapie zu der immunmodulatorischen Therapie. Sie erfolgt durch intravenöse Zufuhr von Glukokortikosteroiden. In der Langzeittherapie (= Basistherapie) wird durch Medikation, sowohl die Schubfrequenz und Schubhäufigkeit als auch die Schubintensität reduziert. Eine Umstellung in die Eskalationstherapie erfolgt, wenn innerhalb von zwölf Monaten mindestens ein Schub unter der Basistherapie auftritt oder die Erkrankung einen aggressiven Verlauf ohne Basistherapie nimmt. 2011 wurde erstmals ein orales Therapeutikum (Fingolimod) für eine hochaktive RRMS zugelassen (Gold, 2015). Die Umstellung von Schubtherapie auf Basistherapie bzw. Eskalationstherapie wird als *immunmodulatorische Stufentherapie* bezeichnet (Multiple Sklerose Therapie Konsensus Gruppe (MSTKG) & Rieckmann, 2006). Während die immunmodulatorische Therapie vor allem in der ersten Phase der Multiplen Sklerose als sehr effektiv eingeschätzt wird, ist der Effekt zur Verlangsamung der Krankheitsprogression im weiteren Verlauf der MS lediglich als moderat zu bezeichnen (Mötl, 2010).

Die symptomatische Therapie hingegen beinhaltet sowohl medikamentöse als auch nicht-medikamentöse Methoden. Ziel der symptomatischen Therapie ist es, den

höchstmöglichen Grad an Selbstständigkeit und Unabhängigkeit von Dritten herbeizuführen. Um dieses Ziel zu erreichen, werden auch nicht-medikamentöse Maßnahmen herangezogen, die neben Krankengymnastik, Beratung, Psychotherapie, Sprech- und Schlucktherapie auch die Sport- und Trainingstherapie umfassen. Besonders entscheidend für letztere Maßnahmen ist die Vermeidung von inaktivitätsbedingten Komplikationen. Schließlich sind PmMS nicht primär durch die MS vital gefährdet, sondern durch Komplikationen, die sich aus Inaktivität ergeben können (Thrombosen, Lungenembolie, Bronchitis, Osteoporose, Inaktivitätsathropie der Muskulatur) (Friedrich, 2011; F. Hoffmann & Block, 2017).

## **2.2 Psychosoziale Parameter und Multiple Sklerose**

Während eine Einteilung psychischer Symptome bei MS häufig auf Grundlage der International Classification of Diseases, 10. Revision (ICD-10) erfolgt, verweist Schifferdecker (2017) auf die Problematik, dass dadurch die auftretende psychische Symptomatik häufig auf die körperliche Erkrankung zurückgeführt werde. Damit werde eine psychische Erkrankung als psychoorganisches Resultat verstanden, was der Erkrankung nicht immer gerecht werde (Schifferdecker, 2017). Das sogenannte *biopsychosoziale Modell* hingegen versucht psychische Erkrankungen sowohl auf physische (biologische), psychische und soziale Komponenten zurückzuführen (Egger, 2005).

Auch die im Folgenden beschriebenen Symptome sind nicht immer physiologischen Ursprungs (insbesondere die Lebensqualität), noch können sie gänzlich als psychisches Symptom verstanden werden. Fatigue und Lebensqualität werden daher unter der Bezeichnung *psychosoziale Parameter bei MS* zusammengefasst.

### *2.2.1 Fatigue - eine besondere Form der Müdigkeit*

Der Begriff Fatigue wird häufig mit Müdigkeit, Schläfrigkeit, Schlappeheit, Energielosigkeit oder erhöhter Erschöpfung verknüpft oder sogar synonym verwendet (Friedrich, 2015). Eine MS bedingte Erschöpfung ist jedoch nicht mit einem normalen Leistungstief gleichzusetzen. Die bei Multipler Sklerose auftretende Fatigue kann den Alltag massiv einschränken und die Teilnahme am beruflichen und sozialen Leben stark beeinflussen. Studien weisen darauf hin, dass die MS-spezifische Fatigue bei bis zu 90% aller PmMS auftritt (Henze et al., 2017; Kos, Kerckhofs, Nagels, D'hooghe, & Ilsbrouckx, 2008). Zudem geben mehr als die Hälfte aller PmMS an, dass Fatigue dasjenige Symptom darstellt, welches sich am stärksten auf die subjektiv empfundene

Lebensqualität auswirke (Zifko, 2004). Damit ist Fatigue ein Hauptbelastungsfaktor, der oftmals einen größeren Leidensdruck verursacht als körperliche Behinderungen. Bei der MS-bedingten Fatigue können verschiedene Formen unterschieden werden. Grundsätzlich wird die Fatigue als psychophysische Erschöpfung beschrieben. Daraus ergibt sich bereits, dass sich Fatigue sowohl auf die kognitive als auch auf die körperliche Leistungsfähigkeit auswirken kann. Es ist durchaus möglich, dass PmMS ohne körperliche Einschränkungen allein aufgrund der Fatigue nicht mehr erwerbstätig sein können (F. Hoffmann & Block, 2017). Als problematisch erweist sich die Tatsache, dass, obwohl die Fatigue erhebliche Einschränkungen mit sich bringt, sie oft nicht hinreichend bekannt bzw. anerkannt ist (F. Hoffmann & Block, 2017). Gerade im persönlichen Umfeld oder bei der Arbeitsstelle ist es wichtig, auf die krankheitsbedingte verstärkte Ermüdbarkeit hinzuweisen.

In der Literatur findet sich über die Einteilung in physische und psychische Fatigue hinaus, eine noch allgemeiner gefasste Zuordnung in primäre und sekundäre Fatigue. Von *primärer* Fatigue wird dann gesprochen, wenn Müdigkeitserscheinungen unmittelbar auf die MS zurückzuführen sind, während die *sekundäre* Fatigue durch MS-Symptome und deren Therapien ausgelöst wird (Friedrich, 2015).

Die Ursachen für das Auftreten einer primären Fatiguesymptomatik sind nach wie vor nicht vollständig erforscht. Eine Vielzahl an Hypothesen legen die Vermutung nahe, dass aufgrund von Demyelinisierungsprozessen eine erhöhte Anstrengung im Gehirn auftritt, die benötigt wird, um seine normalen Funktionen auszuführen. Der Bereich im Gehirn, welcher zur Energiekontrolle dient, kann darüber hinaus ebenfalls beschädigt sein (Friedrich, 2015).

Die Gründe für das Auftreten einer sekundären Fatigue sind hingegen weitestgehend geklärt. Zu den möglichen Faktoren, die eine sekundäre oder MS-unabhängige Fatigue bedingen, zählen unter anderem: Infektionen, Begleiterkrankungen (Schulddrüsenunterfunktion, Blutarmut), Atemwegsprobleme wie Asthma, Schlafstörungen aufgrund von Krämpfen, Schmerzen, Spastiken, Grübeln, Ängsten oder Depressionen, Sehstörungen oder Wetterbedingungen (Uthoff-Phänomen) (Friedrich, 2015).

Als Behandlungsmöglichkeiten einer Fatigue gelten sowohl allgemeine Maßnahmen wie Aufklärung, Kräfteeinteilung oder Vermeidung von Hitze als auch die medikamentöse Behandlung. Asano und Finlayson (2014) weisen in ihrer Meta-Analyse jedoch darauf hin, dass allgemeine Maßnahmen, dazu zählt auch körperliche Aktivität und

Training, höhere Effekte im Hinblick auf die Reduzierung von Fatigue aufweisen als eine medikamentöse Behandlung (Asano & Finlayson, 2014).

Als Messinstrument zur Erfassung der Veränderungen der Fatigue wird der Fragebogen *Fatigue Severity Scale* (FSS-9) genutzt (Kap. 3.2.1). Auf die Zusammenhänge von körperlicher Aktivität und Fatigue wird in Kapitel 2.4.1 noch explizit eingegangen.

### 2.2.2 Das Konstrukt der gesundheitsbezogenen Lebensqualität

Wie in Kapitel 2.1.3 bereits angedeutet wurde, wird der Erfolg einer Therapie häufig durch diagnostische Befunde wie der jährlichen Schubrate oder anhand von Aktivitätsparametern in der zerebralen Magnetresonanztomographie bewertet. Wenngleich die Objektivierung von pathogenen entzündlichen Prozessen wertvolle Hinweise über die weitere Krankheitsbehandlung liefert, erfasse diese nur unzureichend die Gesamtsituation der PmMS (Ehling, 2013). Aufgrund dessen erfährt die Evaluation der Lebensqualität von PmMS zunehmend an Bedeutung. Dabei gestaltet es sich jedoch schwierig, ein konsensfähiges Verständnis dafür zu bekommen, welche Faktoren zur Beschreibung der Lebensqualität gezählt werden. Die Weltgesundheitsorganisation kennzeichnet sie als multidimensionales Konzept, welches die subjektive Wahrnehmung einer Person über ihre Stellung im Leben im Kontext der Kultur und den Wertesystemen, in denen sie lebt, beschreibt (Pöllmann, Busch, & Voltz, 2005; WHO, 1995). Aufgrund der Tatsache, dass sich ‚Lebensqualität‘ auf unterschiedlichste Bereiche des Lebens beziehen kann (Wohnen, Essen, Zufriedenheit, Einkommen, Lebensstandard, Bildung, Politik etc.), wird der Begriff im Bereich des Gesundheitswesens häufig eingeschränkt. Unter dem Konstrukt der gesundheitsbezogenen Lebensqualität (HRQoL, Health-Related Quality of Life) kann die Bewertung einer Person verstanden werden, die diese im Hinblick auf die Auswirkungen seiner Erkrankung auf sein physisches, psychisches und soziales Wohlbefinden abgibt (Haupt, 2017; Pöllmann et al., 2005).

Um das Konstrukt der HRQoL zu erfassen, können verschiedene Ansätze herangezogen werden. Neben Interviews oder Tagebüchern kommen vor allem Fragebögen zum Einsatz. Alle Verfahren werden unter der Bezeichnung der *patient-reported outcomes* (PROs) zusammengefasst (Cleanthous et al., 2017). Damit ist ein Sammelbegriff für Messgrößen gemeint, die auf Patienteneinschätzungen basieren. Im Rahmen der Interventionsstudie erfolgt die Erfassung der HRQoL mit Hilfe der deutschen Version der *Multiple Sclerosis Impact Scale* (MSIS-29, Kap. 3.2.2).

Bei PmMS wurde die HRQoL erstmals zu Beginn der 1990er Jahre systematisch untersucht. Es konnte gezeigt werden, dass die HRQoL bei MS signifikant unter den Durchschnittswerten der Normalbevölkerung und derer, die anderweitig chronisch erkrankt sind, liegt (Ehling, 2013). Ein wesentlicher negativer Einflussfaktor auf die HRQoL stellt das Ausmaß der körperlichen Behinderung dar. Ebenfalls ausschlaggebend für eine reduzierte HRQoL ist eine lange Krankheitsdauer sowie das Vorliegen eines progredienten Krankheitsverlaufes (Benedict et al., 2005; Julián Benito-León, González, Rivera-Navarro, & Mitchell, 2004; Ehling, 2013). Neben der Erkrankung selbst, können sich auch MS-spezifische Symptome negativ auf die gesundheitsbezogene Lebensqualität auswirken. In verschiedenen Studien konnte gezeigt werden, dass Depressionen, kognitive Beeinträchtigungen sowie Fatigue Einfluss auf die Reduzierung von HRQoL haben (Boylan et al., 2004; Gold, Schulz, Mönch, Schulz, & Heesen, 2003; Janardhan & Bakshi, 2002).

Die Erfassung der HRQoL bei MS dient einerseits der Überwachung und Bewertung von Therapiemaßnahmen, andererseits in besonderem Maße dem Verständnis über die Auswirkungen der MS auf die Patienten. Inwiefern körperliche Aktivität zu einer Verbesserung der HRQoL beitragen kann, wird in Kapitel 2.4.1 erläutert.

## **2.3 Motorische Parameter und Multiple Sklerose**

Neben den psychosozialen Faktoren sind es vor allen Dingen die motorischen Einschränkungen, mit denen PmMS konfrontiert werden. Darunter zählen unter anderem Muskelschwäche in den Extremitäten, eingeschränkte Gehfähigkeit, Gleichgewichtsprobleme, Spastiken oder Sensibilitätsstörungen.

Die im Rahmen dieser Arbeit untersuchten motorischen Parameter stellen die *Gleichgewichtsfähigkeit* sowie die *Handkraft* dar. Beide Parameter sollen im Folgenden erläutert werden.

### *2.3.1 Die Bedeutung der Gleichgewichtsfähigkeit bei Multipler Sklerose*

Die Gleichgewichtsfähigkeit ist eine koordinative Fähigkeit, unter welcher das Vermögen verstanden wird, „den gesamten Körper im Gleichgewichtszustand zu halten oder während und nach umfangreichen Körperverschiebungen diesen Zustand beizubehalten beziehungsweise wiederherzustellen“ (Weineck, 2010, S. 795). Im Unterschied zu

den konditionellen Fähigkeiten, deren Ausprägung verstärkt von energetischen Ressourcen abhängt, ist das Gleichgewicht als koordinative Fähigkeit besonders durch die Signalverarbeitung im sensomotorischen System bedingt. Dadurch, dass sich der Körper nie im absoluten Gleichgewicht befindet, muss – biomechanisch ausgedrückt – der Körperschwerpunkt (KSP) durch neuromuskuläre Einstellungen des Druckmittelpunktes über der Standfläche im Lot gehalten werden (Winter, 1995). Dieser Vorgang wird ermöglicht durch eine genaue Koordination biomechanischer, sensorischer und motorischer Komponenten. Während sich die biomechanischen Komponenten auf Knochen, Muskeln, Sehnen und Bänder beziehen, übermittelt die visuelle, vestibuläre und propriozeptive sensorische Komponente interne und externe Signale an das ZNS. Schließlich spielen die motorisch koordinativen Komponenten (z.B. Dehnungsreflex) eine entscheidende Rolle, um die durch das ZNS regulierten Signale umzusetzen (Horak, Esselman, Anderson, & Lynch, 1984).

Fetz (1987) nimmt das Zusammenspiel von sensorischen und motorischen Systemen zum Anlass, von sensomotorischem Gleichgewicht zu sprechen. Eine Änderung des Gleichgewichts könne demnach sowohl durch einen (bio)mechanischen Einfluss oder eine Muskelinnervation (motorischer Effekt) oder durch eine Änderung der Empfindungen (sensorischer Effekt) verursacht werden (Fetz, 1987).

Neben dem Begriff des sensomotorischen Gleichgewichts finden sich in der Literatur noch weitere terminologische Ausdrücke zur Beschreibung der Fähigkeit, Balance zu halten. So wird in der deutschsprachigen Forschungsliteratur auch von *posturaler Kontrolle*, *Stabilität*, *Balance* oder von einem *stabilen Stand* gesprochen. Die Vielfalt der angloamerikanischen Begriffe erstreckt sich von *equilibrium*, *stability*, *balance*, *steadiness* über *postural control* bis hin zu *quite standing*. Wenngleich die Begriffe nicht gänzlich auf das gleiche Konstrukt rekurrieren, werden sie häufig synonym für die Beschreibung der Gleichgewichtsfähigkeit gebraucht. In dieser Arbeit beschränke ich mich auf die Begriffe Gleichgewicht, Gleichgewichtsfähigkeit und Stabilität im Stand. Gerade bei PmMS können die mit Multipler Sklerose einhergehenden Gleichgewichtsprobleme häufig auf eine verringerte Geschwindigkeit in der somatosensorischen Weiterleitung zurückgeführt werden (Jamali, Sadeghi-Demneh, Fereshtenajad, & Hillier, 2017; Prosperini et al., 2011). Defizite der Stabilität ergeben sich also aufgrund der MS bedingten Demyelinisierungsprozesse, die den vestibulären Nerv (nervus vestibularis) oder Gegenden um den vestibulären Kern (nucleus vestibularis) im Hirnstamm,

angreifen (McConvey & Bennett, 2005). Ebenfalls als ausschlaggebend für eine verminderte Gleichgewichtsfähigkeit bei MS gilt das Vorhandensein von Plaques im Sehnerv, die Degeneration von Myelinscheiden der Axone des visuellen Systems (Kraft & Wessman, 1974), Läsionen im Rückenmark (insbesondere im Tractus spinothalamicus) (Nelson, Di Fabio, & Anderson, 1995), abnormale Verzögerungen von somatosensiblen evozierten Potentialen (Leocani, Martinelli, Natali-Sora, Rovaris, & Comi, 2003) und inadäquate motorische Antworten (Prosperini et al., 2011).

Trotz der Tatsache, dass die Gleichgewichtsfähigkeit für viele Aktivitäten des täglichen Lebens von grundlegender Bedeutung ist, wird den konditionellen Fähigkeiten meist mehr Beachtung geschenkt. Dabei kann der koordinative Muskelkräfteeinsatz zur funktionalen Stabilisierung der Gelenke als notwendige Voraussetzung für einen stabilen Stand als auch für komplexere koordinative Aufgaben angesehen werden (Raschner et al., 2008). Damit einher geht auch, dass, bei gut ausgebildeter Gleichgewichtsfähigkeit, das Risiko im Alltag zu stürzen, abnimmt. Besonders für PmMS stellt die Gleichgewichtsfähigkeit daher einen wichtigen Aspekt dar, welcher zur Aufrechterhaltung einer stabilen Position dient. Es wird davon ausgegangen, dass ungefähr 70% aller PmMS regelmäßig stürzen. Personen mit einer sekundär progressiven Verlaufsform der MS würden durchschnittlich mehr als 26 mal pro Jahr hinfallen (Gunn, Creanor, Haas, Marsden, & Freeman, 2014). Hinzu kommt, dass 10% der Stürze zu Verletzungen führen und PmMS damit einem dreifach höheren Risiko ausgesetzt sind, Frakturen zu erleiden, als es in der Gesamtpopulation der Fall ist (Gunn, Creanor, Haas, Marsden, & Freeman, 2013; Nilsagård et al., 2015).

Insgesamt haben Stürze und die Angst vor Stürzen erhebliche Auswirkungen auf das Individuum. Es kommt zu einer eingeschränkten Aktivität, zu sozialer Isolation und einer Abwärtsspirale in Bezug auf De-Konditionierungsprozesse (Abnahme der Reiz-Reaktions-Verbindungen) und im Hinblick auf die Steigerung der Invalidität (Cattaneo, Lamers, Bertoni, Feys & Jonsdottir, 2017; Cattaneo & Jonsdottir, 2009; Peterson, Cho & Finlayson, 2007). Die genannten Einschränkungen, die mit einer verminderten Gleichgewichtsfähigkeit einhergehen, zeigen die Relevanz von wirksamen Interventionen zur Förderung des Gleichgewichts und damit zur Förderung der Autonomie und Selbstbestimmtheit bei PmMS (Abb. 1).

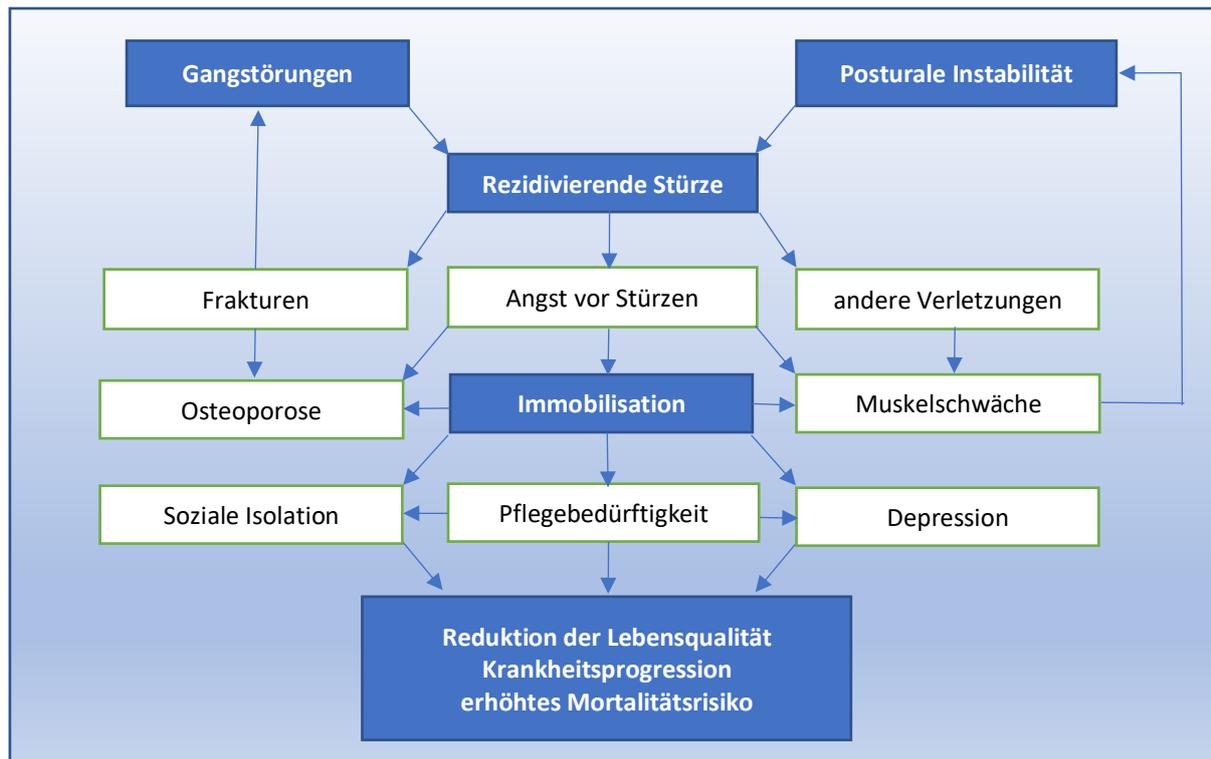


Abbildung 1. Circulus viciosus der posturalen Instabilität; modifiziert nach Bloem, Hausdorff, Visser & Giladi (2004, S. 874).

Problematisch bei der Untersuchung des Konstrukts der Gleichgewichtsfähigkeit ist, dass die Symptome der MS und damit auch die Ursachen der Defizite stark variieren. Soyuer, Mirza und Erkorkmaz (2006) fanden beispielsweise heraus, dass PmMS mit einer progressiven Verlaufsform eine schlechtere Gleichgewichtsfähigkeit aufweisen als Personen mit einer RRMS. Zudem gibt es zahlreiche klinische Tests, die zum Teil unterschiedliche Aspekte der Gleichgewichtskontrolle erfassen (Fritz, Marasigan, Calabresi, Newsome, & Zackowski, 2015).

Unabhängig von der jeweiligen Verlaufsform können medikamentöse Therapien nur begrenzt eine Verbesserung hervorbringen. Als die erfolgreichste Möglichkeit zur Behandlung von Koordinations- und Gleichgewichtsstörungen hat sich eine krankengymnastische oder ergotherapeutische Übungsgestaltung erwiesen (F. Hoffmann & Block, 2017). Im Hinblick auf den Einfluss von körperlicher Aktivität auf das Gleichgewichtsverhalten wird noch gesondert eingegangen (s. Kap. 2.4.1).

In der vorliegenden Arbeit wird ein Messgerät der Firma *Multifunktionale Trainingsgeräte* genutzt, um die Körperstabilität im Stand der Teilnehmenden zu erfassen. Das Gerät (S3 Check) ist ein Testverfahren zur funktionalen Bewertung der Körperstabilität und sensomotorischen Regulationsfähigkeit im Stehen. Dabei werden Werte für die

Stabilität, die Sensomotorik und die Symmetrie erfasst. Die erhobenen Werte können dazu dienen, Rückschlüsse auf die Gleichgewichtsfähigkeit zu ziehen (s. Kap. 3.2.3).

### *2.3.2 Die Bedeutung der Handkraft bei Multipler Sklerose*

Neben der MS bedingten Fatiguesymptomatik und den häufig auftretenden Geh- und Gleichgewichtsproblemen, ist bei bis zu 80% der PmMS ebenfalls eine Dysfunktion der oberen Extremitäten festzustellen (Kraft et al., 2014). Auch wenn sich eine Beeinträchtigung der oberen Extremitäten im Vergleich zu den unteren Extremitäten in der Regel erst im späteren Verlauf der Erkrankung manifestiert, kann dies eine Vielzahl von Einschränkungen mit sich bringen (Severijns, Van Geel, & Feys, 2017). Darüber hinaus weisen Johansson et al. (2007) darauf hin, dass die Geschicklichkeit der Hände schon bei Personen mit niedrigen EDSS-Werten (1-3,5) signifikant reduziert sei. Generell reiche die Art und Weise der Beeinträchtigung von sensorischen Störungen über eine reduzierte Kraftaufbringung bis hin zu Tremor (Muskelzittern) (Cattaneo et al., 2017; Rinker et al., 2015). Die damit einhergehenden Probleme beeinflussen vor allem die Ausführung von Alltagsaktivitäten wie das Öffnen von Flaschen, das Heben von Gegenständen oder das Zudrehen von Wasserhähnen. Wenn zusätzlich eine Beeinträchtigung der unteren Extremitäten vorliegt und die jeweilige Person auf eine Gehhilfe (Stock, Rollator) oder einen Rollstuhl angewiesen ist, kann die Nutzung dieser Hilfen ebenfalls Probleme bereiten. Auch weisen Studien darauf hin, dass eine Dysfunktion der oberen Extremitäten dazu führen kann, dass sich die Chancen auf eine Erwerbstätigkeit reduzieren (Marrie et al., 2017).

Um Rückschlüsse auf die Funktionsweise der oberen Extremitäten zu ziehen, kann die Handkraft (bzw. Faustschlusskraft) mittels eines Hand-Dynamometers erhoben werden. Chen, Kasven, Karpatkin und Sylvester (2007) konnten herausfinden, dass der funktionale Gebrauch der oberen Extremitäten mit der Hand- und Fingerkraft in Verbindung stehe, auch wenn er nicht komplett davon abhängig sei. In der vorliegenden Arbeit wird es daher darum gehen, die Veränderungen der Handkraft zu ermitteln. Die Messmethodik wird in Kapitel 3.2.3 erläutert.

Im folgenden Abschnitt wird nun dargelegt, inwiefern sportliche Betätigung für PmMS als nützlich und funktional im Sinne einer gesundheitsförderlichen Maßnahme verstanden werden kann. Besonders herausgestellt werden soll außerdem der aktuelle Forschungsstand im Hinblick auf die Veränderbarkeit der genannten psychosozialen und motorischen Untersuchungsparameter durch Sport.

## 2.4 Sport und Multiple Sklerose

Multiple Sklerose ist eine Erkrankung, die mit vielen verschiedenen Symptomen und funktionalen Einschränkungen einhergeht. Trotz der Tatsache, dass die medikamentöse Erstlinientherapie (immunmodulatorische Therapie) im Verlauf der Erkrankung an Effektivität einbüßt (da diese einen minimalen bis keinen Effekt auf die nicht-immunologisch pathologischen Konsequenzen der Erkrankung hat) führt eine Vielzahl von PmMS eine eher inaktive Lebensweise (Motl, Learmonth, Pilutti, Gappmaier & Coote, 2015). Im Vergleich mit Personen ohne MS und Personen mit anderen chronischen Erkrankungen stellen PmMS sogar das unterste Spektrum in Bezug auf sportliche Teilhabe dar (Motl, McAuley, & Snook, 2005; Nortvedt, Riise, & Mæland, 2005). Dies mag daran liegen, dass in der Vergangenheit von Bewegung und sportlicher Betätigung mit MS abgeraten wurde und selbst Gesundheitsexpert\*innen (z.B. Ärzte), die für PmMS als wichtigste Vermittler von Empfehlungen zu sportlicher Betätigung gelten, nur unzureichend oder sogar falsch informiert gewesen seien (Sweet, Perrier, Podzyhun & Latimer-Cheung, 2013). Das Aufkommen von schubähnlichen Symptomen, hervorgerufen durch eine Steigerung der Körpertemperatur (Uhthoff-Phänomen) oder einer verstärkten Fatiguesymptomatik, galt als Indiz für eine Verschärfung der Erkrankung (Petajan et al., 1996). Lange Zeit wurden daher Bedenken geäußert, ob die Durchführung von Sport mit MS sicher sei. Erst durch die Beobachtung derjenigen PmMS, die eine sitzende Lebensweise ablehnten, konnten erste Forschungsergebnisse zum Nutzen von Bewegung erzielt werden. Daraufhin hat ein Paradigmenwechsel stattgefunden. Mittlerweile bekräftigt eine große Anzahl an Forschungsliteratur die Annahme, dass Bewegung die Symptomatik der Krankheit mildern kann und dass die Bewegungsausführung keine krankheitsrelevanten Risiken birgt:

„Overall, the evidence suggests that exercise training is generally safe for persons with MS. Patients with MS should not be deterred from exercise participation for concern of experiencing a relapse or AE [adverse events], and such patients would further be expected to experience the many benefits of exercise training documented in the literature” (Pilutti, Platta, Motl, & Latimer-Cheung, 2014).

In ihrem Review-Artikel, welcher insgesamt 26 Studien einschließt, untersuchten Pilutti et al. (2014) die Schubrate, die Drop-Out-Rate sowie aufgetretene Nebenwirkungen (AEs, adverse events) die während unterschiedlichen sportlichen Interventionen fest-

gestellt worden sind. Auch Dalgas (2017) verweist in seinem Artikel darauf, dass körperliche Aktivität durchaus die Symptomatik vorübergehend verschlechtern kann, Bewegung jedoch keinen Auslöser für einen Schub darstelle. Die gefühlte Symptomverschlechterung halte in der Regel nicht länger als 30 Minuten an. Mittel- bis langfristig führe Bewegung vielmehr zu einer klinisch relevanten Verbesserung der körperlichen Funktion. Neben einer Steigerung der körperlichen Leistungsfähigkeit könne Sport zudem dazu beitragen, das Hirnvolumen zu maximieren und die Wahrnehmung zu steigern (Dalgas, 2017). Zum genauen Einfluss von körperlicher Aktivität auf die Kognition fehle es bislang jedoch an qualitativ hochwertige Studien (Sandroff, 2015; Zimmer, Oberste, & Bloch, 2015).

Motl et al. (2015) haben in ihrem Artikel auf weitere Fragen aufmerksam gemacht, die es in Bezug auf den Zusammenhang von körperlicher Aktivität und Multipler Sklerose zu erforschen gelte. Unter anderem sei noch nicht hinreichend geklärt, welche Richtlinien bei der Ausübung von körperlicher Aktivität mit MS zu beachten seien. Die noch ungeklärten Vorgaben beziehen sich auf die Frequenz, die Intensität, die Dauer, die Zeit und auf die Art der sportlichen Betätigung. Daraus ergeben sich Forschungsfragen, die beispielsweise darauf abzielen, die optimale Dauer oder die günstigste Sportart zur Reduzierung der Fatiguesymptomatik zu ermitteln. Oder Fragen danach, ob PmMS eher mehrere kürzere sportliche Einheiten oder eine längere Einheit pro Woche absolvieren sollten. Auch ist die zu empfehlende Übungsintensität noch nicht hinreichend geklärt. Damit einher geht auch die Frage, inwiefern sich eine Erhöhung der Körperkerntemperatur auf die Leistungsfähigkeit der PmMS auswirken kann. Eine Studie, die die Wärmempfindlichkeit bei MS untersucht, konnte etwa feststellen, dass eine Erhöhung der Körperkerntemperatur um  $\sim 1^\circ \text{C}$  mit einer reduzierten Gehleistung zusammenfällt (White, Wilson, Davis, & Petajan, 2000). Neuere Studien vergleichen die unterschiedlichen Auswirkungen eines moderaten, aeroben Trainings und eines hochintensiven Intervalltrainings (HIIT). Zimmer et al. (2017) resümieren dazu, dass HIIT eine vielversprechende Strategie darstelle, um sowohl das verbale Gedächtnis als auch die körperliche Leistungsfähigkeit bei MS zu verbessern.

Insgesamt gibt es trotz vielversprechender Forschungsergebnisse keine allgemeingültigen Aussagen zur Übungsgestaltung bei MS. Dies liegt auch daran, dass es vorerst erforderlich sei, weitere Arten der Trainingsgestaltung zu evaluieren. Abschließend kann jedoch die Empfehlung von Latimer-Cheung et al. (2013) als Richtlinie dienen,

um zukünftige Interventionen so auszurichten, dass von einem gesundheitsförderlichen Effekt durch Sport ausgegangen werden kann. Das Forscherteam empfiehlt für erwachsene Personen, die einen geringen bis moderaten Behinderungsgrad aufweisen, ein Training von zwei Einheiten pro Woche à 30 Minuten (moderate aerobe Aktivität). Das Training soll sowohl Anteile zur Kraft (Hauptmuskelpartien) als auch zur Ausdauer enthalten (Latimer-Cheung et al., 2013).

Im folgenden Abschnitt wird der aktuelle Forschungsstand, der die Effekte von Sport auf die in dieser Arbeit ausgewählten Parameter zum Thema hat, dargelegt.

#### *2.4.1 Einfluss von Sport auf psychosoziale und motorische Parameter*

##### *Fatigue*

Es besteht die Annahme, dass der Abbau von körperlichen und mentalen Funktionen in Folge einer MS-Erkrankung eine führende Rolle bei der Entwicklung und Persistenz der Fatiguesymptomatik einnimmt. Demgemäß erscheint eine Verbesserung der körperlichen sowie mentalen Gesundheit mit den Mitteln der Bewegungstherapie eine geeignete Intervention zur Behandlung von Fatigue darzustellen (Heine, van de Port, Rietberg, van Wegen, & Kwakkel, 2015).

Da die Mechanismen, die der Fatiguesymptomatik zugrunde liegen, nicht vollständig geklärt sind, wird angenommen, dass Fatigue erstens aufgrund der MS *per se* auftritt und zweitens durch sekundäre Komplikation die mit MS in Verbindung stehen, hervorgerufen wird. Auch die tieferliegenden Prozesse, die durch körperliche Aktivität auf die Fatigue wirken, sind letztlich kaum bekannt (Heine et al., 2015).

In erster Linie kann Sport bzw. körperliche Aktivität für die Steigerung derjenigen Energieressourcen sorgen, die bei bestimmter physischer Belastung benötigt werden. Zusätzlich trägt körperliche Aktivität dazu bei, die inaktivitätsbedingten gesundheits-schädlichen Effekte zu lindern (Andreasen, Stenager, & Dalgas, 2011). Außerdem kann Bewegung dabei helfen, neurobiologische Prozesse zu fördern, die wiederum die Neuroprotektion und die neuronale Plastizität vorantreiben sowie langfristige körperliche Einschränkungen reduzieren. Im Vergleich zu medikamentösen und nicht-medikamentösen Behandlungsverfahren wie der kognitiven Verhaltenstherapie oder Energiemanagementprogrammen könne sich körperliche Aktivität sowohl auf primäre Mechanismen (Neuroprotektion und hormonelle Funktionen) als auch auf sekundäre, im Zusammenhang mit Fatigue stehende Mechanismen (Inaktivität, Begleiterkrankungen) positiv auswirken (Heine et al., 2015).

Die von Heine et al. (2015) publizierte Metaanalyse mit 36 Studien zur Wirkung unterschiedlicher Trainingsformen auf die Fatiguesymptomatik, belegt einen signifikant positiven Effekt von körperlichem Training für Personen mit leichter bis mittelschwerer MS ( $p < 0,01$ ). Die unterschiedlichen Trainingsformen stellen oftmals ein gemischtes Ausdauertraining, ein gemischtes Ausdauer- und Krafttraining oder andere Trainingsformen wie Hippotherapie dar. Eine aktuellere Studie, welche noch nicht im Rahmen der Meta-Analyse ausgewertet wurde, bestätigte beispielsweise die positiven Effekte von Yoga auf die Fatigue (Guner & Inanici, 2015). Hier muss jedoch angemerkt werden, dass die geringe Teilnehmerzahl ( $n = 8$ ) durchaus als Limitation gewertet werden muss. Abschließend kann festgehalten werden, dass es bisher keine (im Rahmen der Literaturrecherche gefundene) Studie gibt, die eine signifikante Verschlechterung der Fatiguesymptomatik durch Sport festgestellt hat.

#### *Gesundheitsbezogene Lebensqualität*

Es ist nachweislich der Fall, dass die gesundheitsbezogene Lebensqualität (HRQoL) bei PmMS signifikant unter der HRQoL der Gesamtbevölkerung liegt (Benito-León, Morales, & Rivera-Navarro, 2002; Benito-León et al., 2004; Latimer-Cheung et al., 2013). Die reduzierte HRQoL bei MS kann mit verschiedenen Aspekten der Erkrankung in Zusammenhang gebracht werden. Zum einen wird die Diagnose häufig in den Jahren gestellt, welche als die produktivsten und zielorientiertesten Jahre eines Lebens gelten. Zudem kann der ungewisse und inkonstante Verlauf der Erkrankung einen weiteren Aspekt im Zusammenhang mit HRQoL darstellen. Hinzu kommt die Tatsache, dass es weiterhin an einer überzeugenden, krankheitsregulierenden Therapie mangelt (Latimer-Cheung et al., 2013). Umso wichtiger erscheint es, adäquate und wirkungsvolle Maßnahmen zur Verbesserung der HRQoL zu finden.

Kuspinar, Rodriguez und Mayo (2012) haben in ihrer Meta-Analyse verschiedene Interventionen hinsichtlich ihrer Effektivität auf die HRQoL untersucht. Unter Einbeziehung von insgesamt 39 Studien (2952 PmMS) konnten sechs Kategorien von Interventionstypen, die einen Einfluss auf die HRQoL haben können, identifiziert werden: (1) alternative Medizin (z.B. Naturheilkunde), (2) Selbst-Management (z.B. Wellness, Telefongespräche), (3) Medikation für die Symptombehandlung (z.B. *Sativex* gegen Dranginkontinenz oder *Paroxetine* gegen Depression), (4) kognitives Training (z.B. computerbasiertes Aufmerksamkeitstraining), (5) Bewegung und Rehabilitation (z.B. Fahrradergometrie oder Yoga) und (6) psychologische Unterstützung in Bezug auf die

Stimmungslage (z.B. Achtsamkeitstraining oder kognitive Verhaltenstherapie). Die Autoren konnten feststellen, dass das Ausmaß der Effekte auf die HRQoL in Abhängigkeit der Interventionen stark variiert. Die kleinste Effektstärke (ES) wurde bei Interventionen vermittelt durch alternative Medizin festgestellt (ES = 0,2), wohingegen die größten Effekte (ES = 0,7) bei den psychologischen Interventionen zur Verbesserung der Stimmungslage ermittelt werden konnten. Die Effektgröße von körperlichem Training auf die HRQoL wurde als moderat beschrieben (ES = 0,4). Die Interpretation der Effektgröße erfolgte mittels der Maßzahl *Cohens d*.

