

SPORTLICHES TRAINING BEI MULTIPLE SKLEROSE

AUSWIRKUNGEN VON TRAINING UND SCHULUNG AUF MOTORISCHE,
KLINISCHE UND PSYCHOLOGISCHE PARAMETER BEI MULTIPLE-
SKLEROSE-ERKRANKTEN

DISSERTATION ZUR ERLANGUNG DES AKADEMISCHEN GRADES EINES
DOKTORS DER PHILOSOPHIE DER PHILOSOPHISCHEN
FAKULTÄT III DER UNIVERSITÄT DES SAARLANDES

vorgelegt von
Stephanie Heidi Kersten
aus Gernsbach

SAARBRÜCKEN, Juni 2015

Dekan: Univ.-Prof. Dr. Roland Brünken, Universität des Saarlandes
1. Berichterstatter: Univ.-Prof. Dr. Georg Wydra, Universität des Saarlandes
2. Berichterstatter: Prof. Dr. Christian T. Haas, Hochschule Fresenius

Tag der Disputation: 20.07.2015

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	III
Liste der dissertationsrelevanten Publikationen	IV
1 Einleitung	1
2 Theoretische Aufarbeitung des Problemfeldes	6
2.1 Multiple Sklerose	6
2.1.1 Epidemiologie	6
2.1.2 Pathogenese	9
2.1.3 Klinische Symptome und Verlaufsformen	11
2.1.4 Diagnostik	13
2.2 Sportliches Training	14
2.2.1 Begriffsbestimmung	15
2.2.2 Sportliches Training als therapeutische Maßnahme	19
2.2.3 Effekte sportlichen Trainings auf die physische Gesundheit	20
2.2.4 Effekte sportlichen Trainings auf die psychische Gesundheit.....	24
2.3 Multiple Sklerose und Sport.....	26
2.3.1 Überblick zu bisherigen Untersuchungen.....	27
2.3.2 (Neuro-)biologische Effekte.....	31
2.3.3 Assessmentverfahren in der Neurorehabilitation – ein Exkurs	33
2.4 Zusammenfassende Einordnung & Forschungsdefizite	35
3 Dissertationsrelevante Publikationen	37
3.1 Grundlegende dissertationsrelevante Veröffentlichungen.....	37
3.1.1 Assessment von neurologischen Gangstörungen	37
3.1.2 Zur Veränderung der posturalen Kontrolle bei MS-Patienten.....	39
3.1.3 Neurorehabilitation – eine multivariate Betrachtung: Zwischen biomechanischen Reaktionen, psychosozialen Architekturen und Verhaltensmodulation.....	40
3.1.4 Sport- und bewegungsorientierte Patientenschulungen für Personen mit MS	42
3.2 Ausgewählte Untersuchungen	43
3.2.1 Zum Sport- und Bewegungsverhalten von MS-Patienten – eine explorative Analyse.....	43
3.2.2 Entwicklung, Durchführung und Evaluation einer sportbasierten Patientenschulung für MS- Patienten	48
4 Fazit und Ausblick.....	55
Literaturverzeichnis.....	59

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Grafische Darstellung der gesamten Forschungsarbeit	4
Abbildung 2: Prävalenzraten pro 100.000 Einwohnern aus dem MS Atlas der Multiple Sclerosis International Federation (2013, S. 8).....	8
Abbildung 3: Ablauf der Längsschnittstudie (Kersten et al., 2014b, S. 5).....	49

Liste der dissertationsrelevanten Publikationen

Publikation I:

Schwed, M., **Kersten, S.**, Scholl, N., & Haas, C. (2009). Assessment von neurologischen Gangstörungen. *B&G Bewegungstherapie und Gesundheitssport*, 25(01), 14-23.

Publikation II:

Haas, C. T., Gröben, B., Schwed, M., **Kersten, S.**, & Lohs, M. (2010a). Neurorehabilitation - eine multivariate Betrachtung: Zwischen biomechanischen Reaktionen, psychosozialen Architekturen und Verhaltensmodulation. *Internationale Zeitschrift für Philosophie und Psychosomatik*, 2(2), 1-18.

Publikation III:

Kersten, S., & Kirchner, M. (2013). Zur Veränderung der posturalen Kontrolle bei Multiple Sklerose Patienten. *Aktuelle Neurologie*, 40(3), 137-140.

Publikation IV:

Kersten, S., Mahli, M., & Haas, C. (2014a). Zum Sport- und Bewegungsverhalten von Multiple Sklerose Patienten – eine explorative Analyse. *Aktuelle Neurologie*, 41(2), 100-106.

Publikation V:

Kersten, S., Mahli, M., Drosselmeyer, J., Lutz, C., Liebherr, M., Schubert, P., & Haas, C.T. (2014b). A pilot study of an exercise-based patient education program in people with multiple sclerosis. *Multiple Sclerosis International*, 306878, 11 pages. <http://dx.doi.org/10.1155/2014/306878>.

Publikation VI:

Kersten, S., Lutz, C., Drosselmeyer, J., Liebherr, M., & Schubert, P. (*In press*). Sport- und bewegungsorientierte Patientenschulungen für Personen mit Multiple Sklerose. *Aktuelle Neurologie*.

1 Einleitung

Multiple Sklerose (MS) wird als eine chronisch-entzündliche neurodegenerative Erkrankung des zentralen Nervensystems definiert, die vermutlich auf einer autoimmunen Ätiologie basiert (Flachenecker, 2012). Laut einer aktuellen Hochrechnung von Petersen und Kollegen (2014) sollen in Deutschland ca. 200.000 Menschen an MS erkrankt sein. MS gilt als eine der häufigsten Erkrankungen junger Menschen, wobei sie sich überwiegend zwischen dem 20. und 40. Lebensjahr manifestiert (Flachenecker & Zettl, 2006; Flachenecker et al., 2008). In zahlreichen Fällen erfolgt die Diagnose in einer Phase des Lebens, in der die Menschen ihre ersten beruflichen und privaten Weichen gestellt haben. Insbesondere aufgrund der Unvorhersehbarkeit des zum großen Teil schubförmigen Krankheitsverlaufes stellt die Erkrankung für Betroffene und deren soziales Umfeld eine große psychische und physische Belastung dar. Die große Bandbreite von möglichen Symptomen, die Unsicherheit im Umgang mit der Diagnose und der Erkrankung selbst, der Einfluss auf Parameter der Lebensqualität sowie die unterschiedlichen pharmakologischen und nicht-pharmakologischen Therapieansätze zeigen, dass im rehabilitativen Prozess für MS-Erkrankte der Einsatz und die Zusammenarbeit mehrerer medizinisch-therapeutischer Disziplinen notwendig sind. Betrachtet man den Begriff der Rehabilitation von Menschen mit Behinderung genauer, so liefert die Weltgesundheitsorganisation (WHO) folgende Definition:

Rehabilitation of people with disabilities is a process aimed at enabling them to reach and maintain their optimal physical, sensory, intellectual, psychological and social functional levels. Rehabilitation provides disabled people with the tools they need to attain independence and self-determination. (WHO, 2014, o.S.)

Die Weiterentwicklung von bisher bestehenden Rehabilitationsmöglichkeiten ist sowohl bei Krankheitsbildern mit vollständig bekannter Pathogenese als auch bei Krankheitsbildern mit ungeklärten krankheitsrelevanten Prozessen sehr bedeutsam, um physische, sensomotorische, psychologische und soziale Funktionen der Betroffenen mit dem Ziel der Selbstbestimmung aufrechtzuerhalten. Der Einsatz von gezieltem sportlichem Training, respektive sport- und bewegungstherapeutischen Maßnahmen, spielt eine immer größere Rolle in der Neurorehabilitation. Das Ziel des sportlichen Trainings für Menschen mit neurologischer bzw. neurodegenerativer Erkrankung sollte – neben den relevanten ausdauer- und krafttrainingsspezifischen Anpassungen – eine biopositive Stimulation des Nervensystems sein. Da MS durch inter- und intraindividuelle Unterschiede in der Krankheitsausprägung gekennzeichnet ist, spielt die Individualität hierbei eine sehr entscheidende Rolle. Die

Symptome können nicht nur von Patient zu Patient variieren, sondern auch bei einem Patienten von Tag zu Tag unterschiedlich ausgeprägt sein (Flachenecker, 2012; Goodin, 2014). Demnach erfordert die bestätigte Diagnose MS von den Betroffenen eine besonders sensible und eigenverantwortliche Trainings- und Therapiesteuerung, da es kaum miteinander vergleichbare Patienten gibt. Unterschiedliche Krankheitsausprägungen und Bewältigungsstrategien, alltägliche (Bewegungs-)Anforderungen, Stresssituationen und/oder körperliche Leistungsfähigkeit sind nur einige Faktoren, die maßgeblich Einfluss auf jeden einzelnen Patienten nehmen. Es stellt sich die Frage, inwieweit Patienten (Trainings-)Kompetenzen erwerben können, so dass sie sportliches Training in ihren Alltag integrieren und selbstständig steuern, ohne die Interaktion trainingsrelevanter Adaptionsprozesse mit krankheitsrelevanten Besonderheiten zu missachten.