Insgesamt bewerten Latimer-Cheung et al. (2013) die Datenlage als unzureichend, um Schlüsse bezüglich des Einflusses von körperlicher Aktivität auf die HRQoL bei MS zu ziehen. Es seien Studien von guter Qualität notwendig, um die Vorteile von Bewegung für die Verbesserung der HRQoL zu stützen. Sie weisen jedoch auch darauf hin, dass ihre Bewertung zur Effektivität von Sport auf die HRQoL konträr gegenüber der Einschätzung von (Motl & Snook, 2008) sei. Diese wiesen in ihrem Review auf einen signifikanten Zusammenhang zwischen körperlicher Aktivität und physischen sowie psychischen Komponenten der Lebensqualität hin. Die positiven Einschätzungen bezüglich der Effekte von Bewegung auf HRQoL könnten jedoch darauf zurückzuführen sein, dass die Autoren einen weiteren Parameter in die Untersuchung mit aufgenommen haben. Sie zeigen mittels einer Pfadanalyse, dass das Konstrukt der Selbstwirksamkeit den Zusammenhang von körperlicher Aktivität und Lebensqualität bei MS erklären kann (Motl & Snook, 2008). Eine hohe Selbstwirksamkeit münde in der Erwartung, schwierige, neue und anforderungsreiche Aufgaben in kompetenter Weise kontrollieren und bewältigen zu können (Bandura, 1977). Bei der Interventionsgestaltung sei es insofern vielversprechender, wenn eigene Erfolgserlebnisse, stellvertretende Erfahrungen durch andere Personen mit ähnlichen Fähigkeiten (bzw. Einschränkungen) und verbale Ermutigung als Quellen der Selbstwirksamkeitserwartung beachtet werden würden (Motl & Snook, 2008). Das auf Bandura (1977) basierende Konzept der Selbstwirksamkeitserwartung wird noch eine Rolle spielen, wenn es darum geht, die Wirkdimensionen des Kletterns herauszustellen (Kap. 2.5.4).

### *Handkraft*

Eine Dysfunktion der oberen Extremitäten kann enorme Auswirkungen in Bezug auf die eigene Unabhängigkeit und das Ausführen von alltäglichen Aktivitäten haben. Damit einher geht häufig eine verminderte Partizipation am gesellschaftlichen Leben und eine reduzierte Lebensqualität.

Immer noch gibt es nur eine kleine Anzahl an Forschungsliteratur, die sich dem Thema des Trainings der oberen Extremitäten bei PmMS widmet. Dabei existierten vielversprechende Studien zur Trainierbarkeit der oberen Extremitäten bei Schlaganfallpatienten oder Personen mit Verletzungen des Rückenmarks (Lu, Battistuzzo, Zoghi, & Galea, 2015; Peppen et al., 2004; Spooren, Janssen-Potten, Kerckhofs, & Seelen, 2009). Wenngleich auch PmMS Läsionen im Rückenmark sowie im Gehirn aufweisen, ist eine direkte Übertragung der Studienergebnisse der Schlaganfallpatienten dennoch kaum möglich. Die Schwierigkeit der Übertragung liegt vor allem an der temporalen Schwankung der Einschränkungen bei MS (z.B. durch Schübe). Nichtsdestotrotz gibt es verschiedene Reviews, die anhand einiger Studien nachweisen, dass körperliche Aktivität zu einer Verbesserung der Muskelkraft bei MS führen kann (Lamers et al., 2015; Lamers, Kelchtermans, Baert, & Feys, 2014; Spooren, Timmermans, & Seelen, 2012). Insgesamt lässt sich festgehalten, dass die eingeschlossenen Studien, trotz methodischer Limitationen (heterogene Patientenmerkmale, unterschiedliche Interventionen, verschiedene Messinstrumente), nahezu immer über Verbesserungen hinsichtlich der Funktionalität und Aktivität der oberen Extremitäten berichten (Spooren et al., 2012).

Vikman, Fielding, Lindmark und Fredrikson (2008) weisen jedoch auch darauf hin, dass bei der Durchführung von Interventionen bezüglich der Verbesserung der Funktionalität der oberen Extremitäten eher die Geschicklichkeit und Mobilität der Hände und Arme im Vordergrund stehe als etwa die maximale (Greif-)Kraft. Interessanterweise gebe es außerdem nur eine sehr kleine Anzahl an Studien, die ihre Intervention exklusiv auf die Verbesserung der oberen Extremitäten ausrichten würden. In den meisten Fällen werde das Hauptaugenmerk auf die Verbesserung der unteren Extremitäten gelegt (Spooren et al., 2012). Ein aktuellerer Review-Artikel von Lamers (2016) sieht diesbezüglich keine Verbesserungen. Immer noch habe lediglich die Hälfte aller eingeschlossenen Studien zum Ziel, Verbesserungen der oberen Extremitäten allein herbeizuführen; alle anderen Studien zielen auch darauf ab, den Rumpf sowie die unteren Extremitäten zu verbessern (Lamers et al., 2016). Auch sei es, aufgrund der

Diversität der Interventionen (Inhalt, Intensität, Dauer, etc.), nach wie vor nicht möglich, eindeutige Trainingsrichtlinien zu präsentieren. Beispielsweise könne es der Fall sein, dass Personen mit einem fortgeschrittenen Krankheitsverlauf und einer ausgeprägten Dysfunktion der oberen Extremitäten oder Personen mit einer PPMS nicht an einem hoch-intensiven Training teilnehmen können (aufgrund einer verminderten physischen Fitness oder einer potentiell starken Fatigue). Auf der anderen Seite könne jedoch jener Personengruppe ein Training mit längerer Übungsdauer und geringerer Intensität helfen, die erwarteten Effekte zu erzielen (Lamers et al., 2016). Das Ziel zukünftiger Forschung muss daher sein, die Therapieeffekte bei unterschiedlichen MS-Typen und unterschiedlichen Parametern (Intensität, Dauer etc.) zu evaluieren, damit gesicherte Richtlinien zur effektiven Therapiengestaltung möglich werden. Bei anderen neurologischen Erkrankungen würden diesbezüglich bereits Ergebnisse vorgewiesen werden können (Lohse, Lang, & Boyd, 2014).

### *Gleichgewichtsfähigkeit*

Wie schon angedeutet, sind Koordinations- und Gleichgewichtsstörungen nur bedingt medikamentös zu behandeln (s. Kap. 2.3.1). Als die erfolgreichste Maßnahme zur Verbesserung der Gleichgewichtsfähigkeit bei MS hat sich eine krankengymnastische und ergotherapeutische Übungsgestaltung erwiesen (F. Hoffmann & Block, 2017). Hinzu kommt, dass einige in der neurologischen Praxis verwendete Medikamente negative Auswirkungen auf das Gangbild und das Gleichgewicht haben können (Prosperini et al., 2014; Stolze et al., 2004). Dies zeigt, dass die Verbesserung der Funktionsfähigkeit bei MS auf Maßnahmen beruhen muss, die aus rehabilitativen Übungen wie Krankengymnastik, Sport, Physiotherapie etc. bestehen (Beer, Khan, & Kesselring, 2012). Bisweilen gibt es lediglich eine Meta-Analyse, die die Effekte von körperlichem Training auf die Gleichgewichtsfähigkeit bei PmMS untersucht (Paltamaa, Sjögren, Peurala, & Heinonen, 2012). Aus ihr geht hervor, dass körperliches Training einen signifikanten, wenn auch kleinen Effekt (Cohens  $d$ ) auf die Gleichgewichtsfähigkeit bei MS hat ( $ES = 0,34$ ). Methodische Mängel müssen auch hier beachtet werden. So wiesen die Studien insgesamt kleine Stichproben auf, was zu einer geringen Teststärke führte. Zudem haben nicht alle Interventionen detailliert über ihr Studiendesign berichtet und die Gestaltung der Randomisierung offengelassen. Zusätzlich dazu wurden in den verschiedenen eingeschlossenen Studien unterschiedliche Interventionen durchgeführt und verschiedene Messinstrumente benutzt. Außerdem war die Stichprobe

meist heterogen in Bezug auf den Behinderungsgrad (EDSS 1- 6,5), die vergangene Zeit der Erstmanifestierung oder im Hinblick auf die Art der MS *per se*. Die genannten Limitationen der Studien machen ein Vergleich der Ergebnisse mittels einer Meta-Analyse schwierig. Paltamaa et al. (2012) weisen daher darauf hin, dass Studien von höherer Qualität das Ergebnis durchaus umkehren oder verstärken könnten. Zukünftige Studien müssten insofern darauf achten, ihre Interventionen exklusiv auf die Verbesserung des Gleichgewichts auszurichten und heterogene Stichproben zu vermeiden. Ansonsten würden PmMS ohne motorische Einschränkungen (EDSS ~1) die gleiche Intervention durchführen wie PmMS, die auf eine Gehhilfe angewiesen sind (EDSS ~6).

In einer neueren Studie von Forsberg, von Koch und Nilsagård (2016) wurden die Erkenntnisse aus den in der Meta-Analyse eingeschlossenen Studien genutzt, um ein Trainingsprogramm zu entwickeln, was sowohl visuelle, somatosensorische und vestibuläre Aspekte des Gleichgewichts beachtet. Die sogenannte CoDuSe-Intervention (core stability, dual tasking, sensory strategies) zielt in erster Linie darauf ab, das dynamische Gleichgewicht von PmMS zu evaluieren. Das Training wird in Gruppen (vier bis sieben Personen) durchgeführt und enthält sowohl Aufgaben zur Rumpfstabilität (20 Minuten), Übungen, bei denen zwei Bewegungen gleichzeitig ausgeführt werden müssen (15 Minuten), und Wahrnehmungsübungen (15 Minuten). Der Zeitraum des Trainings umfasste sieben Wochen (zweimal pro Woche). Insgesamt zeigten sich zum Abschluss der Intervention signifikante Verbesserungen zugunsten der Interventionsgruppe ( $n = 35$ ) im Vergleich mit der Kontrollgruppe ( $n = 38$ ,  $p = 0,011$ , Konfidenzintervall 95%). Auch hat sich die Interventionsgruppe in der Post-Messung im Vergleich zur Pre-Messung signifikant verbessert ( $p < 0,001$ ). Als Messinstrument wurde auf die Berg Balance Scale zurückgegriffen.

Festgehalten werden soll, dass insgesamt eine wachsende Evidenz zum Nutzen von körperlicher Aktivität auf die Verbesserung der Fatiguesymptomatik, der gesundheitsbezogenen Lebensqualität (HRQoL) und der Handkraft demonstriert werden kann. Die Evidenz für eine verbesserte Gleichgewichtsfähigkeit durch Training ist durchaus schwächer einzuordnen, was an der geringen Anzahl an publizierten Studien liegen könnte, die sich explizit auf die Verbesserung visueller, somatosensorischer und vestibulärer Einschränkungen bei MS beziehen (Forsberg et al., 2016).

Gerade vor dem Hintergrund neuerer Technologien und Trainingskonzepte (Visual Reality, Nintendo® Wii Balance Board, webbasierte Trainingsprogramme, Yoga, Pilates) scheint ein Training der Gleichgewichtsfähigkeit bei PmMS oder anderen neurologischen Erkrankungen vermehrt an Aufmerksamkeit zu gewinnen. Inwiefern diese neueren Ansätze zum Therapieerfolg beitragen können, muss noch genauer überprüft werden (Prosperini et al., 2014).

Auch Sportklettern gehört im rehabilitativen Kontext mit MS zu einer neueren gesundheitsförderlichen Maßnahme die es zu bewerten gilt. Bevor jedoch der aktuelle Forschungsstand zum Einfluss von Klettern auf das Krankheitsbild der Multiplen Sklerose skizziert werden soll, wird vorab dargestellt, was unter (Therapeutischem) Klettern zu verstehen ist und von welchen gesundheitsförderlichen Wirkungen ausgegangen werden kann.

## **2.5 (Therapeutisches) Klettern**

Um es vorweg zu nehmen: Eine begriffliche Definition des Therapeutischen Kletterns (TK) gibt es nicht (Kern, 2014). Historisch betrachtet wird angenommen, dass ein erster Artikel mit kletter-therapeutischem Ansatz auf Polnisch erschienen ist und aus dem Jahr 1962 stammt (Lazik, Bernstädt, Kittel, & Luther, 2008). Mittlerweile werde der Begriff des TK im Kontext der psychologischen Rehabilitation „zunehmend inflationär verwendet“ und häufig auf die einfache Formel „Hat gut getan und Spaß gemacht“ reduziert (Lukowski, 2010, S. 19). Um eine präzisere definitorische Annäherung an den Begriff des TK zu ermöglichen, und um zu verdeutlichen, wie der Begriff im Rahmen der durchgeführten Intervention zu verstehen ist, sollen vorab allgemeine Inhalte der Sportart Klettern dargestellt werden. Fragen danach, welche Formen des Kletterns es gibt oder warum Klettern als „motorische Urform der Bewegungen des Menschen“ betrachtet werden kann, sollen geklärt werden (Kern, 2014, S. 46).

Zunächst kann Klettern als Sammelbegriff verstanden werden, der unterschiedliche Disziplinen des Klettersports vereint. Zu den bekanntesten Varianten zählen das Bouldern, das Sportklettern (Freeclimbing), das alpine Sportklettern sowie das Free Solo. Während unter Bouldern das Klettern ohne Seilsicherung in Absprunghöhe verstanden wird, werden beim (alpinen) Sportklettern Seil und Karabiner zu Hilfe genommen. Diese erlauben ein Klettern in größeren Höhen, ohne sich einer besonderen Gefahr aussetzen zu müssen. Sportklettern findet in einer Kletterhalle statt; bei der alpinen

Variante wird am natürlichen Fels geklettert. Größtenteils verzichtet wird auf Sicherungsmaterial nur beim Free Solo. Es stellt damit eine Disziplin dar, die nur erfahrenen Extremsportlern vorbehalten ist (Klein & Schunk, 2005).

Abgesehen von den sportlich ausgerichteten Varianten des Kletterns, betreffe die Kletterbewegung alle Menschen gleichermaßen (Iglseder, 2015). Genau wie dem Vogel das Fliegen und dem Fisch das Tauchen als Bewegungsform inhärent sei, so entspreche das Klettern den „Exemplaren der Gattung Mensch (Iglseder, 2015, S. 4). Damit bescheinigt er dem Klettern aufgrund seines hohen menscheitsgeschichtlichen Alters eine besondere Rolle unter den Bewegungstechniken. Iglseder (2015) untermauert seine Überlegung damit, dass schon der Säugling mit einem Handgreifreflex geboren werde und die Hand als Sinnes- und Kommunikationsorgan und als Werkzeug auch im weiteren Verlauf des Lebens von zentraler Bedeutung bleibe. Durch das frühe Erlernen von Greif-, Zieh, Stütz- oder Tretbewegungen beinhalte die motorische Entwicklung des Menschen bereits entscheidende Teilelemente der Kletterbewegung (Grzybowski & Eils, 2011). Das komplexe Bewegungsprogramm entwickelt sich letztlich über mehrere Jahre. Schon das Krabbeln in horizontaler Ebene legt den Grundstein für die klettertypische Bewegung. Ab dem ersten Lebensjahr übertragen Kinder diese Bewegung in die Vertikale und eine neue Raumdimension kann erschlossen werden. Im Alter von fünf bis sechs Jahres demonstrieren Kinder eine größere Souveränität beim Auf- und Abklettern von Mauern, Bäumen oder Klettergerüsten. Diese Hindernisse haben zudem einen hohen Aufforderungscharakter für Kinder. Spielerisch lernen sie, ihre motorischen Fertigkeiten wie Stürzen, Balancieren, Hangeln oder Schaukeln zu verbessern. Der Umgang mit dem eigenen Körperschwerpunkt, der bei der Kletterbewegung elementar ist, wird somit oftmals bereits im Kindesalter geschult.

### *2.5.1 Klettern als ganzheitliche Bewegung*

Klettern ist eine komplexe Bewegung, die anhand verschiedener Bewegungsphasen beschrieben werden kann. Diese Phasen werden allgemein als Vorbereitungsphase, als Greifphase (Hauptphase) und als Stabilisierungsphase benannt (M. Hoffmann, 2013).

Unter der *Vorbereitungsphase* ist gemeint, dass die Tritte und Griffe so ausgewählt werden, dass der nächste Zug durchgeführt werden kann. Die Vorbereitungsphase ist somit ein Vorgang des Positionierens und erfordert ggf. auch ein Umtreten (Fußwechsel), eine Schwerpunktverlagerung (insbesondere durch Verschieben des Beckens)

oder ein Zwischengreifen. Der KSP wird dann so verlagert, dass ein Fuß nicht belastet ist. Diese Position schafft die Möglichkeit, dass ein neuer Tritt gefunden werden kann. Die *Hauptphase* kann als das zentrale Bewegungselement verstanden werden. Sie schließt alle Aktionen mit ein, die den Zug zum nächsten Griff betreffen. Es kommt u.a. zu einem Spannungsaufbau, einer Ausholbewegung, zum Körperhub und zum Führen des neuen Greifarmes. Der KSP wird über die neue Trittfläche, welche in der Vorbereitungsphase gewählt wurde, verlagert und vertikal verschoben. Die Hüfte versucht dabei möglichst nah an der Wand zu bleiben, damit sich der KSP und die Unterstützfläche (belasteter Tritt) nahezu im Lot befinden. Diese Phase führt somit zu einem Höhersteigen und zur Erreichung einer neuen Position.

In der *Stabilisierungsphase* ist es nun erforderlich, die erreichte Zielposition zu kontrollieren. Der KSP wird verlagert, sodass beide Beine gleich belastet sind. Zudem wird die Fingerstellung am Griff optimiert und die (zweite) Vorbereitungsphase eingeleitet. Die einzelnen Phasen sollen nicht als isoliert voneinander verstanden werden, sondern gehen ineinander über.

Wenn Klettern als ganzheitliche Bewegung betrachtet wird, welche die einzelnen Phasen flüssig und dynamisch verbindet, ist es notwendig, dass günstige Griff- und Trittvarianten gewählt werden und der KSP optimal ausgerichtet wird. Die posturale Stabilität (Haltungskontrolle) bzw. das Gleichgewicht ist insofern ein wichtiges Element der Kletterbewegung.

### 2.5.2 *Leistungsbestimmende Ressourcen des Kletterns*

Auf Basis der Erkenntnisse aus der Trainingslehre und aus der Bewegungswissenschaft kann davon ausgegangen werden, dass bestimmte Ressourcen die Kletterleistung beeinflussen. Diese Ressourcen werden in der aktuellen Literatur wie folgt zusammengefasst (Abb. 2).

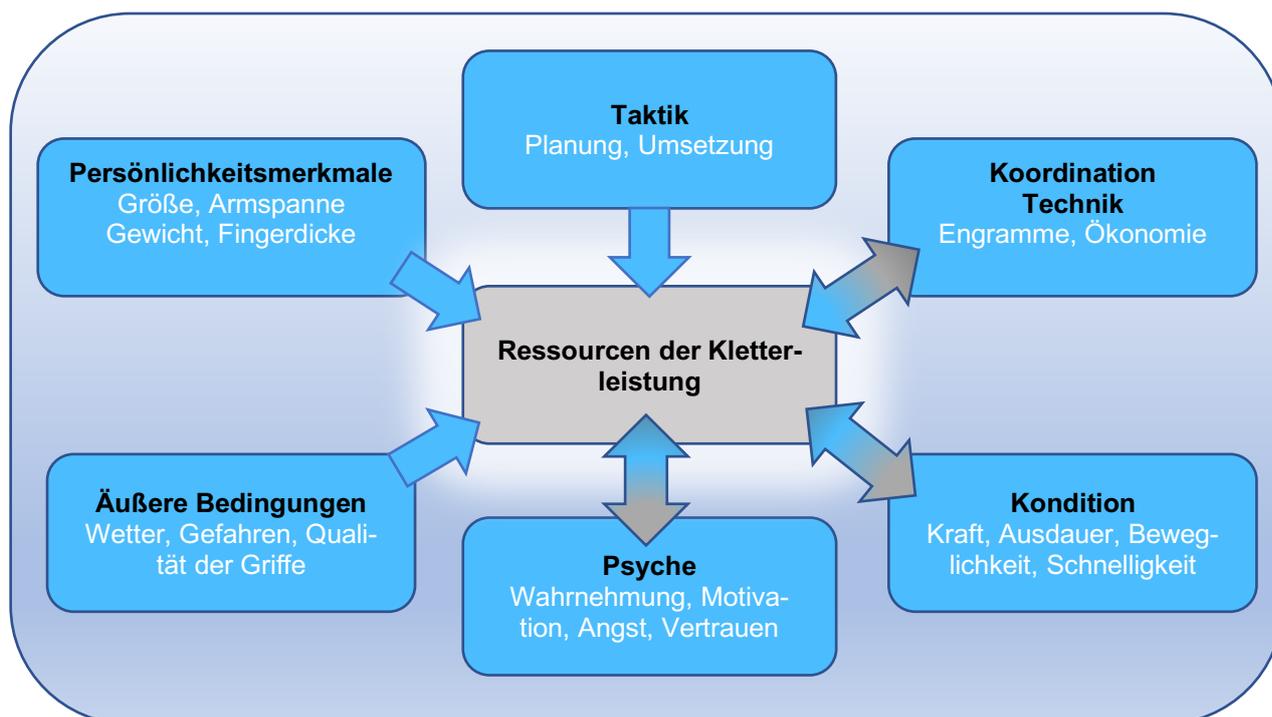


Abbildung 2. Ressourcen der Kletterleistung; modifiziert nach M. Hoffmann (2013, S. 8).

Die Abbildung zeigt die verschiedenen Ressourcen, die sich auf die Kletterleistung auswirken können. Klettern selbst wiederum kann umgekehrt jedoch auch die Ressourcen modifizieren. Das heißt, dass sich einige Ressourcen und die Kletterleistung gegenseitig bedingen. Während die äußeren Bedingungen und die Persönlichkeitsmerkmale durch das Klettern nicht veränderbar sind, so ist dies bei anderen Faktoren eher der Fall. Im Besonderen hat Klettern das Potential, sich auf die *Psyche*, die *Koordination* und die *Kondition* auszuwirken.

Inwieweit Klettern ausgewählte Bausteine (z.B. Gleichgewicht) der genannten Ressourcen (z.B. Koordination) bedingen kann, soll im Folgenden dargestellt werden. Vorerst soll jedoch die Verbindung zum gesundheitsorientierten, therapeutischen Klettern hergestellt werden.

Zu diesem Zweck soll auf das Konzept von (Kern, 2014) verwiesen werden. Sie hat ein Modell vorgeschlagen, welches diejenigen Ressourcen umfasst, die durch Klettern zu verändern sind (Abb. 3). Als Grundlage dient ihr der biopsychosoziale Ansatz (Egger, 2005, 2015). Dieser begründet eine der bedeutendsten Theorien für die Beziehung zwischen Körper und Geist. Krankheit und Gesundheit wird darin als dynamischer Prozess verstanden, der von *biologischen*, *psychologischen* und *sozialen* Faktoren abhängig ist.

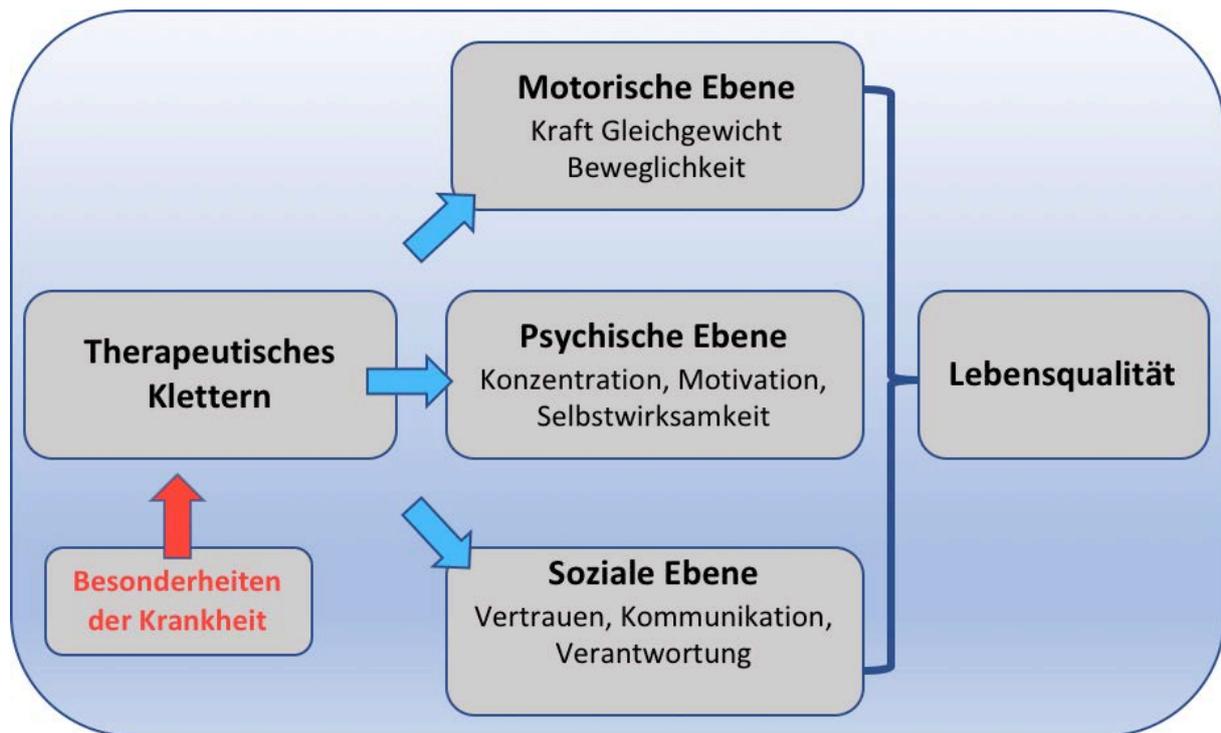


Abbildung 3. Klettern im Kontext des biopsychosozialen Modells; modifiziert nach Kern (2014, S. 48).

Im Hinblick auf die veränderbaren Ressourcen einerseits und das biopsychosoziale Modell andererseits, ordnet Kern (2014) die konditionelle und koordinative Ressource der *motorischen Ebene* zu. Die Ressource der Psyche entspricht der *psychischen Ebene* während sich die *soziale Ebene* nicht im Modell der leistungsbestimmenden Ressourcen für das Klettern wiederfindet. Diese umfasst Bausteine wie Verantwortung, Kommunikation und Vertrauen und ist damit eng verknüpft mit gruppenspezifischen Prozessen. Das Modell von Kern (2014) enthält noch zwei weitere Faktoren. Erstens würden alle drei Ebenen durch das (therapeutische) Klettern so beeinflusst werden, dass infolge dessen das Konstrukt der *Lebensqualität* verändert werde. Zweitens macht Kern (2014) deutlich, dass es sich um ein therapeutisches Modell handle, indem sie darauf hinweist, dass die *Besonderheiten des jeweiligen Krankheitsbildes* im Hinblick auf das Klettern zu beachten seien.

Nun erfolgt der bereits angedeutete Schritt, ausgewählte Bausteine der verschiedenen Ebenen darzustellen. Dabei wird sowohl auf die *motorische Ebene*, die *psychische Ebene* und die *soziale Ebene* eingegangen und das Krankheitsbild der Multiplen Sklerose beachtet. Die folgenden Ausführungen dienen als Grundlage für die daraus resultierende Ableitung der Forschungshypothesen.

### 2.5.3 Wirkdimensionen des (Therapeutischen) Kletterns auf motorischer Ebene

Auf der *motorischen Ebene* soll mit der konditionellen Ressource der *Kraft* begonnen werden: Kraft gilt im Bereich des Kletterns als besonders bedeutsam. Dabei ist es vor allem die *Relativkraft*, also die *Maximalkraft* im Verhältnis zum Körpergewicht, welche mitentscheidend für eine erfolgreiche Routenbewältigung an der Kletterwand ist. Einem Missverhältnis der beiden Dimensionen kann entweder durch die Steigerung der *Maximalkraft* oder durch Abnahme des Körpergewichts entgegengewirkt werden.

Wie in Kapitel 2.3.2 beschrieben, können PmMS Schwierigkeiten haben, Aufgaben adäquat umzusetzen, die eine Kraftaufbringung der oberen (oder unteren) Extremitäten erfordern. Dies kann einerseits daran liegen, dass Multiple Sklerose eine Störung der muskulären Ansteuerungsprozesse bedingen kann. Andererseits auch daran, dass PmMS ein besonders inaktives Leben führen und somit wichtige Kraftressourcen nicht aufgebaut werden können. Die fehlerhaften Ansteuerungsprozesse können durch eine Steigerung der inter- und intramuskulären Koordination positiv beeinflusst werden (M. Hoffmann, 2013; Kern, 2014). Durch wiederholtes Klettern einer Route beispielsweise kann es zu einer Rekrutierung der Muskelfasern kommen, was wiederum eine höhere Kraftentwicklung bedeutet. Aber auch eine Steigerung der *Maximalkraft* kann durch das Klettern hervorgerufen werden. Muehlbauer, Stuerchler und Granacher (2012) haben herausgefunden, dass eine neunwöchige Kletterintervention bei gesunden, jungen Büroangestellten (n = 14, 11 weiblich und 3 männlich; Alter 29.5 ± 3.0 Jahre) zu signifikanten Verbesserungen der (maximalen) Greifkraft und der Rumpfstabilität führt. Auch eine der ersten wissenschaftlichen Studien zum therapeutischen Klettern mit Seilsicherung konnte signifikante Effekte in Bezug auf den isometrischen Kraftzuwachs von Rückenschmerzpatienten der Interventionsgruppe (IG = 10, KG = 12) nachweisen (Heitkamp, Mayer, & Böhm, 1999).

In der Regel wird beim Klettern neben der *Maximalkraft* auch die *Schnellkraft* und *Kraftausdauer* benötigt. Letztere kann ebenfalls als Bestandteil der Kondition auf der motorischen Ebene zugeordnet werden. Der nächste Abschnitt thematisiert daher den Faktor der *Ausdauer*:

Besonders beim Klettern mit Seilsicherung genügt es nicht, eine schwierige Stelle zu überwinden, wenn der größte Teil der Route nicht geklettert werden kann. Daher ist es erforderlich, dass sowohl die *Kraftausdauer* als auch die *Grundlagenausdauer* ausge-

prägt sind bzw. durch regelmäßiges Klettern in verschiedenen Routen aufgebaut werden. Das Klettern von einfachen Routen, welche deutlich unter der eigenen Leistungsgrenze liegen, hat den Vorteil, dass diese mehrmals wiederholt werden können (M. Hoffmann, 2013). Zum Erreichen einer guten Grundlagenausdauer genüge es jedoch nicht, lediglich zu klettern. Auch Waldläufe, Bergwanderungen oder Fahrradtouren sollten zum Training herangezogen werden. Die Kraftausdauer hingegen ließe sich effektiv mittels Klettertraining verbessern. Insbesondere gelten Routen, in denen das Aufbringen von submaximaler Intensität erforderlich ist, um das Top (Seilaufhängung) zu erreichen, zur Steigerung der Kraftausdauer als geeignet.

Die Übungsgestaltung kann laut M. Hoffmann (2013) hinsichtlich folgender Kennzeichen ausgerichtet werden, wenngleich beachtet werden muss, dass PmMS *erstens* eine geringere Grundlagenausdauer aufweisen, *zweitens* die Gefahr des Uthoff-Phänomens bei Erhöhung der Körpertemperatur besteht und *drittens* Einschränkungen wie Spastiken oder ataktische Symptome vom Klettern abhalten können. M. Hoffmann (2013) schlägt (ohne die Berücksichtigung etwaiger Einschränkungen) Routen vor, die 15-40 Kletterzüge umfassen und die innerhalb von zwei bis sechs Minuten durchgestiegen werden können (Serien: vier bis acht, Pause zwischen Routen: drei bis sechs Minuten). Bei der Arbeit mit PmMS ohne jegliche Klettererfahrung ist davon auszugehen, dass die Serien reduziert (max. drei Begehungen) und die Pausen erhöht (sechs bis zehn Minuten) werden sollten. Der Vorteil beim Klettern mit Seilsicherung liegt darin, dass die Möglichkeit besteht, Pausen während der Routenbegehung einzulegen. Dadurch kann der Verbleib in einer Route bis zu 30 Minuten dauern. Die eingelegten Pausen beim Klettern einer Route ermöglichen somit ein Training mit Intervallcharakter.

Wird die Ausdauerleistungsfähigkeit in wissenschaftlichen Tests erhoben, so gilt die maximale Sauerstoffaufnahme ( $VO_2\text{max}$ ) als wichtigster Kennwert. Dieser Wert repräsentiert die höchste verstoffwechselte Sauerstoffmenge unter Mitwirkung aller Sauerstoff austauschenden, transportierenden und nutzenden Systeme (Hottenrott, 2017). Dementsprechend wurde in einer Studie von Rodio et al. (2008) der Trainingszustand von 13 Freizeitkletterern mittels Fahrradergometrie ermittelt. Die Auswertung der Studienergebnisse lassen den Schluss zu, dass Klettern einen positiven Effekt auf die aerobe Ausdauerleistungsfähigkeit hat (Rodio, Fattorini, Rosponi, Quattrini, & Marchetti, 2008). Methodenkritisch angemerkt werden muss hier sicherlich die Fallzahl

der Teilnehmenden (n = 13). Auch Kern (2014) untersuchte in ihrer Studie die wahrgenommene Trainiertheit der Teilnehmenden. Dafür wurde der sechsstufige Fragebogen *Wahrgenommene Körperliche Verfassung* hinsichtlich der vier Dimensionen *Trainiertheit*, *Aktiviertheit*, *Gesundheit* und *Beweglichkeit* ausgewertet. Die Messzeitpunkte waren vor und nach den jeweils 18 Klettereinheiten. Das Ergebnis zeigt, dass in allen vier Dimensionen im Zeitverlauf von der ersten bis zur 18. Einheit betrachtet, sowohl vor als auch nach dem Training höhere Werte ermittelt worden sind. Moderate bis große Effekte (Effektstärke Phi  $\Phi = 0,44-0,50$ ) konnten jedoch lediglich für die *Aktiviertheit*, die *Gesundheit* und die *Beweglichkeit* festgestellt werden (Kern, 2014).

Für PmMS ist eine gute Ausdauerleistungsfähigkeit insofern von Bedeutung, als Alltagsaktivitäten effizienter umgesetzt werden können. Gerade vor dem Hintergrund einer krankheitsbegleitenden Fatiguesymptomatik ist es für PmMS von enormer Wichtigkeit, wenn die Regeneration nach Belastungen wie dem Einkaufen oder Spaziergängen möglichst schnell einsetzt. Da eine gute Ausdauerleistungsfähigkeit auch die Erholungsfähigkeit verbessert (Hottenrott, 2017), kann ein darauf ausgerichtetes Klettertraining für die Alltagsgestaltung von PmMS als besonders relevant eingeschätzt werden.

Die letzte Ressource auf *motorischer Ebene* stellt die *Gleichgewichtsfähigkeit* dar. Diese gilt (im deutschsprachigen Raum) als eine der zentral-nervös bedingten koordinativen Fähigkeiten. Nach allgemeinem Verständnis wird die Gleichgewichtsfähigkeit auch als fertigkeitenübergreifende Leistungsvoraussetzung verstanden (Hirtz, 1977). Im Gegensatz dazu ist im angloamerikanischen Sprachraum die *Spezifitätshypothese* von (Henry, 1968) verbreiteter. Diese geht davon aus, dass „koordinative Kompetenz prinzipiell fertigkeitsspezifisch und nicht fertigkeitenübergreifend entwickelt“ werde (Stein & Hossner, 2017, S. 244, eigene Kursivierung). Unabhängig davon, welche Theorie dem Koordinationstraining als Ausgangspunkt dient, sei weder die eine Theorie der anderen überlegen, noch gelte einer der beiden Ansätze als „unwissenschaftlich“ (Stein & Hossner, 2017, S. 249). Entscheidend sei, welche Ziele mit dem jeweiligen Training verfolgt werden, also ob das Training auf eine breite Ausbildung der Koordination ausgerichtet sei, oder aber ob spezifische koordinative Techniken vermittelt werden sollen, um beispielsweise die Wettkampfleistung zu verbessern. In Bezug auf die Kletterintervention, welche weniger zum Ziel hat, die Gleichgewichtsfähigkeit so zu verbessern, dass die Kletterleistung zunimmt, sondern vielmehr darauf ausgerichtet

ist, dass alltägliche Aktivitäten (z.B. Treppensteigen) leichter zu bewältigen sind, ist ein allgemeines Training der koordinativen Fähigkeiten angemessener, als ein Koordinationstraining, das auf spezifische Anforderungen der jeweiligen Sportart zugeschnitten ist. Wie genau koordinative Fähigkeiten im Rahmen der Intervention geschult werden sollen und warum dennoch – entgegen der dargelegten Überlegungen – auch sportartspezifische Anforderungen in das Training integriert werden, wird in Kapitel 3.4 erläutert.

Studien zum Einfluss von Klettern auf das Gleichgewicht gibt es wenige. In einer Studie von Fleissner et al. (2010) wurde untersucht, ob Therapeutisches Klettern (in Bodennähe) in der Rehabilitation geriatrischer Patienten zu messbaren Verbesserungen hinsichtlich der Selbständigkeit, der Mobilität, des Gleichgewichts und der Sturzhäufigkeit führen kann. Die Interventionsgruppe (n = 48, mittleres Alter = 81,0 Jahre) erhielt ein Klettertraining von fünf Einheiten à 30 Minuten, während die Kontrollgruppe (n = 47, Alter = 81,5) an einer konventionellen physiotherapeutischen Intervention teilnahm. Als Ergebnis konnte festgestellt werden, dass Therapeutisches Klettern zu signifikanten Verbesserungen in Bezug auf Selbständigkeit und Mobilität im Vergleich zur konventionellen Physiotherapie führte. Zudem wies das Klettertraining eine hohe Akzeptanz bei den Patienten auf. Wenngleich sich beide Patientengruppen über die Zeit hinsichtlich des Balancetests signifikant verbessert haben, konnte beim Vergleich zwischen den Gruppen knapp kein signifikantes Ergebnis ( $p = 0,059$ ) gemessen werden (Fleissner et al., 2010). Eine andere Studie bewerteten das Potential von klettertypischen Bewegungen für die Rehabilitation von Sprunggelenkverletzungen im Hinblick auf die Stabilität und die Koordination. Dazu verglichen sie unter anderem die mittlere Abweichung des Schwerpunktzentrums während des Einbeinstandes mittels Stabilmetrie bei Kletterern (IG, n = 25) und Fußballern (KG, n = 26). Das Ergebnis zeigt, dass die Klettergruppe signifikant bessere Ergebnisse hinsichtlich des Einbeinstandes erreicht hat als die Fußballergruppe. Auch in Bezug auf die maximale absolute und relative Flexionskraft des Sprunggelenks konnte die Klettergruppe ein signifikant besseres Ergebnis erzielen. Die KG zeigte lediglich eine höhere absolute Extensionskraft des Sprunggelenks, nicht jedoch eine relative. Damit attestieren die Autoren dem Klettern, aufgrund seiner langsamen und koordinativen Ausführung, durchaus Potential für die Verbesserung einer Instabilität des Sprunggelenks; ob Klettern der konventionellen Therapie mittels Wackelbrett überlegen ist, müsse jedoch noch geklärt werden

(Schweizer, Bircher, Kaelin, & Ochsner, 2005). Auch die Studie von Kern (2014) untersuchte die Veränderungen von Aspekten der Gleichgewichtsfähigkeit bei PmMS durch eine Kletterintervention. Mithilfe des multifunktionalen Trainingsgeräts *S3 Check* konnte gezeigt werden, dass die Interventionsgruppe, welche über sechs Monate ein Klettertraining absolvierte, signifikante Verbesserungen über die Zeit (Baseline – 6 Monate) in Bezug auf die Stabilität ( $p = 0,03$ ) und die Sensomotorik ( $p = 0,03$ ) erreichte. Auch der Vergleich der Differenz der Veränderungen zwischen den Gruppen (IG – KG) führte zu einer signifikanten Verbesserung der Stabilität der IG. Der Wert für die Sensomotorik war im Intergruppenvergleich jedoch nicht signifikant (Kern, 2014)

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass (Therapeutisches) Klettern sowohl die Kraft und (Kraft-)Ausdauer, als auch koordinative Fähigkeiten wie die Gleichgewichtsfähigkeit verbessern kann. Nach wie vor jedoch, ist die Datenlage zu den genauen Effekten von Klettern auf motorische Parameter gering, was Prognosen zu Interventionseffekten erschwert.

Wenngleich davon auszugehen ist, dass eine bessere körperliche Verfassung zu einer Steigerung der wahrgenommen (gesundheitsbezogenen) Lebensqualität führt, spielen bei der Bewertung der HRQoL auch psychosoziale Aspekte eine entscheidende Rolle. Nachfolgend sollen daher verschiedene Aspekte der *psychologischen Ebene* in den Blick genommen werden.

#### *2.5.4 Wirkdimensionen des (Therapeutischen) Kletterns auf psychischer Ebene*

Wie in Kapitel 2.2.2 bereits erläutert wurde, kann die HRQoL als ein latentes Konstrukt verstanden werden, dessen Ausprägung unter anderem von psychologischen Faktoren abhängig ist. Klettern bietet aufgrund seiner exponierten Stellung im Vergleich zu anderen Sportarten in besonderem Maße die Möglichkeit auf psychische Faktoren einzuwirken. Dementsprechend wurden klettertherapeutische Konzepte bereits in einer Vielzahl von psychologischen Settings angewandt. Kowald und Zajetz (2015) verweisen auf Praxisfelder wie das Therapeutische Klettern in einer psychiatrischen Krankenpflege, das Felsklettern in einer Klinik für Abhängigkeitserkrankungen, der Erlebnistherapie in einem sozialpädiatrischen Zentrum oder der Sport- und Bewegungstherapie in einer psychosomatischen Klinik. Auch Kurz (1986) schrieb bereits vor mehreren Jahren, wenn auch zum Sport allgemein:

„Die Erfolge führen zur Zeit dazu, bei immer weiteren Krankheitsbildern, auch solchen mit psychosomatischer Charakteristik, Sport als Therapie einzusetzen. Der Versuch, Suchtabhängigen durch Sport zu einem bewußteren Erleben ihrer Körperlichkeit zu verhelfen, ist nur ein aktuelles Beispiel“ (Kurz, 1986, S. 60).

Insgesamt profitieren die verschiedenen Konzepte davon, dass Klettern einen hohen motivationalen Charakter hat. Anders ausdrückt: „Klettern ist attraktiv, es entspricht dem Lifestyle, das macht den Einstieg einfacher“ (Iglseider, 2015, S. 5). Medien und Werbung haben es verstanden, den Mythos Klettern aufrechtzuerhalten und zu vermarkten. Wenn von Klettern die Rede ist, entstehen begriffliche Assoziationen wie Freiheit, Mut, Kraft und Selbstbestimmtheit. Diese sind naturgemäß tendenziös und unkritisch; dennoch wird ein großer Motivationsreiz ausgelöst, der vor allem auf die Kernelemente sportlicher Handlungsfähigkeit wie *Leistung* und *Spannung* zurückzuführen ist (Kurz, 1986). Darauf bezugnehmend besteht beim Klettern die Möglichkeit, eigene Grenzen auszuloten und, von einer sicheren Basis aus, Ängste (Angst vor Kontrollverlust oder Misserfolgen) zu konfrontieren. Zudem können Situationen erfahrbar gemacht werden, in denen eine besondere „Lust des Ungewissen“ entsteht (Kurz, 1986, S. 50). Die Bewältigung einer solchen Situation, beispielsweise durch das Erreichen des Routenziels oder das Überwinden von Hindernissen in einer bestimmten Route, kann dazu führen, dass Gefühle wie Stolz, Lust oder Freude empfunden werden. Klettern stellt insofern eine Sportart dar, „die viele Möglichkeiten dazu bietet, entsprechende Emotionen zu erleben, weil es ständig um das Bewältigen von Problemen und um das Suchen nach Lösungen geht [...]“ (Kowald & Zajetz, 2015, S. 26). Auch für PmMS ist es wichtig, eigene Leistungen trotz körperlicher Einschränkungen anzuerkennen und wertzuschätzen. So berichtet eine Teilnehmerin aus der Studie von Kern (2014):

„Immer neue Herausforderungen [...], die man bewältigt, machen stolz – ein gutes Gefühl. [...] Obwohl es mir seit 2 Jahren schlechter geht, insbesondere das Gehen, macht das Klettern einfach immer noch Spaß und ich bin nicht schlechter geworden“ (Kern, 2015, S. 321).

Trotz der beschriebenen Einschränkungen ist es der Teilnehmerin gelungen, eigene Erfolge an der Kletterwand zu erleben. Die Erkenntnis, dass Hindernisse selbständig gelöst werden oder die eigene Strategie zur Bewältigung einer Route führt, ist es eng verknüpft mit Selbstwirksamkeitserfahrungen. Beim Klettern kann unkonzentriertes Verhalten, ungenaues Greifen oder zu schnelle Bewegungen zu einem Abrutschen

oder Herabfallen führen. Die Unmittelbarkeit von Ursache und Wirkung beim Klettern, kann dazu führen, dass das eigene Selbstkonzept und die Selbstwirksamkeit entfaltet werden. Wesentliche Aspekte dieser Erfahrung liegen im „Erleben der eigenen Kraft und Lebendigkeit“ sowie dem persönlichen Kompetenzerleben (Kowald & Zajetz, 2015, S. 37). Gerade bei PmMS, dessen Lebensqualität nachweislich niedriger im Vergleich zu Personen mit anderen chronischen Erkrankungen ist, scheint das Vertrauen in die eigenen Kompetenzen relativ gering ausgeprägt. Dies liege daran, dass die eigene Selbstwirksamkeit „eng mit dem eigenen Körpererleben und der individuellen Körperwahrnehmung zusammenhänge“ (Kowald, 2012; zitiert nach Kowald & Zajetz, 2015, S. 37). Beim Klettern werde die erlebte Selbstwirksamkeit kontinuierlich gefördert, indem eine (vorerst unüberwindbar scheinende) schwierige Situation bewältigt und so das Vertrauen in sich selbst gesteigert werde (Kowald & Zajetz, 2015a). Riazi, Thompson und Hobart (2004) konnten in ihrer Studie die Selbstwirksamkeitserwartung bei PmMS als Prädiktor für eine Verbesserung des empfundenen Gesundheitsstatus (gemessen mit der MSIS-29) herausarbeiten und raten daher zu Therapiemaßnahmen, die insbesondere den Selbstwert von PmMS adressieren. Ihre Empfehlungen, in welcher Form Selbstwirksamkeit gefördert werden kann, gehen auf das Konzept von Bandura (1977) zurück (Kap. 2.4.1). Demnach sei es von Bedeutung, *erstens* eigene Erfolgserlebnisse zu machen (experience of mastery), *zweitens* stellvertretende Erfahrungen zu erleben (vicarious experience), also Menschen zu sehen, dessen Fähigkeiten mit den eigenen zu vergleichen sind, *drittens* verbale Ermutigung von anderen zu bekommen (verbal persuasion) und *viertens* emotionale Erregung (emotional arousal) zu spüren. Dies führe dazu, dass Herausforderungen kompetent und kontrolliert bearbeitet werden können (Bandura, 1977; Riazi et al., 2004).

Insgesamt bietet Klettern einen geeigneten Rahmen, entsprechende selbstwirksame Aufgaben bereitzustellen und im rehabilitativen Kontext zu verankern. Daher kann davon ausgegangen werden, dass, aufgrund der engen Verknüpfung von Selbstwirksamkeit und empfundenem Gesundheitsstatus, auch die HRQoL gesteigert werden kann.

Neben den psychologischen Faktoren (Motivation, Selbstwirksamkeit, Grenzerfahrungen) und den motorischen Faktoren (Kraft, Kraftausdauer, Gleichgewicht), die zu einer Verbesserung der HRQoL beitragen können, gelten auch soziale Faktoren als entscheidend für eine Aufwertung der eigenen Lebenszufriedenheit. Der nächste und

letzte Abschnitt zu den Wirkungsweisen des Kletterns widmet sich daher der *sozialen Ebene*.

### *2.5.5 Wirkdimensionen des (Therapeutischen) Kletterns auf sozialer Ebene*

Klettern ist eine Sportart, die im Team stattfindet. Der Kletterer ist in der Regel darauf angewiesen, dass eine zweite Person das Sichern übernimmt. Die Beziehung zwischen der kletternden Person und der sichernden Person, fußt somit auf einer besonderen Form des Vertrauens. Ist sich das Kletterteam noch nicht bekannt oder ist selbst die Sportart Klettern neu, so muss einerseits dem Kletterpartner gegenüber vertraut werden, andererseits auch dem Material Vertrauen geschenkt werden. Das Gefühl des Ausgeliefertseins, sich beim Bewegen in großen Höhen auf jemand anderen verlassen zu müssen, bietet die Chance eine Beziehung aufzubauen, die von Respekt, Achtung und Verantwortung bestimmt ist. Eine solche Beziehungsarbeit erfordert daher eine geeignete Kommunikation, sowohl über Techniken und Taktiken des Kletterns und Sicherns selbst als auch über persönliche Beweggründe, Ängste, Ziele und Wünsche des Teams. Erst wenn einem die Kletterpartnerin bekannt ist, gelingt es auch, ihr Vertrauen zu schenken.

Auch auf sprachlicher Ebene ist Klettern insofern eine soziale Sportart, als bestimmte Routen und sogenannte ‚Schlüsselstellen‘ (Kletterprobleme) in der Gruppe kommuniziert werden. Dieser Austausch untereinander ermöglicht es, dass Misserfolge wie nicht vollendete Routen als Chance genutzt werden, dieses oder jenes Hindernis (mit der Unterstützung anderer) zu bewältigen.

Für PmMS kann eine Klettergruppe zudem die Chance bieten, Personen mit ähnlichen Einschränkungen außerhalb einer konventionellen Therapie wie beispielsweise der Physiotherapie zu begegnen. Durch das Treffen von Gleichgesinnten kann die Klettergruppe die Funktion einer Selbsthilfegruppe annehmen, ohne primär als solche deklariert zu sein.

Kowald und Zajetz (2015b, S. 56) weisen in tabellarischer Form auf verschiedene soziale Wirkfaktoren und Effekte des therapeutischen Kletterns hin und nennen unter anderem die „Förderung kommunikativer Kompetenz und Beziehungsfähigkeit“, das „Eingehen auf momentane Befindlichkeit und Bedürfnisse“ und die „Förderung tragfähiger sozialer Netzwerke und Ermöglichung von Solidaritätserfahrungen“.

Zusammenfassend konnte gezeigt werden, dass (Therapeutisches) Klettern Einfluss auf verschiedene Aspekte der *motorischen* Ebene, der *psychologischen* Ebene und der *sozialen* Ebene haben kann. Stellenweise wurde bereits auf den jeweiligen Nutzen für PmMS hingewiesen. Abschließend soll nun die aktuelle Studienlage zur Effektivität des TK bei MS dargestellt werden.

## 2.6 (Therapeutisches) Klettern und Multiple Sklerose

Nach wie vor existieren nur wenige Studien zur Thematik, inwiefern Therapeutisches Klettern auf das Krankheitsbild der Multiplen Sklerose wirkt. Trotz dessen gibt es vereinzelte Hinweise, die darauf hindeuten, dass Klettern als begleitende Maßnahme zur Behandlung der verschiedenen Symptomatik bei MS als zweckmäßig eingeschätzt werden kann (Velikonja, Čurić, Ožura, & Jazbec, 2010). Neben den allgemeinen Effekten, die mit sportlicher Aktivität einhergehen (s.o.), gebe es Anzeichen dafür, dass Klettern zu Verbesserungen von spezifischen MS Symptomen wie Fatigue, kognitiven Defiziten oder Spastiken führen könne (Giesser, 2015). Auch anderen schwerwiegenden Einschränkungen wie einer reduzierten Gleichgewichtsfähigkeit oder einer verminderten Stabilität könne mittels Klettern entgegengewirkt werden (Steimer & Weissert, 2017). Zudem spiele die Aufrechterhaltung oder Vermehrung von Kraftressourcen durch Klettern eine maßgebliche Rolle für die Zurückhaltung der MS-Symptomatik (Steimer & Weissert, 2017). Schlussendlich seien auch die psychologischen Effekte von Klettern bei der Bewältigung der Krankheit und den damit einhergehenden Einschränkungen von großer Bedeutung. Im Gegensatz zu früheren Empfehlungen, auf körperliche Aktivität zu verzichten um das Auftreten von möglichen MS-Symptomen zu verhindern, gibt es heutzutage eine Vielzahl von Argumenten, die für die Ausübung körperliche Aktivität mit MS sprechen (Beer et al., 2012; Motl et al., 2005; Petajan et al., 1996; Steimer & Weissert, 2017). Abgesehen davon, dass Bewegung mit MS meistens gut toleriert werde, kann körperliche Aktivität zudem dazu genutzt werden, mögliche auftretende Komplikationen oder die Entwicklung von Begleiterkrankungen zu unterbinden. Auch eine neuroprotektive Wirkung durch Sport werde vermutet (Giesser, 2015; Heine et al., 2015).

Trotz der angeführten Hinweise, die auf eine Verbesserung der physischen und psychosozialen Parameter hindeuten, ist es erforderlich, die Effekte in weiteren Studien zu belegen. Nicht ohne Grund lautet der Titel einer Publikation von Kern, Elmenhorst und Oberhoffer (2013, S. 1): „Wirkung von Therapeutischem Klettern bei Personen mit

Multipler Sklerose – Hinweise oder Nachweise?“. Es scheint zudem nach wie vor weitestgehend ungeklärt, in welchem Ausmaß und in welcher Form eine Intervention stattfinden muss, um von Verbesserungen ausgehen zu können.

Ausgehend von den beschriebenen Studien und der zugrunde liegenden Theorie zu den Wirkdimensionen des Kletterns, sollen in der Untersuchung die folgenden – allgemein formulierten - Annahmen überprüft werden:

- *Es besteht ein Unterschied hinsichtlich der erhobenen physischen und psychosozialen Parameter in der Interventionsgruppe vor und nach der Intervention.*
  
- *Es besteht ein Unterschied hinsichtlich der erhobenen physischen und psychosozialen Parameter zwischen der Interventionsgruppe und der Kontrollgruppe.*

Nachfolgend sollen die genannten Annahmen als Unterschiedshypothesen spezifiziert und unter Berücksichtigung der ausgewählten Parameter (Fatigue, gesundheitsbezogene Lebensqualität, Handkraft, Gleichgewichtsfähigkeit) aufgestellt werden.

## **2.7 Ableitung der Forschungshypothesen**

Die Auswirkungen von Sport auf das nicht sichtbare, dafür häufig auftretende Symptom der Fatigue können insgesamt als positiv eingeschätzt werden (s. Kap. 2.4.1). Vor allem für Personen mit leichter bis mittelschwerer MS gibt es gute Belege dafür, dass Ausdauertraining, gemischtes Ausdauer- und Krafttraining oder andere Sportarten wie Yoga die Fatiguesymptomatik positiv beeinflusst. Wenngleich die von Heine et al. (2015) publizierte Meta-Analyse zu den Effekten verschiedener Trainingsformen auf die Fatigue, die Studie zur Kletterintervention von Velikonja et al. (2010) aufgrund methodischer Mängel nicht in die statistische Auswertung einschließt, kann dennoch davon ausgegangen werden, dass eine auf Klettern ausgerichtete Intervention über einen Zeitraum von zehn Wochen zu einer nachweislichen Verbesserung der Fatiguesymptomatik führen kann. Die Ergebnisse aus der, wenn auch längerfristig angelegten Studie von Kern (2014), stützen diese Annahme. Daher kann folgende unspezifische, gerichtete Unterschiedshypothese aufgestellt werden:

## **Hypothese 1**

*Die Fatiguesymptomatik der Interventionsgruppe reduziert sich im Verlauf der Intervention.*

Die Studienlage zu den Auswirkungen von körperlicher Aktivität auf die gesundheitsbezogene Lebensqualität bei MS ist weniger eindeutig als im Fall der Fatigue (s. Kapitel 2.4.1). Wenngleich Motl und Snook (2008) auf einen signifikanten Zusammenhang zwischen körperlicher Aktivität und physischen sowie psychischen Komponenten der HRQoL hinweisen, bewerten Latimer-Cheung et al. (2013) die Datenlage nach wie vor als unzureichend. Entscheidend für einen positiven Einfluss körperlicher Aktivität auf die HRQoL bei MS könnte sein, dass sich körperlich in einer Art und Weise betätigt werde, dass selbstwirksame Erfahrungen möglich werden. Auch wenn die Sportart Klettern der Forderung nach selbstwirksamen Erfahrungen durchaus gerecht werden kann (s. Kap. 2.5.4), besteht letztlich auch die Gefahr, dass, bei schwer betroffenen PmMS eigene Erfolgserlebnisse nur schwer erfahrbar gemacht werden können oder, dass stellvertretende Erfahrungen von anderen, weniger eingeschränkten PmMS zu einer Abwertung der eigenen Leistung führen kann. Darüber hinaus ist das Konstrukt der HRQoL von latenten Faktoren bedingt, deren Gesamtheit im Rahmen der Intervention nur schwer identifiziert werden kann. Diese Ambivalenzen und die limitierte Datenlage zu den Effekten von körperlicher Aktivität auf die HRQoL bei MS führen dazu, dass die folgende unspezifische, ungerichtete Unterschiedshypothese aufgestellt wird:

## **Hypothese 2**

*Es besteht ein Unterschied hinsichtlich der gesundheitsbezogenen Lebensqualität der Interventionsgruppe vor und nach der Intervention.*

Neben der eingeschränkten Datenlage zu den Effekten von Sport auf die Lebensqualität bei MS, kann davon ausgegangen werden, dass auch Forschungsarbeiten zu den Effekten von Sport auf die Verbesserung der Kraft der oberen Extremitäten limitiert sind. Dies liege jedoch nicht an der Anzahl der verfügbaren Literatur, sondern daran, dass vorhandene Interventionsstudien eine Verbesserung der Funktionalität der oberen Extremitäten bei MS nicht als primäres oder einziges Ziel ausschreiben würden (s. Kap. 2.5.4). Meist, so Spooren et al. (2012), seien Interventionen darauf ausgerichtet,

die Funktionalität der unteren Extremitäten zu stärken und damit etwa das Gangbild zu verbessern. Nichtsdestotrotz sei bei nahezu allen Studien, trotz methodischer Limitationen, von Verbesserungen hinsichtlich der Funktionalität (und damit auch der Kraft) der oberen Extremitäten auszugehen. Kletterspezifische Interventionen wie die Studie von Muehlbauer et al. (2012) oder von Heitkamp et al. (1999), legen die Vermutung nah, dass auch PmMS infolge einer zehnwöchigen Klettereinheit einen Kraftzuwachs in den oberen Extremitäten verzeichnen können. Die erhöhte Kraftentwicklung kann insbesondere beim Klettern dadurch hervorgerufen werden, dass, aufgrund der klettertypischen Wiederholung von Bewegungsabfolgen, Muskelfasern rekrutiert werden, die einen effizienteren Muskelkrafteinsatz ermöglichen. Für die Untersuchung lässt sich daher eine unspezifische, gerichtete Unterschiedshypothese formulieren:

### **Hypothese 3**

*Die Handkraft der Interventionsgruppe verbessert sich im Verlauf der Intervention.*

Auch die Auswirkungen von Sport auf die Gleichgewichtsfähigkeit wurden im Zusammenhang mit dem Krankheitsbild der Multiplen Sklerose kaum erforscht (s. Kap. 2.5.4). Die einzige Meta-Analyse, die entsprechende Effekte bei PmMS untersucht hat, konnte einen signifikanten, wenn auch kleinen Effekt auf die Gleichgewichtsfähigkeit durch Sport nachweisen (Paltamaa et al., 2012). Hinzu kommt, dass die eingeschlossenen Studien methodische Limitationen wie eine kleine oder heterogene Stichprobe, eine fehlende Beschreibung des Studiendesigns oder die Verwendung unterschiedlicher Messinstrumente vorgewiesen haben. Auch kletterspezifische Interventionen wie die von Kern (2014) oder Fleissner et al. (2010) können nicht eindeutig von Verbesserungen hinsichtlich der Gleichgewichtsfähigkeit durch Klettern berichten. So weisen Fleissner et al. (2010) in ihrer Studie darauf hin, dass sich die Werte der Interventions- und Kontrollgruppe über die Zeit verbessert hätten, ein signifikantes Ergebnis aber nicht im Vergleich zwischen den Gruppen festzustellen war. Auch Kern (2014) berichtet von Verbesserungen der Stabilität und Sensomotorik über die Zeit der Intervention. Im Intergruppenvergleich jedoch, konnte nur eine Verbesserung der Stabilität gemessen werden; der Wert für die Verbesserung der Sensomotorik war nicht signifikant. Aufgrund der nach wie vor spärlichen und methodisch-limitierten Datenlage, dient die folgende unspezifische, ungerichtete Unterschiedshypothese als Ausgangspunkt für die statistische Überprüfung der Gleichgewichtsfähigkeit:

**Hypothese 4**

*Es besteht ein Unterschied hinsichtlich der Gleichgewichtsfähigkeit in der Interventionsgruppe vor und nach der Intervention.*

Der zusammengefasste Überblick der Studienergebnisse, welcher zur Ableitung der Hypothesen (1-4) diente, kann ebenfalls für das Aufstellen der restlichen Hypothesen (5-8) herangezogen werden. Die folgenden Hypothesen beziehen sich jedoch nicht wie zuvor auf einen Unterschied *innerhalb* einer Gruppe, sondern darauf, dass ein Unterschied der physischen und psychosozialen Parameter *zwischen* den Gruppen der IG und KG angenommen wird. Die vermuteten Unterschiede zwischen IG und KG in Bezug auf die Fatiguesymptomatik und auf die Handkraft können ebenfalls als unspezifische, gerichtete Hypothesen abgeleitet werden (5,7); die Hypothesen zu den Unterschieden zwischen IG und KG hinsichtlich der gesundheitsbezogenen Lebensqualität und der Gleichgewichtsfähigkeit werden unspezifisch und ungerichtet formuliert (6, 8).

**Hypothese 5**

*Die Fatiguesymptomatik der Interventionsgruppe hat sich im Verlauf der Intervention im Vergleich zur Fatiguesymptomatik der Kontrollgruppe reduziert.*

**Hypothese 6**

*Im Verlauf der Intervention besteht bei der Interventionsgruppe und der Kontrollgruppe ein Unterschied hinsichtlich der gesundheitsbezogenen Lebensqualität.*

**Hypothese 7**

*Die Handkraft der Interventionsgruppe hat sich im Verlauf der Intervention im Vergleich zur Handkraft der Kontrollgruppe erhöht.*

**Hypothese 8**

*Im Verlauf der Intervention besteht bei der Interventionsgruppe und der Kontrollgruppe ein Unterschied hinsichtlich der Gleichgewichtsfähigkeit.*



### 3 Methodik

Im folgenden Kapitel wird das methodische Vorgehen der Untersuchung dargestellt. Eingangs erfolgt die Beschreibung des Studiendesigns, welche einen ersten Überblick zum strukturellen Aufbau der Untersuchung liefert. Anschließend werden die genutzten Fragebögen und Testsysteme erläutert. Im Zuge dessen wird u.a. darauf eingegangen, inwiefern die Instrumente den Gütekriterien wissenschaftlicher Forschung gerecht werden. Daraufhin wird im Sinne einer Stichprobencharakteristik beschrieben, welche Kennzeichen die Teilnehmenden der Studie aufweisen. Es folgt eine Darstellung der Untersuchungsdurchführung. Bevor zum Abschluss des Kapitels auf das genutzte Auswertungsverfahren verwiesen wird, werden vorab die aus der Theorie abgeleiteten Hypothesen operationalisiert.

#### 3.1 Studiendesign

Der Versuchsplan der (Pilot-)Studie kann als *quasi-experimentelles Prä-Post Design mit Kontrollgruppe* beschrieben werden (Abb. 4).

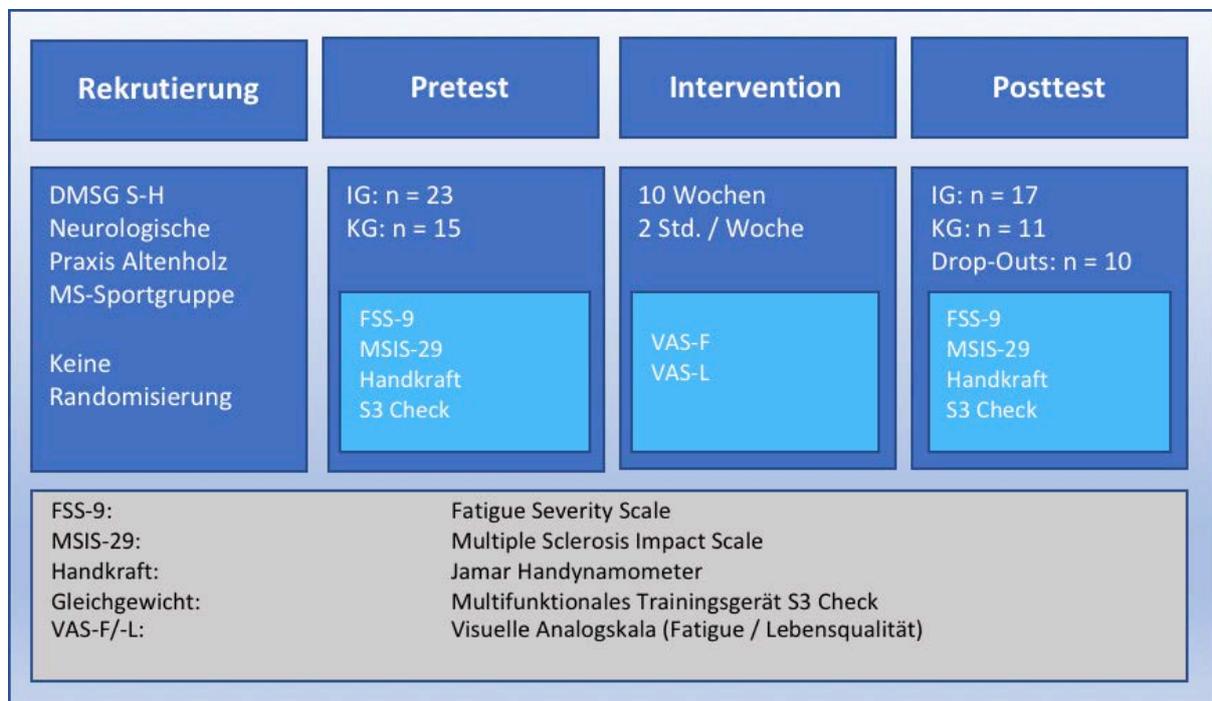


Abbildung 4. Studiendesign der zehnwöchigen Kletterintervention mit Personen mit Multipler Sklerose

Um den Einfluss von Klettern auf psychosoziale und motorische Parameter bei PmMS zu evaluieren, wurden vor und nach dem Interventionszeitraum Fragebögen eingereicht und Messungen durchgeführt. Das Ausfüllen der Fragebögen und die Durchführung der Messungen geschah sowohl von der Interventionsgruppe (IG) als auch von der Kontrollgruppe (KG). Mithilfe der Fragebögen wurde die Fatiguesymptomatik sowie das Konstrukt der gesundheitsbezogenen Lebensqualität erfasst. Die Messungen hingegen wurden genutzt, um die motorischen Parameter der Handkraft und der Gleichgewichtsfähigkeit zu bestimmen.

Neben den Fragebögen und Messungen wurden noch zwei weitere Skalen hinzugezogen. Diese dienten der Erfassung des aktuell empfundenen *Erschöpfungs-* und *Gesundheitszustandes*. Das tägliche Ausfüllen dieser Skalen erfolgte jedoch nur von der Interventionsgruppe.

Der experimentelle Teil der Studie umfasste zehn Einheiten in der Kletteranlage der *Christian-Albrechts-Universität zu Kiel*. Die wöchentlichen Einheiten wurden den PmMS der IG so zugeordnet, dass sie jeweils eine Einheit à zwei Stunden pro Woche absolvierten. Dank des kooperativen Entgegenkommens von Seiten des *Hochschulsports Kiel* war es möglich, von Montag bis Freitag täglich für zwei Stunden die Kletteranlage in Kleingruppen nutzen zu dürfen. Dies war insofern notwendig, als eine Kletterbetreuung von 23 PmMS sowohl aus personeller Hinsicht als auch aus infrastruktureller Hinsicht an einem Tag nicht möglich gewesen wäre. Nach der Einteilung der Teilnehmenden in Kleingruppen und auf die entsprechenden Tage, konnten pro Tag vier bis fünf PmMS das Kletterangebot wahrnehmen. Parallel zur Kletterintervention stand auch Mitgliedern des Hochschulsports die Kletteranlage zur Benutzung zu Verfügung.

Besonders zu Beginn der Intervention war es sinnvoll, den PmMS eine engmaschige Betreuung zu ermöglichen. Vor dem Hintergrund, dass nahezu alle PmMS zum ersten Mal kletterten, war eine zeitintensive und vertrauensstiftende Einführung in Materialien, Sicherungstechniken und Kletterregeln unabdingbar. Insofern wurden die ersten drei Wochen mit jeweils zwei Betreuer\*innen durchgeführt, sodass pro Kletterteam (zwei bis drei PmMS) eine Betreuungsperson zur Verfügung stand. Der genaue inhaltliche Ablauf der Intervention ist tabellarisch im Anhang festgehalten. Die Kleingruppen wurden zu Beginn der Intervention darauf hingewiesen, dass sie, sofern es ihnen möglich ist, immer am gleichen Tag der Woche zum Klettern kommen sollten, um die Gruppengröße pro Einheit konstant zu halten. Nichtsdestotrotz ist eine täglich angebotene

Kletterzeit vor allem dann von Vorteil gewesen, wenn einige Teilnehmende an ihrem zugewiesenen Tag verhindert waren. Unter entsprechenden Umständen und Rücksprache mit den Betreuern, war es den Teilnehmenden daher auch erlaubt, innerhalb einer Woche, an einem anderen Tag zu klettern. So konnte weitestgehend eine regelmäßige Teilnahme der PmMS sichergestellt werden. Da Fehlzeiten aufgrund von Infekten oder anderen Gründen bei chronisch-progressiven Erkrankungen nicht unwahrscheinlich sind, wurde für die Intervention eine Mindestteilnahme von neun Einheiten festgelegt. Den Teilnehmenden der Studie wurde vor Beginn der Intervention mitgeteilt, dass sie jederzeit, ohne Nennung von Gründen, das Kletterangebot abbrechen können. Im gesamten Ablauf der Studie ist der Studienleiter aktiv involviert gewesen, weshalb nicht von einer verblindeten Studie gesprochen werden kann.

### **3.2 Messinstrumente zur Erfassung der Untersuchungsparameter**

Die folgenden dargestellten Messinstrumente und Fragebögen sind standardisiert und wurden bereits in einer Vielzahl von Studien angewendet. Sie weisen gute psychometrische Werte auf und wurden nach den vorgegebenen Durchführungsprotokollen angeleitet. Allen Teilnehmenden wurde eine Identifikationsnummer zugewiesen, die der richtigen Zuordnung der erhobenen Daten diene. Dadurch mussten keine Namen auf den Fragebögen vermerkt werden und die Anonymität der Teilnehmenden war gesichert.

#### *3.2.1 Fatigue Severity Scale*

Zur Erfassung der Fatiguesymptomatik wurde auf die deutsche Version der *Fatigue Severity Scale* (FSS-9, Fatigue-Schweregrad-Skala) zurückgegriffen. Der Fragebogen war mit neun Items relativ kurz und konnte effizient eingesetzt werden. Zudem weist er eine hohe Validität und Reliabilität auf (Valko, Bassetti, Bloch, Held, & Baumann, 2008). Die Skala wurde mit großen Gruppen getestet, sie entspricht mit hoher Genauigkeit anderen Fatigue-Messungen und sie bleibt, ohne Intervention zur Beeinflussung des Ausmaßes der Fatigue, unverändert. Zudem spricht sie auf Veränderungen der Fatigue durch ein Fortschreiten der Krankheit oder durch eine entsprechende Behandlung an. Der Fragebogen ist darüber hinaus weit verbreitet; er gilt als der am häufigsten benutzte Fragebogen in Bezug auf Fatigue (Hjollund, Andersen, & Bech, 2007). Auch wenn die FSS-9 mittlerweile bei einer Vielzahl von chronischen Erkrankungen genutzt

wird, wurde der Fragebogen einst speziell für die Diagnostik bei Multipler Sklerose entwickelt (Krupp, 1989).

Zum Ausfüllen des Fragebogens ist eine Skala von 1 bis 7 vorgesehen. Der Wert 7 kann dann angenommen werden, wenn einer der neun Aussagen *in vollem Umfang* zugestimmt wird; hingegen steht der Wert 1 dafür, dass eine Aussage *nicht zutrifft*. Damit kann in Bezug auf das Skalenniveau von einer Likert-Skala gesprochen werden, was aus testtheoretischer Sicht Berechnungen auf Intervallskalenniveau zulässt (Bortz & Döring, 2015). Aus den neun Antworten wird ein Mittelwert gebildet, der auf den Schweregrad der Fatigue verweist. Studien konnten nachweisen, dass ein Mittelwert über 4 als Zeichen für eine erhöhte Fatigue gilt. Mittlerweile wird zudem davon ausgegangen, dass eine hohe Fatigue dann vorliegt, wenn ein FSS-9-Score über 5 festgestellt wird (Pfeffer, 2010).

Es konnten verschiedene Übersetzungen von *Fatigue* in unterschiedlichen deutschen/schweizerischen Varianten der FSS-9 identifiziert werden. Während die deutsche Version *Fatigue* mit *Erschöpfung* übersetzt, spricht die schweizerische Version von *Ermüdung*. In der vorliegenden Studie wurde auf die deutsche Übersetzung zurückgegriffen.

### 3.2.2 Multiple Sclerosis Impact Scale

Mittlerweile existiert eine Reihe von standardisierten Messinstrumenten zur Erfassung der gesundheitsbezogenen Lebensqualität. Dabei können generische Instrumente, die die HRQoL krankheitsübergreifend erfassen, von solchen Instrumenten unterschieden werden, die eine krankheitsspezifische Beurteilung der HRQoL erlauben (Patrick & Deyo, 1989). Letztere Instrumente haben den Vorteil gegenüber generischen Verfahren, dass sie sensitiver und valider im Hinblick auf krankheitsbedingte Veränderungen der Lebensqualität sind. Im Rahmen der Untersuchung wurde daher ein MS-spezifischer Fragebogen genutzt, um das Konstrukt der gesundheitsbezogenen Lebensqualität zu erfassen.

Die *Multiple Sclerosis Impact Scale* (MSIS-29) ist ein im Jahr 2001 entwickelter Fragebogen, der die gesundheitsbezogene Lebensqualität auf Grundlage zweier Subskalen bewertet. Die Skalen erfassen das subjektive Ausmaß MS-bedingter *physischer* und *psychischer* Auswirkungen auf das gesellschaftliche Leben der PmMS in den vergangenen zwei Wochen (Hobart, Lamping, Fitzpatrick, Riazi & Thompson, 2001). Einige Items beziehen sich zudem auch auf soziale Beeinträchtigungen (z.B.

Item 27: *Waren Sie in den letzten zwei Wochen davon abhängig, dass andere Dinge für sie erledigen?*). Diese werden bei der Auswertung jedoch zur Subskala der physischen Beeinträchtigung gezählt. Insgesamt besteht der physische Skalenwert aus 20 Items, während sich der psychische Skalenwert aus neun Items zusammensetzt.

Das Skalenniveau des MSIS-29 kann wie beim FSS-9 als intervallskaliert angenommen werden (Likert-Skala) und reicht von 1 bis 5. Der Wert 1 wird dann angenommen, wenn etwa die Frage danach, *wie schwer es in den letzten zwei Wochen fiel, körperlich anstrengende Dinge zu tun* (Item 1), mit *gar nicht* beantwortet wird. Für einen Wert von 5 hätte die gleiche Frage mit *sehr* beantwortet werden müssen (Wert 2: *ein bisschen*, Wert 3: *mäßig*, Wert 4: *ziemlich*). Ist der aus den kumulierten Werten abgeleitete Mittelwert niedrig, kann eine Interpretation dahingehend erfolgen, dass das Ausmaß der Beeinträchtigung (physisch bzw. psychisch) auf die HRQoL gering ausfällt; ist der errechnete Wert hoch, kann von einer schlechteren HRQoL ausgegangen werden.

Zur Auswertung des Fragebogens werden in der Regel beide Skalen separat betrachtet, da die beschriebenen Konstrukte, obgleich sie miteinander verbunden sind ( $r = 0,62$ ), zwei unterschiedliche sind. Aus klassischer testtheoretischer Sicht wäre auch eine Verwendung des Gesamtwerts des MSIS-29 zur Bewertung der HRQoL möglich. Neuere Studien sprechen sich jedoch für eine Verwendung der Subskalenwerte aus und raten davon ab, beide Skalen zu einem Gesamtwert zu kombinieren (Ramp, Khan, Misajon, & Pallant, 2009).

Insgesamt sind beide Skalen homogen und weisen eine gute interne Konsistenz auf (Cronbachs  $\alpha$  zwischen 0,87 – 0,96) (Hobart et al., 2001; McGuigan & Hutchinson, 2004; Riazi, Hobart, Lamping, Fitzpatrick, & Thompson, 2003).

Einsetzbar ist der Fragebogen sowohl in Querschnitts- als auch in Längsschnittstudien. Besondere Relevanz erfährt der MSIS-29 jedoch in (klinischen) Interventionsstudien zur Erfassung eines therapeutischen Effektes aus Sicht der Probandenperspektive.

### 3.2.3 Handkraftdynamometer

Zur Messung der Handkraft (bzw. Faustschlusskraft) hat sich in vielen Studien das Handkraftdynamometer bewährt (Abb. 5). Einige Untersuchungen konnten gute bis sehr gute Ergebnisse in Bezug auf dessen Reliabilität und Validität liefern (De Smet & Londers, 2003).

Das auf dem Funktionsprinzip der Hydraulik basierende Messsystem ist ausgestattet mit zwei ergonomisch angepassten Bügelgriffen, einem Druckmesser und einer (digitalen oder analogen) Anzeigeskala. Die Bügelgriffe ermöglichen eine Abstandsregulation, sodass diese an die Spannweite der Handphysiognomie angepasst werden kann. Da die Bügelgriffe aus Metallgussteilen gefertigt sind, ist es nicht möglich, diese durch Zusammendrücken zu bewegen. Der zu messende Wert wird aufgezeichnet, indem von einem im Inneren des Dynamometers befindlicher Manometer, den Druckanstieg in der Hydraulikflüssigkeit registriert (Merkle, Schrader, & Thomes, 2004). Die Aufzeichnung der isometrisch übertragenden Kraft wird je nach Einstellung in Kilogramm (kg), Newton (N) oder Pfund (lb) angezeigt (Jamar Hydrolic Hand Dynamometer User Instructions, 2004). Im Rahmen der Untersuchung wurden die ermittelten Werte der IG und KG in Kilogramm erfasst.