Im vorliegenden Dissertationsprojekt wird sich mit der Implementierung von sportlichem Training in den Alltag der Patienten beschäftigt, die an der neurodegenerativen Erkrankung MS leiden. Zahlreiche Untersuchungen zeigen, dass sich regelmäßig durchgeführtes sportliches Training positiv auf die Motorik und den Krankheitsverlauf von MS-Patienten auswirkt (Motl et al., 2005; Rietberg et al., 2005; Dalgas et al., 2008; Waschbisch et al., 2009; Motl & Pilutti, 2012; uvm.). Dennoch besteht ein erhöhter Forschungsbedarf an wirksamen Trainingsempfehlungen, effektiven Belastungskennziffern (z.B. Art des Trainings, Trainingsdauer, -intensität und -häufigkeit) und ganzheitlichen therapeutischen Konzepten, die MS-Betroffene beim sportlichen Training und der Gestaltung der körperlichen Aktivität im Alltag unterstützen (Tallner et al., 2013a). Innerhalb dieses Forschungsprojekts wird die Planung, Durchführung und Evaluation einer entsprechenden Trainings- und Schulungsmaßnahme für Betroffene im Vordergrund stehen, die die Patienten bei der Implementierung sportlichen Trainings in den Alltag unterstützt. Mit Hilfe der Patientenedukation wird den Betroffenen in der Funktion des (Mit-)Entscheidungers eine aktive Rolle im Trainings- und Therapieprozess ermöglicht.

Die kumulative Dissertationsschrift basiert auf Publikationen zweier Themenschwerpunkte, die inhaltlich aufeinander aufbauen: Themenschwerpunkt 1) Lineare und nichtlineare Verfahren zur Diagnostik von neurologischen Gang- und Bewegungsstörungen (Publikation I & III) und Themenschwerpunkt 2) Entwicklung, Durchführung und Evaluation einer Patientenschulung für MS-Erkrankte (Publikation II; IV; V & VI). Im ersten dissertationsrelevanten Beitrag (Publikation I) wird ein Überblick über die gängigen Assessmentverfahren gegeben, welche in der Diagnostik von neurologischen Gang- und

Bewegungsstörungen eingesetzt werden, und diese auf ihre Gütekriterien, Anwendbarkeit und Grenzen hin untersucht (Kap. 3.1.1). Demgegenüber wurde in einer Fallstudie (Publikation III) der Fokus auf die Anwendung nichtlinearer Verfahren in der Gleichgewichtsdiagnostik bei MS-Patienten gelegt (Kap. 3.1.2).

Innerhalb des zweiten Forschungsschwerpunktes wurden die theoretische Vorbereitung sowie die Entwicklung, Durchführung und Evaluation einer sportorientierten Patientenschulung für MS-Patienten bearbeitet (Publikation II; IV; V & VI). In einem großen Übersichtsbeitrag (Publikation II) wurde die bisherige Anwendung von Sport und Training in der Neurorehabilitation aus einer mehrperspektivischen Sicht (u.a. anthropologische, neurophysiologische und sozialpsychologische Perspektive) erörtert. Ergebnisse des Beitrags waren auf der einen Seite die literaturbasierte Darstellung des großen Potenzials, welches Sport als Therapieoption bei neurologischen und neurodegenerativen Krankheitsbildern bietet. Auf der anderen Seite wurden Grenzen und Barrieren innerhalb der Neurorehabilitation aufgezeigt, denen in bisherigen Studien zu Trainingsinterventionen bei neurodegenerativen Krankheitsbildern noch nicht genug Beachtung geschenkt wurde (siehe Kapitel 3.1.3). Innerhalb der Publikation IV wurde der Frage nach der steigenden Inaktivität von MS-Patienten und dem damit verbundenen wachsenden Risiko an Komorbiditäten wie Diabetes Mellitus oder Osteoporose zu erkranken, nachgegangen (Kap. 3.2.1). Einige Autoren wiesen zuvor auf eine Divergenz zwischen den theoretischen Erkenntnissen zu Sport bei MS und der Umsetzung in der MS-Rehabilitation hin (White & Dressendorfer, 2004; Motl et al., 2005). White & Dressendorfer (2004) nahmen daraufhin an, dass der Transfer von Forschungsergebnissen aus gut kontrollierten Studien zu sportlichem Training bei MS in die Praxis noch nicht stattgefunden hat. Aufbauend auf diesen Erkenntnissen wurde in einer Überblicksarbeit (Publikation VI) systematisch recherchiert, inwieweit Sport und Training Bestandteile bisher evaluierter und publizierter Patientenschulungen sind (Kap. 3.1.4). Mit dem Ziel, nachhaltig positive Auswirkungen von sportlichem Training auf motorische, klinische und psychologische Parameter bei MS-Erkrankten zu ermöglichen, haben Kersten et al. (2014b, Publikation V) schließlich ein neues Konzept zu einer MS-spezifischen sportorientierten Patientenschulung entwickelt, durchgeführt und evaluiert (Kap. 3.2.2).

Neben der Publikation in einschlägigen Fachzeitschriften wurden die Ergebnisse der gesamten Forschungsarbeit auf nationalen und internationalen Kongressen vorgetragen und zur Diskussion gestellt. Ein Überblick zur Forschungsarbeit über den gesamten Zeitraum liefert Abbildung 1.

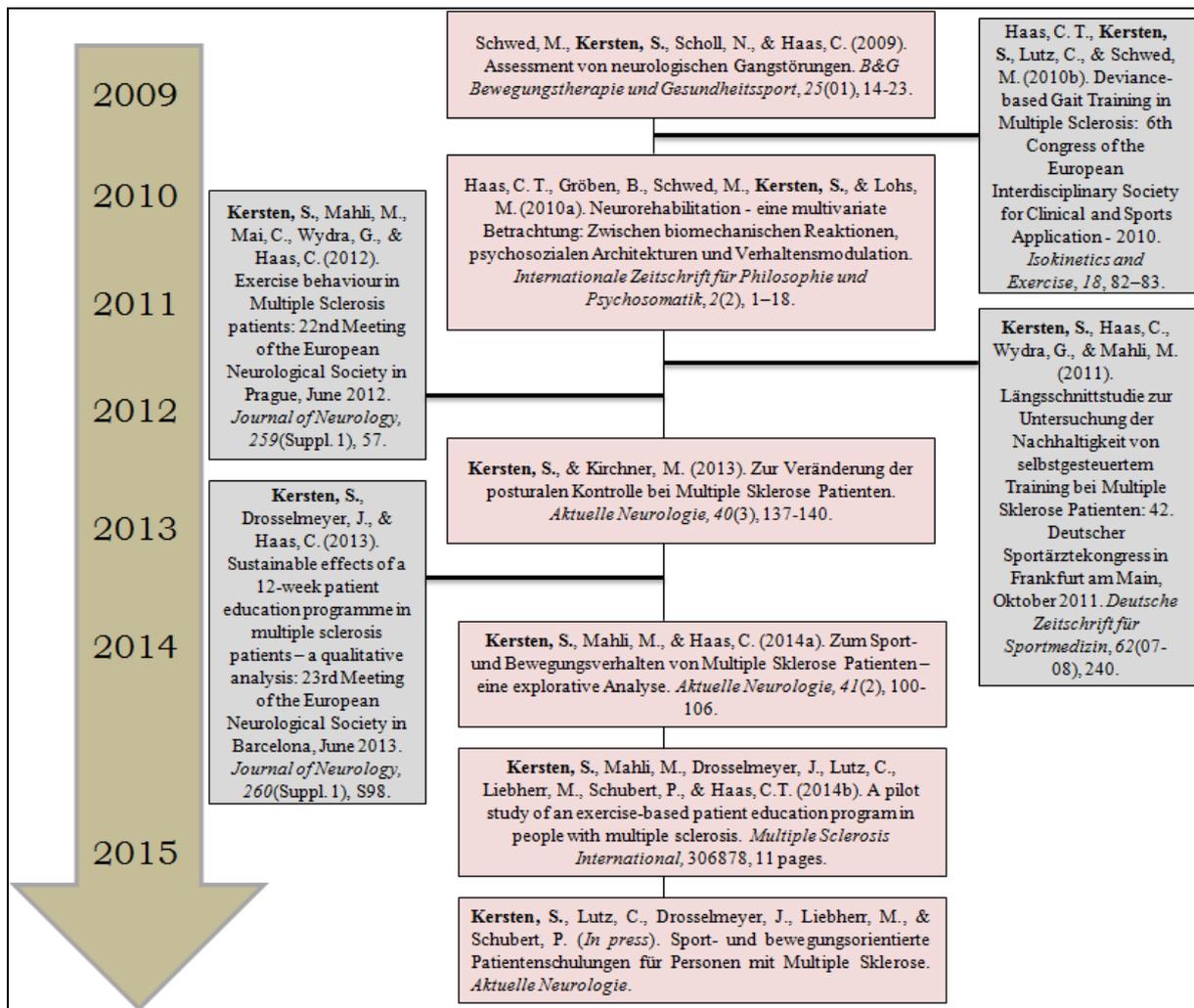


Abbildung 1: Grafische Darstellung der gesamten Forschungsarbeit.