Das in der Untersuchung zur Anwendung gekommene Messsystem ist das Handdynamometer der Firma Jamar<sup>®</sup> mit digitaler Anzeige. Das industriell hergestellte Handkraftdynamometer ist jedoch Baugleich mit den Produkten anderer Hersteller (Mathiowetz, 2002). Die ermittelten Kraftwerte in Kilogramm ermöglichen eine Berechnung auf Verhältnisskalenniveau.



Abbildung 5. Handdynamometer mit analoger Anzeige (Jamar Hand Dynamometer User Instructions, 2004)

### 3.2.4 Multifunktionales Trainingsgerät S3 Check

Zur Erfassung des Gleichgewichts kommen seit vielen Jahren verschiedene sportmotorische oder klinische Tests zur Anwendung: der Tinetti-Test, ein- oder beidbeiniges Schwebestehen oder die oft gebrauchte Berg-Balance-Skala sind nur einige Beispiele. Auch wird die Gleichgewichtsfähigkeit verstärkt mit modernen Testsystemen wie Kraftmessplatten evaluiert.

Im Rahmen dieser Untersuchung ist ein Trainingsgerät der Firma *Trend Sport Trading GmbH* zur Anwendung gekommen (Abb. 6). Das multifunktionale Trainingsgerät S3 Check ist ein Testverfahren zur funktionalen Bewertung der *Körperstabilität* und *sensomotorischen Regulationsfähigkeit* im Stehen. Technisch betrachtet besteht das Gerät aus einer einachsigen gelagerten, instabilen Standplatte mit integriertem sensorgesteuertem Messwertaufnehmer. Die Standplatte ist bis zu 12° in beide Richtungen (links und rechts oder vor uns zurück) kippbar und misst einen Durchmesser von 53 cm. Im Rahmen der Untersuchung wurde die Drehachse unterhalb der Standplatte so angebracht, dass sie mit der Sagittalebene der Probanden übereinstimmt. Eine entsprechende Ausrichtung der Standplatte ist erforderlich, um Gleichgewichtsschwankungen rechts- und linksseitig zu provozieren.

Zur Erhebung von Parametern, die Rückschlüsse auf die Gleichgewichtsfähigkeit zulassen, misst das Testsystem die Bewegungen der Standfläche und errechnet aus deren Anzahl und Größe den Sensomotorikindex. Abweichungen von der horizontalen Plattenstellung werden außerdem im Symmetrieindex ausgedrückt. Beide Werte wiederum fließen in den Stabilitätsindex ein, der Aufschluss darüber gibt, inwieweit die Testperson in der Lage ist, ihre Körperhaltung zu kontrollieren und im Rahmen einer Gleichgewichtsaufgabe ruhig zu halten (Raschner et al., 2008).

Die Messwerte des Sensomotorikindex und Stabilitätsindex bewegen sich auf einer neunteiligen Skala, wobei 1,0 den Minimalwert (= am besten) darstellt und 8,0 den Maximalwert (= am schlechtesten). Das Skalenniveau entspricht dem einer Verhältnisskala, da von einem natürlichen Nullpunkt (0% bzw. 8,0) auszugehen ist (Bortz & Döring, 2015). Zusätzlich werden aus großangelegten Studien ( $n = 5000$ , 8 – 70 Jahre) ermittelte Normwerte genutzt, um in Abhängigkeit von Alter und Geschlecht einen entsprechenden Wert für die Testperson zu generieren (Raschner et al., 2008). Außerdem werden den ermittelten Werten Prozentwerte zugeordnet, wobei 100% für die Erfüllung des Normwerts steht.

Die Gütekriterien der Validität, Reliabilität und Objektivität wurden mit dem Korrelationskoeffizienten nach dem Intraclass-Correlation-Coefficient (ICC) ermittelt. Raschner et al. (2008) konnten aus den Ergebnissen schließen, dass sich bei der Mehrzahl der Parameter hohe bis sehr hohe Korrelationen ergaben.

Auf das bekannte Assessment der *Berg-Balance-Skala* wurde bewusst verzichtet. Wenngleich der Test als ausgezeichnete Skala zur Untersuchung und Dokumentation des Gleichgewichts bekannt ist, muss beachtet werden, dass eine einzelne Durchführung ca. 20 Minuten in Anspruch nimmt. Die Messung mittels *S3 Check* dauert demgegenüber ungefähr fünf Minuten und ist damit deutlich zeitökonomischer.



Abbildung 6. MFT S3-Check mit Haltevorrichtung  
([www.mft-company.com](http://www.mft-company.com))

### 3.2.5 Visuelle Analogskala zur Erfassung der Fatigue bzw. Lebensqualität

Neben den Fragebögen FSS-9 und MSIS-29 wurden zwei weitere Instrumente verwendet, um die möglichen Veränderungen der Fatigue und der (gesundheitsbezogenen) Lebensqualität zu erfassen. Die *Visuelle Analogskala* (VAS) ist eine Skala zur Messung von der subjektiven Einschätzung in Bezug auf angegebenes Merkmal. Sie ermöglicht, Empfindungen interventionsbegleitend zu quantifizieren. Zudem sind VAS

einfach zu verstehen und erfordern nur ein geringes Lesevermögen. Zusätzlich dazu, ist ein minimaler Zeitaufwand von Nöten, um eine VAS auszufüllen.

Die verwendeten Skalen der Studie beziehen sich auf die subjektive *Erschöpfung* (VAS-Fatigue) sowie auf den empfundenen *Gesundheitszustand* (VAS-Lebensqualität) zum Zeitpunkt der Bearbeitung der Skala.

Auf einer zehn Zentimeter langen, vertikal ausgerichteten Linie können Werte von 0 – 100 eingetragen werden; der Wert 100 wird auf der VAS-F dann markiert, wenn die *stärkste vorstellbare Erschöpfung* empfunden wird; der Wert 0, wenn die *geringste vorstellbare Erschöpfung* wahrgenommen wird. Bei der VAS-L hingegen steht der Wert 100 für den *besten vorstellbaren Gesundheitszustand* und der Wert 0 für den *schlechtesten empfundenen Gesundheitszustand*. Die Abstufungen der Werte erfolgen in Einerschritten.

Da die Werte der Skala zum Zeitpunkt des Ausfüllens für die IG sichtbar waren und nicht nachträglich quantifiziert wurden, ließe sich anstelle von einer *Visuellen Analogskala* auch von einer *Numerischen Rating-Skala* sprechen. Eine derartige Unterscheidung wird im Folgenden vernachlässigt und es wird stets von VAS-L bzw. VAS-F die Rede sein.

Pfeffer (2010) weist darauf hin, dass die VAS-F gute Übereinstimmungen mit den Werten aus der FSS-9 zeigt. Außerdem gelten Visuelle Analogskalen insgesamt als sensitiv genug, um schon kleine Veränderungen wahrzunehmen (Schomacher, 2008).

### 3.2.6 Allgemeiner Fragebogen

Der allgemeine Fragebogen, angelehnt an die Version von Kern (2014), umfasste Fragen zu krankheitsspezifischen Angaben, die teilweise in geschlossener Form sowie in offener Form beantwortet werden konnten. Dabei bezogen sich die Fragen vor allem auf Informationen, die für die Interventionsgestaltung als relevant gelten können, wie beispielsweise die sportliche Aktivität, die Teilnahme an anderen Therapiemaßnahmen oder zu beachtende Zusatzerkrankungen. Die erhobenen Daten wurden genutzt, um einen Überblick über die Teilnehmenden der Kletterintervention zu bekommen und um organisatorische Vorkehrungen zu treffen. Auf die aus den Daten resultierende Gruppencharakteristik wird im nächsten Abschnitt genauer eingegangen.

### 3.3 Beschreibung der Stichprobe

Als Basis für den experimentellen Teil der Studie wurde eine Stichprobe von 38 PmMS im Alter zwischen 29 und 62 Jahren ( $M = 44,9$  Jahre,  $SD = 8,4$  Jahre) rekrutiert. Die Interventionsgruppe war zu Beginn der Studie mit 23 PmMS im Vergleich zur Kontrollgruppe mit 15 PmMS um knapp 35% größer. Eine Fallzahlanalyse ist nicht erfolgt, insofern die verfügbaren Kapazitäten (Kletterhalle, Kletterzeiten, Betreuung) die Anzahl der Teilnehmenden der IG auf 25 Personen limitierten.

Die Rekrutierung der PmMS erfolgte auf unterschiedlichen Wegen: Nach Rücksprache mit der *Deutschen Multiple Sklerose Gesellschaft* (DMSG) konnte über deren Internetpräsenz eine Ausschreibung geschaltet werden, die auf das Projekt hinwies und Interessierten die Möglichkeit gab, mit der Studienleitung in Kontakt zu treten. Außerdem wurde an alle Mitglieder der DMSG-SH eine E-Mail (Newsletter) mit entsprechenden Informationen gesendet. Dadurch konnten bereits viele PmMS angesprochen werden (Der Jahresbericht der DMSG aus dem Jahr 2012 nennt eine Mitgliederzahl von 2.049 Personen) (DMSG Bundesverband e.V., 2012). Um eine noch größere Zahl von PmMS auf das Projekt aufmerksam zu machen, wurden weitere Interessierte über die neurologische Praxis des *Medizinischen Zentrums Altenholz* auf das Kletterprojekt hingewiesen. Außerdem wurde eine bereits in Kiel bestehende MS-Sportgruppe über das Projekt informiert.

Beide Gruppen, sowohl die Interventionsgruppe ( $M = 45,6$  Jahre,  $SD = 8,0$  Jahre) als auch die Kontrollgruppe ( $M = 43,9$ ,  $SD = 9,4$  Jahre) wurden der in der Literatur genannten, geschlechtsspezifischen Häufigkeitsverteilung der Krankheit gerecht. Während die IG mit 23 PmMS aus 18 Frauen und fünf Männern bestand, verteilten sich in der KG elf Frauen und vier Männer auf 15 PmMS (IG = 1:3,6; KG = 1:2,75).

*Tabelle 1.* Stichprobencharakteristik der IG und KG.

Kategorie	IG	KG
weiblich	18	11
männlich	5	4
Gesamt	23	15
Alter (M)	45,6 Jahre	43,9 Jahre
Alter (SD)	8 Jahre	9,4 Jahre

Um an der Kletterintervention teilnehmen zu können, wurden bestimmte Einschluss- und Ausschlusskriterien festgelegt: So wurden alle Teilnehmenden darauf aufmerksam gemacht, dass die Anreise sowohl zu den Messungen als auch zu den wöchentlichen Klettereinheiten selbständig erfolgen muss. Eine weitere Voraussetzung für die Teilnahme war, dass keine PmMS schwere kardiovaskuläre, pulmonale oder metabolische Störungen aufwies. Aus der Studie ausgeschlossen wurden diejenigen PmMS, bei denen während des Interventionszeitraums ein Schub stattfand oder, wenn zu viele Klettereinheiten verpasst worden sind (Ausschluss bei  $\leq$  acht Einheiten).

Um einen Vergleich der IG und KG in Bezug auf den Schweregrad der Behinderung zu ermöglichen, wurde auf die von Kurtzke (1983) entwickelte *Expanded Disability Status Scale* (EDSS) zurückgegriffen. Der auf einer Skala von 0 (keine Einschränkungen in allen funktionellen Systemen) bis 10 (Tod infolge MS) errechnete Skalenwert ergibt sich aus der Untersuchung von verschiedenen funktionellen Systemen wie etwa der Pyramidenbahn, dem Kleinhirn oder den Blasen- und Mastdarmfunktionen. Sofern ein aktueller EDSS im Arztbrief vermerkt worden war, wurde dieser Wert in die Berechnung aufgenommen. Einige PmMS der IG kannten zudem ihren EDSS-Wert und haben ihn im Fragebogen vermerkt. Der Vergleich der Gruppen ergab, dass die IG mit einem EDSS von 3,02 ( $n = 16$ ) knapp weniger eingeschränkt war als die KG (EDSS = 3,4,  $n = 8$ ) (Abb. 7). Beide (nicht vollständig erfassten) Gruppen sind damit im Mittel voll gehfähig mit mäßigen Einschränkungen (Flachenecker & Zettl, 2017b; Kurtzke, 1983).

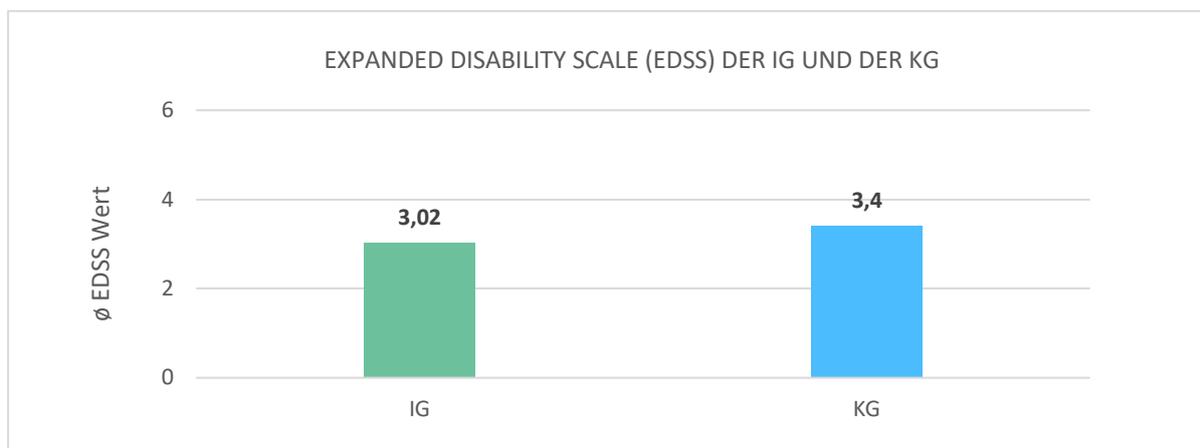


Abbildung 7. Mittelwertvergleich der EDSS-Werte der IG ( $n = 16$ ) und KG ( $n = 8$ ).

Aufgrund des allgemeinen Fragebogens, den lediglich die Interventionsgruppe vor Beginn der Klettereinheit eingereicht bekommen hat, beziehen sich die folgenden Informationen nur auf die IG.

Um einen ersten Überblick über die Teilnehmenden der Kletterintervention zu bekommen, wurden einige Fragen im Hinblick auf ihre sportliche Leistungsfähigkeit gestellt. Daraus konnte abgeleitet werden, dass sich acht von 23 PmMS regelmäßig sportlich betätigen; neun von 23 PmMS nehmen außerdem an regelmäßigen Therapiemaßnahmen teil. Im Umkehrschluss heißt das, dass 15 bzw. 14 PmMS nicht regelmäßig Sport treiben bzw. nicht in Therapiemaßnahmen involviert sind (Abb. 8).

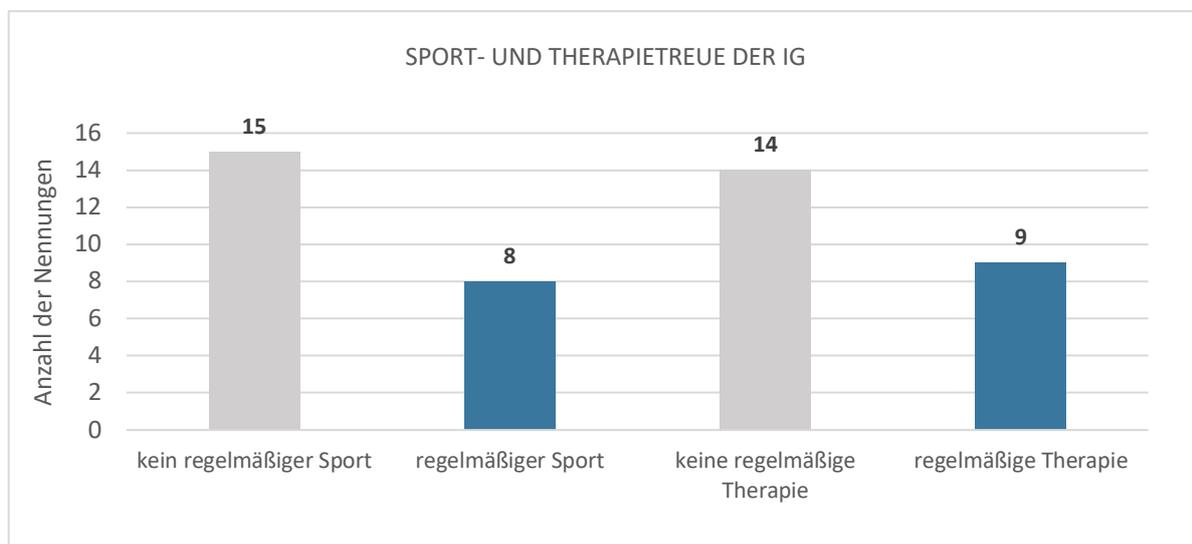


Abbildung 8: Sport- und Therapietreue der IG.

Bei der Wahl der Sportarten wurde Radfahren und Gymnastik am häufigsten genannt (fünf Nennungen). Mit vier Nennungen steht das Fitnessstudio an zweiter Stelle, gefolgt von Klettern (zwei Nennungen), Reiten, Kanu, Surfen, Segeln und Schwimmen (jeweils eine Nennung). Zu beachten ist, dass die Teilnehmenden mehrere Sportarten nennen konnten. Bei den Angaben zur Teilnahme an regelmäßigen alternativen Therapien ergab sich ein ähnliches Bild: Krankengymnastik/Physiotherapie wird mit fünf Nennungen am häufigsten durchgeführt, während mit jeweils einer Nennung auf die Teilnahme an ergotherapeutischen, psychotherapeutischen und kunsttherapeutischen Maßnahmen hingewiesen wurde. Auch eine Sonderform der physio- und ergotherapeutischen Behandlung wurde genannt: Das Behandlungskonzept der Propriozeptiven Neuromuskulären Fazilitation.

Neben der sportlich-therapeutischen Partizipation der Teilnehmenden wurde auch die Alltagsaktivität erfragt. Die Angaben in Form von Aussagen zur maximal möglichen Gehstrecke waren mitentscheidend für die Einteilung der Kleingruppen. Außerdem konnte in Absprache mit den Verantwortlichen des Hochschulsports, für diejenigen PmMS, die Probleme beim Treppensteigen haben, ein einfacher Zugang zur Kletteranlage organisiert werden. Insgesamt gab die Mehrzahl der Teilnehmenden ( $n = 14$ ) an, weitere Strecken als 500 m ohne Hilfsmittel absolvieren zu können. Vier PmMS hingegen konnten maximal 500 m ohne Hilfsmittel gehen. Ebenfalls ohne Hilfsmittel ausgekommen sind zwei weitere PmMS, allerdings auf einer geringeren Strecke von 300 m bzw. 100 m. Angewiesen auf eine einseitige Unterstützung war eine PmMS bei einer Strecke von 100 m. Zwei PmMS würden lediglich 20 m bzw. wenige Schritte gelingen (Abb. 9). Das Überwinden von Treppenstufen ist vier PmMS nicht oder nur schwer möglich, weshalb der Aufzug des *Sportinstituts für Sportwissenschaft* zur Erreichung der Halle genutzt wurde.

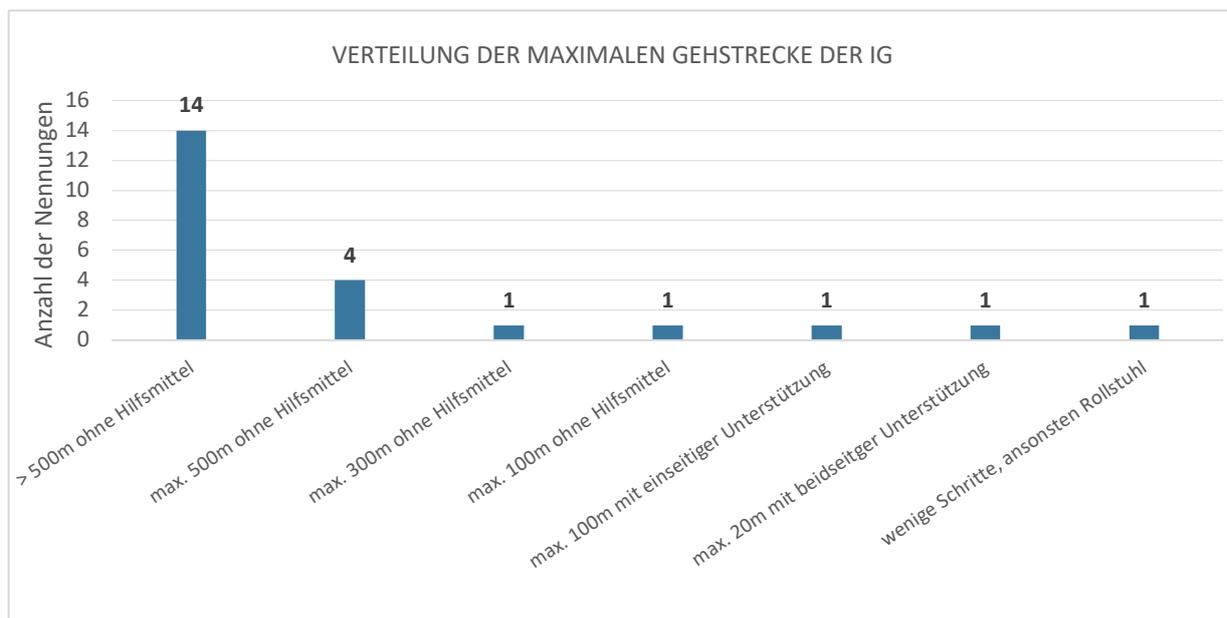


Abbildung 9. Verteilung der maximalen Gehstrecke der IG.

Um ein noch differenzierteres Bild der Interventionsgruppe zu bekommen, wurden die Teilnehmenden gebeten, sowohl die mit der Krankheit in Verbindung stehenden Symptome anzugeben als auch auf vorhandene Zusatzerkrankungen hinzuweisen. Es zeigte sich, dass eines der häufigsten Symptome der IG mit den Ergebnissen der Literaturrecherche übereinstimmte. Insgesamt gaben 19 von 23 PmMS (82%) an, dass sie unter Fatigue leiden. Häufiger wurden lediglich Sensibilitätsstörungen in den Füßen

und Beinen genannt (20 Nennungen, 89%). Weitere Symptome wurden wie folgt angegeben: Gangunsicherheit (70%), Gleichgewichtsstörungen (61%), Blasen- und Darmstörungen (57%), Kraftlosigkeit und Sensibilitätsstörungen in den Händen und Armen (52%), Spastiken und Konzentrationsstörungen (42%), Feinmotorik und Ataxie (39%), Depressionen (30%), Sexualfunktionsstörungen (26%) sowie Stürze (17%) und andere Symptome (9%) (Abb. 10). Begleiterkrankungen gaben zehn PmMS (23%) an, die jedoch nicht zu einem Ausschluss von der Studie geführt haben.

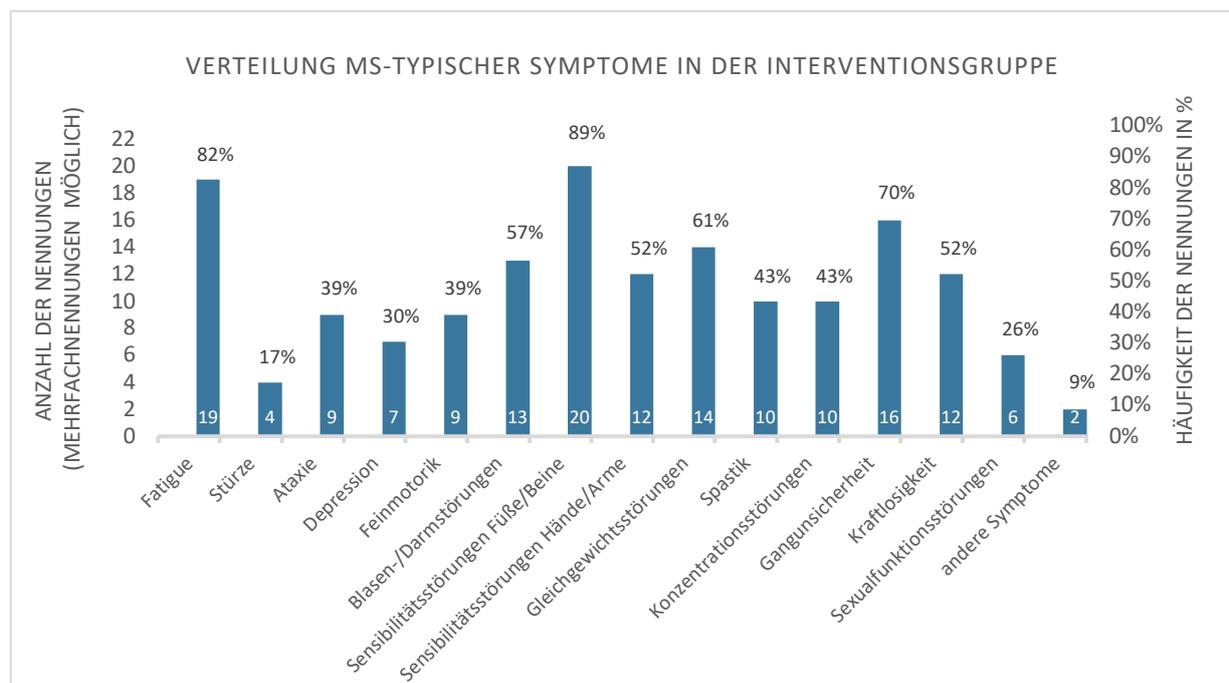


Abbildung 10. Verteilung MS-typischer Symptome in der IG.

Trotz der genannten Einschränkungen waren 16 PmMS (69,6%) aus der IG arbeitsfähig. Die übrigen sieben Teilnehmer\*innen (30,4%) gaben an, einer Arbeit nicht mehr nachgehen zu können. In Bezug auf die verschiedenen Verlaufsformen der MS, konnte festgestellt werden, dass sieben PmMS an einer progredient-relapsierenden MS erkrankt sind. Sechs Teilnehmende gaben an, eine relapsierend-remittierende MS zu haben, während bei vier PmMS eine sekundär-progrediente Verlaufsform diagnostiziert wurde. Bei weiteren sechs Teilnehmenden war die Verlaufsform zum damaligen Zeitpunkt nicht bestimmbar (Abb. 11).

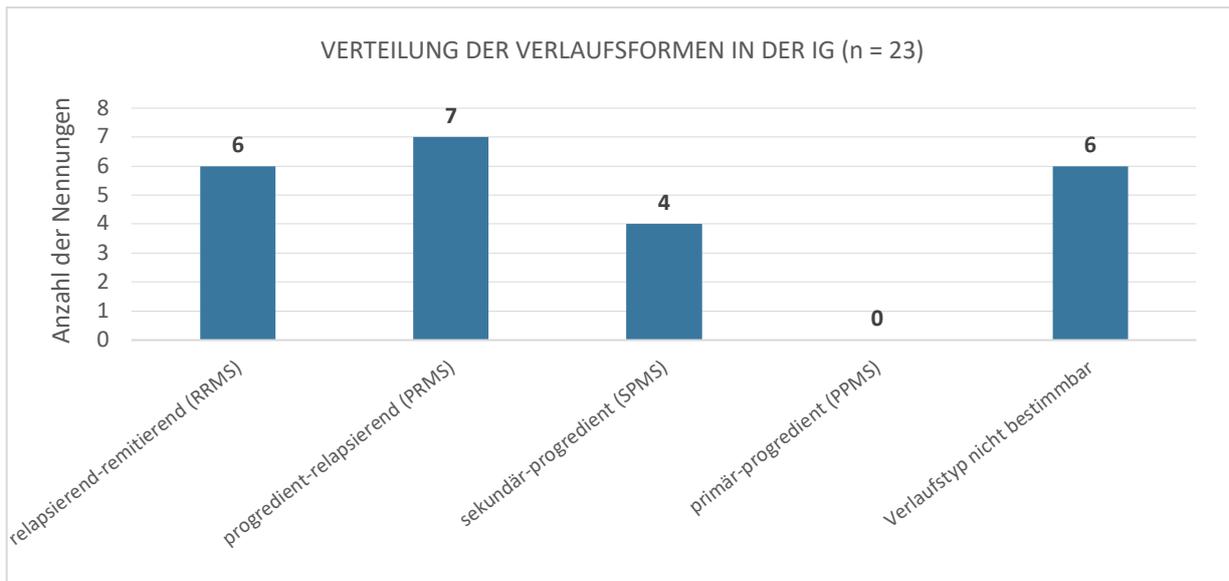


Abbildung 11. Verteilung der Verlaufsformen der Multiplen Sklerose in der IG.

Im Hinblick auf die Angaben zur Krankheitsaktivität berichteten elf PmMS von einer *aktiven* Form der MS während ebenfalls elf Patienten ihren MS-Status als *passiv* bezeichneten (eine PmMS machte keine Angaben). Als *aktiv* galt die Krankheit, wenn in den vergangenen zwei Jahren zwei oder mehr Schübe aufgetreten sind. Von einer *passiven* Krankheitsaktivität kann gesprochen werden, wenn Schübe in den vergangenen zwei Jahren weniger als zwei Mal vorgekommen sind. Im Durchschnitt wurden in der IG in den vergangenen fünf Jahren 3,3 Schübe festgestellt, was eine durchschnittliche Schubrate von 0,66 Schüben pro Jahr bedeutet. Damit liegt der Wert innerhalb des in der Literatur angegebenen Durchschnittswerts von 0,5 – 0,8 Schüben pro Jahr (Flachenecker & Zettl, 2017b). Ist ein Schub ausgebrochen, hat dieser im Mittel etwa 15 Tage angehalten. Diese Angabe bezieht sich jedoch lediglich auf Aussagen von 14 PmMS. Sie liegt unter den Angaben aus der Literatur, die auf eine durchschnittliche Rückbildungszeit eines Schubes von einem bis zwei Monaten verweist (Flachenecker & Zettl, 2017b).

Im Verlauf der Klettereinheit mussten insgesamt sieben PmMS aus der Studie ausgeschlossen werden. Die Gründe für einen Ausschluss waren unterschiedlich: zwei PmMS bewerteten das Klettern als ‚zu anstrengend‘ bzw. als ‚nicht durchführbar‘ (aufgrund zu starker Einschränkungen). Drei weitere PmMS mussten aufgrund eines Infektes, eines Schubes bzw. eines gebrochenen Beines (der nicht im Rahmen der Intervention herbeigeführt wurde) das Kletterprogramm abbrechen. Zwei weitere Teil-

nehmende haben die erforderliche Anzahl von acht Einheiten aufgrund organisatorischer Gründe nicht einhalten können. Damit konnten die erhobenen Werte von 16 PmMS der IG in die statistische Analyse einfließen. Bei der KG sind insgesamt drei Teilnehmende nicht zum zweiten Messtermin erschienen. Einer PmMS war es aufgrund von fortgeschrittenen Symptomen in Folge eines Schubes nicht möglich zu kommen. Weitere zwei PmMS reagierten nicht auf Mails und konnten auch telefonisch nicht erreicht werden. Damit gehen die Daten von zwölf PmMS der KG in die statistische Analyse ein. Auf die relativ hohe Drop-Out-Rate (~ 30%) in der IG wird noch eingegangen (s. Kap. 5).

### 3.4 Untersuchungsdurchführung

Die Durchführung der Untersuchung kann in zwei Teile gegliedert werden: *erstens* in den Teil der Datenerhebung und *zweitens* in den Teil der experimentellen Praxis.

Die Erhebung der Daten erfolgte in der sportmedizinischen Abteilung des *Instituts für Sportwissenschaft der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel*. Der Standort war insofern von Vorteil, als die notwendigen Testsysteme wie das *MFT S3 Check* und das *Jamar Handdynamometer* bereitgestellt werden konnten. In einem für entsprechende Untersuchungen vorgesehenen Messraum konnte zudem garantiert werden, dass die räumlichen Bedingungen bei jeder Messung identisch waren. Dies führte dazu, dass Störvariablen wie Geräusche, Lichtverhältnisse oder Erwartungshaltungen anderer (z.B. durch Zuschauer) ausgeschlossen bzw. konstant gehalten werden konnten. Es kann angenommen werden, dass dadurch die interne Validität der Erhebung größer wird. Das heißt, dass die Eindeutigkeit, mit der das Untersuchungsergebnis inhaltlich auf die Hypothesen bezogen werden kann, steigt (Bortz & Döring, 2015).

Die Erhebungen der Gleichgewichtsfähigkeit und der Handkraft haben nacheinander stattgefunden. Zudem haben die PmMS die Untersuchungen alleine durchgeführt; einzig der Studienleiter war noch anwesend. Pro Untersuchung wurde eine Erhebungsdauer von 15 – 30 Minuten angenommen, da es den PmMS freigestellt war, ob sie die vorab versendeten Fragebögen zu Hause oder im Institut auszufüllen. Für das Ausfüllen der Fragebögen im Institut wurden die Teilnehmenden alleine gelassen, mit dem Hinweis, dass sie sich genügend Zeit nehmen sollten. Die Daten aller Teilnehmenden der IG und KG wurden innerhalb einer Woche am Institut ermittelt (mit Ausnahme von

zwei PmMS, deren Daten bereits zwei Wochen vor Interventionsstart erhoben wurden). Der Zeitpunkt der einzelnen Messungen variierte innerhalb der Zeitspanne eines Tages (8:00 Uhr bis 18:00 Uhr).

Im Folgenden soll das Vorgehen beim Gleichgewichtstest mittels *S3 Check* und das Erfassen der Handkraft mittels *Jamar Handdynamometer* explizit erläutert werden.

Zu Beginn der Gleichgewichtsuntersuchung wurde das *S3 Check* Testsystem so aufgestellt, dass die Teilnehmenden während der Messung auf einen neutralen Punkt schauen konnten, der keine Ablenkungsmöglichkeiten bot. Zudem war das Gerät mit zusätzlichen Stützhilfen (Geländer) ausgestattet. Bevor die Analyse der Gleichgewichtsfähigkeit begann, wurden die Testpersonen gebeten, das Gerät ohne Schuhe zu benutzen. Außerdem bekamen sie die Info, dass die Arme bzw. Hände während der Messung nicht mit dem Geländer in Kontakt kommen dürfen, die Augen geöffnet und der Blick nach vorne gerichtet werden soll. Bei der Wahl der Standfläche wurde darauf geachtet, dass sich die großen Zehen der PmMS an der vierten Linie auf dem Raster des Kippbretts ausrichten. Außerdem wurden die Teilnehmenden über die Dauer und die Pausen der Testung informiert. Jeder PmMS hatte demnach die Chance, zwei Messungen mit einer Dauer von jeweils 30 Sekunden durchzuführen. Zwischen den zwei Messungen fand eine Pause von 15 Sekunden statt. Zusätzlich dazu wurden die PmMS gebeten, sich für zwei Minuten mit dem instabilen Brett vertraut zu machen und auszuprobieren, wie es sich anfühlt, von einer Seite auf die andere zu kippen. Dieser Schritt sollte vermeiden, dass die Teilnehmenden während der Messung reflexartig das Geländer zu Hilfe nehmen und der Test nicht gewertet werden dürfe. Im Fall einer Abweichung der Testwerte von der ersten zur zweiten Messung wird der schlechtere Durchgang nicht gewertet und automatisch Werte des besseren Durchgangs angezeigt. Auch diese Information wurde den Teilnehmenden mitgeteilt. Dadurch konnte vermieden werden, dass sogenannte ‚Ausreißer‘ nicht zu einer verzerrten Ergebnisdarstellung beitragen. Während der Messung wurde vom Studienleiter lediglich der Hinweis gegeben, wann die zweite Messung beginnt. Die Messung war beendet, nachdem insgesamt zwei Durchgänge mit einer Zeitdauer von jeweils 30 Sekunden durchgeführt worden sind.

Die Messung der Handkraft mittels *Jamar Hand-Dynamometrie* wurde ebenfalls unter standardisierten Bedingungen durchgeführt. Hierfür wurden die PmMS gebeten, sich auf einem Stuhl mit fester Rückenlehne und ohne Armstützen zu platzieren. Den

PmMS wurde das Handkraftdynamometer vorgestellt und in die Hand gegeben. Die Kalibrierung des Messensors erfolgte vor jeder Messung durch den Studienleiter. Das Messen der Handkraft erfolgte zudem abwechselnd und wiederholte sich zwei Mal; Der bessere Versuch pro Seite wurde notiert. Außerdem wurde stets mit der rechten Hand begonnen. Zwischen den Messungen erhielten die Teilnehmenden eine Pausenzeit von etwa einer Minute. In dieser Zeit fand sowohl der Gerätwechsel in die neue Hand als auch die Kalibrierung statt. Um die PmMS möglichst einheitlich zu motivieren, ihre maximale Kraft einzusetzen, wurde in jedem Durchgang auf die gleiche Ansprache geachtet („Los, ... fester, fester, ... und fester ... und Stopp“). Das Aufbringen der maximalen isometrischen Kraft dauert pro Messung ca. 3 Sekunden. Wie in Kapitel 3.2.4 erwähnt wurde, ermöglicht der Aufbau des Handdynamometers eine Abstandsregulation in Abhängigkeit der Handphysiognomie der Testpersonen. Das Einstellen der Bügelgriffe ermöglicht somit fünf verschiedene Positionen. Daraus können folgende Abstände zwischen dem festen Bügelgriff des Dynamometers und dem verstellbaren Bügelgriff resultieren: Position 1 (3,5 cm); 2 (4,8 cm); 3 (6,1 cm); 4 (7,4 cm) und 5 (8,7 cm). In mehreren Studien, in denen eine Handkraftmessung mittels Hand-Dynamometrie durchgeführt wurde, sind die Einstellungen des Geräts unterschiedlich zur Anwendung gekommen. Während einige Studien die Position der Bügel in Abhängigkeit der Handspannweite, des Alters oder des Geschlechts einstellten, führten andere Studien die Messungen mit einer einheitlichen Bügelposition durch. Aufgrund der unterschiedlichen Herangehensweise bezüglich der Testanleitung, widmete sich eine Studie dem Ziel, die optimale Bügelposition zu identifizieren, welche für alle Personen gleichermaßen genutzt werden kann, um die maximale Greifkraft zu messen (Trampisch, Franke, Jedamzik, Hinrichs, & Platen, 2012). Das Ergebnis der Untersuchung zeigt, dass die Bügelposition 2 (4,8 cm), diejenige Position darstellt, welche (ohne Anpassung der Bügeleinstellung auf die einzelne Testperson) am besten die maximale Greifkraft erfasst. Dementsprechend wurde auch im Rahmen der Untersuchung auf eine individuelle Bügeleinstellung verzichtet und alle Messungen mit einem Bügelabstand von 4,8cm durchgeführt.

Im Hinblick auf besondere Vorkommnisse während der Messungen soll erwähnt werden, dass es bei insgesamt drei PmMS aus beiden Gruppen Probleme gab, die Messung mittels *S3 Check* standardisiert durchzuführen. Zwei Teilnehmenden der IG ist es aufgrund starker Unsicherheiten erlaubt worden, ihre Schuhe während der Messung

anzubehalten. Eine Person aus der KG musste im Pretest bei beiden Durchgängen auf der Gleichgewichtsplatte das Geländer zur Hilfe nehmen, um nicht zu fallen. Da diejenige PmMS zu den Drop-Outs zählt, ist dies für die inferenzstatistische Analyse nicht von Bedeutung gewesen. Allerdings scheint der Körperstabilitätstest mittels *S3 Check* für Personen mit starken Gleichgewichtseinschränkungen aufgrund der hohen motorischen Anforderungen eher ungeeignet zu sein.