Das Kernstück dieser Forschungsarbeit stellt die Entwicklung, Durchführung und Evaluation einer ersten Patientenschulung für MS-Erkrankte dar, mit dem Ziel Betroffene in den Bereichen Sport und Training auszubilden, um die nachhaltige und selbstbestimmte Durchführung sportlichen Trainings anzustreben. Daher wird sich in der vorliegenden Synopsis zu einem großen Teil mit diesem Forschungsschwerpunkt auseinandergesetzt. Im folgenden Kapitel 2 werden theoretische Grundlagen zum Krankheitsbild sowie der aktuelle Forschungsstand zu Sport bei MS dargelegt. Darauf aufbauend werden in Kapitel 3 die dissertationsrelevanten Publikationen präsentiert. Hierbei werden die Publikationen I, II, III und VI kurz erläutert und die wichtigsten Erkenntnisse aus diesen Beiträgen zusammengefasst. Den Veröffentlichungen von Kersten et al. (2014a) und Kersten et al. (2014b) werden darüber hinaus noch nicht veröffentlichte Diskussionspunkte hinzugefügt. Zum Abschluss dieser kumulativen Dissertationsschrift werden in Kapitel 4 ein Fazit aus der eigenen Forschungsarbeit gezogen und in einem Ausblick zukünftige Fragestellungen und

Projekte skizziert. Die relevanten Veröffentlichungen dieser publikationsbasierten Dissertationsschrift sind im Anhang aufgeführt (Anhang III-VIII).

2 Theoretische Aufarbeitung des Problemfeldes

2.1 Multiple Sklerose

Die Entdeckung des Krankheitsbildes Multiple Sklerose geht auf das 19. Jahrhundert zurück, wobei mittlerweile Aufzeichnungen aus dem Mittelalter vermuten lassen, dass die MS-Symptomatik schon in dieser Zeit erstmalig beschrieben wurde – allerdings ohne konkrete Bezeichnung oder Abgrenzung zu anderen Störungsbildern (Tallner et al., 2013a). Der Name, der mit der Entdeckung der MS meist in Verbindung gebracht wird, ist Jean Martin Charcot (1825-1893). Der Pathologe und Neurologe grenzte erstmalig die Krankheitsbilder Multiple Sklerose und Morbus Parkinson voneinander ab und prägte den Begriff „sclérose en plaques disseminée“ (Murray, 2005). „Sclérose en plaques“ ist noch heute die französische Übersetzung von Multiple Sklerose, während „disseminée“ übersetzt so viel bedeutet wie „verstreut“. Im medizinischen Kontext wird heute oft auch der Begriff der Encephalomyelitis disseminata verwendet, der die im Gehirn verstreut auftretenden Entzündungen beschreibt. Der französische Begriff „sclérose“ - im Deutschen sklerotisch - beschreibt das Narbengewebe, welches aufgrund der Entzündungsherde entsteht. Durch technischen Fortschritt, diagnostische Möglichkeiten und zahlreiche Forschungsarbeiten konnte insbesondere in den letzten 30 Jahren dazu beigetragen werden, einige Mythen zu MS zu beseitigen und neue Erkenntnisse über die Krankheit, deren Ursache und Verlauf zu gewinnen. Dennoch sind Ätiologie und Pathogenese dieser neurodegenerativen Erkrankung bis heute nicht eindeutig geklärt. Im Folgenden sollen einige epidemiologische Daten, der aktuelle Forschungsstand zur Pathogenese sowie zur Symptomatik und Diagnostik erläutert werden. Darauf aufbauend werden in Kapitel 2.2 die Begriffe Sport und sportliches Training definiert sowie ein kurzer Einblick zum Einsatz von Sport im präventiven und rehabilitativen Kontext gegeben. Das Kapitel schließt mit den Erkenntnissen aus bisher durchgeführten sport- und trainingstherapeutischen Interventionsstudien bei MS. Aufgrund des Themas dieser Dissertationsschrift wird nicht auf pharmakologische oder operative Therapiemaßnahmen eingegangen, sondern ausschließlich Bezug zu sport- und trainingstherapeutischen Maßnahmen genommen.

2.1.1 Epidemiologie

Da sich eine frühzeitige und verlässliche Diagnose oftmals schwierig gestaltet, werden epidemiologische Angaben zur MS-Erkrankung größtenteils in Prävalenzdaten veröffentlicht

(Flachenecker, 2010). Aktuelle Schätzungen zufolge sind weltweit 2,3 Millionen Menschen an MS erkrankt (Multiple Sclerosis International Federation, 2013). Flachenecker (2010, S. 6) vermutet, dass es sich sogar um etwa 2,5 Millionen MS-Betroffene weltweit handelt. Bei der globalen Verteilung der MS werden Länder mit hohem (>30 Fälle/100.000), mittlerem (5-29/100.000) und geringem (<5/100.000) Erkrankungsrisiko unterschieden (Kurtzke, 1993). Während Länder mit hohem Erkrankungsrisiko wie Europa, Nordamerika und Australien Prävalenzraten von über 50 pro 100.000 Einwohner aufweisen können (Weinshenker, 1996; Flachenecker, 2010), zeigen Regionen wie Nordafrika, dem Mittleren Osten oder Indien ein mittleres Erkrankungsrisiko (Flachenecker, 2010). In Nordamerika und Europa sollen laut aktuellen Schätzungen der Multiple Sclerosis International Federation (2013) sogar Prävalenzen von 108-140 pro 100.000 Einwohner existieren. Weltweit weisen Länder wie Japan, China, Zentralafrika, Mexiko oder Südamerika niedrige Prävalenzraten auf (Kurtzke, 2000; Kira, 2003; Flachenecker & Zettl, 2006; Cheng et al., 2007; Flachenecker, 2010; Aguirre-Cruz et al., 2011). Die niedrigsten Prävalenzraten werden im subsaharischen Afrika und in Ostasien mit 2,1-2,2 pro 100.000 Einwohner angegeben (Multiple Sclerosis International Federation, 2013). Die Aussagekraft der Prävalenzraten ist limitiert, da die epidemiologische Forschung zu MS noch nicht in allen Ländern der Erde ausgeprägt betrieben wird. Im kürzlich erschienen Review von Etemadifar und Kollegen (2013) weisen die Autoren darauf hin, dass beispielsweise im Iran die Inzidenz- und Prävalenzraten von MS - insbesondere bei Frauen - in den letzten Jahren stark zugenommen haben sollen, wobei die Prävalenzdaten von 5,3/100.000 bis zu 74,28/100.000 schwankten. Inwieweit die steigenden bzw. stark regional schwankenden Zahlen allerdings auf die diagnostischen Möglichkeiten oder steigende Lebenserwartung zurückzuführen sind, bleibt unklar. Während die höchste Prävalenzrate in Europa bei 189 pro 100.000 in Schweden liegt, sind die niedrigsten innerhalb Europas bei etwa 22 pro 100.000 in Albanien zu finden (Multiple Sclerosis International Federation, 2013).

Betrachtet man die weltweite Verteilung der MS (Abb. 2), so wird augenscheinlich, dass die Prävalenzdaten einem Gradienten folgen (WHO, 2008; Flachenecker et al., 2010; Multiple Sclerosis International Federation, 2013). Die Erkrankung scheint in Äquatornähe selten vorzukommen, während sie mit zunehmendem Breitengrad häufiger wird (Flachenecker & Zettl, 2006; WHO, 2008; Flachenecker, 2010; Multiple Sclerosis International Federation, 2013). Epidemiologische Angaben aus Südamerika machen den regionalen Unterschied hinsichtlich des vorliegenden Breitengrades und des Krankheitsvorkommens deutlich. Die Prävalenz für MS in Argentinien liegt bei etwa 18 pro 100.000 Einwohnern und ist somit

sechsmal höher als beispielsweise in Ecuador mit einer Prävalenzrate von 3,2 pro 100.000 Einwohnern (Evans et al., 2013).