Der experimentelle Teil der Studie umfasst den Aufbau und die inhaltliche Gestaltung der zehnwöchigen Klettereinheit. Ort der Intervention war die Indoor-Kletterhalle im Sportzentrum der Universität Kiel. Diese ist mit einer sieben Meter hohen Kletterwand und unterschiedlich schwer zu kletternden Routen ein geeigneter Ort für eine Kletterintervention mit Seilsicherung. Da die Kletterhalle für Mitglieder des Hochschulsports angelegt ist, finden sich in der Halle auch schwierigere Routen, die sich an klettererfahrene Sportler\*innen richten. Um zu gewährleisten, dass auch PmMS im Verlauf der Zeit andere Routen als die Anfängerrouten klettern können und so eine größere Abwechslung geschaffen wird, wurden einige zusätzliche Griffe angebracht. Diese haben den Routenverlauf anderer Routen nicht verändert, da sie sich farblich abgegrenzt haben.

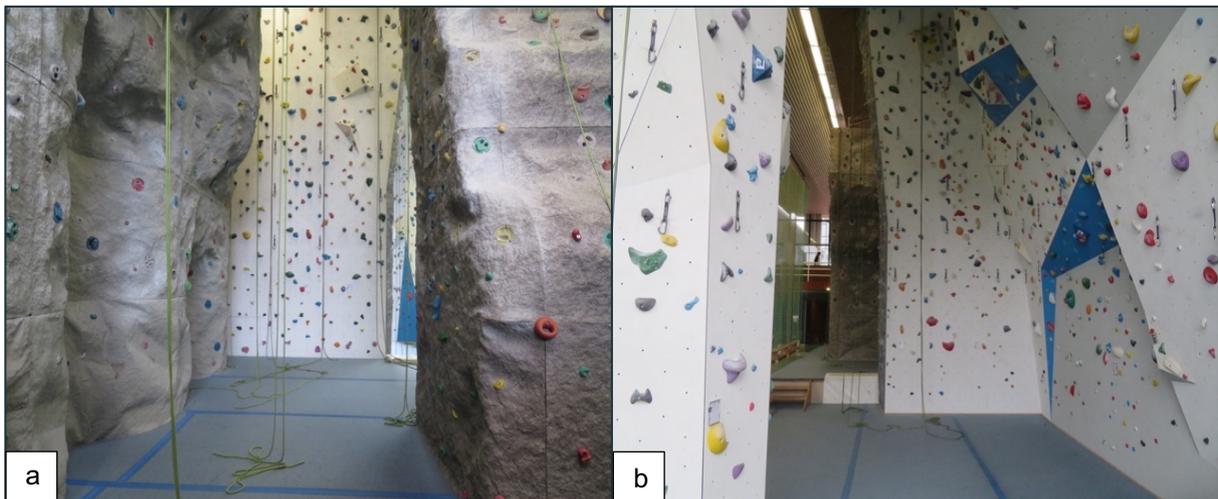


Abbildung 12. Kletterhalle der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, a) alter Bereich, b) neuer Bereich.

Da sich die Ausschreibung sowohl an Personen richtet an, die keine (sichtbaren) Einschränkungen haben und an Personen, die auf eine Gehhilfe oder einen Rollstuhl angewiesen sind, ist die Angabe eines Betreuungsschlüssels nur gruppenspezifisch

zu beantworten. Für die ersten drei Einheiten wurde trotz der geringen Gruppengröße eine zweite Betreuungsperson mit Klettererfahrung und sportwissenschaftlicher Ausbildung für eine effiziente und sichere Einführung hinzugezogen. Inhalt der ersten Einheiten war in erster Linie das Kennenlernen der Gruppe, die Vermittlung von Materialkenntnissen und das Ausprobieren von ersten klettertypischen Bewegungen. Die Gliederung einer einzelnen Stunde verlief meist wie folgt: 1. Vermittlung theoretischer Kenntnisse, 2. Aufwärmen, 3. Einbouldern, 4. Klettern am Seil, 5. Abschluss (Cool-Down, Verabschiedung).

Die Einheiten wurden thematisch so aufgebaut, dass den didaktischen Prinzipien (vom Leichten zum Schweren, vom Einfachen zum Komplexen etc.) Beachtung geschenkt werden konnte. Während es in den ersten drei Einheiten um Basiskenntnisse des Kletterns (Material, Sicherungstechnik etc.) und um den Aufbau einer vertrauensstiftenden Atmosphäre ging, konnten die weiteren sieben Einheiten genutzt werden, um kletterspezifische Techniken zu erproben. Einheit vier und fünf widmeten sich im Besonderen der präzisen Greif- und Tritttechnik, wohingegen in der sechsten und siebten Einheit die Verlagerung des Körperschwerpunktes (Technik ‚Eindrehen‘) im Vordergrund stand. Diese kletterspezifischen Bewegungen können einerseits als fertigkeitsspezifische Fähigkeiten verstanden werden. Andererseits kann das nötige Bewegungsrepertoire beim Klettern auch als fertigkeitsübergreifende Fähigkeit gesehen werden, da Kletterbewegungen leicht auf Bewegungen aus dem Alltag übertragen werden können. So liefert das kletterspezifische Training des Steigens (Bein heben und auf neuen Tritt setzen, Gewichtsverlagerung) einen übertragbaren Trainingseffekt auf das Treppesteigen im Alltag (siehe Kap. 2.5.3). In der achten und neunten Einheit war das Ziel, die Kenntnisse der vergangenen Stunden zu nutzen, um dynamische Kletterbewegungen auszuführen und einen ‚flüssigen‘ Bewegungsablauf zu ermöglichen. In der letzten Einheit wurde den PmMS Raum gegeben, um persönliche Ziele (unvollendete Routen) abzuschließen. Es wurde kein thematischer Schwerpunkt gesetzt. Zu beachten ist, dass sich das konkrete Vorgehen immer an den individuellen Möglichkeiten der Teilnehmenden orientierte und geplante Inhalte teilweise nicht oder später ausprobiert wurden. Ein Überblick über die geplanten Inhalte der einzelnen Stunden findet sich im Anhang.

Bei einer zur Verfügung stehenden Zeit von zwei Stunden hat sich gezeigt, dass jede PmMS durchschnittlich vier Routen pro Einheit geklettert ist. Das entspricht einer Nettokletterzeit von ca. 25-30 Minuten. Gerade zu Beginn der Intervention, erfordert das

Binden des Sicherungsknotens und dessen Kontrolle mittels Partnercheck viel Zeit, weshalb in den ersten Stunden weniger geklettert wurde. Zum Ende der Intervention ist es einigen Personen teilweise gelungen, Routen bis zu sieben Mal durchzusteigen. Unabhängig von der zeitlichen Limitierung pro Einheit, war es vielen Teilnehmenden jedoch auch körperlich nicht möglich, mehr als vier Routen zu klettern.

Da Klettern eine Sportart darstellt, die nur mit Hilfe einer geeigneten Ausrüstung durchführbar ist, wurde den Teilnehmenden das vorhandene Material des Hochschulsports bereitgestellt: Seil, Kletterschuhe, Gurt, Sicherungsgerät und Karabiner waren somit vorhanden.



Abbildung 13. Klettermaterial: a) Klettergurt, b) Kletterschuhe, c) HMS-Karabiner, d) Smart-Sicherungsgerät.

Als Sicherungsgerät wurde auf den *Smart* vom Hersteller *Mammut* zurückgegriffen. Das Sicherungsgerät ist kein klassischer Halbautomat, sondern wird als handkraftunabhängiger Bremskraftverstärker bezeichnet. Er basiert auf einem einfachen Funktionsprinzip und wirkt bei viel Reibung im Seilverlauf selbstblockierend. Ohne Bremsband hat das Gerät eine Bremskraft von 60 – 80 kg. Mit Bremsband am Seil ist jeder Sturz gut zu halten. Bei der Konstruktion des Gerätes wurde zudem auf eine intuitive Bedienung und auf menschliche Reflexe geachtet, was dem Gerät aktuell die größte Sicherheitsreserve liefert. Die für das Gerät erforderlichen HMS-Karabiner wurden von der Studienleitung bereitgestellt (DMM Belay Master und Mammut HMS Smart). Gesichert wurde nicht von allen PmMS gleichermaßen. Diejenigen, die größere Stabilitätsprobleme im Stehen aufwiesen, sind lediglich geklettert. Weniger eingeschränkte

PmMS konnten nach Absprache mit der Übungsleitung selbst sichern. Bevor jedoch mit Seilsicherung geklettert wurde, hat sich die Gruppe aufgewärmt und ist in Absprunghöhe gebouldert. Da die Absprunghöhe bei PmMS sehr unterschiedlich ist, ist diese Art des Warmkletterns nicht allen PmMS möglich gewesen. Dementsprechend musste bei manchen PmMS das Aufwärmen bereits mit Seilsicherung erfolgen. Um den Teilnehmenden in der kletterfreien Zeit die Möglichkeit zu geben, sich zu regenerieren, wurde eine Bank in der Halle bereitgestellt.

Insgesamt hat sowohl die Durchführung der Tests und Fragebögen als auch die Kletterintervention selbst, abgesehen von den erwähnten Einschränkungen (S3 Check teilweise motorisch zu komplex und Bouldern nicht von allen PmMS durchführbar) ohne weitere Vorkommnisse erfolgen können.

Zum Abschluss des Kapitels soll noch auf das Auswertungsverfahren hinsichtlich der Daten eingegangen werden. Zuvor sollen jedoch die in Kapitel 2.7 abgeleiteten Forschungshypothesen operationalisiert werden.

### **3.5 Operationalisierung der Forschungshypothesen**

Die Grundlage der Operationen bildete der theoretische Hintergrund. Auf ihm fußt die Annahme, dass vermittels der gewählten Instrumente der zu messende Sachverhalt, z.B. die Verbesserung der Gleichgewichtsfähigkeit, erfasst werden kann. Die begriffliche Standardisierung durch die Angabe von Operationen ist insofern notwendig als auch andere operationale Definitionen zur Erfassung des Sachverhaltes (z.B. der gesundheitsbezogenen Lebensqualität) herangezogen werden könnten (Bortz & Döring, 2015).

Die Hypothesen 1 - 4 beziehen sich auf einen Unterschied *innerhalb* der IG von Pre- zu Posttest während die Hypothesen 5 - 8 einen Unterschied *zwischen* IG und KG annehmen. Die  $H_1$  stellt die Alternativhypothese dar, während die  $H_0$  als Nullhypothese bezeichnet wird.

**Hypothese 1(a, b)**

Der Mittelwert der *Fatigue Severity Scale* (FSS-9) sowie der *Visuellen Analogskala* (VAS-F) reduziert sich in der IG von Pre- zu Posttest.

$$H_{0, 1a} = \mu_{\text{FSS-9 (Pre, IG)}} \leq \mu_{\text{FSS-9 (Post, IG)}}$$

$$H_{1, 1b} = \mu_{\text{FSS-9 (Pre, IG)}} > \mu_{\text{FSS-9 (Post, IG)}}$$

$$H_{0, 1a} = \mu_{\text{VAS-F (Pre, IG)}} \leq \mu_{\text{VAS-F (Post, IG)}}$$

$$H_{1, 1b} = \mu_{\text{VAS-F (Pre, IG)}} > \mu_{\text{VAS-F (Post, IG)}}$$

**Hypothese 2 (a, b, c)**

Der Mittelwert der physischen bzw. psychischen Skala der *Multiple Sclerosis Impact Scale* (MSIS-Phy bzw. MSIS-Psy) sowie der *Visuellen Analogskala* (VAS-L) unterscheidet sich in der IG von Pre- zu Posttest.

$$H_{0, 2a} = \mu_{\text{MSIS-PHY (Pre, IG)}} = \mu_{\text{MSIS-PHY (Post, IG)}}$$

$$H_{1, 2a} = \mu_{\text{MSIS-PHY (Pre, IG)}} \neq \mu_{\text{MSIS-PHY (Post, IG)}}$$

$$H_{0, 2b} = \mu_{\text{MSIS-PSY (Pre, IG)}} = \mu_{\text{MSIS-PSY (Post, IG)}}$$

$$H_{1, 2b} = \mu_{\text{MSIS-PSY (Pre, IG)}} \neq \mu_{\text{MSIS-PSY (Post, IG)}}$$

$$H_{0, 2c} = \mu_{\text{VAS-L (Pre, IG)}} = \mu_{\text{VAS-L (Post, IG)}}$$

$$H_{1, 2c} = \mu_{\text{VAS-L (Pre, IG)}} \neq \mu_{\text{VAS-L (Post, IG)}}$$

**Hypothese 3**

Der Mittelwert der gemessenen *Handkraft* (HK) der IG, erfasst mittels *Jamar-Hand-dynamometer*, vergrößert sich von Pre- zu Posttest.

$$H_{0, 3} = \mu_{\text{HK (Pre, IG)}} \geq \mu_{\text{HK (Post, IG)}}$$

$$H_{1, 3} = \mu_{\text{HK (Pre, IG)}} < \mu_{\text{HK (Post, IG)}}$$

**Hypothese 4 (a, b)**

Die Mittelwerte der *Sensomotorik* (SENSO) bzw. *Stabilität* (STAB) der IG, erfasst mittels *S3 Check*, unterscheiden sich von Pre- zu Posttest.

$$H_{0, 4a} = \mu_{\text{SENSO (Pre, IG)}} = \mu_{\text{SENSO (Post, IG)}}$$

$$H_{1, 4a} = \mu_{\text{SENSO (Pre, IG)}} \neq \mu_{\text{SENSO (Post, IG)}}$$

$$H_{0, 4b} = \mu_{\text{STAB (Pre, IG)}} = \mu_{\text{STAB (Post, IG)}}$$

$$H_{1, 4b} = \mu_{\text{STAB (Pre, IG)}} \neq \mu_{\text{STAB (Post, IG)}}$$

**Hypothese 5**

Die Mittelwerte der *Fatigue Severity Scale* (FSS-9) der IG sind im Vergleich mit den Deltawerten der KG reduziert.

$$H_{0,5} = \mu_{\delta \text{ FSS-9 (IG)}} \geq \mu_{\delta \text{ FSS-9 (KG)}}$$

$$H_{1,5} = \mu_{\delta \text{ FSS-9 (IG)}} < \mu_{\delta \text{ FSS-9 (KG)}}$$

**Hypothese 6 (a, b)**

Die Mittelwerte der physischen und psychischen Skalen der *Multiple Sclerosis Impact Scale* (MSIS-PHY bzw. MSIS-PSY) unterscheiden sich in der IG von der KG.

$$H_{0,6a} = \mu_{\delta \text{ MSIS-PHY (IG)}} = \mu_{\delta \text{ MSIS-PHY (KG)}}$$

$$H_{1,6a} = \mu_{\delta \text{ MSIS-PHY (IG)}} \neq \mu_{\delta \text{ MSIS-PHY (KG)}}$$

$$H_{0,6b} = \mu_{\delta \text{ MSIS-PSY (IG)}} = \mu_{\delta \text{ MSIS-PSY (KG)}}$$

$$H_{1,6b} = \mu_{\delta \text{ MSIS-PSY (IG)}} \neq \mu_{\delta \text{ MSIS-PSY (KG)}}$$

**Hypothese 7**

Die Mittelwerte der gemessenen *Handkraft* (HK) der IG, erfasst mittels *Jamar-Hand-dynamometer*, sind im Vergleich mit den Deltawerten der KG erhöht.

$$H_{0,7} = \mu_{\delta \text{ HK (IG)}} \leq \mu_{\delta \text{ HK (KG)}}$$

$$H_{1,7} = \mu_{\delta \text{ HK (IG)}} > \mu_{\delta \text{ HK (KG)}}$$

**Hypothese 8 (a, b)**

Die Mittelwerte der *Sensomotorik* (SENSO) bzw. der *Stabilität* (STAB), erfasst mittels *S3 Check*, unterscheiden sich in der IG von der KG.

$$H_{0,8a} = \mu_{\delta \text{ SENSO (IG)}} = \mu_{\delta \text{ SENSO (KG)}}$$

$$H_{1,8a} = \mu_{\delta \text{ SENSO (IG)}} \neq \mu_{\delta \text{ SENSO (KG)}}$$

$$H_{0,8b} = \mu_{\delta \text{ STAB (IG)}} = \mu_{\delta \text{ STAB (KG)}}$$

$$H_{1,8b} = \mu_{\delta \text{ STAB (IG)}} \neq \mu_{\delta \text{ STAB (KG)}}$$

### 3.6 Datenverarbeitung und -auswertung

Die Auswertung der Daten erfolgte durch die Statistiksoftware SPSS (Version 24) und Microsoft Office Excel (Version 16.10). Bevor die inferenzstatistische Datenanalyse erfolgte, wurde mittels Shapiro-Wilk-Test auf Normalverteilung geprüft, sowie anhand des Levene-Tests eine Überprüfung der Varianzhomogenität durchgeführt. Einige ausgewählte Ergebnisse wurden u.a. deskriptiv durch verschiedene Diagramme veranschaulicht.

Bei Normalverteilung der Daten konnte der Intragruppenvergleich mit Hilfe des t-Tests für abhängige Stichproben durchgeführt werden. Darüber hinaus wurde auch bei nicht bestehender Normalverteilung auf das parametrische Verfahren zurückgegriffen, da der t-Test bei mehr als zehn Teilnehmenden pro Gruppe gegen die Verletzung der Testvoraussetzungen eine gewisse Robustheit aufweist (Droß, 2011). Die Signifikanzüberprüfung der Mittelwertunterschiede erfolgte für die Hypothesen 1 und 3 einseitig und für die Hypothesen 2 und 4 zweiseitig.

Auch im Intergruppenvergleich wurden die Hypothesen 5 und 7 einseitig auf Signifikanz überprüft, während die Hypothesen 6 und 8 zweiseitig getestet wurden. Der angewandte Test war hier der t-Test für unabhängige Stichproben, da keine Beziehung zwischen Intervention- und Kontrollgruppe vorliegt. Das Feststellen eines Unterschieds hinsichtlich eines Parameters zwischen der IG und KG erfolgte beim t-Test durch einen Vergleich der mittleren Veränderung vom Pre- zum Posttest. Die Veränderung zwischen Pre- und Postwert je Proband wurde vorher berechnet und wird als Delta ( $\delta$ ) bezeichnet.

Um einen Mittelwertvergleich der *Visuellen Analogskalen* innerhalb der IG durchführen zu können, wurde der Mittelwert der ersten Hälfte der Intervention mit dem Mittelwert der zweiten Hälfte der Intervention miteinander verglichen. Eine Überprüfung des Unterschieds erfolgte wiederum mittels t-Test für abhängige Stichproben.

Als signifikant galt das Ergebnis bei einem p-Wert  $\leq 0,05$ . Das heißt, dass mit einer  $\alpha$ -Fehlerwahrscheinlichkeit von fünf Prozent getestet wurde (Signifikanzniveau 95%).



## 4 Ergebnisse

Die Darstellung der Ergebnisse erfolgt in Reihenfolge der abgeleiteten Hypothesen. Begonnen wird daher mit den Veränderungen der untersuchten Parameter über die Zeit (Intragruppenvergleich).

### 4.1 Darstellung der Unterschiede innerhalb der IG und KG

#### *Fatigue*

In Bezug auf die Fatiguesymptomatik, gemessen mit der *Fatigue Severity Scale*, konnte in der IG (n = 17) im Verlauf der Intervention keine Verbesserung festgestellt werden. Sowohl im Pretest als auch im Posttest zeigten sich ähnliche Mittelwerte und Standardabweichung (Pre: M = 4,77, SD = 1,37; Post: M = 4,18, SD = 1,38). Mit einem Signifikanzwert (1-seitig) von  $p = 0,059$  bestand statistisch hinsichtlich des Mittelwertes in der IG keine Verbesserung vom Pretest zum Posttest, wenngleich eine – statistisch nicht bedeutsame - Reduzierung um 0,58 Punkte auf der FSS-9 Skala zu verzeichnen war. Damit wurde die Nullhypothese ( $H_{0, 1a}$ ) angenommen. In der KG (n = 11) hingegen konnte ein signifikanter Unterschied der Fatiguesymptomatik vom Pre- zum Posttest nachgewiesen werden (\* $p = 0,019$ ). Die Verschlechterung der Fatigue um 0,74 Punkte auf der FSS-9 Skala ist damit von statistischer Bedeutung (Tab. 2).

*Tabelle 2.* Mittelwertdifferenzen innerhalb der IG und KG zur Fatiguesymptomatik.

Kategorie	Gruppe	Pre/Post	n	M	SD	mittlere Differenz	t	p-Wert
FSS-9	IG	Pre	17	4,77	1,37	0,58	1,66	0,117
		Post	17	4,18	1,38			
	KG	Pre	11	4,65	1,23	-0,74	-2,39	<b>0,019</b>
		Post	11	5,39	1,10			
VAS-F	IG	Pre	17	46,3	11,8	8,15	4,48	<b>0,000</b>
		Post	17	38,1	12,4			

Beim Vergleich der Mittelwerte der *Visuellen Analogskala* zur täglichen Erfassung der Erschöpfung (VAS-F) zeigte sich, im Gegensatz zum FSS-9, ein signifikanter Unterschied in der IG (\* $p = 0,000$ ; 1-seitig). Die Mittelwertdifferenz von 8,15 Punkten auf der VAS-F bedeutete eine Reduzierung der empfundenen Erschöpfung im Verlauf der Intervention. Das Ergebnis hatte eine Teststärke von 0,99 und einen Effekt von  $d = 1,09$ .

Damit wurde die Annahme der Nullhypothese ( $H_{0, 1b}$ ) abgelehnt. Zur deskriptiven Veranschaulichung des ermittelten Unterschiedes kann das Liniendiagramm herangezogen werden (Abb. 14).

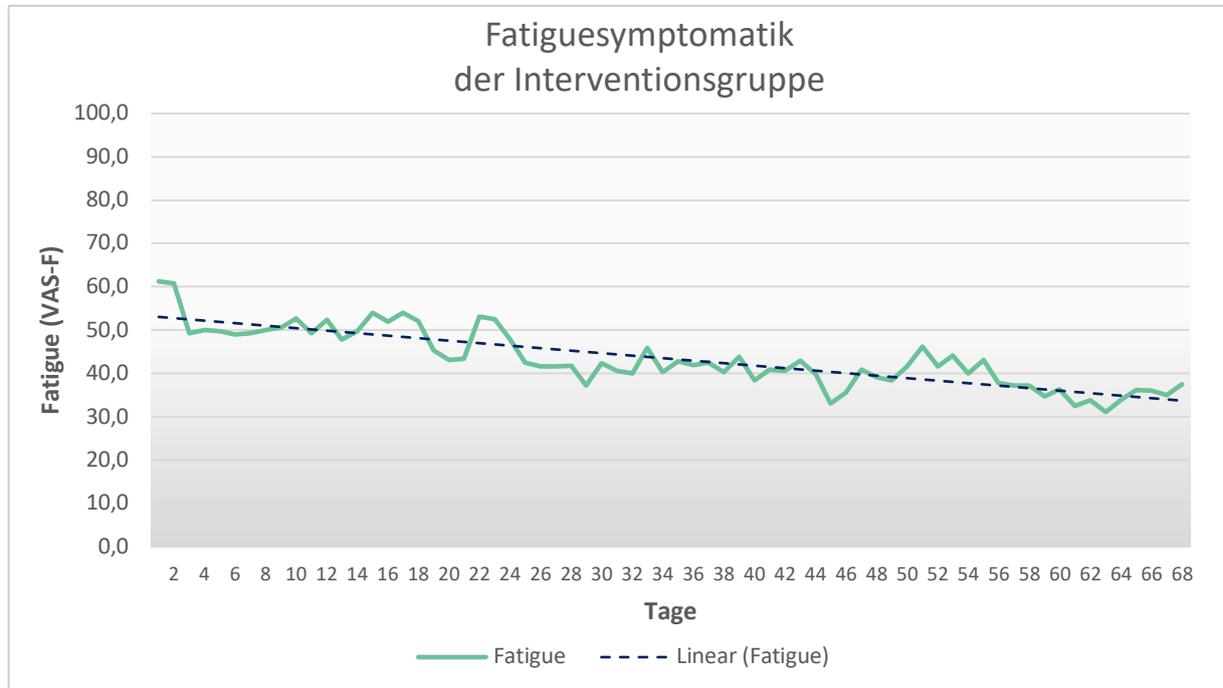


Abbildung 14. Verlauf der Fatiguesymptomatik in der IG (VAS-F).

### Gesundheitsbezogene Lebensqualität

Hinsichtlich der gesundheitsbezogenen Lebensqualität, gemessen mittels der physischen und psychischen Skala der *Multiple Sclerosis Impact Scale*, konnten sowohl in der IG als auch in der KG überzufällige Mittelwertunterschiede festgestellt werden. Wie schon bei der VAS-F und FSS-9 stand ein niedriger Wert für eine bessere HRQoL.

Bei der IG ( $n = 17$ ) lag mit statistischer Signifikanz aufgrund des ermittelten Wertes von  $*p = 0,007$  (2-seitig) ein Unterschied des empfundenen Einflusses auf die Lebensqualität von Pre- zu Posttest vor. Dieser Unterschied bezog sich auf das wahrgenommene Ausmaß physischer Einschränkungen (MSIS-Phy), die auf die HRQoL wirken. Die gepaarten Differenzen des Mittelwertes lagen auf der fünfstufigen Skala bei  $M_{Diff} = 0,27$ . Die signifikante Verbesserung der physischen Beeinträchtigung auf die HRQoL geht mit einer Ablehnung der Nullhypothese ( $H_{0, 2a}$ ) einher. Auch in der KG ( $n = 11$ ) konnte ein signifikanter Unterschied der physischen Einflussfaktoren (MSIS-Phy) auf die HRQoL festgestellt werden ( $*p = 0,022$ ). Die Differenz des Mittelwertes von 0,16 Punkten auf der MSIS-29 zeigte jedoch eine Verschlechterung der Lebensqualität an.

Ein Unterschied der Mittelwerte hinsichtlich der psychischen Skala (MSIS-Psy) konnte weder in der IG noch in der KG vom Pre- zum Posttest festgestellt werden (IG:  $p = 0,657$ ; KG:  $p = 0,299$ ). Damit fällt die Entscheidung für die Annahme der Nullhypothese ( $H_{0, 2b}$ ).

*Tabelle 3.* Mittelwertdifferenzen innerhalb der IG und KG zur gesundheitsbezogenen Lebensqualität.

Kategorie		Gruppe	Pre/Post	n	M	SD	mittlere Differenz	t	p-Wert
<b>MSIS-29 (HRQoL)</b>	MSIS-Phy	IG	Pre	17	2,14	0,82	0,27	3,09	<b>0,007</b>
			Post	17	1,87	0,62			
		KG	Pre	11	2,05	0,80	-0,16	-2,71	<b>0,022</b>
			Post	11	2,21	0,73			
	MSIS-Psy	IG	Pre	17	2,11	0,61	0,07	0,45	0,657
			Post	17	2,04	0,68			
		KG	Pre	11	2,04	0,60	-0,17	-1,10	0,299
			Post	11	2,21	0,51			
<b>VAS-L</b>	IG	Pre	17	67,39	12,24	-5,45	-4,11	<b>0,000</b>	
		Post	17	72,84	11,38				

Der Vergleich der Mittelwerte der *Visuellen Analogskala* zum täglich empfundenen Gesundheitszustand (VAS-L) zeigte wiederum, wie schon die VAS-F, einen signifikanten Unterschied ( $*p = 0,000$ ) bei einer Teststärke von 0,97 und einem Effekt von  $d = 0,99$ . Das signifikante Ergebnis führt dazu, dass die Nullhypothese ( $H_{0, 2c}$ ) verworfen wird. Im Liniendiagramm wird die Verbesserung des empfundenen Gesundheitszustandes (bzw. der Lebensqualität) deskriptiv dargestellt (Abb. 15).

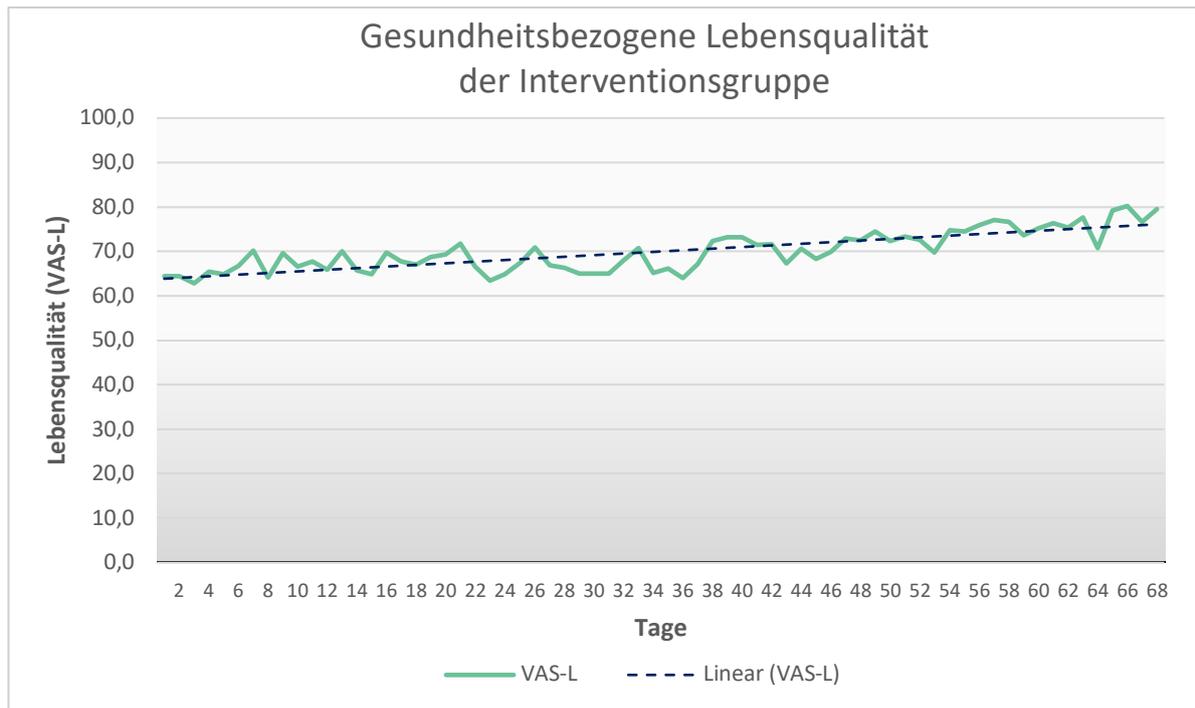


Abbildung 15. Verlauf der gesundheitsbezogenen Lebensqualität in der IG (VAS-L).

### Handkraft

Im Hinblick auf die Veränderungen der Handkraft (in kg) zeigte die IG sowohl in der rechten und in der linken Hand als auch im kumulierten Wert aus linker und rechter Hand eine Verbesserung. Die Verbesserung war mit  $*p = 0,004$  (rechts),  $*p = 0,004$  (links) und  $*p = 0,001$  (kumuliert) auch statistisch bedeutsam (1-seitig). Folgende mittlere Differenzen lagen zwischen den beiden Messzeitpunkten vor:  $M_{Diff} = 2,41$  kg (rechts),  $M_{Diff} = 3,76$  kg (links),  $M_{Diff} = 3,09$  kg (kumuliert). Der niedrigste Messwert stellte ein Handkraftwert von 17,70 kg dar, während der größte Handkraftwert bei 73,30 kg gemessen wurde. Aufgrund der signifikanten Verbesserung der Handkraft vom Pre- zum Post wird die Nullhypothese ( $H_{0,3}$ ) abgelehnt.

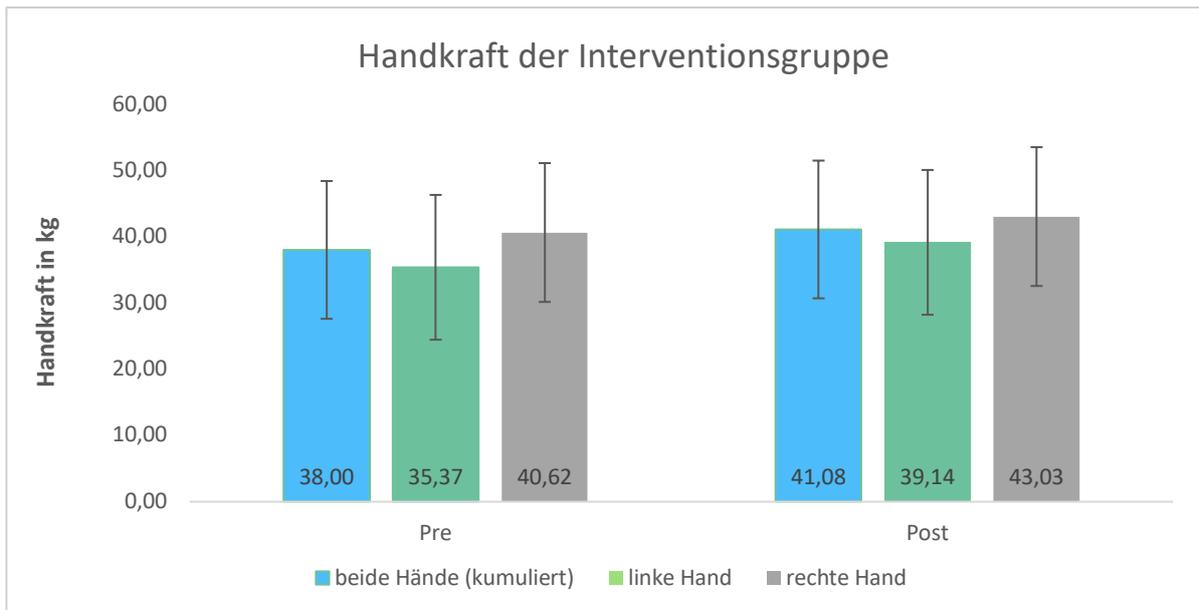


Abbildung 16. Mittelwertdifferenz der Handkraft innerhalb der IG.

Auch in der KG konnte in Bezug auf die Handkraft eine Verbesserung festgestellt werden. Wenngleich die HK der linken Hand mit  $p = 0,106$  keine statistische Signifikanz aufwies, kann sowohl bei der rechten Handkraft als auch bei der kumulierten Handkraft von einer signifikanten Verbesserung ausgegangen werden (rechts:  $*p = 0,042$ ; kumuliert:  $*p = 0,016$ ). Die Differenzen der Mittelwerte waren mit  $M_{\text{Diff}} = 1,05$  kg (rechts) und  $M_{\text{Diff}} = 1,09$  kg (kumuliert) kleiner als in der IG (Tab. 4).

Tabelle 4. Mittelwertdifferenz der Handkraft in der IG und KG.

Kategorie	Gruppe	Pre/Post	n	M	SD	mittlere Differenz	t	p-Wert	
Handkraft	links	IG	Pre	17	35,37	11,08	-3,76	-3,08	<b>0,004</b>
			Post	17	39,14	10,77			
		KG	Pre	11	32,92	11,99	-1,4	-1,33	0,106
			Post	11	34,06	11,30			
	rechts	IG	Pre	17	40,62	9,31	-2,41	-3,00	<b>0,004</b>
			Post	17	43,03	11,65			
		KG	Pre	11	32,91	14,98	-1,05	-1,92	<b>0,042</b>
			Post	11	33,95	15,47			
	kumuliert	IG	Pre	17	38	9,73	-3,09	-3,97	<b>0,001</b>
			Post	17	41,08	11,06			
		KG	Pre	11	32,9	12,70	-1,1	-2,50	<b>0,016</b>
			Post	11	34,0	12,73			

### Gleichgewichtsfähigkeit

Ein Unterschied hinsichtlich der Gleichgewichtsfähigkeit konnte im Intragruppenvergleich der IG nicht festgestellt werden. Die Wahrscheinlichkeit für einen Unterschied in Bezug auf die Sensomotorik ( $p = 0,907$ ) war genauso wenig überzufällig, wie der Wert für die Stabilität ( $p = 0,195$ ). Damit wurden beide Nullhypothesen ( $H_{0, 4a}$ ,  $H_{0, 4b}$ ) angenommen.

In der KG lag ebenfalls kein Unterschied hinsichtlich der Mittelwerte der Sensomotorik bzw. der Stabilität vor. Die nicht-signifikanten Werte für die Sensomotorik ( $p = 0,287$ ) und für die Stabilität ( $p = 0,894$ ) belegen, dass die Gleichgewichtsfähigkeit sich von Pre- zu Posttest nicht statistisch bedeutsam verändert hat (Tab. 5).

Table 5. Mittelwertdifferenz der Gleichgewichtsfähigkeit in der IG und KG.

Kategorie			Gruppe	Pre/Post	n	M	SD	mittlere Differenz	t	p-Wert
Gleichgewicht	Stabilität	gemessener Wert	IG	Pre	17	4,93	1,27	0,35	1,64	0,121
				Post	17	4,58	1,38			
		KG	Pre	11	5,17	1,14	0,03	0,10	0,920	
			Post	11	5,15	1,29				
		Prozent (%)	IG	Pre	17	92	32	-5	-1	0,195
				Post	17	97	31			
	KG	Pre	11	83	26	-1	0	0,894		
		Post	11	84	29					
	Sensomotorik	gemessener Wert	IG	Pre	17	4,01	1,51	0,05	0,17	0,870
				Post	17	3,96	1,38			
		KG	Pre	11	4,69	1,27	0,31	1,09	0,302	
			Post	11	4,38	1,21				
Prozent (%)		IG	Pre	17	110	34	-1	0	0,907	
			Post	17	111	31				
KG	Pre	11	94	29	-7	-1	0,287			
	Post	11	101	27						

Die weitere Ergebnisdarstellung bezieht sich auf den Vergleich der untersuchten Parameter zwischen den Gruppen (Intergruppenvergleich). Es wurde ein t-Test bei unabhängigen Stichproben durchgeführt.

## 4.2 Darstellung der Unterschiede zwischen der IG und KG

### Fatigue

Bevor der t-Test erfolgte, wurden die Varianzen mittels Levene-Test auf Gleichheit geprüft. Als Variante des F-Tests testet der Levene-Test, ob sich die beiden Stichprobenvarianzen signifikant unterscheiden oder ob sie homogen sind, also aus derselben

Grundgesamtheit stammen. Für die empfundene Fatiguesymptomatik (FSS-9) zeigte sich ein Signifikanzwert von  $p = 0,369$ . Damit wurde die Nullhypothese (‚Varianzen sind gleich‘) beibehalten und der t-Test für die Mittelwertgleichheit konnte angewandt werden.

Im Hinblick auf die Größe der mittleren Veränderung zwischen den beiden Gruppen (IG:  $M = -0,58$ ; KG:  $M = 0,74$ ), ergab sich auf der Skala der FSS-9 ein Wert von  $-1,32$ . Dadurch konnte eine Verbesserung (*ergo* Reduzierung) der Fatiguesymptomatik in der IG demonstriert werden. Ob der Unterschied auch statistische Signifikanz aufweist, wurde mit Hilfe des t-Tests geprüft. Dabei ergab sich ein \*p-Wert  $0,008$ , was zur Folge hatte, dass die Nullhypothese ( $H_{0,5}$ ) abgelehnt wurde. Demnach reduzierte sich die Fatiguesymptomatik der Interventionsgruppe im Verlauf der Intervention signifikant gegenüber der Kontrollgruppe (Tab. 6).

Tabelle 6. Mittelwertvergleich der Fatiguesymptomatik zwischen IG und KG.