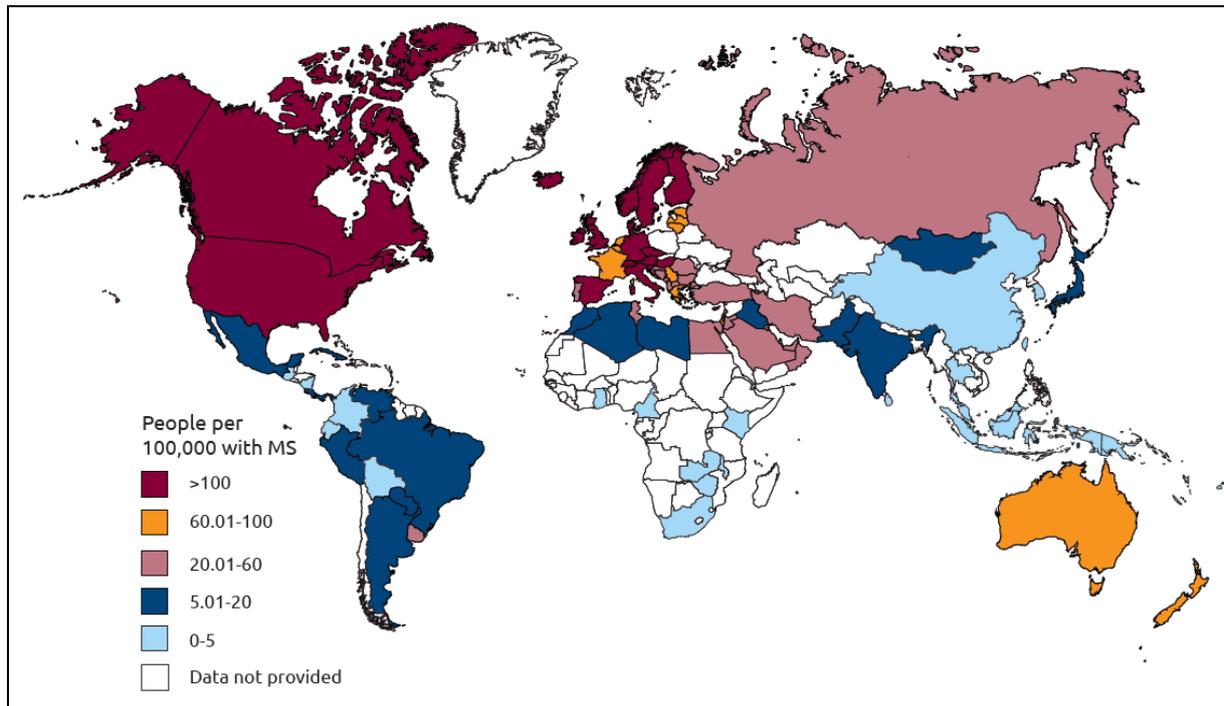


Abbildung 2: Prävalenzraten pro 100.000 Einwohnern aus dem MS Atlas der Multiple Sclerosis International Federation (2013, S. 8).

In Abbildung 2 wurden Prävalenzdaten aus 92 Ländern der Erde zusammengestellt, was etwa 79% der Weltbevölkerung entspricht (Multiple Sclerosis International Federation, 2013). Auch bei dieser Hochrechnung gibt es Limitationen: 47 dieser Länder (51%) veröffentlichten ihre nationalen Prävalenzdaten in mindestens einer Fachzeitschrift mit Peer Review-Verfahren, wobei weitere 18 Länder (20%) ein Register oder eine epidemiologische Studie vorlegten, die bisher nicht in Fachzeitschriften mit Peer Review-Verfahren veröffentlicht wurden (Multiple Sclerosis International Federation, 2013).

In Deutschland weisen epidemiologische Studien zur Häufigkeit von MS unterschiedliche Zahlen auf. Nach einer Hochrechnung von Hein und Hopfenmüller (2000, S. 288) kann in Deutschland von einer Zahl von ca. 122.000 MS-Erkrankten ausgegangen werden. Im MS-Register, welches 2005/2006 von Flachenecker und Kollegen (2008) durchgeführt wurde, wird angegeben, dass es sich um etwa 120.000 bis 140.000 Personen handelt. Petersen und Kollegen (2014) veröffentlichten jüngst höhere Prävalenzzahlen für Deutschland. Laut den Autoren sind fast 200.000 Menschen, die aktuell gesetzlich in Deutschland versichert sind, von MS betroffen (Petersen et al., 2014). Da etwa 90% der Bevölkerung in Deutschland gesetzlich versichert ist, erlaubt die Hochrechnung von Petersen und Kollegen (2014)

flächendeckende Aussagen zum Vorkommen von MS in Deutschland. Die Erstmanifestation wird überwiegend im Alter von 20 bis 40 Jahren beschrieben, nur in seltenen Fällen bricht die Erkrankung vor dem 10. oder nach dem 60. Lebensjahr aus (Flachenecker et al., 2008; Flachenecker, 2010). Neben dem Einfluss des Lebensraumes scheinen Geschlecht, genetische Disposition und ethnische Zugehörigkeit Einfluss auf das Erkrankungsrisiko zu nehmen. In diesem Kontext bestätigen die Ergebnisse von Migrationsstudien die mögliche Einflussnahme von Umweltfaktoren auf das Erkrankungsrisiko (Ebers, 2008). Laut MS-Register verteilt sich die Erkrankung in Deutschland auf Männer und Frauen im Verhältnis 1 zu 2,5 (Flachenecker et al., 2008). Petersen und Kollegen (2014) geben ein Verhältnis von männlichen zu weiblichen Personen mit 1 zu 2,3 an. Aktuelle Zahlen der Multiple Sclerosis International Federation aus dem Jahr 2013 bestätigen die Angaben der WHO (2008), wonach Frauen im Vergleich zu Männern weltweit doppelt so häufig betroffen sind. Die Ursache, warum Frauen häufiger betroffen sind als Männer, bleibt bislang ungeklärt. Eine genetisch bedingte Anfälligkeit wird in diesem Kontext diskutiert (Chao et al., 2011; Cruz-Orengo et al., 2014). Es gibt mittlerweile einige Theorien über mögliche Einflussfaktoren, die mit der Entstehung einer MS in Verbindung gebracht werden (Klima, Ernährung, familiäre Häufung, Vitamin-D-Mangel, etc.). Bisher hat sich jedoch keine einheitliche Erklärung durchsetzen können, da Inzidenz- und Prävalenzraten auch in ein- und demselben Land schwanken können (Rosati, 2001; Multiple Sclerosis International Federation, 2013; Etemadifar et al., 2013; Petersen et al., 2014).

2.1.2 Pathogenese

Multiple Sklerose (lat. Encephalomyelitis disseminata) wird definiert als „chronisch verlaufende, entzündliche, demyelinisierende Erkrankung des zentralen Nervensystems (ZNS) mit zusätzlich unterschiedlich ausgeprägtem Verlust an Axonen und reaktiver Gliose“ (Gehlen, 2010, S. 271). Auch wenn ätiologische und pathogenetische Prozesse bis heute ungeklärt sind, so handelt es sich vermutlich um eine Erkrankung autoimmunen Ursprungs, in deren Verlauf Immunzellen körpereigenes Gewebe angreifen (Gehlen, 2010; Flachenecker, 2012; Weissert, 2013). Basierend auf den zuvor beschriebenen epidemiologischen Daten, scheint es naheliegend, dass es sich bei der Entstehung der MS um eine Art Wechselspiel aus Umweltfaktoren und einer gewissen genetisch bedingten Anfälligkeit handelt (Gehlen, 2010; Hartung, 2014). Nach Gehlen (2010, S. 271) werden drei pathogenetische Hypothesen derzeit diskutiert:

- (1) Infektionshypothese (T-Zellen werden im Rahmen einer Virusinfektion aktiviert)
- (2) Autoimmunhypothese
- (3) Neurodegenerationshypothese.

Diese komplexe Erkrankung kann allerdings durch keine dieser drei Hypothesen allein erklärt werden (Gehlen, 2010, S. 271). Eine große Rolle spielen vermutlich die körpereigenen Abwehrzellen, die so genannten T- und B-Lymphozyten (Hartung, 2014). Die Lymphozyten gehören zu den weißen Blutkörperchen und sind ein wichtiger Teil des menschlichen Immunsystems (Pape et al., 2014). Während die B-Lymphozyten Antikörper produzieren, so erkennen T-Lymphozyten körperfremde Strukturen, die Antigene (Pape et al., 2014). Mit Hilfe der Lymphozyten sorgt die gesunde körpereigene Immunabwehr dafür, dass körperfremd erkannte Antigene durch spezifisch produzierte Antikörper entfernt werden (Pape et al., 2014). Die zentrale Hypothese zur Pathogenese der MS lautet, dass die T-Lymphozyten körpereigene Strukturen angreifen (Gehlen, 2010; Weissert, 2013; Hartung, 2014). Aufgrund eines initialen autoimmunen Prozesses greifen die T-Lymphozyten Bestandteile des körpereigenen Myelins an, welches die Nervenaxone umschließt und für eine schnelle Reizweiterleitung im Nervensystem sorgen soll (Weissert, 2013; Hartung, 2014). Die Folgen der Demyelinisierung an den Myelinscheiden durch die autoimmunen inflammatorischen Prozesse sind axonaler Schaden, Absterben der Oligodendrozytenzellen¹, Gliose² und neurodegenerative Prozesse im Körper (Hartung, 2014). Während lange Zeit vermutet wurde, dass es sich bei MS um eine reine Erkrankung der myelinhaltigen weißen Substanz handelt, weiß man heute, dass auch die zum Großteil aus Nervenzellen bestehende graue Substanz direkt betroffen ist (Weissert, 2013). Diese Erkenntnis wurde vor allem dadurch erlangt, dass nicht nur motorische, sondern auch kognitive Beeinträchtigungen zur MS-Symptomatik gehören (Weissert, 2013).

Da die Sonnenexposition in Ländern nahe des Äquators eine deutlich höhere Intensität aufweist, wird auch die Vitamin-D-Produktion in Verbindung mit MS gebracht (Salzer et al., 2012). Da nur wenig Vitamin D über die Nahrung aufgenommen werden kann, muss der Mensch ca. 90% des Vitamin-D-Bedarfs durch endogene UV-strahlungsabhängige Synthese über die Haut decken (Holick, 2003; Döring et al., 2013). Im Review von Döring et al. (2013) wird deutlich, dass ein Zusammenhang zwischen Vitamin-D-Haushalt und dem

¹ Die Fortsätze dieser Oligodendrozytenzellen bilden das Myelin (Lüllmann-Rauch, 2009, S.185).

² Eine Gliose bezeichnet eine Vermehrung von Gliazellen in einem geschädigten Bereich des ZNS oder des Gehirns (führt letztlich zur MS-typischen „Vernarbung“). Gliazellen spielen an der Stelle, an der zuvor eine beschädigte Nervenzelle war, die Rolle eines Platzhalters, allerdings nehmen sie nur den Raum und nicht die Funktion dieser Nervenzelle ein (Lüllmann-Rauch, 2009, S.185).

Erkrankungsrisiko einer MS nach aktueller Datenlage plausibel erscheint. Dennoch existieren widersprüchliche Daten zur Prävalenz des Vitamin-D-Mangels bei Personen mit MS im Vergleich zu Gesunden. Eine Erhöhung des Vitamin-D-Spiegels kann bei bereits manifesterter Erkrankung möglicherweise zu einer Verringerung des Schubrisikos respektive der Krankheitsaktivität führen (Döring et al., 2013). Die Autoren weisen allerdings darauf hin, dass fraglich bleibt, inwieweit ein kausaler Zusammenhang zwischen Vitamin-D-Mangel und MS-Patienten besteht, denn der Vitamin-D-Mangel MS-Erkrankter kann auch einer geringeren Aktivität der Betroffenen im Freien geschuldet sein (Döring et al., 2013). Mittlerweile steht auch Rauchen als Risikofaktor zur Diskussion, im Kontext mit dem Auftreten bestimmter Gene, sogenannter Histokompatibilitätsantigene (HLA-Gene). Gehlen (2010) beschreibt, dass bestimmte HLA-Gene bei MS-Kranken signifikant häufiger auftreten als bei Kontrollfällen. Dies bedeutet, dass eine gewisse genetische Disposition ebenfalls ursächlich für die Entwicklung einer MS angenommen werden kann. Hedstrom et al. (2011) zeigten, dass diese genetische Disposition in Verbindung mit dem Risikofaktor Rauchen die Chance um ein 13,5-faches erhöht, eine MS zu entwickeln.

Der initiale Trigger, welcher zur autoimmunen Reaktion der Lymphozyten führt, bleibt letztlich ungeklärt. Mögliche Faktoren zur Entstehung einer MS könnten Infektionen, Medikamente, das Vorkommen eines körpereigenen Autoantigens in Verbindung mit einer genetischen Disposition oder eine geringe Vitamin-D-Konzentration aufgrund der Sonnenexposition sein (Weissert, 2013, S. 858).

2.1.3 Klinische Symptome und Verlaufsformen

In der aktuellen Leitlinie der Deutschen Gesellschaft für Neurologie und des Kompetenznetzes MS sind folgende Klassifikationen in unterschiedliche Stadien und Verläufe eingeteilt (DGN & KKNMS, 2014, S. 6):

- (1) das klinisch isolierte Syndrom (KIS)
- (2) die schubförmige („relapse-remitting“, RRMS) Verlaufsform
- (3) die sekundär progrediente (SPMS) Verlaufsform
- (4) die primär progrediente (PPMS) Verlaufsform.

Über 80 % der MS-Betroffenen weisen einen schubförmigen Verlauf auf (DGN & KKNMS, 2014). In den meisten Fällen mündet ein jahrelang schubförmiger Krankheitsverlauf in eine sekundär progrediente Verlaufsform. Ca. 10-15% zeigen in ihrem Krankheitsverlauf keine

Schübe, sondern eine schleichende Zunahme neurologischer Symptome – hierbei werden deutlich weniger Entzündungsherde diagnostiziert (DGN & KKNMS, 2014). Nur wenige Prozent dieser MS-Betroffenen leiden an einer schubförmigen progredienten MS (Weissert, 2013). Von einem schubförmigen Verlauf scheinen Frauen dreimal häufiger betroffen zu sein als Männer (Koch-Herinksen & Sørensen, 2010). Dennoch weisen alle Manifestationen, sowohl bei schubförmigem als auch bei einem progredienten Verlauf, ähnliche pathogenetische Vorgänge wie chronische Entzündungen, Demyelinisierung in der weißen und grauen Masse und eine Neurodegeneration im gesamten ZNS auf (Kutzelnigg & Lassmann, 2014). Individuelle Eigenschaften und Unterschiede in der Pathologie werden erst im Vergleich der frühen schubförmigen Form und der späten progredienten Form auffällig (Kutzelnigg & Lassmann, 2014).

Aufgrund unterschiedlicher Entzündungsherde unterscheiden sich Personen mit MS dennoch in den einzelnen Symptomausprägungen (Weissert, 2013). Möchte man die häufigsten Symptome zusammenfassen, dann weisen etwa 40% der Betroffenen sensorische Störungen, 39% motorische, mindestens 15% ein Schmerzsyndrom und 10% kognitive Beeinträchtigungen auf (Multiple Sclerosis International Federation, 2013). MS stellt ein vielschichtiges und interindividuell stark variierendes neurodegeneratives Krankheitsbild dar. Die Symptomausprägung zeigt nicht nur erhebliche interindividuelle Unterschiede, sondern auch intraindividuelle Varianzen. So kann die Tagesform in Abhängigkeit von verschiedenen äußeren Bedingungen wie Lufttemperatur, beruflichen und familiären Stressoren bedeutsam variieren. Auf symptomatischer Ebene können Einschränkungen sowohl in neuropsychologischen (Kognition, Fatigue, Depression) und vegetativen Funktionen (Blasen- und Darmentleerungsstörungen, Störungen der Sexualität) auftreten, wie auch in mit den Hirnnerven assoziierten Defiziten (Augenbewegungsstörungen, Dysarthrie, Dysphagie) und Schmerzphänomenen (Henze, 2006; Stuke et al., 2009; Flachenecker, 2012). Nachhaltige Beeinträchtigungen sind ferner in den verschiedenen peripheren und zentralen Komponenten des Nervensystems (Spastik, Muskelschwäche, Gang- und Gleichgewichtsstörungen) identifizierbar (Henze, 2006; Stuke et al., 2009; Flachenecker, 2012). Im Kontrast zum breiten Spektrum der Symptome wie auch der variierenden Verlaufsformen basiert die Behandlung primär auf einer medikamentösen Intervention (Goldstandard), einerseits um Schübe abzumildern und den langfristigen Krankheitsverlauf positiv zu beeinflussen (immunmodulatorisch, immunsuppressiv), andererseits um auftretenden Symptomen spezifisch entgegenzuwirken (Henze, 2006). Trotz intensiver Forschungsbemühungen lässt

sich das Krankheitsbild MS nach wie vor nur unzureichend kontrollieren, was zu erheblichen Einschränkungen in der Lebensqualität führt. Im Gegensatz zum goldenen Behandlungsstandard „Pharmakotherapie“ wurden sport- und physiotherapeutische Maßnahmen über einen langen Zeitraum hinweg entweder nicht durchgeführt oder nur als Begleittherapie angesehen (Waschbisch et al., 2009; Tallner et al., 2013a). Vorbehalte gab es vor allem vor dem Hintergrund des möglichen Anstiegs der Körpertemperatur durch Training und einer daraus potentiell resultierenden Verschlechterung der neurologischen Symptomatik, welche auch als „Uhthoff-Phänomen“ bezeichnet wird (Uhthoff, 1890; Rasminsky, 1973). Es wurde lange Zeit kommuniziert, dass eine „Einsparung von Energie“ (Schonung) die geeignete Verhaltensstrategie für MS darstelle (White & Dressendorfer, 2004; Waschbisch et al., 2009). Mittlerweile kann beim Umgang mit körperlicher Aktivität und Sport bei MS von einem Paradigmenwechsel in der Forschung gesprochen werden, da das Auftreten neurologischer Symptome unter körperlicher Belastung zwar eintreten kann, jedoch in kurzer Zeit (ca. 30 Minuten nach Beendigung der Anstrengung) reversibel ist (Smith et al., 2006; Waschbisch et al., 2009; Tallner et al., 2013a).