Kategorie	Gruppe	n	M	mittlere Differenz	df	t	p-Wert
FSS-9	IG	17	-0,58	-1,32	26,00	-2,62	0,008
	KG	11	0,74				

#### Gesundheitsbezogene Lebensqualität

Hinsichtlich der physischen Einflussfaktoren auf die gesundheitsbezogene Lebensqualität (MSIS-Phy) konnte nach Überprüfung der Varianzhomogenität durch den Levene-Test die Nullhypothese (‚Varianzen sind gleich‘) verworfen werden. Mit einem signifikanten Wert von \* $p = 0,037$  wurden somit ungleiche Varianzen angenommen. Im Zuge dessen ist eine Korrektur der Freiheitsgrade (df) von 26 auf 25,57 durch die Software erfolgt. Zudem konnte mittels dem alternativen WELCH-Test, welcher bei ungleichen Varianzen eingesetzt wird, ein signifikanter \*p-Wert ermittelt werden. Demnach ist die mittlere Veränderung der physischen Kategorie der MSIS-29 im Vergleich mit der entsprechenden mittleren Veränderung der KG signifikant zu unterscheiden (\* $p = 0,000$ ). Daraus folgt, dass für die Überprüfung eines Unterschiedes der physischen Einflussfaktoren auf die HRQoL zwischen den Gruppen die Nullhypothese ( $H_{0,6a}$ ) verworfen werden kann.

Hinsichtlich der psychischen Skala (MSIS-Psy) konnte bei gleichen Varianzen kein signifikanter Unterschied zwischen IG und KG festgestellt werden ( $p = 0,310$ ). Damit wurde die Nullhypothese ( $H_{0, 6b}$ ) angenommen.

Die IG unterscheidet sich demnach von der KG hinsichtlich des physischen Einflusses auf die gesundheitsbezogene Lebensqualität während sich der psychische Einfluss auf die HRQoL zwischen IG und KG nicht signifikant unterscheidet (Tab. 7).

*Tabelle 7.* Mittelwertvergleich der gesundheitsbezogenen Lebensqualität zwischen IG und KG.

Kategorie	Gruppe	n	M	mittlere Differenz	df	t	p-Wert	
<b>MSIS-29</b>	MSIS-Phy	IG	17	-0,27	-0,43	25,57	-4,08	<b>0,000</b>
		KG	11	0,16				
	MSIS-Psy	IG	17	-0,07	-0,25	26,00	-1,04	0,310
		KG	11	0,17				

### *Handkraft*

Trotz dessen, dass die Werte der Handkraft keine Normalverteilung aufwiesen, wurde auf das parametrische Verfahren des t-Tests zurückgegriffen. Bei einer Gruppengröße von über zehn Teilnehmenden ist der Test robust gegen eine derartige Verletzung der Testvoraussetzungen (Droß, 2011).

Der Vergleich der Handkraft zwischen IG und KG demonstrierte beim Levene-Test für alle Varianzen (links, recht, kumuliert) Gleichheit. Allerdings konnte lediglich der aus der linken und rechten Handkraft kumulierte Wert einen signifikanten Unterschied zwischen IG und KG im Verlauf der Intervention nachweisen (\* $p = 0,032$ ). Die separate Betrachtung der jeweiligen Seiten (links, rechts) erbrachte keine signifikanten Ergebnisse. Somit konnte die Nullhypothese ( $H_{0, 7}$ ) verworfen und ein Unterschied der kumulierten Handkraftwerte zwischen IG und KG statistisch nachgewiesen werden (Tab. 8).

Tabelle 8. Mittelwertvergleich der Handkraft zwischen IG und KG.

Kategorie	Gruppe	n	M	mittlere Differenz	df	t	p-Wert	
<b>Handkraft</b>	links	IG	17	3,76	1,99	26	1,57	0,066
		KG	11	1,14				
	rechts	IG	17	2,41	1,36	26	1,24	0,113
		KG	11	1,05				
	kumuliert	IG	17	3,09	2,63	26	1,93	<b>0,032</b>
		KG	11	1,09				

*Gleichgewichtsfähigkeit*

Die Werte der Gleichgewichtsfähigkeit konnten sich in der IG nicht von den Werten der KG unterscheiden. Bei gleichen Varianzen für die Stabilität und für die Sensomotorik ( $p = 0,651$ ,  $p = 0,330$ ) ergab sich beim t-Test für die Mittelwertgleichheit weder ein signifikanter Unterschied für die Stabilität ( $p = 0,544$ ) noch für die Sensomotorik ( $p = 0,225$ ). Damit liegt zwischen der IG und KG kein Unterschied hinsichtlich der Gleichgewichtsfähigkeit vor (Tab. 9). Das auf 95% festgelegte Konfidenzintervall sah es vor, beide Nullhypothesen ( $H_{0, 8a}$ ,  $H_{0, 8b}$ ) anzunehmen.

Tabelle 9. Mittelwertvergleich der Gleichgewichtsfähigkeit zwischen IG und KG.

Kategorie	Gruppe	n	M	mittlere Differenz	df	t	p-Wert		
<b>Gleichgewicht</b>	Stabilität	gemessener Wert	IG	17	-0,35	-0,33	26	-0,95	0,351
			KG	11	-0,03				
		Prozent (%)	IG	17	5	4	26	1	0,113
			KG	11	1				
	Sensomotorik	gemessener Wert	IG	17	-0,05	0,26	26	0,62	0,538
			KG	11	-0,31				
		Prozent (%)	IG	17	1	-6	26	-1	0,506
			KG	11	7				



## 5 Diskussion

Ziel der Studie war es, den Einfluss einer zehnwöchigen Kletterintervention auf psychosoziale und motorische Parameter bei Multipler Sklerose zu untersuchen.

Im vorliegenden Kapitel werden die ermittelten Ergebnisse reflektiert und kritisch beleuchtet. In einem *ersten* Schritt trägt eine kurze Zusammenfassung der Ergebnisse dazu bei, die wichtigsten Schlussfolgerungen offenzulegen. Im Zuge einer anschließenden Erörterung der Ergebnisse, werden diese in den Kontext der Forschungsliteratur eingebunden und bewertet. Es folgt, in einem *zweiten* Schritt, eine kritische Betrachtung der angewandten Methodik. Dabei wird es sowohl um die genutzten Testsysteme und Fragebögen gehen als auch um die Gestaltung und Ausführung der Kletterintervention.

### 5.1 Ergebnisdiskussion

Die Hypothese, dass eine zehnwöchige Kletterintervention bei Personen mit Multipler Sklerose eine positive Veränderung hinsichtlich psychosozialer und motorischer Parameter hervorruft, kann in Teilen bestätigt werden. Bei der Bewertung der Ergebnisse muss jedoch die Tatsache berücksichtigt werden, dass die Stichprobe ( $n = 28$ ) eher klein und zudem ungleich verteilt ist (KG:  $n = 11$ ; IG:  $n = 17$ ). Außerdem ist die Intervention mit einer Dauer von zehn Wochen relativ kurz.

Die Ergebnisse der inferenzstatistischen Überprüfung bezüglich eines Unterschiedes vor und nach der Intervention zeigen, dass sich sowohl die Fatiguesymptomatik und die gesundheitsbezogene Lebensqualität, als auch die Handkraft der Interventionsgruppe im Verlauf der Klettereinheit verbessert hat. Ein Unterschied der Gleichgewichtsfähigkeit kann hingegen nicht nachgewiesen werden. Zusätzlich dazu ist auch ein Unterschied zwischen den Gruppen der IG und KG festzustellen. Dieser Unterschied bezieht sich auf die Fatiguesymptomatik, die gesundheitsbezogene Lebensqualität und die Handkraft.

#### *Fatigue*

Wenngleich die Evidenz für eine Verbesserung der Fatiguesymptomatik durch körperliches Training anhand mehrerer Studien belegt worden ist, ist nach wie vor unklar, welche Art von Training die effektivste Methode darstellt (Latimer-Cheung et al., 2013). Die Studienlage ist weder ergiebig genug, um die Größe des Einflusses bestimmter

Interventionen zu prognostizieren, noch um eindeutige Aussagen darüber zu treffen, bei welchem Behinderungsgrad am ehesten eine Reduzierung der Fatigue durch körperliches Training hervorgerufen werden kann (Heine et al., 2015). Hinzu kommt, dass sich trotz der umfangreichen Analyse verschiedener Untersuchungen, keine kletter-spezifische Intervention in der Metastudie von Heine et al. (2015) widerfindet. Die Studie von Velikonja et al. (2010), welche unter anderem den Einfluss von Klettern auf die Fatigue bei MS untersucht, wird in der Arbeit aufgrund methodischer Mängel ausgeschlossen.

Auch wenn die Studienlage zu den Effekten von allgemeinen, bewegungsorientierten Interventionen unzureichend ist, stellt die symptomatische Therapie einen wichtigen Behandlungsbaustein zur Reduzierung der Fatigue dar. Der Grund liegt darin, dass medikamentöse Therapien nur bedingt zu einer reduzierten Fatiguesymptomatik beitragen können. In diesem Sinne ist insbesondere die Wirksamkeitsüberprüfung verschiedener bewegungsorientierter Interventionen, mit dem Ziel einer Verbesserung der Fatigue von gesteigertem Interesse (F. Hoffmann & Block, 2017).

Die Ergebnisse der Interventionsgruppe sprechen für eine Verbesserung der Fatiguesymptomatik, wenngleich ein Unterschied nur mittels der *Visuellen Analogskala* festgestellt werden kann. Mit der *Fatigue Severity Scale* ist hingegen keine Reduzierung der Fatiguesymptomatik nachzuweisen. Werden die Ergebnisse beider Skalen miteinander verglichen, ergibt sich ein ambivalentes Bild. Ambivalent deshalb, weil Pfeffer (2010) betont, dass die Werte auf der *Fatigue Severity Scale* mit den Werten auf der *Visuellen Analogskala* gut übereinstimmen (vgl. Krupp, 1989). Gründe für einen derartigen Unterschied sind vielfältig. Zum einen zeigt eine nachträgliche Analyse, dass eine größere Stichprobe ( $n = 70$ ) bei einer zu erwartenden moderaten Effektstärke zu einem Unterschied hinsichtlich der mittels FSS-9 gemessenen Fatigue geführt hätte. Zum anderen muss bedacht werden, dass das Konstrukt der Fatigue nur schwer beschrieben bzw. gemessen werden kann. Vor dem Hintergrund, dass die *Visuelle Analogskala* als Single-Item-Skala konzipiert ist, stellt sich daher die Frage, ob sie das gleiche Konstrukt erfasst wie die *Fatigue Severity Scale*. Da es keine eindeutige, allgemein anerkannte Definition für Fatigue gibt, zeigt sich schon daran, dass in der schweizerischen Version der FSS-9 ‚Fatigue‘ anders übersetzt wird als es in der deutschen Version der Fall ist. Eine derartige begriffliche Eingrenzung des Konstrukts wird auch von einer Teilnehmerin angemerkt. Für sie stelle der verwendete Begriff der ‚Erschöpfung‘ das Konstrukt der Fatigue nur unzureichend dar. Hinsichtlich der *Fatigue*

*Severity Scale* gründet die Kritik auf der Tatsache, dass die Skala lediglich physische Komponenten der Symptomatik erfasst – kognitive Einschränkungen, die als Anzeichen der Fatigue wahrgenommen werden, sind nicht in den Items der Skala verankert (s. Kap. 5.2.3). Auf der anderen Seite bietet die VAS-F einen enormen interpretativen Spielraum bei der Bewertung der Fatigue bzw. Erschöpfung und kann daher, wenn gleich ein signifikantes Ergebnis vorliegt, lediglich als richtungsweisende Aussage bezüglich der Veränderung des Konstrukts im Verlauf der Intervention verstanden werden.

Grundsätzlich stimmt die im Intergruppenvergleich gemessene Verbesserung der Fatiguesymptomatik der Interventionsgruppe mit den Angaben aus der Literatur überein (Heine et al., 2015). Bei einer angemessenen Trainingsgestaltung ist davon auszugehen, dass sich die Fatigue im Verlauf einer bewegungsorientierten Intervention reduziert. Richtlinien für eine adäquate Trainingssteuerung bei MS sind jedoch nur vage formuliert. So empfehlen Latimer-Cheung et al. (2013) ein zweimal wöchentliches Kraft und Ausdauertraining von 30 Minuten. Laut der Autoren bedürfe es jedoch weiterer Forschung, um exaktere Vorgaben zur Trainingsgestaltung bei MS zu geben. Im Hinblick auf diese Frage können die Ergebnisse der Untersuchung zeigen, dass schon eine einmal wöchentliche Klettereinheit zu einer signifikanten Reduzierung der Fatigue führt. Allerdings muss beachtet werden, dass nicht nur die Verbesserung der Fatiguesymptomatik der IG zu einem signifikanten Unterschied im Vergleich mit der KG beiträgt, sondern auch die Tatsache, dass eine Verschlechterung der Fatiguesymptomatik in der Kontrollgruppe ohne Training über die Zeit der Intervention vorliegt. Eine solche Verschlechterung der Symptomatik kann vielerlei Gründe haben: einerseits ist ein Fortschreiten der Symptomatik bei MS eher die Regel als Ausnahme und ein ‚Konstanthalten‘ der Symptomatik kann als Erfolg angesehen werden; andererseits können auch äußere Umstände wie beispielsweise der Wintereinbruch zu einer inaktiveren Alltagsgestaltung oder zu einem Auftreten eines Infektes führen (F. Hoffmann & Block, 2017).

Zusätzlich zu den genannten Aspekten, welche die Aussagekraft der Ergebnisse einschränken, kann hinzugefügt werden, dass nicht alle Teilnehmenden Fatigue als MS-begleitendes Symptom aufgeführt haben. Dennoch wurden die Daten aller Personen in die Auswertung inkludiert. In Kapitel 3.3 gibt eine Übersicht Aufschluss darüber, wie oft welches Symptom in der Studienpopulation auftritt. Das Symptom der Fatigue ist

mit 83% durchaus häufig vertreten und wird somit der in der Literatur genannten Bezeichnung als „Hauptbelastungsfaktor“ gerecht (F. Hoffmann & Block, 2017, S. 217). Die Analyse der Ergebnisse deutet letztlich darauf hin, dass dieser Faktor durch Klettern reduziert werden kann.

### *Gesundheitsbezogene Lebensqualität*

Dass PmMS eine eingeschränkte Lebensqualität aufweisen, gilt mittlerweile als gesichert (Schifferdecker, 2017). Die verminderte Lebenszufriedenheit rührt einerseits daher, dass körperliche Behinderungen die Bewältigung des Alltags erschweren, andererseits daher, dass mit der Erkrankung eine Abnahme sozialer Aktivitäten einhergeht. Wenngleich Studien darauf hinweisen, dass gerade die schnelle Ermüdbarkeit (Fatigue) von vielen PmMS als die im Hinblick auf ihre Lebensqualität am stärksten belastende Symptomatik erlebt wird, wirkt sich eine Verbesserung der Symptomatik nicht immer auf die erlebte HRQoL aus (Kuspinar et al., 2012; Schifferdecker, 2017). Aus diesem Grund ist es wichtig, auch die (gesundheitsbezogene) Lebensqualität im Rahmen einer Interventionsstudie als Output-Parameter zu evaluieren.

Bevor die Ergebnisse hinsichtlich der HRQoL besprochen werden, soll zunächst darauf hingewiesen werden, dass aufgrund eines Bodeneffektes in der *Multiple Sclerosis Impact Scale* ungenaue Schätzungen von Seiten der Teilnehmenden aufgetreten sind (s. u.). Demnach ist es wahrscheinlich, dass unterschiedlichen Messgrößen derselbe Messwert zugeordnet wurde und die Skala den nötigen Empfindlichkeitsbereich der Teilnehmenden nicht abdeckt.

Trotz der Tatsache, dass der Einfluss physischer Einschränkungen auf die HRQoL der IG bereits im Pretest als gering eingeschätzt wird, verweisen die Ergebnisse des Posttests auf eine weitere signifikante Verbesserung im Verlauf der Klettereinheit. Warum Klettern jedoch lediglich eine Reduzierung der physischen Einschränkungen auf die HRQoL bei MS bewirkt, ist eventuell damit zu erklären, dass die Items der physischen Skala neben körperlichen Einflussfaktoren auch soziale Beeinträchtigungen erfasst. Insofern die (gesundheitsbezogene) Lebensqualität also als multifaktorielles Konstrukt verstanden wird, kann vermutet werden, dass in der IG nicht nur aufgrund körperlicher Fortschritte eine Verbesserung der HRQoL vorliegt, sondern auch, weil das Setting Klettern eine Möglichkeit zur sozialen Interaktion bietet. Hinzu kommt, dass die inhaltliche Ausrichtung der Intervention in erster Linie auf eine Verbesserung der motori-

schen Parameter abzielt. Dies beruht einerseits auf dem sportwissenschaftlichen Hintergrund der Studienleitung, andererseits auf der Annahme, dass psychische Faktoren als latente Strukturen durch Klettern implizit verbessert werden können (M. Hoffmann, 2013).

Auch die Bewertung des Unterschiedes hinsichtlich der physischen Skala der MSIS-29 zwischen Interventions- und Kontrollgruppe muss insofern unter dem Vorbehalt interpretiert werden, als die Kontrollgruppe nicht nur *kein Klettertraining* absolviert hat, sondern *überhaupt* kein Training durchgeführt hat. Eine derartige inaktive Kontrollgruppe als Vergleichsgröße kann die Aussagekraft zur Größe eines Effektes einschränken (Kuspinar et al., 2012). Der im Rahmen der Untersuchung nachgewiesene Unterschied zwischen den beiden Gruppen ist demnach sowohl mit einer Verbesserung der HRQoL in der IG zu erklären, andererseits mit einer Verschlechterung derselben in der KG.

Bei der *Visuellen Analogskala* zur Erfassung der Lebensqualität müssen die gleichen methodischen Mängel wie bei der VAS-F angeführt werden (s. u.). Demnach stellt sich die Frage, inwieweit ein komplexes Konstrukt wie die HRQoL mit einer Single-Item-Skala erfasst werden kann. Nichtsdestotrotz kann das Ergebnis zur Kontrolle der eigenen Praxis herangezogen werden und dahingehend interpretiert werden, als das tendenziell von einer Verbesserung der HRQoL durch Klettern auszugehen ist.

Ein weiterer Aspekt, der für die Einschätzung des Ergebnisses von Bedeutung sein kann, ist die Anpassung von Bewertungsmaßstäben (Response Shift) an veränderte Bedingungen (Schwartz, Andresen, Nosek, & Krahn, 2007). In besonderem Maße scheint dies Konsequenzen für die Beurteilung von Veränderungen der HRQoL zu haben, da sich im Verlauf einer Intervention nicht nur die zu beurteilenden Dimensionen (MSIS-29 bzw. VAS-L), sondern die Kriterien zur Beurteilung selbst ändern können. Beachtet werden muss insofern, dass die Kletterintervention direkt auf die Veränderung des Konstrukts der gesundheitsbezogenen Lebensqualität abzielt und gleichzeitig als Outcome-Kriterium definiert und mittels Selbstbeurteilungen erfasst wird. Bei einer dadurch resultierenden Verschiebung der Bewertungsmaßstäbe hinsichtlich des Konstrukts der HRQoL seien die Differenzwerte eines Pre-Post-Vergleichs weniger gut zu interpretieren (Jelitte, 2009). Eine Erfassung der Größe einer etwaigen Verschiebung hat im Rahmen der Intervention jedoch nicht stattgefunden.

Neben den inferenzstatistischen Ergebnissen, die aufgrund des aufgetretenen Bodeneffekts in der MSIS-29 stark limitiert sind, deuten die Aussagen der Teilnehmenden

zum Abschluss der Intervention darauf hin, dass die Gesamtsituation der Erkrankung anders wahrgenommen werde als vorher. So betont eine stark eingeschränkte Teilnehmerin in der letzten Einheit, dass es ihr zu Beginn der Kletterintervention nicht möglich erschien, je auch nur wenige Meter die Wand hochzuklettern. Das Erlebnis, „aus eigener Kraft bis an die Decke geklettert zu sein“, hätte ihr gezeigt, dass sie „ja doch noch viel kann, trotz der Einschränkungen“. Dies würde ihr wieder mehr „Mut und Selbstvertrauen“ geben sowie bei der „Bewältigung des Alltags“ helfen. Ein derartiges Fazit ist von mehreren Teilnehmenden geäußert worden und kann als exemplarisch für die Intervention gelten.

### *Handkraft*

Wenngleich die Mehrzahl der Interventionen mit PmMS eine Verbesserung der unteren Extremitäten anstrebt, kann auch eine Beeinträchtigung der oberen Extremitäten viele Einschränkungen hinsichtlich der Bewältigung des Alltags mit sich bringen (Severijns et al., 2017). Insofern ist es wichtig, Interventionen dahingehend auszurichten, dass neben einer Verbesserung des Gangbildes oder der Maximierung der Kraft in den Beinen, der Fokus auch auf die Verbesserung der oberen Extremitäten gelegt wird. Besonders bedeutsam ist ein funktioneller Gebrauch der oberen Extremitäten dann, wenn PmMS auf eine Gehhilfe oder einen Rollstuhl angewiesen sind. Zudem gehe eine Dysfunktion der oberen Extremitäten vermehrt mit Erwerbslosigkeit einher, was die Bedeutsamkeit eines darauf ausgerichteten Trainings erhöht (Marrie et al., 2017). Als stellvertretend für die Funktion der oberen Extremitäten kann die mittels Hand Dynamometrie gemessene Kraft (Faustschlusskraft) gelten (s. Kap. 2.3.2).

Die Ergebnisse der Untersuchung zeigen über die Zeit der Klettereinheit sowohl eine Verbesserung der Kraft in der Interventionsgruppe als auch in der Kontrollgruppe, wenngleich die Kraftsteigerung von 10% in der IG im Gegensatz zur Kraftsteigerung in der KG (3%) deutlich größer ausfällt. Zudem ist eine Steigerung der Kraft von 10% unter dem Aspekt zu berücksichtigen, dass die IG bereits ein höheres Ausgangsniveau als die KG demonstriert. Aus sportwissenschaftlicher Perspektive kann eine Kraftzunahme bei niedrigem Ausgangsniveau jedoch schneller festgestellt werden, als bei einem fortgeschrittenen Trainingsniveau (Weineck, 2010). Der Vergleich der Kraftwerte der Interventionsgruppe mit den Normwerten gesunder Erwachsener gleichen Alters hat zudem gezeigt, dass die IG sogar geringfügig über dem Durchschnittswert der Gesamtpopulation der entsprechenden Altersklasse (45-49 Jahre) liegt (Jamar

Hydrolic Hand Dynamometer User Instructions, 2004). Ein derartiges Ausgangsniveau ist eventuell damit zu erklären, dass lediglich ~50% der PmMS der IG von Sensibilitätsstörungen in den Händen und Armen bzw. von Kraftlosigkeit betroffen sind, wohingegen alle anderen Teilnehmenden keine entsprechenden Probleme anführen (s. Kap. 3.3).

Das trotz des guten Ausgangsniveaus der IG und der Tatsache, dass häufig gebrauchte Muskeln – und dazu gehört z.B. der für die Handkraft relevante Fingerbeuger – durch Training schlechter trainierbar sind als weniger beanspruchte Muskeln (Weineck, 2010), eine Verbesserung der Handkraft vorliegt, verdeutlicht die Effektivität eines darauf ausgerichteten Klettertrainings bei Personen mit Multipler Sklerose.

### *Gleichgewichtsfähigkeit*

Die Gleichgewichtsfähigkeit als koordinative Fähigkeit ist ein komplexes Konstrukt, welches von unterschiedlichen Faktoren abhängig ist. Neben äußeren Einflüssen, die sich auf die Gleichgewichtsfähigkeit auswirken können, sind es vor allem die individuellen sensomotorischen Ressourcen, die entscheidend für den Ausprägungsgrad der Gleichgewichtsfähigkeit sind (Cameron, Horak, Herndon, & Bourdette, 2008; Fling, Dutta, Schlueter, Cameron, & Horak, 2014).

Da es beim Klettern permanent gefordert ist, den Körperschwerpunkt optimal auszurichten, kann die gesamte Klettereinheit als Training zur Verbesserung der Gleichgewichtsfähigkeit verstanden werden. Aufgrund klettertypischer Bewegungstechniken wird eine Körperschwerpunktverlagerung in erster Linie entlang der medio-lateralen Achse ausgeführt (M. Hoffmann, 2013). Durch das stetige Wiederholen von derartigen Bewegungsmustern kann angenommen werden, dass sich die Gleichgewichtsfähigkeit nach der Kletterintervention zum Pretest unterscheidet. Eine entsprechende Untersuchung, ob Klettern zu einer verbesserten Gleichgewichtsfähigkeit beitragen kann, findet unter Zuhilfenahme des *S3 Checks* statt. Dabei ist sowohl die Stabilität als auch die Sensomotorik von Bedeutung.

Die Ergebnisse zeigen weder eine Verbesserung der Stabilität noch der Sensomotorik. Auch im Vergleich mit der Kontrollgruppe liegt kein Unterschied hinsichtlich der Gleichgewichtsfähigkeit vor. Damit stimmen die Ergebnisse nur stellenweise mit den Angaben in der Literatur überein. Die Auswertungen von Kern (2014) zeigen etwa eine Verbesserung der Gleichgewichtsfähigkeit durch Klettern. Allerdings muss beachtet werden, dass die Fallzahl in der sechsmonatigen Interventionsstudie ( $n = 7$ , mit KG) und

im Follow-Up drei Jahre später ( $n = 10$ , ohne KG) nur gering ausfällt und allgemeingültige Aussagen für eine Grundgesamtheit nicht getroffen werden können. In einer anderen Studie, die eine fünfwöchige Kletterintervention umfasst, konnte hingegen keine Verbesserung hinsichtlich der Gleichgewichtsfähigkeit festgestellt werden. Auch hier ist die Fallzahl mit sechs Teilnehmenden gering und die Dauer der Intervention kurz, was bei der Bewertung der Ergebnisse beachtet werden muss (Jolk, Dalgas, Osada, Platen & Marziniak, 2015). Grundsätzlich belegen Studien zwar die Möglichkeit, durch gleichgewichtsspezifisches Training die Balance bei PmMS erhöhen, wengleich für bewegungsorientierte Interventionen, die darauf abzielen, durch Kraft- oder Ausdauertraining die allgemeine Fitness zu verbessern, noch keine eindeutigen Aussagen getroffen werden können (Frevel & Mäurer, 2015; Paltamaa et al., 2012).

Entscheidend für eine Bewertung der Gleichgewichtsfähigkeit ist zudem, wie das Konstrukt verstanden wird. Neben dem *S3 Check* gibt es noch viele weitere Messverfahren und motorische Tests zur Erfassung des Gleichgewichts (Prosperini & Pozzilli, 2013). Zu Bedenken ist demnach, inwieweit sich das verwendete Messsysteme eignet, um motorische bzw. sensomotorische Defizite bei MS zu erfassen (s. u.). Wengleich das System als nicht anfällig für Deckeneffekte gilt und sensitiver als klinische Verfahren ist, stellt die Durchführung hohe Anforderungen an stark eingeschränkte PmMS. Zusätzlich dazu ist die Erfassung des Gleichgewichts insofern schwierig, als die Ursachen der Defizite vielfältig sind. Schon die Verteilung der unterschiedlichen Verlaufsformen der MS und den damit einhergehenden variierenden Gleichgewichtsfähigkeiten, machen es schwierig, das Konstrukt adäquat zu messen (Soyuer et al., 2006).

Wengleich die Daten keinen Nachweis für eine signifikante Verbesserung der Gleichgewichtsfähigkeit liefern, können auch hier die Aussagen einiger Teilnehmender auf einen möglichen Einfluss durch Klettern hindeuten. Diese resümierten beispielsweise, dass es ihnen leichter fallen würde „Treppen zu steigen“, da sie mehr „Stabilität“ und „Sicherheit“ empfinden würden.

## **5.2 Methodendiskussion**

Im Folgenden sollen verschiedene Aspekte des methodischen Vorgehens beleuchtet werden. Dabei werden insbesondere das Untersuchungsdesign, die gewählte Stichprobe und die genutzten Messinstrumente reflektiert. Außerdem soll auf die Durchführung der Intervention eingegangen werden. Eine Bewertung der genannten Aspekte erfolgt, indem sowohl auf Möglichkeiten als auch auf Limitationen hingewiesen wird.

### 5.2.1 Studiendesign

Das in der Untersuchung umgesetzte Studiendesign entspricht aufgrund verschiedener Aspekte nicht dem Goldstandard einer randomisierten kontrollierten Studie. Vielmehr handelt es sich um eine quasi-experimentelle Untersuchung mit Prä-Post Design und Kontrollgruppe (s. Kap. 3.1). Auch wenn randomisierte Studien als am besten geeignet angesehen werden, um einen Ursache-Wirkungs-Zusammenhang zwischen angewandter Intervention und untersuchtem Parameter zu ermitteln, musste aus ethischen Gründen auf eine Randomisierung verzichtet werden. Insofern wurde die Aufteilung der Teilnehmenden in Kontroll- und Interventionsgruppe den an der Studie interessierten PmMS selbst überlassen. Die Ausschreibung verwies darauf, dass die Möglichkeit bestehe, die Studie auch dahingehend unterstützen zu können, wenn aus organisatorischen Gründen eine Teilnahme an der Intervention nicht möglich sei. Dadurch, dass eine entsprechende Ausschreibung der Studie vorgeschaltet war und auf eine Randomisierung verzichtet werden musste, ist das Studiendesign nicht verblindet. Dieser Umstand hat zur Folge, dass Bias-bedingte Outcomebewertungen der Teilnehmenden anders ausfallen als bei verblindeten Studien (Schulz & Grimes, 2007). Eine Bias-Gefahr bestand auch für die Studienleitung bei der Durchführung der Messungen, deren Ergebnisse unter anderem von einer motivierenden Ansprache abhängig sein konnten (z.B. Handkraftmessungen). Eine Möglichkeit der Randomisierung bestünde darin, einigen auf einer Warteliste stehenden PmMS im Anschluss an die erste Intervention eine zweite Klettereinheit anzubieten. Auf eine derartige Lösung musste aus zeitlichen Gründen verzichtet werden.

Hinsichtlich der Untersuchungsdauer muss angemerkt werden, dass das Studiendesign keine Follow-Up Untersuchung beinhaltet und lediglich für einen Zeitraum von zehn Wochen vorgesehen war. Allerdings wurde die Etablierung einer Klettergruppe für PmMS nach der Intervention angestrebt.

### 5.2.2 Stichprobe

Wie bereits in Kapitel 3.3 erwähnt wurde, hat vor der Intervention für die Bestimmung der Größe der Stichprobe keine Fallzahlanalyse stattgefunden. Aufgrund der Tatsache, dass aus organisatorischen Gründen die Teilnehmerzahl begrenzt war, wurde versucht 25 PmMS für die Interventionsgruppe der Studie zu rekrutieren. Der Umstand, dass von 23 rekrutierten PmMS der IG insgesamt 17 PmMS inferenzstatistisch

ausgewertet werden konnten, hat es erschwert, mögliche Effekte von Klettern auf ausgewählte Parameter nachzuweisen. Zusätzlich dazu muss beachtet werden, dass der Behinderungsgrad der Teilnehmenden stark variiert hat (EDSS von 1 bis 6). Das erschwerte es, die Ergebnisse differenzierter im Hinblick auf einen bestimmten Grad der Behinderung zu bewerten. Andererseits konnte dadurch gezeigt werden, dass ein derartiges Kletterprogramm sowohl für Personen mit geringen Einschränkungen als auch für Personen mit großen Einschränkungen möglich gewesen ist.

Hinsichtlich der Rekrutierung der Kontrollgruppe musste festgestellt werden, dass nur eine geringe Anzahl an PmMS dazu bereit war, an der Studie teilzunehmen ( $n = 15$ ). Aufgrund von drei Drop-Outs in der KG war die IG mit 17 PmMS im Vergleich zur KG ( $n = 12$ ) ungefähr 30% größer. Eine derartige Ungleichverteilung in der Gruppengröße war unter anderem der nicht vorhandenen Randomisierung geschuldet.

In Bezug auf das Sportverhalten der PmMS konnte vor der Intervention ermittelt werden, dass lediglich 34% der Teilnehmenden regelmäßig sportlich aktiv waren (Kap. 3.3). Demgegenüber hat eine Befragung der IG am Ende der Intervention gezeigt, dass von 17 PmMS insgesamt zwölf (70%) bestätigt haben, das Klettertraining über die Intervention hinaus fortführen zu wollen. Sollte dieses Vorhaben umgesetzt werden, würde dies eine Steigerung der regelmäßigen Sportausübung um 50% bedeuten und damit dem übergeordneten Ziel nahezu jeder sportwissenschaftlichen Intervention, den Teilnehmer\*innen zu einem dauerhaft aktiveren Leben zu verhelfen, gerecht werden.

### 5.2.3 Messinstrumente

#### FSS-9 / VAS-F

Bei dem Fragebogen zur Erfassung der Fatigue wurde darauf geachtet, dass dieser in mehreren Studien zum Einsatz gekommen ist und gut erprobt wurde. Der ausgewählten *Fatigue Severity Scale* konnte bereits vermehrt nachgewiesen werden, dass die Skala gute psychometrische Eigenschaften *in puncto* Reliabilität, Validität und Ansprechbarkeit aufweist (Pfeffer, 2010). Zusätzlich sollte gewährleistet sein, dass das Messinstrument zeitökonomisch auszufüllen ist, was die FSS-9 erfüllt. Grundsätzlich variieren Fatigue-spezifische Selbstmessungen je nach Anzahl der Items. So wurde mit der *Fatigue Severity Scale* ein Instrument entwickelt, welche neun Items beinhaltet. Einzelne Studien legen diesbezüglich dar, dass die FSS-9 hinsichtlich ihrer Items reduziert werden müsse. Insgesamt würden vier Items nicht die Fatigue selbst, sondern

den sozialen Einfluss auf die Fatigue messen (Mills, Young, Nicholas, Pallant, & Tennant, 2009). Eine weitere Studie schlägt vor, die Skala lediglich um ein Item zu reduzieren, um die psychometrischen Werte zu verbessern (Ottonello, Pellicciari, Giordano, & Foti, 2016). In der vorliegenden Studie wurde jedoch auf eine Verwendung einer abgewandelten Form der FSS-9 verzichtet, da ihre Anwendbarkeit erst in wenigen Studien erprobt worden ist. Neben der *Fatigue Severity Scale* existieren noch viele weitere Skalen zur Erfassung der Fatiguesymptomatik, darunter die *MS-specific Fatigue Severity Scale* (MFSS) oder die *Modified Fatigue Impact Scale* (MFIS). Ein entscheidender Nachteil der verwendeten *Fatigue Severity Scale* gegenüber anderen Instrumenten liegt darin, dass die Skala nicht zwischen körperlicher und kognitiver Fatigue unterscheidet, sondern lediglich die körperliche Fatigue betrachtet. Ein Fragebogen, der diese Unterscheidung vornimmt, ist beispielsweise das von Flachenecker et al. (2006) entwickelte *Würzburger Erschöpfungs-Inventar bei Multipler Sklerose* (WEI-MuS). Auch die *Fatigue Scale for Motor and Cognitive Function* (FSMC) nimmt diese Unterscheidung vor, ist jedoch in der deutschen Übersetzung nicht ausreichend validiert.

Auch die durch die IG täglich auszufüllende *Visuelle Analogskala* zur Erfassung der Fatigue (VAS-F) war insofern limitiert, als auf der Skala Abstände in Millimetern mit zusätzlicher Wertangabe im Abstand von einem Zentimeter angegeben waren. Die Angaben auf der Skala waren aus organisatorischen Gründen erforderlich, da die Teilnehmenden ihr Empfinden täglich numerisch in einem Kalender vermerkten und die Skala somit über die Zeit der Intervention in Verwendung blieb. Auffällig war hier, dass die meisten PmMS ihr Müdigkeitsempfinden den angegebenen Zahlenwerten (10, 20, 30, ..., 100) zugeordnet haben und damit den Ausprägungsgrad der Fatigue stärker kategorisierten, als dies eigentlich vorgesehen war. Vor dem Hintergrund, dass die VAS-F täglich eigenständig bearbeitet werden sollte, musste zudem damit gerechnet werden, dass Werte teilweise nachgetragen oder vervollständigt worden sind. Dies kann zu Ergebnisverzerrungen geführt haben.

#### *MSIS-29 / VAS-L*

Neben der deutschen Version der *Multiple Sclerosis Impact Scale* (MSIS) existieren noch viele weitere MS-spezifische Fragebögen zur Erfassung der gesundheitsbezogenen Lebensqualität (Baumstarck et al., 2013). Im Gegensatz zum oft verwendeten aber krankheitsunspezifischen Messinstrument der *Short Form* (SF-36) wurde die MSIS-29

exklusiv für Personen mit Multipler Sklerose entwickelt. Die Skala misst anhand zweier Subskalen den physischen und psychischen Einfluss auf die HRQoL und erfasst damit zwei wichtige Konzepte des Konstrukts. Zudem ist die Skala mit 29 Items nur geringfügig zeitintensiver als die FSS-9. Wenngleich Ramp et al.(2009) konstatieren, dass der Test in einer Vielzahl von Studien zur Anwendung gekommen ist und - bei separater Betrachtung der einzelnen Skalen - gute psychometrische Werte aufweist, ist bei der Analyse der Rohdaten der Interventions- und Kontrollgruppe ein Bodeneffekt aufgetreten. Es konnte festgestellt werden, dass die Interventionsgruppe im Pre- und Posttest beider Subskalen des MSIS-29 den Skalenwert 1 bei 986 Antwortmöglichkeiten (17 Teilnehmende x 29 Items x 2) insgesamt 404-mal markiert hat. Das heißt, dass 41% aller Items mit dem niedrigsten Skalenwert beantwortet wurden. Eine diesbezügliche Schwäche der Skala wurde auch von Cleanthous et al. (2017) festgestellt, was sich insbesondere bei Personen mit geringerem Einfluss von physischen bzw. psychischen Faktoren auf die HRQoL bemerkbar machte. Bei einem durchschnittlichem EDSS-Wert von 3,2 ist durchaus von einem solchen geringeren Einfluss auf die gesundheitsbezogene Lebensqualität auszugehen. Kritisch anzumerken ist daher, dass der MSIS-29 unterschiedlichen Einflüssen denselben Messwert zugeordnet hat, weil die Messgröße den Empfindlichkeitsbereich der Skala unterschritten hat. Der Aspekt einer ungenügenden Trennschärfe der Items sollte bei der Bewertung der Ergebnisse berücksichtigt werden.

Die *Visuelle Analogskala* zur Erfassung der subjektiv empfundenen gesundheitsbezogenen Lebensqualität (VAS-L) ist genau wie die VAS-F mit Limitationen bezüglich der Durchführung behaftet. Auch hier ist davon auszugehen, dass Skalenwerte teilweise nachgetragen worden sind und die Skala nicht immer gewissenhaft bearbeitet wurde. Eine Bewertung der Lebensqualität fand ebenfalls vermehrt in Zehnerschritten statt, was den Angaben auf der Skala geschuldet war.

Es wird deutlich, dass trotz ausdrücklicher Empfehlungen einer Konsensus-Gruppe (Paul et al., 2014) zur Verwendung der FSS-9 bzw. der MSIS-29, die Fragebögen aufgrund der genannten Limitationen mit Vorsicht zu bewerten sind. Vor allem die Nichtberücksichtigung der Unterscheidung zwischen körperlicher und kognitiver Fatigue muss bei der Verwendung der *Fatigue Severity Scale* beachtet werden. Im Hinblick auf die *Multiple Sclerosis Impact Scale* ist vor allem der bei niedrigem Behinderungsgrad aufgetretene Bodeneffekt kritisch zu bewerten.