2.1.4 Diagnostik

Grundsätzlich kann eine MS-Diagnose gestellt werden, wenn entzündlich-demyelinisierende Prozesse im Nervensystem in räumlicher und zeitlicher Dissemination festgestellt werden können (Gelfand, 2014). Die Diagnose wird durch die Verbindung einer klinischen Anamnese, einer neurologischen Untersuchung, eines bildgebenden Verfahrens der Magnetresonanztomographie (MRT) und durch das Ausschließen anderer Krankheitsbilder gestellt.

Die beiden klassischen Beurteilungsskalen zu MS sind einmal die Diagnose mittels der McDonald-Kriterien (McDonald et al., 2001; Polman et al., 2005) und einmal die Einteilung des Grades der Einschränkung durch die Expanded Disability Status Scale (EDSS) nach Kurtzke (1983). Die Original McDonald-Kriterien wurden 2005 einer Revision unterzogen und tragen in der neuen Form zur Vereinfachung und schnelleren Diagnosestellung bei (Wiendl et al., 2006). Die EDSS beschreibt einen Score von 0 bis 10, wobei der Grad 0 eine neurologische Untersuchung ohne Befund darstellt und der Wert 10 Tod infolge der MS (Kurtzke, 1983).

Das typische erste Kennzeichen einer möglichen MS-Diagnose ist der Schub. Ein Schub wird definiert durch neue oder reaktivierte klinische Symptome, die entweder subjektiv berichtet oder mittels objektiver Untersuchungsverfahren bestätigt werden. Die Leitlinie zur Diagnostik und Therapie der MS (DGN & KKNMS, 2014, S. 8) gibt folgende Definition eines Schubes an:

- a. Klinische Ausfälle und Symptome müssen mindestens 24 Stunden anhalten
- b. Klinische Ausfälle und Symptome müssen mit einem Zeitintervall von ≥ 30 Tagen zum Beginn vorangegangener Schübe auftreten und
- c. Klinische Ausfälle und Symptome sind nicht durch Änderungen der Körpertemperatur (Uhthoff-Phänomen) oder im Rahmen von Infektionen erklärbar.

Innerhalb eines Schubs können typische Symptome wie bspw. taube Extremitäten, Benommenheit, (Muskel-)Schwäche, Sehstörungen, Gang- und Gleichgewichtsprobleme und/oder Blasendysfunktion auftreten (Gelfand, 2014). Zwischen den Schüben sind die Patienten stabil, können allerdings an einer Fatigue oder Hitze-/Kälteempfindlichkeit leiden. Betroffene, die keinen oder wenige Schübe aufweisen, stellen eher eine schleichende Verschlechterung neurologischer Funktionen fest (Gelfand, 2014). Die genaue Beschreibung und Abgrenzung eines Schubes in einem festgelegten Zeitraum ist notwendig, da die Schubaktivität Einfluss auf die zu wählende Therapieform hat (DGN & KKNMS, 2014). Nach Polman et al. (2011) kann eine Diagnose MS mittlerweile nach einem ersten Krankheitsschub gestellt werden, wenn klinisch nachweisbare Auffälligkeiten im Funktionssystem oder pathologisch visuell evozierte Potenziale vorliegen und zwei oder mehr charakteristische Läsionen mittels MRT gefunden werden. Ausgeschlossen werden müssen Differentialdiagnosen wie bspw. Neuromyelitis optica, Kollagenosen, Borreliose, Sarkoidose und weitere zerebrovaskuläre oder metabolische Erkrankungen (Polman et al., 2005; Polman et al., 2011; DGN & KKNMS, 2014).

2.2 Sportliches Training

Sowohl im deutschen als auch im englischen Sprachgebrauch gibt es eine Reihe von verwandten Begriffen – Sport, körperliche Aktivität, Bewegung, sportliches Training – die oftmals synonym verwandt werden, bei genauer Betrachtung allerdings Unterschiede aufweisen. Darüber hinaus kann jeder einzelne Begriff unterschiedliche subjektive Vorstellungen, Sinnperspektiven und Bedeutungen bei Personen hervorrufen. In diesem

Kapitel sollen zunächst die Begriffe Sport und körperliche Aktivität abgegrenzt werden, sowie verwandte Begriffe wie Gesundheitssport, Sport- und Bewegungstherapie, sportliches Training sowie medizinische Trainingstherapie definiert werden. Neben zahlreichen Funktionen, die Sport aufweisen kann, wird in der vorliegenden publikationsbasierten Dissertationsschrift insbesondere die Gesundheitsfunktion von Sport in den Vordergrund gestellt. In diesem Kontext soll der Gesundheitsbegriff ebenfalls in der vorliegenden theoretischen Aufarbeitung eingeordnet werden. Darauf aufbauend wird der explizite Einsatz von Sport und sportlichem Training in ausgewählten präventiven und therapeutischen Bereichen aufgezeigt.

2.2.1 Begriffsbestimmung

2.2.1.1 Sport und körperliche Aktivität

Das Wort Sport (engl. sport) geht auf das lateinische Verb „deportare“ zurück, was in erster Linie so viel bedeutet wie „fortbringen“, im so genannten Vulgärlatein³ allerdings „zerstreuen“ und „vergnügen“ (Röthig & Prohl, 2003a, S. 493). Im (Alt-)Französischen findet sich der verwandte Begriff „(se) de (s)porter“ und im Englischen „(to) disport“, zu Deutsch „(sich) zerstreuen“, „(sich) vergnügen“. Im sportwissenschaftlichen Lexikon wird u.a. folgender Definitionsvorschlag von Sport angeboten:

[...] alle Tätigkeiten, die vorwiegend körperliche Bewegungen (motorische Aktivitäten) sind; die zielgerichtet nach körperlicher Leistung streben, d.h. auf bestimmte Gütestandards bezogen sind; bei denen die Beherrschung der leiblichen Motorik ausdrücklich thematisiert und zu einer Fertigkeit gemacht wird, die man lernen und einüben kann; die kein Produkt (Wert) im engeren Sinne (im Rahmen von Gewerbe, Kunst, Wissenschaft usw.) fertigen und von hier her gesteuert werden und ihren Sinn erfahren; die in einer Sportart, also nach spezifischen, sozial definierten Mustern stattfinden. (Grieswelle, 1978, zitiert nach Röthig & Prohl, 2003a, S. 494)

In der Definition von Grieswelle (1978, zitiert nach Röthig & Prohl, 2003a, S. 495) beschränkt sich die Beschreibung von Sport hauptsächlich auf motorische Fähig- und Fertigkeiten. Bei Volkamer (1984, S. 196) hingegen steht insbesondere die willentlich gewählte Schaffung von Konflikten im Vordergrund seiner Definition:

Sport besteht in der Schaffung von willkürlichen Hindernissen, Problemen oder Konflikten, die vorwiegend mit körperlichen Mitteln gelöst werden, wobei die

³ Das gesprochene Latein im Römischen Reich.

Beteiligten sich darüber verständigen, welche Lösungswege erlaubt oder nicht erlaubt sein sollen. Die Handlungen führen in ihrem Ergebnis nicht unmittelbar zu materiellen Veränderungen.

Betrachtet man diese (und weitere) Definitionen, so können die konstituierenden Variablen des Sports zu vier Hauptmerkmalen zusammengefasst werden: 1) Sport hat etwas mit körperlicher Bewegung zu tun, 2) Sport ist mehr oder weniger leistungsorientiert (Wettkampf steht je nach Leistungsbezug mehr oder weniger im Fokus), 3) Sport wird nach einer gewählten Reglementierung durchgeführt, 4) Sport selbst ist aus ökonomischer Sicht unproduktiv.

Häufig werden die Begriffe Sport (engl. sport, physical exercise; exercise) und körperliche Aktivität (engl. physical activity) in der Umgangssprache synonym verwendet. Körperliche Aktivität ist nach Bouchard & Shepherd (1994, S. 77) folgendermaßen definiert: „Physical activity comprises any body movement produced by the skeletal muscles that results in a substantial increase over the resting energy expenditure“. Während sich die körperliche Aktivität auf alle körperlichen Bewegungen bezieht, die von der Skelettmuskulatur produziert werden und den Energieverbrauch über den Grundumsatz anheben (Bouchard & Shephard, 1994; US Department of Health and Human Services, 1996), so kann Sport als eine untergeordnete Kategorie der körperlichen Aktivität betrachtet werden (Abu-Omar & Rütten, 2006). Der Oberbegriff „körperliche Aktivität“ beinhaltet neben dem Sport auch Untergruppen wie Gesundheitssport oder gesundheitsförderliche Aktivität (Abu-Omar & Rütten, 2006). Abu-Omar & Rütten (2006, S. 1163) fügen hinzu, dass im Angelsächsischen der Begriff der „leisure-time physical activity“ verwendet wird, um die Untergruppe der körperlichen Aktivitäten in der Freizeit zu beschreiben. Demgegenüber steht der Begriff „exercise“, um auf ein strukturiertes körperliches Trainingsprogramm hinzuweisen (Abu-Omar & Rütten, 2006, S. 1163). Gesundheitsförderliche körperliche Aktivität bezeichnet jede Form der körperlichen Aktivität, die einen gesundheitlichen Nutzen verspricht und kein übermäßiges gesundheitliches Risiko beinhaltet (Foster, 2000, zitiert nach Abu-Omar & Rütten, 2006, S. 1162). Da im weiteren Verlauf dieser publikationsbasierten Dissertationsschrift die Gesundheitsfunktion des Sports, sein gesundheitsförderndes Potenzial und der therapeutische Einsatz von Sport hervorgehoben werden - aufgrund des vorliegenden Themas schwerpunktmäßig als Intervention bei chronischen Krankheitsbildern – soll im Anschluss eine kurze Betrachtung des Gesundheitsbegriffs vorgenommen werden.

2.2.1.2 Gesundheit

Die Gesundheit wurde 1948 von der WHO nicht nur als frei sein von Krankheit und Gebrechen definiert, sondern vielmehr als Zustand des vollständigen körperlichen, geistigen und sozialen Wohlbefindens: „a state of complete physical, mental and social well-being and not merely the absence of disease or infirmity” (WHO, 1948, o.S.). Auch wenn eine Begriffsbestimmung von Gesundheit notwendig erscheint, so sorgt diese bis zum heutigen Tag für Diskussionen. Gesundheit als absoluten Zustand - frei von Krankheit und Gebrechen - zu erreichen, scheint ein oftmals unrealistisches Unterfangen. Huber und Kollegen (2011) merken hierzu an, dass die Definition der WHO über die letzten Jahrzehnte zwar oft kritisiert, allerdings niemals adaptiert wurde. Gerade weil diese Definition einen solchen absoluten Wert von Gesundheit beschreibt, scheint sie in der heutigen Zeit des demographischen Wandels und der immer älter werdenden Gesellschaft eher kontraproduktiv (Huber et al., 2011). Gutzwiller (1999) beschreibt Gesundheit als Prozess oder Fließgewicht, welches das Individuum ständig mit seiner Umwelt herzustellen versucht, um sein Wohlbefinden zu optimieren. Hurrelmann (2000) sieht Gesundheit als gelungene Bewältigung von inneren (z.B. genetische Veranlagung, Physis, Immunsystem, Persönlichkeitsstruktur) und äußeren (z.B. sozioökonomische Lage, Wohnbedingungen, Bildungsangebote, hygienische Verhältnisse) Anforderungen. Der Unterschied zu früheren Definitionen von Gesundheit findet sich vor allem durch den Paradigmenwechsel von einer pathogenetischen (risikofaktorenorientierten) zu einer salutogenetischen (ressourcenorientierten) Perspektive. Die WHO hat im Jahr 1986 in der Ottawa-Charta den Gesundheitsbegriff um den Begriff der Gesundheitsförderung erweitert und zur *Gesundheit für alle* aufgerufen. Die Gesundheitsförderung zielt auf einen Prozess ab, in dem allen Menschen ein höheres Maß an Selbstbestimmung über ihre Gesundheit übertragen wird, um das umfassende körperliche, seelische und soziale Wohlbefinden zu erlangen (WHO, 1986). Hierbei sieht die WHO aus einem salutogenetischen Ansatz heraus nicht nur den Einzelnen in der Verantwortung, sondern auch alle Bereiche der Politik, die zu einer Entwicklung zu gesünderer Lebensweise und zur Förderung des umfassenden Wohlbefindens beitragen sollen (WHO, 1986).

2.2.1.3 Gesundheitssport

Sport und körperliche Aktivität sind mittlerweile fest im gesundheitsfördernden Kontext verankert. Im deutschen Raum wird der Begriff Gesundheitssport vom Begriff Sport folgendermaßen abgegrenzt. „Gesundheitssport zielt auf Gesundheitswirkungen,

Verhaltenswirkungen und Verhältniswirkungen. Diese werden systematisch geplant und angesteuert. Sportliche Aktivitäten aus den Bereichen Wettkampfsport, Funsport, Fitnesssport usw. können zwar auch (in irgendeiner Form) gesund sein, sind damit aber noch kein Gesundheitssport“ (Röthig & Prohl, 2003b, S. 226). Brehm (2002) versteht Gesundheitssport als eine hoch strukturierte und auf gesundheitliche Effekte ausgerichtete Durchführung gesundheitsförderlicher körperlicher Aktivitäten an der Schnittstelle von Sport zum Gesundheitssystem. Ziel des Gesundheitssports ist es, die gesundheitsförderlichen Effekte von Sport zu nutzen und eine Verbesserung des physischen, psychischen und seelischen Wohlbefindens respektive eine Prävention von Risikofaktoren zu ermöglichen, Gesundheitsbeschwerden zu bewältigen und an ein lebenslanges gesundheitssportliches Verhalten zu binden.

2.2.1.4 Training

Um Sport bzw. Gesundheitssport systematisch umsetzbar und planbar zu machen, wird zuletzt der Begriff Training eingeführt. Training (engl. physical training, exercise training) bezeichnet die planmäßige und systematische Realisation von Maßnahmen (Trainingsinhalte und Trainingsmethoden) zur nachhaltigen Erreichung von Zielen (Trainingszielen) im und durch Sport (Hohmann et al., 2007, S. 14 f.). Somit kann Training als ein komplexer Prozess betrachtet werden, der sportartübergreifend, niveauübergreifend sowie alters- und geschlechterübergreifend verläuft (Carl, 1983, zitiert nach Röthig & Prohl, 2003c, S. 606 f.). Der Begriff Üben wird ebenfalls im Sportkontext verwendet und bezeichnet das eher unstrukturierte Ausprobieren, während Training einen zielorientierten Handlungsprozess darstellt.

Die Begriffe Training und sportliches Training werden, dem umgangssprachlichen Gebrauch entsprechend, im Sport synonym gebraucht. Das Adjektiv ‚sportlich‘ ist dann notwendig, wenn sportliches Training gegenüber nichtsportlichem Training aus anderen Lebensbereichen abgegrenzt werden soll. Training ist nicht an ein bestimmtes Leistungsniveau gebunden [...]. (Carl, 2003, zitiert nach Röthig & Prohl, 2003c, S. 607)

Innerhalb dieses Forschungsprojekts soll der Trainingsbegriff eher offen gehalten werden, da die Ziele und Auswirkungen des sportlichen Trainings bei MS neben einer Verbesserung der körperlichen Leistungsfähigkeit, der Prävention vor Bewegungsmangel und der Rehabilitation im krankheitsspezifischen Kontext ebenfalls Bereiche der Persönlichkeitsentwicklung, der

Verhaltensänderung, des Krankheitsmanagements und der Patientenedukation betreffen können (in Anlehnung an Fröhlich, 2009).

In zahlreichen Studien und Überblicksarbeiten wurde mittlerweile beschrieben, dass Menschen mit höherer körperlicher Aktivität im Vergleich zu denjenigen mit geringer körperlicher Aktivität respektive wachsender Inaktivität einen gesundheitlichen Nutzen hinsichtlich der Entwicklung verschiedener Krankheitsbilder haben (US Department of Health and Human Services, 1996; Sallis & Owen, 1998; Vuori, 2004; uvm.). Körperliche Aktivität kann das Risiko für kardiovaskuläre Erkrankungen, Darmkrebs und Diabetes mellitus Typ II senken und ist in der Lage, die Lebenserwartung zu steigern (zur Übersicht Abu-Omar & Rütten, 2006). Im Hinblick auf die Bewältigung der Aktivitäten des täglichen Lebens erleichtert eine gut ausgeprägte körperliche Leistungsfähigkeit die Alltagsaufgaben, steigert die Selbstständigkeit und die Lebensqualität. Da körperliche Aktivität per Definition eine Summe aller körperlichen Bewegungen darstellt, das sportliche Training hingegen eine Untergruppe der körperlichen Aktivität beschreibt, sollen sich die nachfolgenden Kapitel ausschließlich auf die Effekte von sportlichem Training und nicht auf die Wirkung von körperlicher Aktivität im Allgemeinen beziehen.

2.2.2 Sportliches Training als therapeutische Maßnahme

Neben dem Einsatz in der Primärprävention und Gesundheitsförderung wird Sport ebenfalls im sekundärpräventiven und medizinisch-therapeutischen Kontext als rehabilitative Maßnahme bei Patienten mit entsprechender Indikation eingesetzt. Der Begriff der medizinischen Trainingstherapie orientiert sich – in Anlehnung an die vorangegangene Begriffsbestimmung des Wortes *Training* – an den Prinzipien, Inhalten und Methoden der Trainingswissenschaft.