### *MFT S3 Check*

Bei der Gleichgewichtsmessung mittels *S3 Check* wurde darauf geachtet, dass die Durchführung einheitlich erfolgte (s. Kap. 3.4). Dies war nötig, um mögliche Bias-bedingte Ergebnisverfälschungen zu vermeiden. Nichtsdestotrotz war zu beobachten, dass die Gleichgewichtsmessung letztlich auf unterschiedliche Art ausgeführt wurde. Je nach Schweregrad der MS nutzten die Teilnehmenden andere Ausgleichsmechanismen. Auffällig war, dass beispielweise das Kniegelenk je nach Einschränkung einen anderen Flexionswinkel aufwies. Dementsprechend wurde einerseits versucht, die Kompensation der Kippbewegungen mittels einer Absenkung des Körperschwerpunktes und einer dadurch erhöhten Flexion im Kniegelenk zu erreichen. Andererseits wurde festgestellt, dass bei Messungen mit Personen mit steifen Extremitäten infolge von Spastiken gute Gleichgewichtswerte erzielt worden sind. Fraglich ist jedoch, ob der durch ein spastisches Bein stabilisierte Stand tatsächlich auch stabiler ist. Auch wurde bezüglich der Armhaltung keine Angabe gemacht. So haben einige PmMS ihre Arme genutzt, um Kippbewegungen zu kompensieren; andere PmMS nutzten ihre Arme nicht. Wenngleich das Messsystem keine Boden- oder Deckeneffekte verursacht hat, wurde festgestellt, dass vor allem schwer betroffene PmMS Probleme hatten, die Balance auf der instabilen Platte zu halten bzw. die Kippbewegungen abzufangen, ohne das vorhandene Geländer als Stützhilfe zu gebrauchen. Aufgrund dessen wurde in der Studie einer Person mit starken Gleichgewichtsproblemen erlaubt, die Schuhe während der Durchführung anzubehalten. Ein weiterer Aspekt, der im Hinblick auf das Messinstrument diskutiert werden kann, ist die Tatsache, dass die gemessene Gleichgewichtsfähigkeit auf einem solchen Gerät wenig Übertragungsmöglichkeiten für den Alltag der PmMS liefert. Insofern bilden die Ergebnisse zwar das Konstrukt der Gleichgewichtsfähigkeit ab, wenngleich bedacht werden muss, dass eine Verbesserung der Ergebnisse des *S3 Checks* nicht grundsätzlich auch eine Verbesserung der wahrgenommenen Gleichgewichtsfähigkeit im Alltag der PmMS bedeutet.

### *Jamar Handkraftdynamometer*

Die Durchführung der Handkraftmessung mittels *Jamar Handdynamometrie* war mit weniger Limitationen behaftet als die Durchführung der Gleichgewichtsmessung. Dadurch, dass auf eine individuelle Einstellung der Bügelposition des Geräts verzichtet wurde (s. Kap. 3.4), haben die Teilnehmenden teilweise darauf hingewiesen, dass der Abstand zu klein bzw. zu groß für sie sei. Zusätzlich dazu hat eine PmMS angegeben,

sie würde vom Gerät aufgrund von Schweißhänden abrutschen. Auch wurde teilweise aufgrund der hohen Kraftaufbringung von Schmerzen in den Fingern und Armen berichtet. Mathiowetz (2002) weist darauf hin, dass unterschiedliche Handdynamometer nicht garantieren können, die gleichen Kraftwerte zu messen; selbst dann nicht, wenn auf das gleiche Modell zurückgegriffen werde. Daher wurde sowohl im Pretest als auch im Posttest für alle Teilnehmenden dasselbe Handkraftmessgerät genutzt.

Insgesamt muss bedacht werden, dass alle Messungen in einem dafür vorgesehenen Messraum durchgeführt worden sind, was für gleiche Bedingungen bei allen PmMS gesorgt hat. Dadurch konnten Störvariablen ausgeschlossen bzw. konstant gehalten und die interne Validität gesteigert werden. Nichtsdestotrotz können Verfälschungen der Ergebnisse infolge von Messfehlern nicht ausgeschlossen werden.

#### *5.2.4 Durchführung der Kletterintervention*

Der folgende Abschnitt widmet sich den Möglichkeiten und Einschränkungen die im Rahmen der Klettereinheit aufgetreten sind.

Vor dem Hintergrund, dass Personen mit Multipler Sklerose eine Vielzahl von Symptomen aufweisen, deren Ausprägungsgrad wiederum individuell verschieden ist, erschien die Sportart Klettern prädestiniert dafür, dieser Breite an Einschränkungen adäquat zu begegnen. Wenngleich die durchgeführte Intervention einige Vorteile gegenüber anderen Sport- bzw. Therapiemaßnahmen aufweist, soll auch auf Limitation und aufgetretene Probleme eingegangen werden.

Vordergründig war die Idee, ein Kletterprogramm für PmMS zu ermöglichen damit begründet, dass nach wie vor eine Diskrepanz darin besteht, dass PmMS offenkundig weniger Sport treiben, obwohl es viele Nachweise zum positiven Nutzen von körperlicher Betätigung mit MS gibt (Motl et al., 2015, 2005; Nortvedt et al., 2005). Der Grund für eine ungenügende Sportteilnahme liege vor allem an einem fortgeschrittenen Behinderungsgrad. PmMS sei der positive Nutzen von Sport durchaus bewusst, wenngleich berichtet werde, dass Sport müde mache und (zu) anstrengend sei (Beckerman, de Groot, Scholten, Kempen, & Lankhorst, 2010). Aber auch eine Frühberentung oder Kinder, um die sich gekümmert werden muss, stellen Aspekte dar, die ausschlaggebend für ein vermindertes Sporttreiben seien.

Dementsprechend wurde bei der Gestaltung der Intervention darauf geachtet, dass diese auch von Personen durchgeführt werden kann, die einen fortgeschrittenen Behinderungsgrad aufweisen. In der Ausschreibung zur Intervention wurde dieser Aspekt

verdeutlicht, indem explizit darauf verwiesen wurde, dass eine Teilnahme mit Gehhilfe möglich sei (s. Anhang). Kern (2017) berichtet sogar davon, dass auch PmMS, die auf einen Rollstuhl angewiesen sind, die Möglichkeit hätten zu klettern. Demnach könnten auch PmMS mit starken, funktionellen Einschränkungen von der Sportart profitieren. Im Rahmen der durchgeführten Studie waren drei Teilnehmende (teilweise) auf einen Rollstuhl angewiesen. Es erwies sich grundsätzlich als machbar, auch denjenigen PmMS ein Kletterlebnis an der Wand zu ermöglichen. Nichtsdestotrotz erschien es erforderlich, dass, sofern die unteren Extremitäten nicht mehr angesteuert werden konnten, die oberen Extremitäten so viel Kraft bereitstellen können, dass diejenigen PmMS sich selbständig an der Wand stabilisieren können und lediglich ein Umsetzen der Füße durch eine Betreuung erfolgen muss. Im Gegensatz zum Bouldern erschien Klettern mit Seilsicherung daher geeigneter zu sein, um auch mit unsicheren und funktional eingeschränkteren PmMS zu klettern. Der Vorteil liegt insbesondere darin, dass ein Fehler (z.B. das Abrutschen von einem Tritt) lediglich zu einem Fall in den Gurt führt und nicht zu einem Fall auf den Boden. Außerdem gibt es die Möglichkeit, als Sichernder die kletternde Person in der Wand zu unterstützen, indem mit Hilfe des Seils eine Entlastung der Gravitationskräfte erfolgt. Diese Überlegungen haben sich insofern bestätigt, als Bouldern zum Aufwärmen hauptsächlich von denjenigen PmMS genutzt wurde, die weniger funktionelle Einschränkungen aufwiesen. Der Nachteil der Seilsicherung lag darin, dass mehr Zeit zur Erklärung sicherheitsrelevanter Aspekte verwendet werden musste und mehr Material von Nöten war. Zudem war die Korrektur von Bewegungsbildern in Bodennähe einfacher zu gestalten, als in größeren Höhen.

Da PmMS ihre Zeit in Abhängigkeit ihrer Kraftressourcen einteilen müssen und alltägliche Verpflichtungen (Einkaufen, Kinder versorgen) dementsprechend zeitraubend sind, wurde bei der Planung der Intervention darauf geachtet, dass möglichst viele Termine pro Woche angeboten werden konnten. Nachteilig an dieser Konzeption ist die Tatsache, dass die Abstände zwischen den einzelnen Einheiten nicht immer konstant blieben und PmMS teilweise zwei Einheiten innerhalb von vier Tagen (Freitag – Montag) oder innerhalb von zwölf Tagen (Montag – Freitag) absolvierten. Das täglich stattfindende Kletterprogramm von zwei Stunden gewährleistete jedoch, dass durchschnittlich eine Kleingruppe von vier bis fünf PmMS zur Klettereinheit gekommen ist. Dadurch konnte auch der relativ hohe Betreuungsschlüssel von 1:4 bzw. 1:5 erfüllt werden. Dazu muss gesagt werden, dass die Anzahl der Betreuer\*innen stark von dem

Behinderungsgrad der Teilnehmenden abhing. Auch wenn beim Klettern letztlich immer eine 1:1 Betreuung gegeben ist, erforderte das Klettern mit stärker betroffenen Personen mehr Zeit, was eine zusätzliche Betreuung für die anderen Teilnehmenden notwendig macht. Nur so können, bei der relativ zeitintensiven und materiallastigen Sportart, alle PmMS sinnvoll angeleitet werden. Diesbezüglich muss angemerkt werden, dass der Großteil der Intervention lediglich durch die Studienleitung durchgeführt wurde und nur in den ersten drei Wochen eine zweite Betreuung zur Verfügung stand. Das führte dazu, dass, je nach Gruppengröße, nicht alle PmMS gleichermaßen betreut werden konnten. Allerdings ging es den Teilnehmenden nicht ausschließlich ums Klettern. Es konnte festgestellt werden, dass einige PmMS neben dem Klettern auch den sozialen Aspekt der Gruppenzugehörigkeit wertgeschätzt haben. So berichtete ein Teilnehmer, dass er sich nicht gut fühle und nicht so oft Klettern könne, er trotzdem gerne zuschauen und Unterstützung leiste. Einerseits fördert dieser Aspekt den Gedanken, dass das angebotene Sportprogramm genutzt werden sollte, um auch dauerhaft aktiver zu werden und regelmäßig Sport zu treiben. Andererseits konnte dadurch nicht sichergestellt werden, dass alle PmMS gleich oft geklettert sind. Es erwies sich zudem als nicht möglich, allen Teilnehmenden die gleichen Routen zu empfehlen, da sich die PmMS schnell auf unterschiedlichen Kletterniveaus befunden haben.

Um einen physiologischen Effekt hervorzurufen, ist eine dauerhafte, in den Alltag integrierte Sportpartizipation von Nöten. Das Durchführen einer einmal wöchentlich stattfindenden Trainingseinheit entspricht lediglich den Minimalanforderungen bei Gesunden und sollte, vor allem von weniger eingeschränkten PmMS durch andere Aktivitäten ergänzt werden. Im Hinblick auf die Angaben zur Sportteilnahme musste jedoch festgestellt werden, dass nur acht von 23 PmMS regelmäßig Sport treiben. Wenngleich Latimer-Cheung et al. (2013) Personen mit einer moderat ausgeprägten MS ein dreißigminütiges, zweimal wöchentlich stattfindendes Training empfehlen, um Effekte auf die gesundheitsbezogene Lebensqualität, die Fatigue und die Mobilität zu ermöglichen, sollte das Training der Intervention nicht öfter als einmal in der Woche stattfinden. Dies gründete einerseits auf den Erfahrungen einiger PmMS, die sich ein mehrfaches wöchentliches Training aus körperlichen Gründen nicht zutrauten. Andererseits sollte die Intervention so gestaltet werden, dass auch über die Intervention hinaus die Möglichkeit und Lust besteht, eigenständig das Klettern fortzuführen. Für chronisch kranke Personen, die neben einer mit Anstrengungen verbundenen Alltagsgestaltung

auch andere Therapiemaßnahmen (z.B. Physiotherapie) in Anspruch nehmen, erschien daher ein einmal wöchentliches Klettertraining den strukturellen und gesundheitlichen Bedingungen adäquat zu sein. Die im Verhältnis gesehen geringe Trainingshäufigkeit, kann sicherlich dazu beigetragen haben, dass der Einfluss des Klettertrainings auf bestimmte Parameter (z.B. Gleichgewicht) nicht eindeutig nachgewiesen werden konnte.

In der Stichprobenbeschreibung (s. Kap. 3.3) wurde bereits darauf verwiesen, dass die Drop-Out-Rate der IG mit ca. 30 % relativ hoch ausfällt. Dies ist insbesondere bemerkenswert, insofern bewusst eine Sportart gewählt wurde, die anders als gewöhnliche Therapien, einen hohen Motivationscharakter mit sich bringt (s. Kap. 2.5.4). Auch ist davon auszugehen, dass diejenigen, die sich für die Intervention interessierten, eine generelle Offenheit und sportliche Affinität aufgewiesen haben. (Kern, 2014) verweist jedoch darauf, dass höhere Drop-Out-Raten aus anderen Studien bekannt seien und aufgrund des ungewissen Verlaufs der Erkrankung MS zu erwarten seien (vgl. Tallner & Pfeifer, 2008). Die Gründe für einen Abbruch der Intervention waren verschieden. In den meisten Fällen war dies jedoch aus gesundheitlichen oder organisatorischen Fällen der Fall. Lediglich eine Person begründete ihren Abbruch damit, dass es ihr keinen Spaß mache.

Der Ort der Intervention erwies sich für die meisten Teilnehmenden als geeignet, zumal er mit öffentlichen Verkehrsmitteln gut zu erreichen war. Auch der Zugang zur Halle über eine Treppe oder mit Hilfe eines Aufzugs konnte von den meisten PmMS ohne Einschränkungen erreicht werden. Lediglich die Benutzung des Aufzuges mit breiten Rollstühlen bereitete Schwierigkeiten, da dieser nicht durch die Tür des Aufzuges passte. Wenngleich das Problem gelöst werden konnte, da die PmMS eigenständig stehen konnte und der Rollstuhl zusammengeklappt worden ist, verdeutlicht dies, mit welchen strukturellen Problemen Personen mit Multipler Sklerose konfrontiert werden können und aufgrund dessen diese möglicherweise eine Teilnahme an öffentlichen Sportangeboten ablehnen.

Die Halle selbst war während der Intervention auch anderen Mitgliedern des Hochschulsports frei zugänglich. Dieser Aspekt hat einerseits die Chance geboten, den Teilnehmenden eine Sportart zu präsentieren, die losgelöst von Therapiezielen, als „normal“ wahrgenommen und ausgeübt werden kann. Andererseits bestand dadurch die Gefahr, dass durch die Wahrnehmung der Kletterleistung anderer, PmMS sich der ei-

genen Einschränkung noch bewusster werden und Frustration entsteht. Diese Erfahrung wurde von einem Teilnehmer berichtet, der zu Beginn der Intervention offensichtlich Probleme damit hatte, seine Einschränkungen in Relation zur Kletterleistung zu sehen. Im Verlauf der Intervention jedoch hat er diesbezüglich anders empfunden. Dieser Aspekt ist insofern von Bedeutung, als beim Klettern die eigene Leistung sichtbar wird, indem bestimmte Routen vollendet oder nicht vollendet werden. Grundsätzlich konnte bei allen PmMS eine sichtbare Steigerung der Kletterleistung erreicht werden. Haben die meisten Teilnehmenden zu Beginn der Intervention noch angegeben, sie würden das Ende der Wand nicht erreichen können, so sind die nahezu alle PmMS in der letzten Einheit der Intervention sogar mehrere Routen durchgestiegen. Hilfreich für die Einführung in die Sportart Klettern war es, zusätzliche Tritte und Griffe in Bodennähe anzubringen. Dadurch konnte gewährleistet werden, dass auch ängstliche oder stärker eingeschränkte PmMS viele Möglichkeiten haben, sich in der Wand zu stabilisieren. Aufgrund der Tatsache, dass die Halle nicht nur für Kletteranfänger konzipiert ist, finden sich auch einige schwierige Routen, die nur bedingt für PmMS geeignet waren. Dies erforderte von Seiten der Studienleitung Kreativität und Erfahrung, um auch gut kletternden PmMS in leichten Routen eine angemessene Schwierigkeit zu ermöglichen (z.B. Klettern mit geschlossenen Augen, Füße nutzen nur die Wandreibung etc.).

Insgesamt erwies sich das Kletterprogramm als gut durchführbar, was vor allem an der Möglichkeit lag, die Halle an fünf Tagen in der Woche zu nutzen. Das daraus resultierende Training in Kleingruppen konnte insofern effizient ausgeführt werden, als alle Teilnehmenden durchschnittlich 25-30 Minuten aktiv klettern konnten. Vor dem Hintergrund des biopsychosozialen Ansatzes und den damit verbundenen Wirkdimensionen des Kletterns (s. Kap. 2.5.2), die für die Zielsetzung der Kletterintervention grundlegend waren, kann geschlussfolgert werden, dass in erster Linie biologische bzw. motorische Parameter adressiert wurden. Aus sportwissenschaftlicher Perspektive wurden somit insbesondere klettertypische Bewegungen geschult und erweitert, die dazu dienen sollten Aktivitäten des täglichen Lebens leichter zu bewältigen (z.B. Treppensteigen beim Einkaufen). Dadurch, dass die Kletterintervention jedoch nicht nur motorische Parameter in den Blick genommen hat, sondern auch psychosoziale Aspekte wie die wahrgenommene Lebensqualität untersucht hat, fällt es schwer zu sagen, wie stark der Einfluss von Klettern auf einen einzelnen Parameter ausfällt. Aus pädagogischer Perspektive wurde beispielsweise versucht, gruppenspezifische, und

damit soziale Prozesse anzubahnen, die den Aufbau von Vertrauen in sich und andere fördern und dazu anregen, auch nach der Intervention sportlich aktiv zu bleiben. Insgesamt gaben zwölf Teilnehmende (75%) an, dass sie sich vorgenommen haben weiter zu klettern. Mit der Etablierung einer, wenn auch nur einmal im Monat stattfindenden Klettereinheit, konnte dieser Aspekts zumindest im Ansatz bereits erfüllt werden.

### **5.3 Ausblick**

Die Ergebnisse der Interventionsstudie lassen den Schluss zu, dass Klettern sowohl psychosoziale als auch motorische Parameter bei Personen mit Multipler Sklerose verbessern kann. Insofern ist es plausibel, dass Klettern auch zukünftig in der Therapie und Rehabilitation bei PmMS eingesetzt wird. Gerade vor dem Hintergrund, dass Multiple Sklerose nach wie vor nicht heilbar und eine medikamentöse Therapie nur bedingt wirksam ist, erscheint Klettern als ein Baustein der multimodalen Therapie symptomreduzierend einsetzbar zu sein. Der Vorteil gegenüber „klassischen Therapieprogrammen“ liegt darin, dass Klettern „nebenbei“ wirkt und nicht als notwendige Behandlungsmaßnahme, sondern vielmehr als sportliches Hobby wahrgenommen wird.

Forschungsbedarf besteht vor allem hinsichtlich der Überprüfung überdauernder Verbesserungen verschiedener Symptome durch Klettern. Insofern sollten zukünftige Studiendesigns eine Evaluation langfristiger Effekte durch Klettern in Erwägung ziehen. Generell bedarf es außerdem eines optimierten Studiendesigns, um die Ergebnisse eindeutig auf das vorgenommene Treatment zurückführen zu können. Dieser Aspekt schließt beispielsweise eine aktive Kontrollgruppe ein. Damit eine größere Standardisierung hinsichtlich der Durchführung gewährleistet werden kann, sollten Studien zudem einen spezifischen Behinderungsgrad und einen bestimmten Verlaufstyp adressieren. Dadurch könnten Empfehlungen zu Dauer, Intensität, Umfang und Art des Klettertrainings exakter angegeben werden. Besonders Personen mit größeren Einschränkungen sind in Interventionsstudien (inklusive der vorliegenden Untersuchung) zum Einfluss von körperlicher Aktivität unterrepräsentiert. Es scheint daher notwendig, dass gerade stärker betroffene PmMS in Studien zum Nutzen von körperlicher Aktivität inkludiert werden.



## 6 Zusammenfassung

Multiple Sklerose (MS) ist eine chronisch fortschreitende Erkrankung, die das Zentralnervensystem betrifft und insbesondere im jungen Erwachsenenalter diagnostiziert wird. Auch wenn ihr Verlauf hochgradig unterschiedlich ist, kommt es häufig zu motorischen Dysfunktionen, Sensibilitätsstörungen oder Müdigkeitserscheinungen (Fatigue). Auch psychische Symptome wie Depressionen oder eine subjektiv wahrgenommene reduzierte Lebensqualität sind bei MS-Betroffenen nicht selten. Dadurch, dass Multiple Sklerose nach wie vor nicht heilbar ist und eine medikamentöse Therapie nur bedingt eine Progression der Krankheit verhindern kann, ist die symptomatische Therapie ein wichtiger Baustein innerhalb des multimodalen Behandlungskonzepts bei MS. Trotz der nachweislich positiven Effekte von Sport auf die symptomatischen und sekundären Folgen der Erkrankung sind Personen mit Multipler Sklerose weniger aktiv als Gesunde. Insofern erscheint es notwendig, Behandlungskonzepte zu etablieren, die neben ihrer Wirksamkeit zugleich eine hohe Akzeptanz bei den Betroffenen aufweisen.

Klettern erlebt aktuell eine Renaissance als Trendsport und scheint damit den Anforderungen an ein attraktives und motivierendes Konzept im Rahmen der symptomatischen Therapie gerecht werden zu können. Der komplexen Sportart wird nicht nur im Hinblick auf motorische Parameter ihre Wirksamkeit bescheinigt, sondern auch hinsichtlich verschiedener psychischer und sozialer Faktoren.

Ziel der vorliegenden Arbeit ist es daher, den Einfluss von Klettern auf psychosoziale und motorische Parameter bei Personen mit Multipler Sklerose zu evaluieren. Zu diesem Zweck wurde ein betreutes Angebot geschaffen, was es den Teilnehmenden ermöglicht, wöchentlich zwei Stunden zu klettern. Vor Beginn der insgesamt zehnwöchigen Klettereinheit wurden die ausgewählten Untersuchungsparameter der Fatigue-symptomatik, der gesundheitsbezogenen Lebensqualität (HRQoL), der Handkraft und der Gleichgewichtsfähigkeit erfasst, damit diese mit den erhobenen Werten am Ende der Intervention auf Unterschiede geprüft werden können. Auch ein Vergleich mit den erhobenen Daten der Kontrollgruppe hat stattgefunden, wenngleich die Zuteilung der Teilnehmenden auf die Gruppen nicht randomisiert erfolgte.

Als Instrumente zur Erfassung der verschiedenen Parameter wurde sowohl auf Selbstbeurteilungsfragebögen wie die *Fatigue Severity Scale* (FSS-9) und die *Multiple Sclerosis Impact Scale* (MSIS-29) zurückgegriffen als auch auf Testsysteme wie ein Handkraftdynamometer (Jamar) oder ein Messgerät zur Erfassung der Körperstabilität und

der sensomotorischen Regulationsfähigkeit (S3 Check). Interventionsbegleitend wurden zudem täglich auszufüllende *Visuelle Analogskalen* zur Bewertung des Gesundheitszustandes (VAS-Lebensqualität) und der empfundenen Erschöpfung (VAS-Fatigue) herangezogen.

Mit Hilfe der Statistiksoftware SPSS erfolgte die Evaluation der Effekte, welche sowohl die deskriptive Darstellung von Mittelwerten beinhaltet hat als auch die Anwendung parametrischer Verfahren zur Überprüfung von Mittelwertunterschieden. Mittels t-Test wurde einerseits auf Unterschiede innerhalb der IG (Pre – Post) getestet, andererseits auf Unterschiede zwischen den Gruppen (IG – KG).

Die Ergebnisse im Intragruppenvergleich zeigten hinsichtlich der Fatiguesymptomatik (VAS-F:  $*p = 0,000$ ), der (physischen) HRQoL ( $*p = 0,007$ ) und der Handkraft ( $*p = 0,001$ ) eine signifikante Verbesserung von Pre- zu Posttest. Auch mittels VAS-L konnte eine Verbesserung der gesundheitsbezogenen Lebensqualität im Verlauf der Klettereinheit nachgewiesen werden ( $*p = 0,000$ ). Eine Verbesserung der Stabilität, der Sensomotorik und der (psychischen) HRQoL war hingegen nicht messbar.

Im Vergleich zwischen den Gruppen (Intergruppenvergleich) reduzierte sich die Fatiguesymptomatik der Interventionsgruppe signifikant gegenüber der Kontrollgruppe ( $*p = 0,008$ ). Eine ebenfalls signifikante Verbesserung konnte hinsichtlich der (physischen) HRQoL ( $*p = 0,000$ ) und der Handkraft ( $*p = 0,032$ ) gemessen werden. Kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen IG und KG wurde in Bezug auf die (psychische) HRQoL, die Stabilität und die Sensomotorik festgestellt.

Insgesamt sprechen die Ergebnisse dafür, dass Klettern eine geeignete Maßnahme zur Reduzierung MS-typischer Symptome darstellt. Inwiefern die nachgewiesenen Verbesserungen auch inhaltliche Relevanz haben, ist aufgrund methodischer Limitationen nur bedingt zu interpretieren. Das geäußerte Feedback der Teilnehmenden lässt jedoch vermuten, dass die Verbesserungen nicht nur statistisch bedeutsam sind, sondern sich auch auf den Alltag der Teilnehmenden auswirken.

Neben den nachgewiesenen Verbesserungen der motorischen und psychosozialen Parameter durch Klettern konnte auch ein weiteres übergeordnetes Ziel der Studie erreicht werden. Mit der Etablierung einer einmal im Monat stattfindenden Klettereinheit ist es gelungen, die Teilnehmenden zu einer regelmäßigen sportlichen Betätigung zu motivieren.

## 7 Literaturverzeichnis

- Alonso, A. & Hernán, M. A. (2008). Temporal trends in the incidence of multiple sclerosis. A systematic review. *Neurology*, 71(2), 129–135.
- Andreasen, A., Stenager, E. & Dalgas, U. (2011). The effect of exercise therapy on fatigue in multiple sclerosis. *Multiple Sclerosis Journal*, 17(9), 1041–1054.
- Asano, M. & Finlayson, M. (2014). Meta-Analysis of Three Different Types of Fatigue Management Interventions for People with Multiple Sclerosis: Exercise, Education, and Medication. *Multiple Sclerosis International*, (Vol. 2014), 1-12.
- Ascherio, A. & Munger, K. L. (2007). Environmental risk factors for multiple sclerosis. Part I: The role of infection. *Annals of Neurology*, 61(4), 288–299.
- Baker, D., Anandhakrishnan, A., Tuite-Dalton, K. A., Lockart-Jones, H., Middleton, R. M., Ford, D. V., ... Giovannoni, G. (2016). How to refer to people with disease in research outputs: The disconnection between academic practise and that preferred by people with multiple sclerosis. *Multiple Sclerosis and Related Disorders*, 10, 127–133.
- Bandura, A. (1977). Self-efficacy: toward a unifying theory of behavioral change. *Psychological Review*, 84(2), 191–215.
- Baumstarck, K., Boyer, L., Boucekine, M., Michel, P., Pelletier, J. & Auquier, P. (2013). Measuring the Quality of Life in Patients with Multiple Sclerosis in Clinical Practice: A Necessary Challenge, 1-8.
- Beckerman, H., de Groot, V., Scholten, M. A., Kempen, J. C. E. & Lankhorst, G. J. (2010). Physical Activity Behavior of People with Multiple Sclerosis: Understanding How They Can Become More Physically Active. *Physical Therapy*, 90(7), 1001–1013.
- Beer, S., Khan, F. & Kesselring, J. (2012). Rehabilitation interventions in multiple sclerosis: an overview. *Journal of Neurology*, 259(9), 1994–2008.

- Benedict, R. H. B., Wahlig, E., Bakshi, R., Fishman, I., Munschauer, F., Zivadinov, R. & Weinstock-Guttman, B. (2005). Predicting quality of life in multiple sclerosis: accounting for physical disability, fatigue, cognition, mood disorder, personality, and behavior change. *Journal of the Neurological Sciences*, 231(1), 29–34.
- Benito-León, J., González, J., Rivera-Navarro, J. & Mitchell, A. (2004). *A review about the impact of multiple sclerosis on health-related quality of life* (Vol. 25), 1291-1303.
- Benito-León, J., Morales, J. M. & Rivera-Navarro, J. (2002). Health-related quality of life and its relationship to cognitive and emotional functioning in multiple sclerosis patients. *European Journal of Neurology*, 9(5), 497–502.
- Bortz, J. & Döring, N. (2015). *Forschungsmethoden und Evaluation: für Human- und Sozialwissenschaftler* (5. Auflage). Berlin: Springer.
- Boylan, L. S., Flint, L. A., Labovitz, D. L., Jackson, S. C., Starner, K. & Devinsky, O. (2004). Depression but not seizure frequency predicts quality of life in treatment-resistant epilepsy. *Neurology*, 62(2), 258–261.
- Cameron, M. H., Horak, F. B., Herndon, R. R. & Bourdette, D. (2008). Imbalance in multiple sclerosis: A result of slowed spinal somatosensory conduction. *Somatosensory & Motor Research*, 25(2), 113–122.
- Cattaneo, D. & Jonsdottir, J. (2009). Sensory impairments in quiet standing in subjects with multiple sclerosis. *Multiple Sclerosis Journal*, 15(1), 59–67.
- Cattaneo, D., Lamers, I., Bertoni, R., Feys, P. & Jonsdottir, J. (2017). Participation Restriction in People with Multiple Sclerosis: Prevalence and Correlations With Cognitive, Walking, Balance, and Upper Limb Impairments. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 98(7), 1308–1315.

- Chen, C. C., Kasven, N., Karpatkin, H. I. & Sylvester, A. (2007). Hand Strength and Perceived Manual Ability Among Patients With Multiple Sclerosis. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 88(6), 794–797.
- Cleanthous, S., Cano, S., Kinter, E., Marquis, P., Petrillo, J., You, X., ... Sabatella, G. (2017). Measuring the impact of multiple sclerosis: Enhancing the measurement performance of the Multiple Sclerosis Impact Scale (MSIS-29) using Rasch Measurement Theory (RMT). *Multiple Sclerosis Journal – Experimental, Translational and Clinical*, 3(3), 1-14.
- Compston, A. & Coles, A. (2008). Multiple sclerosis. *The Lancet*, 372(9648), 1502–1517.
- Dalgas, U. (2017). Exercise therapy in multiple sclerosis and its effects on function and the brain. *Neurodegenerative Disease Management*, 7(6s), 35–40.
- De Smet, L. & Londers, J. (2003). Repeated grip strength at one month interval and detection of voluntary submaximal effort. *Acta Orthopaedica Belgica*, 69(2), 142–144.
- DMSG Bundesverband e.V. (2012). *Geschäftsbericht 2012* (1–30). Hannover: Deutsche Multiple Sklerose Gesellschaft Bundesverband e.V.
- Dorfman, L. J. & Bosley, T. M. (1979). Age-related changes in peripheral and central nerve conduction in man. *Neurology*, 29(1), 38–44.
- Droß, C. (2011). Skript zum SPSS / Statistik Kompaktkurs.
- Egger, J. W. (2005). Das biopsychosoziale Krankheitsmodell. Grundzüge eines wissenschaftlich begründeten ganzheitlichen Verständnisses von Krankheit. *Psychologische Medizin*, 16(2), 3–12.
- Egger, J. W. (2015). *Integrative Verhaltenstherapie und psychotherapeutische Medizin*. Wiesbaden: Springer.

- Ehling, R. (2013). Gesundheitsbezogene Lebensqualität (HRQoL). In *Betaferon®* (161–178). Wien: Springer.
- Fetz, F. (1987). *Sensomotorisches Gleichgewicht im Sport* (Vol. 59). Wien: Österreichischer Bundesverlag GmbH.
- Flachenecker, P. & Zettl, U. K. (2017a). Epidemiologie. In R. M. Schmidt, F. Hoffmann, J. H. Faiss, & W. Köhler (Hg.), *Multiple Sklerose* (11–17). München: Elsevier, Urban & Fischer.
- Flachenecker, P. & Zettl, U. K. (2017b). Krankheitsverlauf und Prognose. In R. M. Schmidt, F. Hoffmann, J. H. Faiss, & W. Köhler (Hg.), *Multiple Sklerose* (63–72). München: Elsevier, Urban & Fischer.
- Fleissner, H., Sternat, D., Seiwald, S., Kapp, G., Kauder, G., Rauter, B., ... Hörmann, J. (2010). Therapeutisches Klettern verbessert Selbständigkeit, Mobilität und Gleichgewicht bei geriatrischen Patienten. *European Journal of Geriatrics*, 12(1), 12–16.
- Fling, B. W., Dutta, G. G., Schlueter, H., Cameron, M. H. & Horak, F. B. (2014). Associations between Proprioceptive Neural Pathway Structural Connectivity and Balance in People with Multiple Sclerosis. *Frontiers in Human Neuroscience*, 8(814).
- Forsberg, A., von Koch, L. & Nilsagård, Y. (2016). Effects on Balance and Walking with the CoDuSe Balance Exercise Program in People with Multiple Sclerosis: A Multicenter Randomized Controlled Trial. *Multiple Sclerosis International*, 2016, 1–10.
- Frevel, D. & Mäurer, M. (2015). Internet-based home training is capable to improve balance in multiple sclerosis: a randomized controlled trial. *European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine*, 51(1), 23–30.

- Friedrich, D. (2011). *Multiple Sklerose und Sport - Immer in Bewegung: Mehr Lebensqualität durch ein aktiveres Leben* (1. Auflage). Stuttgart: TRIAS.
- Friedrich, D. (2015). *Fatigue: die große Müdigkeit bei Multipler Sklerose; 'MS reißt Löcher in den Alltag'; der Patient als Experte; Antworten, Hilfen, Perspektiven zur chronischen Müdigkeit* (1. Auflage). Rosengarten: Rosengarten-Verlag.
- Fritz, N. E., Marasigan, R. E., Calabresi, P. A., Newsome, S. D. & Zackowski, K. M. (2015). The Impact of Dynamic Balance Measures on Walking Performance in Multiple Sclerosis. *Neurorehabilitation and Neural Repair*, 29(1), 62–69.
- Gafson, A., Giovannoni, G. & Hawkes, C. H. (2012). The diagnostic criteria for multiple sclerosis: From Charcot to McDonald. *Multiple Sclerosis and Related Disorders*, 1(1), 9–14.
- Gerwien, H., Hermann, S., Zhang, X., Korpos, E., Song, J., Kopka, K., ... Sorokin, L. (2016). Imaging matrix metalloproteinase activity in multiple sclerosis as a specific marker of leukocyte penetration of the blood-brain barrier. *Science Translational Medicine*, 8(364).
- Giesser, B. S. (2015). Exercise in the management of persons with multiple sclerosis. *Therapeutic Advances in Neurological Disorders*, 8(3), 123–130.
- Gold, R. (2015). AWMF Leitlinie S2e - Diagnose und Therapie der Multiplen Sklerose. Secondary AWMF Leitlinie S2e - Diagnose und Therapie der Multiplen Sklerose 2014. Abgerufen am 13 November 2017, von <http://www.awmf.org/leitlinien/detail/II/030-050.html>.
- Gold, S. M., Schulz, H., Mönch, A., Schulz, K.-H. & Heesen, C. (2003). Cognitive impairment in multiple sclerosis does not affect reliability and validity of self-report health measures. *Multiple Sclerosis Journal*, 9(4), 404–410.

- Graubner, B. (2013). *ICD-10-GM 2014 Systematisches Verzeichnis: Internationale statistische Klassifikation der Krankheiten und verwandter Gesundheitsprobleme* (11. Revision-German Modification Version 2014). Deutscher Ärzteverlag. Abgerufen von <http://www.icd-code.de/icd/code/G35.-.html>
- Grzybowski, C. & Eils, E. (2011). Therapeutisches Klettern – kaum erforscht und dennoch zunehmend eingesetzt. *Sportverletzung · Sportschaden*, 25(02), 87–92.
- Guner, S. & Inanici, F. (2015). Yoga therapy and ambulatory multiple sclerosis. Assessment of gait analysis parameters, fatigue and balance. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, 19(1), 72–81.
- Gunn, H., Creanor, S., Haas, B., Marsden, J. & Freeman, J. (2013). *Risk factors for falls in multiple sclerosis: An observational study* (Vol. 19), 1913-1923.
- Gunn, H., Creanor, S., Haas, B., Marsden, J. & Freeman, J. (2014). Frequency, Characteristics, and Consequences of Falls in Multiple Sclerosis: Findings from a Cohort Study. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 95(3), 538–545.
- Haupts, M. (2017). Lebensqualität und gesundheitsökonomische Aspekte. In R. M. Schmidt, F. Hoffmann, J. H. Faiss & W. Köhler (Hg.), *Multiple Sklerose* (421–428). München: Elsevier, Urban & Fischer.
- Hedström, A. K., Bäärnhielm, M., Olsson, T. & Alfredsson, L. (2009). Tobacco smoking, but not Swedish snuff use, increases the risk of multiple sclerosis. *Neurology*, 73(9), 696–701.
- Heine, M., van de Port, I., Rietberg, M. B., van Wegen, E. E. & Kwakkel, G. (2015). Exercise therapy for fatigue in multiple sclerosis. In *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 11(9), John Wiley & Sons, Ltd.

- Heitkamp, H.-C., Mayer, F. & Böhm, S. (1999). Effekte eines Klettertrainings im Vergleich zu isokinetischem Krafttraining auf die wirbelsäulenstabilisierende Muskulatur. *Aktuelle Rheumatologie*, 24(02), 40–46.
- Henry, F. M. (1968). Specificity vs. generality in learning motor skill. In R. C. Brown & G. S. Kenyon (Hg.), *Classical Studies on Physical Activity* (331–340). Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- Henze, T., Feneberg, W., Flachenecker, P., Seidel, D., Albrecht, H., Starck, M. & Meuth, S. G. (2017). Neues zur symptomatischen MS-Therapie: Teil 5 – Fatigue. *Der Nervenarzt*, 1–6.
- Hirtz, P. (1977). Struktur und Entwicklung koordinativer Leistungsvoraussetzungen bei Schulkindern. *Theorie und Praxis der Körperkultur*, (26), 503–510.
- Hjollund, N. H., Andersen, J. H. & Bech, P. (2007). Assessment of fatigue in chronic disease: a bibliographic study of fatigue measurement scales. *Health and Quality of Life Outcomes*, 5(1), 12.
- Hobart, J., Lamping, D., Fitzpatrick, R., Riazi, A. & Thompson, A. (2001). The Multiple Sclerosis Impact Scale (MSIS-29). A new patient-based outcome measure. *Brain*, 124(5), 962–973.
- Hoffmann, F. & Block, A. (2017). Symptomatische Therapie. In R. M. Schmidt, F. Hoffmann, J. H. Faiss, & W. Köhler (Hg.), *Multiple Sklerose* (213–259). München: Elsevier, Urban & Fischer.
- Hoffmann, M. (2013). *Klettern: Technik, Taktik, Psyche* (3. neu bearbeitete Auflage). München: BLV Buchverlag.
- Horak, F. B., Esselman, P., Anderson, M. E. & Lynch, M. K. (1984). The effects of movement velocity, mass displaced, and task certainty on associated postural adjustments made by normal and hemiplegic individuals. *Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry*, 47(9), 1020–1028.

- Hottenrott, K. (2017). Ausdauer und Ausdauertraining. In K. Hottenrott & I. Seidel (Hg.), *Handbuch Trainingswissenschaft - Trainingslehre* (137–170). Schorndorf: Hofmann.
- Iglseder, A. (2015). Klettern in der Entwicklung des Menschen und des Einzelnen - eine interdisziplinäre philosophische Betrachtung. In A.-C. Kowald & A. Zajetz (Hg.), *Therapeutisches Klettern: Anwendungsfelder in Psychotherapie und Pädagogik* (1–6). Stuttgart: Schattauer.
- Jamali, A., Sadeghi-Demneh, E., Fereshtenajad, N. & Hillier, S. (2017). Somatosensory impairment and its association with balance limitation in people with multiple sclerosis. *Gait & Posture*, 57 (Supplement C), 224–229.
- Janardhan, V. & Bakshi, R. (2002). Quality of life in patients with multiple sclerosis: The impact of fatigue and depression. *Journal of the Neurological Sciences*, 205(1), 51–58.
- Jelitte, M. (2009). Response Shift als Einflussfaktor auf die Veränderungsmessung am Beispiel der gesundheitsbezogenen Lebensqualität bei Prostatakrebspatienten. *Das Gesundheitswesen*, 71(08/09), A166.
- Johansson, S., Ytterberg, C., Claesson, I. M., Lindberg, J., Hillert, J., Andersson, M., ... Koch, L. von. (2007). High concurrent presence of disability in multiple sclerosis. *Journal of Neurology*, 254(6), 767-773.
- Jolk, C., Dalgas, U., Osada, N., Platen, P. & Marziniak, M. (2015). Effects of sports climbing on muscle performance and balance for patients with multiple sclerosis: A case series. *International Journal of Therapy and Rehabilitation*, 22(8), 371–376.
- Kern, C. (2014). *Entwicklung eines therapeutischen Kletterprogramms und Evaluation seiner Effekte auf Personen mit Multipler Sklerose*. Technische Universität München - Lehrstuhl für Präventive Pädiatrie, München.

- Kern, C. (2015). Sport- und Bewegungstherapie mit Personen mit MS. In A.-C. Kowald & A. Zajetz (Hg.), *Therapeutisches Klettern: Anwendungsfelder in Psychotherapie und Pädagogik* (316–321). Stuttgart: Schattauer.
- Kern, C., Elmenhorst, R. & Oberhoffer, J. (2013). Wirkung von Therapeutischem Klettern bei Personen mit Multipler Sklerose – Hinweise oder Nachweise? *Neurologie & Rehabilitation*, 19(4), 247-256.
- Kesselring, J. (2005). *Multiple Sklerose* (4., überarbeitete und erweiterte Auflage). Stuttgart: Kohlhammer.
- Kingwell, E., Marriott, J. J., Jetté, N., Pringsheim, T., Makhani, N., Morrow, S. A., ... Marrie, R. A. (2013). Incidence and prevalence of multiple sclerosis in Europe: a systematic review. *BMC Neurology*, 13(128), 1-13.
- Klein, P. & Schunk, E. (2005). *Klettern*. Schorndorf: Hofmann.
- Korier, K. M. M. (2016). Multiple sclerosis: New insights and trends. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 6(5), 429–440.
- Kos, D., Kerckhofs, E., Nagels, G., D'hooghe, M. B. & Ilsbrouckx, S. (2008). Origin of Fatigue in Multiple Sclerosis: Review of the Literature. *Neurorehabilitation and Neural Repair*, 22(1), 91–100.
- Kowald, A.-C. (2012). *Das Erlebnis Klettern als bewegungstherapeutischer Ansatz im Rahmen der Integrativen Therapie*. Saarbrücken: AV Akademikerverlag.
- Kowald, A.-C. & Zajetz, A. (2015a). Erlebnisqualitäten des Kletterns. In A.-C. Kowald & A. Zajetz (Hg.), *Therapeutisches Klettern: Anwendungsfelder in Psychotherapie und Pädagogik* (20–41). Stuttgart: Schattauer.
- Kowald, A.-C. & Zajetz, A. (2015b). Warum wirkt therapeutisches Klettern? Effekte und Wirkfaktoren. In A.-C. Kowald & A. Zajetz (Hg.), *Therapeutisches Klettern: Anwendungsfelder in Psychotherapie und Pädagogik* (51–70). Stuttgart: Schattauer.

- Kraft, A. M. & Wessman, H. C. (1974). Pathology and etiology in multiple sclerosis: a review. *Physical Therapy*, 54(7), 716–720.
- Kraft, G. H., Amtmann, D., Bennett, S. E., Finlayson, M., Sutliff, M. H., Tullman, M., ... Rabinowicz, A. L. (2014). Assessment of Upper Extremity Function in Multiple Sclerosis: Review and Opinion. *Postgraduate Medicine*, 126(5), 102–108.
- Krupp, L. B. (1989). The Fatigue Severity Scale: Application to Patients with Multiple Sclerosis and Systemic Lupus Erythematosus. *Archives of Neurology*, 46(10), 1121-1123.
- Kurtzke, J. F. (1983). Rating neurologic impairment in multiple sclerosis: an expanded disability status scale (EDSS). *Neurology*, 33(11), 1444–1452.
- Kurz, D. (1986). Vom Sinn des Sports. In Deutscher Sportbund (Hg.), *Die Zukunft des Sports* (44–68). Schorndorf: Hofmann.
- Kuspinar, A., Rodriguez, A. M. & Mayo, N. E. (2012). The effects of clinical interventions on health-related quality of life in multiple sclerosis: a meta-analysis. *Multiple Sclerosis Journal*, 18(12), 1686–1704.
- Lamers, I., Cattaneo, D., Chen, C. C., Bertoni, R., Wijmeersch, B. V. & Feys, P. (2015). Associations of upper limb disability measures on different levels of the international classification of functioning, disability and health in people with multiple sclerosis. *Physical Therapy*, 95(1), 65–75.
- Lamers, I., Kelchtermans, S., Baert, I. & Feys, P. (2014). Upper Limb Assessment in Multiple Sclerosis: A Systematic Review of Outcome Measures and their Psychometric Properties. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 95(6), 1184–1200.
- Lamers, I., Maris, A., Severijns, D., Dielkens, W., Geurts, S., Wijmeersch, B. V. & Feys, P. (2016). Upper Limb Rehabilitation in People with Multiple Sclerosis: A Systematic Review. *Neurorehabilitation and Neural Repair*, 30(8), 773–793.

- Latimer-Cheung, A. E., Pilutti, L. A., Hicks, A. L., Martin Ginis, K. A., Fenuta, A. M., MacKibbin, K. A. & Motl, R. W. (2013). Effects of Exercise Training on Fitness, Mobility, Fatigue, and Health-Related Quality of Life Among Adults with Multiple Sclerosis: A Systematic Review to Inform Guideline Development. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 94(9), 1800–1828.
- Lazik, D., Bernstädt, W., Kittel, R. & Luther, S. (Hg.). (2008). *Therapeutisches Klettern*. Stuttgart: Thieme.
- Leocani, L., Martinelli, V., Natali-Sora, M. G., Rovaris, M. & Comi, G. (2003). Somatosensory evoked potentials and sensory involvement in multiple sclerosis: comparison with clinical findings and quantitative sensory tests. *Multiple Sclerosis Journal*, 9(3), 275–279.
- Lohse, K. R., Lang, C. E. & Boyd, L. A. (2014). Is More Better? Using Metadata to Explore Dose-Response Relationships in Stroke Rehabilitation. *Stroke*, 45(7), 2053–2058.
- Lu, X., Battistuzzo, C. R., Zoghi, M. & Galea, M. P. (2015). Effects of training on upper limb function after cervical spinal cord injury: a systematic review. *Clinical Rehabilitation*, 29(1), 3–13.
- Lublin, F. D. & Reingold, S. C. (1996). Defining the clinical course of multiple sclerosis Results of an international survey. *Neurology*, 46(4), 907–911.
- Lublin, F. D., Reingold, S. C., Cohen, J. A., Cutter, G. R., Sørensen, P. S., Thompson, A. J., ... Polman, C. H. (2014). Defining the clinical course of multiple sclerosis. The 2013 revisions. *Neurology*, 83(3), 278–286.
- Lukowski, T. (2010). Therapeutisches Klettern. *Erleben Und Lernen*, (3), 19–21.
- Marrie, R. A., Cutter, G. R., Tyry, T., Cofield, S. S., Fox, R. & Salter, A. (2017). Upper limb impairment is associated with use of assistive devices and unemployment

- in multiple sclerosis. *Multiple Sclerosis and Related Disorders*, 13(Supplement C), 87–92.
- Mathiowetz, V. (2002). Comparison of Rolyan and Jamar dynamometers for measuring grip strength. *Occupational Therapy International*, 9(3), 201–209.
- McConvey, J. & Bennett, S. E. (2005). Reliability of the Dynamic Gait Index in individuals with multiple sclerosis. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 86(1), 130–133.
- McDonald, W. I., Compston, A., Edan, G., Goodkin, D., Hartung, H.-P., Lublin, F. D., ... Wolinsky, J. S. (2001). Recommended diagnostic criteria for multiple sclerosis: Guidelines from the international panel on the diagnosis of multiple sclerosis. *Annals of Neurology*, 50(1), 121–127.
- McGuigan, C. & Hutchinson, M. (2004). The multiple sclerosis impact scale (MSIS-29) is a reliable and sensitive measure. *Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry*, 75(2), 266–269.
- Mehta, B. K. (2010). New hypotheses on sunlight and the geographic variability of multiple sclerosis prevalence. *Journal of the Neurological Sciences*, 292(1), 5–10.
- Merkle, D., Schrader, B. & Thomes, B. (2004). *Hydraulik: Grundstufe*. Abgerufen von <http://link.springer.com/openurl?genre=book&isbn=978-3-540-21495-3>
- Mills, R. J., Young, C. A., Nicholas, R. S., Pallant, J. F. & Tennant, A. (2009). Rasch analysis of the Fatigue Severity Scale in multiple sclerosis. *Multiple Sclerosis Journal*, 15(1), 81–87.
- Motl, R. W. (2010). Physical Activity and Irreversible Disability in Multiple Sclerosis. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 38(4), 186-191.

- Motl, R. W., Learmonth, Y. C., Pilutti, L. A., Gappmaier, E. & Coote, S. (2015). Top 10 Research Questions Related to Physical Activity and Multiple Sclerosis. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 86(2), 117–129.
- Motl, R. W., McAuley, E. & Snook, E. M. (2005). Physical activity and multiple sclerosis: a meta-analysis. *Multiple Sclerosis Journal*, 11(4), 459–463.
- Motl, R. W. & Snook, E. M. (2008). Physical Activity, Self-Efficacy, and Quality of Life in Multiple Sclerosis. *Annals of Behavioral Medicine*, 35(1), 111-115.
- Muehlbauer, T., Stuerchler, M. & Granacher, U. (2012). Effects of Climbing on Core Strength and Mobility in Adults. *International Journal of Sports Medicine*, 33(06), 445–451.
- Multiple Sklerose Therapie Konsensus Gruppe (MSTKG) & Rieckmann, P. (2006). Immunmodulatorische Stufentherapie der Multiplen Sklerose / Escalating immunomodulatory therapy of multiple sclerosis. *Der Nervenarzt*, 77(12), 1506–1518.
- Nilsagård, Y., Gunn, H., Freeman, J., Hoang, P., Lord, S., Mazumder, R. & Cameron, M. (2015). Falls in people with MS - an individual data meta-analysis from studies from Australia, Sweden, United Kingdom and the United States. *Multiple Sclerosis Journal*, 21(1), 92–100.
- Nortvedt, M. W., Riise, T. & Mæland, J. G. (2005). Multiple sclerosis and lifestyle factors: the Hordaland Health Study. *Neurological Sciences*, 26(5), 334–339.
- Ottonello, M., Pellicciari, L., Giordano, A. & Foti, C. (2016). Rasch analysis of the Fatigue Severity Scale in Italian subjects with multiple sclerosis. *Journal of Rehabilitation Medicine*, 48(7), 597–603.
- Paltamaa, J., Sjögren, T., Peurala, S. & Heinonen, A. (2012). Effects of physiotherapy interventions on balance in multiple sclerosis: A systematic review and meta-

- analysis of randomized controlled trials. *Journal of Rehabilitation Medicine*, 44(10), 811–823.
- Patrick, D. L. & Deyo, R. A. (1989). Generic and disease-specific measures in assessing health status and quality of life. *Medical Care*, 27(3), 217–232.
- Paul, L., Coote, S., Crosbie, J., Dixon, D. L., Hale, L., Holloway, E., ... White, L. (2014). Core outcome measures for exercise studies in people with multiple sclerosis: recommendations from a multidisciplinary consensus meeting. *Multiple Sclerosis Journal*, 20(12), 1641–1650.
- Peppen, R. P. V., Kwakkel, G., Wood-Dauphinee, S., Hendriks, H. J., der Wees, P. J. V. & Dekker, J. (2004). The impact of physical therapy on functional outcomes after stroke: what's the evidence? *Clinical Rehabilitation*, 18(8), 833–862.
- Petajan, J. H., Gappmaier, E., White, A. T., Spencer, M. K., Mino, L. & Hicks, R. W. (1996). Impact of aerobic training on fitness and quality of life in multiple sclerosis. *Annals of Neurology*, 39(4), 432–441.
- Petersen, G., Wittmann, R., Arndt, V. & Göppfarth, D. (2014). Epidemiologie der Multiplen Sklerose in Deutschland / Epidemiology of multiple sclerosis in Germany. *Der Nervenarzt*, 85(8), 990–998.
- Peterson, E. W., Cho, C. C. & Finlayson, M. L. (2007). Fear of falling and associated activity curtailment among middle aged and older adults with multiple sclerosis. *Multiple Sclerosis Journal*, 13(9), 1168–1175.
- Pfeffer, A. (2010). Assessment: Fatigue Severity Scale – Einsatz bei Erschöpfung. *ergopraxis*, 3(07/08), 26–27.
- Pilutti, L. A., Platta, M. E., Motl, R. W. & Latimer-Cheung, A. E. (2014). The safety of exercise training in multiple sclerosis: A systematic review. *Journal of the Neurological Sciences*, 343(1), 3–7.

- Pöllmann, W., Busch, C. & Voltz, R. (2005). Lebensqualität bei Multipler Sklerose / Quality of life in multiple sclerosis. *Der Nervenarzt*, 76(2), 154–169.
- Polman, C. H., Reingold, S. C., Banwell, B., Clanet, M., Cohen, J. A., Filippi, M., ... Wolinsky, J. S. (2011). Diagnostic criteria for multiple sclerosis: 2010 Revisions to the McDonald criteria. *Annals of Neurology*, 69(2), 292–302.
- Prosperini, L., Fanelli, F., Petsas, N., Sbardella, E., Tona, F., Raz, E., ... Pantano, P. (2014). Multiple Sclerosis: Changes in Microarchitecture of White Matter Tracts after Training with a Video Game Balance Board. *Radiology*, 273(2), 529–538.
- Prosperini, L., Kouleridou, A., Petsas, N., Leonardi, L., Tona, F., Pantano, P. & Pozzilli, C. (2011). The relationship between infratentorial lesions, balance deficit and accidental falls in multiple sclerosis. *Journal of the Neurological Sciences*, 304(1), 55–60.
- Prosperini, L. & Pozzilli, C. (2013). The Clinical Relevance of Force Platform Measures in Multiple Sclerosis: A Review. *Multiple Sclerosis International*, 2013, 1–9.
- Ramp, M., Khan, F., Misajon, R. A. & Pallant, J. F. (2009). Rasch analysis of the Multiple Sclerosis Impact Scale (MSIS-29). *Health and Quality of Life Outcomes*, 7, 58.
- Raschner, C., Lember, S., Platzer, H.-P., Patterson, C., Hilden, T. & Lutz, M. (2008). S3-Check - Evaluierung und Normwertenerhebung eines Tests zur Erfassung der Gleichgewichtsfähigkeit und Körperstabilität. *Sportverletzung · Sportschaden*, 22(02), 100–105.
- Riazi, A., Hobart, J. C., Lamping, D. L., Fitzpatrick, R. & Thompson, A. J. (2003). Evidence-based measurement in multiple sclerosis: the psychometric properties of the physical and psychological dimensions of three quality of life rating scales. *Multiple Sclerosis Journal*, 9(4), 411–419.

- Riazi, A., Thompson, A. J. & Hobart, J. C. (2004). Self-efficacy predicts self-reported health status in multiple sclerosis. *Multiple Sclerosis Journal*, 10(1), 61–66.
- Rieckmann, P. & Reimers, C. D. (2017). Multiple Sklerose. In *Patienteninformationen Neurologie – Empfehlungen für Ärzte* (103–113). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Rinker, J. R., Salter, A. R., Walker, H., Amara, A., Meador, W. & Cutter, G. R. (2015). Prevalence and characteristics of tremor in the NARCOMS multiple sclerosis registry: a cross-sectional survey. *BMJ Open*, 5(1), 1-8.
- Rodio, A., Fattorini, L., Rosponi, A., Quattrini, F. M. & Marchetti, M. (2008). Physiological Adaptation in Noncompetitive Rock Climbers: Good for Aerobic Fitness? *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 22(2), 359.
- Sandroff, B. M. (2015). Exercise and cognition in multiple sclerosis: The importance of acute exercise for developing better interventions. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 59, 173–183.
- Schifferdecker, M. (2017). Psychische Veränderungen, Krankheitsbewältigung und Patientenführung und -coaching. In R. M. Schmidt, F. Hoffmann, J. H. Faiss, & W. Köhler (Hg.), *Multiple Sklerose* (385–402). München: Elsevier, Urban & Fischer.
- Schmidt, R. M., Hoffmann, F., Faiss, J. H., Köhler, W. & Zettl, U. K. (2017). *Multiple Sklerose* (7. Ausgabe). München: Elsevier, Urban & Fischer.
- Schomacher, J. (2008). Gütekriterien der visuellen Analogskala zur Schmerzbewertung. *physioscience*, 4(03), 125–133.
- Schulz, K. F. & Grimes, D. A. (2007). Reihe Epidemiologie 8: Verblindung in randomisierten Studien: Wie man verdeckt, wer was erhalten hat. *Zeitschrift für ärztliche Fortbildung und Qualität im Gesundheitswesen - German Journal for Quality in Health Care*, 101(9), 630–637.

- Schwartz, C. E., Andresen, E. M., Nosek, M. A. & Krahn, G. L. (2007). Response Shift Theory: Important Implications for Measuring Quality of Life in People with Disability. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 88(4), 529–536.
- Schweizer, A., Bircher, H.-P., Kaelin, X. & Ochsner, P. E. (2005). Functional ankle control of rock climbers. *British Journal of Sports Medicine*, 39(7), 429–431.
- Sellner, J., Schirmer, L., Hemmer, B. & Mühlau, M. (2010). Radiologisch-isoliertes Syndrom / Radiologically isolated syndrome. *Der Nervenarzt*, 81(10), 1208–1217.
- Severijns, D., Van Geel, F. & Feys, P. (2017). Motor fatigability in persons with multiple sclerosis: relation between different upper limb muscles, and with fatigue and the perceived use of the arm in daily life. *Multiple Sclerosis and Related Disorders*, 19(1), 90-95.
- Soyuer, F., Mirza, M. & Erkorkmaz, U. (2006). *Balance performance in three forms of multiple sclerosis*, 28(5), 555-462.
- Spooren, A. I., Timmermans, A. A. & Seelen, H. A. (2012). Motor training programs of arm and hand in patients with MS according to different levels of the ICF: a systematic review. *BMC Neurology*, 12(49), 1-11.
- Spooren, A., Janssen-Potten, Y., Kerckhofs, E. & Seelen, H. (2009). Outcome of motor training programmes on arm and hand functioning in patients with cervical spinal cord injury according to different levels of the ICF: A systematic review. *Journal of Rehabilitation Medicine*, 41(7), 497–505.
- Steimer, J. & Weissert, R. (2017). Effects of Sport Climbing on Multiple Sclerosis. *Frontiers in Physiology*, 8, 1021.
- Stein, T. & Hossner, E.-J. (2017). Koordination und Koordinationstraining. In K. Hottenrott & I. Seidel (Hg.), *Handbuch Trainingswissenschaft - Trainingslehre* (240–262). Schorndorf: Hofmann.

- Stolze, H., Klebe, S., Zechlin, C., Baecker, C., Friege, L. & Deuschl, G. (2004). Falls in frequent neurological diseases. *Journal of Neurology*, 251(1), 79–84.
- Nelson, S. R., Di Fabio, R. P. & Anderson, J. H. (1995). Vestibular and Sensory Interaction Deficits Assessed by Dynamic Platform Posturography in Patients with Multiple Sclerosis. *Annals of Otology, Rhinology & Laryngology*, 104(1), 62–68.
- Sweet, S. N., Perrier, M.-J., Podzyhun, C. & Latimer-Cheung, A. E. (2013). Identifying physical activity information needs and preferred methods of delivery of people with multiple sclerosis. *Disability and Rehabilitation*, 35(24), 2056–2063.
- Tallner, A. & Pfeifer, K. (2008). Bewegungstherapie bei Multipler Sklerose - Wirkungen von körperlicher Aktivität und Training. *B&G Bewegungstherapie und Gesundheitssport*, 24(03), 102–108.
- Trampisch, U. S., Franke, J., Jedamzik, N., Hinrichs, T. & Platen, P. (2012). Optimal jamar dynamometer handle position to assess maximal isometric hand grip strength in epidemiological studies. *Journal of Hand Surgery*, 37(11), 2368–2373.
- Valko, P. O., Bassetti, C. L., Bloch, K. E., Held, U. & Baumann, C. R. (2008). Validation of the Fatigue Severity Scale in a Swiss Cohort. *Sleep*, 31(11), 1601–1607.
- Velikonja, O., Čurić, K., Ožura, A. & Jazbec, S. Š. (2010). Influence of sports climbing and yoga on spasticity, cognitive function, mood and fatigue in patients with multiple sclerosis. *Clinical Neurology and Neurosurgery*, 112(7), 597–601.
- Vikman, T., Fielding, P., Lindmark, B. & Fredrikson, S. (2008). Effects of inpatient rehabilitation in multiple sclerosis patients with moderate disability. *Advances in Physiotherapy*, 10(2), 58–65.
- Weineck, J. (2010). *Optimales Training* (16. Ausgabe). Balingen: Spitta.

- White, A. T., Wilson, T. E., Davis, S. L. & Petajan, J. H. (2000). Effect of precooling on physical performance in multiple sclerosis. *Multiple Sclerosis Journal*, 6(3), 176–180.
- WHO. (1995). The World Health Organization quality of life assessment (WHOQOL): Position paper from the World Health Organization. *Social Science & Medicine*, 41(10), 1403–1409.
- Wiendl, H. & Kieseier, B. C. (2010). *Multiple Sklerose: Klinik, Diagnostik und Therapie* (1. Ausgabe). Stuttgart: Kohlhammer.
- Winter, D. (1995). Human balance and posture control during standing and walking. *Gait & Posture*, 3(4), 193–214.
- Zifko, U. (2004). *Management of Fatigue in Patients with Multiple Sclerosis* 64(12), 1295-1304.
- Zimmer, P., Bloch, W., Schenk, A., Oberste, M., Riedel, S., Kool, J., ... Bansi, J. (2017). High-intensity interval exercise improves cognitive performance and reduces matrix metalloproteinases-2 serum levels in persons with multiple sclerosis: A randomized controlled trial. *Multiple Sclerosis Journal*.
- Zimmer, P., Oberste, M. & Bloch, W. (2015). Einfluss von Sport auf das zentrale Nervensystem – Molekulare und zelluläre Wirkmechanismen. *Deutsche Zeitschrift Für Sportmedizin*, 2015(02), 42–49.



## 8 Anhang

### a) Geplantes Kletterprogramm für Personen mit Multipler Sklerose

Einheit	Thema	Inhalt
1	Basiswissen Vertrauen Motivation	Vorstellen der Gruppe, Materialkunde, erste Klettererfahrungen, Sicherheit, jede PmMS mind. einmal eingebunden an der Wand
2	Wiederholung Knoten Sichern	Richtiger Umgang mit Ausrüstung Achterknoten, Top-Rope-Sicherungstechnik
3	Sichern Partnercheck Grundtechniken	Umgang mit Sicherungsgerät wird wiederholt, gegenseitiges Überprüfen als Routinemaßnahme, langer Arm, aus den Beinen klettern
4	Techniken Planung Bewegungsqualität	3-Punkt-Regel, präzises Greifen und Treten, wenig Umgreifen, Routen lesen
5	Wiederholung Routenwahl	richtiges Greifen/Treten bewusstes Klettern nach Farben
6	Techniken Körperschwerpunkt Rumpfstabilität	Eindrehen, „offene Tür“, Reibung ausnutzen, KSP bewusst verlagern, Becken wandnah, unbelasteter Tritt
7	Wiederholung	KSP verlagern in ausgewählten Routen
8	Planung Bewegungsfluss Dynamik	Pausen einplanen, Routen durchsteigen ohne Pausen, schwierige Züge dynamisch durchführen
9	Dynamik Überhang	Dynamisches Klettern, erstes klettern in überhängenden Wänden
10	Abschluss	Beenden der gesteckten Ziele, Feedback

b) Ausschreibung der Klettereinheit über die *Deutsche Multiple Sklerose Gesellschaft Schleswig-Holstein*



Regelmäßig Klettern bis Weihnachten

Im Rahmen meiner Masterarbeit im Fach *Sportwissenschaften* möchte ich untersuchen, wie sich Klettersport auf die Symptomatik der MS auswirkt.

- Was: Klettern – mit Seilsicherung – in den Kletterhallen des Hochschulsports
- Zeitraum: 2. Oktober – 8. Dezember 2017
- Wie oft: 1x wöchentlich à 2 Std. / (10 Termine)
- Wann: jeden Tag (Mo – Fr) von 16 – 18 Uhr
- Kosten: kostenlos, alle Materialien werden zur Verfügung gestellt
- 

Es ist mir wichtig zu betonen, dass sich das Angebot auch an Personen richtet, die noch keinen Kontakt mit der Sportart Klettern gehabt haben. Auch ist es nicht entscheidend, ob Sie zu Fuß unterwegs oder auf eine Gehhilfe angewiesen sind.

Da das Angebot unter Berücksichtigung wissenschaftlicher Standards gestaltet wird, werden zwei Fragebögen und zwei motorische Tests zu absolvieren sein. Diese Tests/Fragebögen erfordern nicht viel Zeit!

Für diejenigen, die das Angebot spannend finden, aber – aus welchen Gründen auch immer – nicht am Programm teilnehmen können, besteht die Möglichkeit einer Kontrollgruppe anzugehören. Teilnehmer der Kontrollgruppe füllen lediglich Fragebögen aus und absolvieren motorische Tests.

Für Nachfragen und weitere Details stehe ich per Mail ([stu106724@mail.uni-kiel.de](mailto:stu106724@mail.uni-kiel.de)) gerne zur Verfügung. Auch mobil bin ich zu erreichen: 017656790196

Ich freue mich auf viele Interessierte! Bis bald, Frederik Hof



## c) Fatigue Severity Scale (Fatigue Schweregrad Skala)

**FSS 9 FRAGEBOGEN**

ID-Nummer: \_\_\_\_\_

ID-Nummer wird von  
Studienleiter ausgefüllt!Bitte bewerten Sie jede Aussage auf einer Skala  
von 1 (trifft nicht zu) bis 7 (trifft voll zu)

	1	2	3	4	5	6	7
Ich habe weniger Motivation, wenn ich erschöpft bin	<input type="checkbox"/>						
Körperliche Betätigung führt zu mehr Erschöpfung	<input type="checkbox"/>						
Ich bin schnell erschöpft	<input type="checkbox"/>						
Die Erschöpfung beeinflusst meine körperliche Belastbarkeit	<input type="checkbox"/>						
Die Erschöpfung verursacht Probleme für mich	<input type="checkbox"/>						
Meine Erschöpfung behindert körperliche Betätigung	<input type="checkbox"/>						
Die Erschöpfung behindert mich an der Ausführung bestimmter Aufgaben und Pflichten	<input type="checkbox"/>						
Die Erschöpfung gehört zu den drei mich am meisten behindernden Beschwerden	<input type="checkbox"/>						
Die Erschöpfung hat Einfluss auf meine Arbeit, meine Familie bzw. mein soziales Leben	<input type="checkbox"/>						

Summe: \_\_\_\_\_ (Summe wird von Studienleiter eingetragen)

## d) Multiple Sclerosis Impact Scale

MSIS 29 FRAGEBOGEN		Seite 1 von 2				
Die folgenden Fragen zielen auf ihr Empfinden zum Einfluss der MS auf ihren Alltag <b>innerhalb der letzten zwei Wochen</b> . Kreuzen Sie für jeden Satz, ein Viereck an, welches ihre Situation am <b>besten</b> beschreibt. Beantworten Sie bitte <b>alle</b> Fragen.						
		gar nicht	ein bisschen	mäßig	ziemlich	sehr
<b>Wie schwer fiel es Ihnen in den letzten zwei Wochen...</b>						
1.	Körperlich anstrengende Dinge zu tun?	<input type="checkbox"/>				
2.	Dinge fest anzufassen (z.B. Hahn aufdrehen)	<input type="checkbox"/>				
3.	Dinge zu tragen	<input type="checkbox"/>				
<b>Hatten Sie in den letzten zwei Wochen...</b>						
4.	Probleme mit dem Gleichgewicht?	<input type="checkbox"/>				
5.	Schwierigkeiten, sich in der Wohnung zu bewegen?	<input type="checkbox"/>				
6.	das Gefühl ungeschickt zu sein?	<input type="checkbox"/>				
7.	ein Steifigkeitsgefühl?	<input type="checkbox"/>				
8.	schwere Arme und/oder Beine?	<input type="checkbox"/>				
9.	Zittern der Arme und/oder Beine?	<input type="checkbox"/>				
10.	Krämpfe der Extremitäten?	<input type="checkbox"/>				
11.	das Gefühl, dass ihr Körper nicht tat, was sie wollten?	<input type="checkbox"/>				
12.	Beeinträchtigung im sozialen und Freizeiterleben zu Hause?	<input type="checkbox"/>				
13.	Probleme mit den Händen bei Alltagstätigkeiten?	<input type="checkbox"/>				
14.	Probleme sich fortzubewegen (Auto, Bus, Taxi, Zug)?	<input type="checkbox"/>				
15.	länger gebraucht, Dinge zu tun?	<input type="checkbox"/>				
<b>Bitte stellen Sie sicher, dass Sie zu jeder Frage ein Kreuz gesetzt haben, bevor Sie zur nächsten Seite gehen.</b>						
					ID_____	

MSIS 29 FRAGEBOGEN		Seite 2 von 2				
		gar nicht	ein bisschen	mäßig	ziemlich	sehr
<b>Hatten Sie in den letzten zwei Wochen...</b>						
16.	Schwierigkeiten, Dinge spontan zu machen?	<input type="checkbox"/>				
17.	das Gefühl, ganz schnell zur Toilette zu müssen?	<input type="checkbox"/>				
18.	sich allgemein unwohl gefühlt?	<input type="checkbox"/>				
19.	Schlafprobleme?	<input type="checkbox"/>				
20.	sich geistig/mental müde gefühlt?	<input type="checkbox"/>				
21.	Sorgen bezogen auf ihre MS?	<input type="checkbox"/>				
22.	sich angespannt und ängstlich gefühlt?	<input type="checkbox"/>				
23.	sich ungeduldig und aufbrausend gefühlt?	<input type="checkbox"/>				
24.	Konzentrationsprobleme?	<input type="checkbox"/>				
25.	Keine Zuversicht?	<input type="checkbox"/>				
26.	sich traurig/depressiv gefühlt?	<input type="checkbox"/>				
<b>Waren Sie in den letzten zwei Wochen...</b>						
27.	davon abhängig, dass andere Dinge für sie erledigen?	<input type="checkbox"/>				
28.	gezwungen, zu Hause zu bleiben?	<input type="checkbox"/>				
29.	gezwungen die Zeit für Arbeit oder Alltagsaktivitäten einzuschränken?	<input type="checkbox"/>				
<b>Bitte stellen Sie sicher, dass Sie zu jeder Frage ein Kreuz gesetzt haben, bevor Sie zur nächsten Seite gehen.</b>						
					ID_____	

## e) Visuelle Analogskala (Lebensqualität)

## Visual Analogue Scale – Lebensqualität

Tragen Sie die heutige Stärke Ihres Gesundheitszustands auf der nächsten Seite ein.

**Gesundheitszustand  
(Lebensqualität)**

**besten vorstellbaren  
Gesundheitszustand**



**schlechtester vorstellbarer  
Gesundheitszustand**

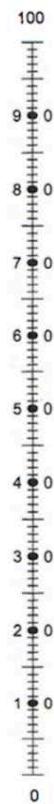
## f) Visuelle Analogskala (Fatigue)

## Visual Analogue Scale - Fatigue

Tragen Sie die heutige Stärke ihrer Erschöpfung auf der nächsten Seite ein.

**Erschöpfung  
(Fatigue)**

stärkste vorstellbare Erschöpfung



geringste vorstellbare Erschöpfung

---

## g) Kalender zum Ausfüllen der Visuellen Analogskalen

VAS-L

## Oktober 2017

Montag	Dienstag	Mittwoch	Donnerstag	Freitag	Samstag	Sonntag
9	10	11	12	13	14	15
16	17	18	19	20	21	22
23	24	25	26	27	28	29
30	31					

## November 2017

Montag	Dienstag	Mittwoch	Donnerstag	Freitag	Samstag	Sonntag
		1	2	3	4	5
6	7	8	9	10	11	12
13	14	15	16	17	18	19
20	21	22	23	24	25	26
27	28	29	30			

## Dezember 2017

Montag	Dienstag	Mittwoch	Donnerstag	Freitag	Samstag	Sonntag
				1	2	3
4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15		

## h) Allgemeiner Fragebogen

ALLGEMEINER FRAGEBOGEN		
Datum: _____ 2017	ID-Nummer: _____	
ID-Nummer wird von Gruppenleiter ausgefüllt		
Name, Vorname: _____		
Geburtsdatum: _____		
Schuhgröße: _____		
Erstdiagnose: (Monat/Jahr): _____		
Diagnose MS gesichert?	JA <input type="checkbox"/>	NEIN <input type="checkbox"/>
Beginn der Symptomatik: _____		
Erlerner oder ausgeübter Beruf: _____		
Arbeitsfähig?	JA <input type="checkbox"/>	NEIN <input type="checkbox"/>
<b>Diagnostizierte Verlaufsform</b> (bitte ankreuzen)		
<input type="checkbox"/> Schubförmig mit kompletter Remission stabiler Verlauf		
<input type="checkbox"/> Schubförmig mit inkompletter Remission		
<input type="checkbox"/> Sekundär chronische Progression mit Schüben, langsame Progression (langsame Verschlechterung)		
<input type="checkbox"/> Primär chronische Progredienz		
<input type="checkbox"/> Verlaufstyp nicht sicher bestimmbar		
Aktuell akuter Schub	JA <input type="checkbox"/>	NEIN <input type="checkbox"/>
<b>Krankheitsaktivität</b>		
<input type="checkbox"/> <b>aktiv</b> ( $\geq 2$ Schübe oder Progression um mehr als 1 Pkt. Auf der EDSS in den vergangenen 2 Jahren)		
<input type="checkbox"/> <b>passiv</b> (kein Schub & keine Progression in den vergangenen 2 Jahren)		

**Wie viele Schübe hatten Sie in den letzten 5 Jahren?** \_\_\_\_\_

**Dauer pro Schub:** \_\_\_\_\_

**Sehstörung?** JA  NEIN

Wenn Ja: **Dioptrien** Rechts \_\_\_\_ Links \_\_\_\_

**Zusatzerkrankungen:** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**Medikation:** (Präparat & Dosis): \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**Welche MS-typischen Störungen/Symptome haben Sie?**  
(Mehrfachnennungen möglich)

- |   |   |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> Fatigue  | <input type="checkbox"/> Gleichgewichtsstörungen  |
| <input type="checkbox"/> Stürze   | <input type="checkbox"/> Spastik                  |
| <input type="checkbox"/> Ataxie   | <input type="checkbox"/> Konzentrationsstörungen  |
| <input type="checkbox"/> Depression   | <input type="checkbox"/> Gangunsicherheiten       |
| <input type="checkbox"/> Feinmotorik  | <input type="checkbox"/> Kraftlosigkeit           |
| <input type="checkbox"/> Blasen-/Darmstörung  | <input type="checkbox"/> Sexualfunktionsstörungen |
| <input type="checkbox"/> Sensibilitätsstörungen Füße/Beine <input type="checkbox"/> Sensibilitätsstörungen Hände/Arme |   |
| <input type="checkbox"/> andere: _____  |   |

**Treppensteigen?**

- JA, **mit** Hilfe  
 JA, **ohne** Hilfe  
 NEIN

**Gehstrecke** (falls bekannt)

- max. Gehstrecke größer 500m (ohne Hilfsmittel)
- max. 500m Gehstrecke ohne Hilfe
- max. 400m Gehstrecke ohne Hilfe
- max. 300m Gehstrecke ohne Hilfe
- max. 200m Gehstrecke ohne Hilfe
- max. 100m Gehstrecke ohne Hilfe
- mit einseitiger Unterstützung 100m Gehstrecke
- mit beidseitiger Unterstützung 20m Gehstrecke
- max. 5m Gehstrecke (mit oder ohne Unterstützung)
- Gehen einige Schritte / ansonsten an Rollstuhl gebunden
- Nicht gehfähig, ausschl. Rollstuhl

**Letzter EDSS:** \_\_\_\_\_

**Welche alternativen Therapien nutzen Sie und wie oft?**

Krankengymnastik \_\_\_\_\_mal/Woche

Ergotherapie \_\_\_\_\_mal/Woche

Logopädie \_\_\_\_\_mal/Woche

Sonstige: \_\_\_\_\_mal/Woche

**Treiben Sie regelmäßig Sport?**

JA  NEIN

**Wenn ja, welche Sportarten:**

Schwimmen seit: \_\_\_\_\_ wie oft: \_\_\_\_\_ wie lang: \_\_\_\_\_

Gymnastik seit: \_\_\_\_\_ wie oft: \_\_\_\_\_ wie lang: \_\_\_\_\_

Radfahren seit: \_\_\_\_\_ wie oft: \_\_\_\_\_ wie lang: \_\_\_\_\_

**Sonstige Sportarten:**

\_\_\_\_\_ seit: \_\_\_\_\_ wie oft: \_\_\_\_\_ wie lang: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ seit: \_\_\_\_\_ wie oft: \_\_\_\_\_ wie lang: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ seit: \_\_\_\_\_ wie oft: \_\_\_\_\_ wie lang: \_\_\_\_\_



## **Erklärung**

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig und ohne fremde Hilfe angefertigt und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel verwendet habe.

Die eingereichte schriftliche Fassung der Arbeit entspricht der auf dem elektronischen Speichermedium.

Weiterhin versichere ich, dass diese Arbeit noch nicht als Abschlussarbeit an anderer Stelle vorgelegen hat.

Datum, Unterschrift