Die Trainingstherapie ist eine Komplextherapie mit dem obersten Ziel der Wiederherstellung gestörter Funktionen in Beruf, Alltag, Freizeit und Sport. Spezifische Ziele der Trainingstherapie sind ausgehend von Schmerzfreiheit die Wiederherstellung der Beweglichkeit, die Optimierung der motorischen Beanspruchungsformen sowie Verhaltensänderungen als Grundlage der notwendigen Belastbarkeit. (Banzer, 2003, zitiert nach Röthig & Prohl, 2003d, S. 616)

Die Sport- und Bewegungstherapie (engl. sport therapy, exercise therapy) macht sich die Effekte des sportlichen Trainings ebenfalls in einem therapeutischen Kontext zu nutze. Der Deutsche Verband für Gesundheitssport und Sporttherapie e.V. (DVGS) definiert die Sport-

und Bewegungstherapie als ärztlich indizierte und verordnete Bewegung mit verhaltensorientierten Komponenten, die professionell geplant, dosiert, gemeinsam mit dem Arzt kontrolliert und mit dem Patienten alleine oder in der Gruppe durchgeführt wird (DVGS e.V., 2013). Ziel der Sport- und Bewegungstherapie ist es mit den Mitteln, die der Sport zur Verfügung stellt, bei vorliegender Schädigung physische, psychische und psychosoziale Beeinträchtigungen zu rehabilitieren bzw. einem Rezidiv vorzubeugen. Elemente aus der Pädagogik, Psychologie und Soziologie werden in Verbindung mit theoretischen und praktischen Grundlagen der Trainingswissenschaft/-lehre angewendet (DVGS e.V., 2013). In der Praxis werden die Begriffe Sport- und Bewegungstherapie synonym verwendet. Schüle & Huber (2000) unterscheiden die beiden Begriffe, indem sie der Bewegungstherapie die medizinische bzw. ärztliche Indikation zuschreiben. Die Sporttherapie selbst stellt eine bewegungstherapeutische Maßnahme dar, die mit den Mitteln des Sports physische, psychische und sozial geschädigte Strukturen wiederherstellen soll.

Aus den Ergebnissen einer großen systematischen Literaturanalyse – veröffentlicht in *The Lancet* – geht deutlich hervor, dass körperliche Inaktivität neben dem Rauchen einen der Top gesundheitlichen Risikofaktoren in Europa darstellt, der von Personen selbst veränderbar ist (Lim et al., 2012). Ferner versuchen die Autoren Naci & Ioannidis (2013) in einer meta-epidemiologischen Untersuchung die Effektivität von Medikamenten im Bereich der Sekundärprävention der Effektivität sportlichen Trainings gegenüberzustellen. Die Ergebnisse ihrer Datenanalysen zeigen, dass sportliches Training als sekundärpräventive Maßnahme oftmals ähnliche Effekte auf das Sterblichkeitsrisiko bei Menschen mit koronarer Herzkrankheit, Herzinsuffizienz oder mit einem Prädiabetes aufweisen kann wie Medikamente (Naci & Ioannidis, 2013). Es gibt sogar Hinweise, dass Menschen nach einem Schlaganfall mehr von Sport als rehabilitativer Maßnahme profitieren als von Medikamenten (Naci & Ioannidis, 2013).

2.2.3 Effekte sportlichen Trainings auf die physische Gesundheit

Mittlerweile besteht in der Gesundheitsforschung Konsens darüber, dass regelmäßiges sportliches Training respektive die gezielte Belastung und Beanspruchung des aktiven und passiven Bewegungsapparates zu positiven Effekten bzw. Verbesserungen im physischen Funktions- und Leistungsbereich führen (Woll & Bös, 2004). Regelmäßiges sportliches Training kann sich positiv auf kardiovaskuläre (z.B. Verbesserung der Sauerstoffaufnahme, Vergrößerung des Herzschlagvolumens, Verbesserung der Blutversorgung der

Herzmuskulatur), hämodynamische (z.B. Verbesserung der Fließeigenschaften des Blutes), metabolische (z.B. Zunahme des Mitochondrienvolumens, Anstieg des Myoglobingehalts in der Muskelzelle, Verbesserung der Enzymaktivität der Muskulatur) und endokrinologische (Anstieg der Katecholamine, des Cortisols, des Wachstumshormons) Bereiche des Körpers auswirken (Banzer et al., 1998). In Studien, die sportliches Training als therapeutische Intervention untersuchen, wird gerade bei vorliegendem metabolischem Syndrom neben Sport auch eine krankheitsspezifische Diät durchgeführt. Dadurch ist die Aussagefähigkeit der Ergebnisse oftmals eingeschränkt (Thomas et al., 2006). Aus diesem Grund muss beim Studium von Fachliteratur zur Evidenz von Sport als therapeutische Intervention ein besonderes Augenmerk darauf gelegt werden, dass ausschließlich Arbeiten gesichtet werden, in denen Sport als alleinige Intervention ohne weitere Modifikationen in der Ernährung oder der Medikation untersucht wird.

Sport wird zur primär- und sekundärpräventiven Maßnahme bei Diabetes Mellitus Typ 2 von medizinischer Seite empfohlen. Regelmäßige sportliche Aktivität (für mindestens acht Wochen) hat einen positiven Einfluss auf die Blutzuckerkontrolle (Dunstan et al., 1998; Maiorana et al., 2002), verringert das viszerale Depotfett (Mourier et al., 1997; Cuff et al., 2003) und die Konzentration der Plasma-Triglyceride (Mourier et al., 1997; Maiorana et al., 2002). Diese positiven Effekte sind nicht per se an Gewichtsverlust gebunden, obwohl durch Sport das prozentuale Körperfett und die Blutfettwerte sinken und die Insulinsensitivität steigt (Thomas et al., 2006). Sowohl Ausdauer- als auch Krafttrainingsinterventionen werden erfolgreich in der Diabetes-Mellitus-Typ-2-Therapie eingesetzt (Thomas et al., 2006). Kardiovaskuläre Erkrankungen sind nach wie vor mit 39,7% aller Todesfälle die häufigste Todesursache in Deutschland (Statistisches Bundesamt Deutschland, 2014). Heran et al. (2011) zeigten, dass regelmäßiges sportliches Training bei Männern mittleren Alters mit niedrigem Herz-Kreislauf-Erkrankungsrisiko die kardiovaskuläre Sterblichkeit senken kann. In der Leitlinie über die körperliche Aktivität zur Sekundärprävention und Therapie kardiovaskulärer Erkrankungen von der Deutschen Gesellschaft für Prävention und Rehabilitation von Herz-Kreislaufkrankungen e.V. (DGPR) wird aufgrund der Studienlage ein regelmäßig durchgeführtes aerobes Ausdauertraining bei mittlerer Intensität und längerer Belastungsdauer empfohlen (Bjarnason-Wehrens et al., 2009). Die Empfehlungen der DGPR e.V. basieren auf der aktuellen Datenlage aus klinischen Langzeitstudien und Metaanalysen im Bereich von körperlichem Training bei Koronarer Herzkrankheit. Innerhalb dieser Studien wird zumeist ein regelmäßig durchgeführtes aerobes Ausdauertraining bei mittlerer Intensität und längerer Belastungsdauer untersucht (Bjarnason-Wehrens et al., 2009). Daher liegt die

größte Evidenz im Bereich des aeroben Ausdauertrainings vor, welche positive Effekte auf die Senkung des kardiovaskulären Morbiditäts- und Mortalitätsrisikos zeigt (Bjarnason-Wehrens et al., 2009). Die Empfehlungen der DGPR e.V. lauten darüber hinaus, dass ein individuell angepasstes regelmäßiges Training in der Sekundärprävention aus einem aeroben Ausdauertraining, einem Kraft(ausdauer)training und einem Koordinations-/Flexibilitätstraining bestehen soll (Bjarnason-Wehrens et al., 2009). Dabei müssen persönliche Charakteristika wie Alter, Geschlecht, sportliche Vorerfahrungen, körperliche Inaktivität, Trainingsziele, Art und Schweregrad der Erkrankung und Motivation berücksichtigt werden (Bjarnason-Wehrens et al., 2009).

Neben dem Einfluss regelmäßigen sportlichen Trainings auf kardiovaskuläre und metabolische Mechanismen stellt sportliches Training desweiteren eine sichere und effektive Prävention und Intervention bei Osteoporose dar. Howe et al. (2011) fokussieren in ihrem Cochrane Review insbesondere die Wirksamkeit von Krafttraining auf die Knochendichte bei Frauen nach der Menopause. Die Autoren merken zwar an, dass die Aussagekraft und der Evidenzgrad der im Review inkludierten Studien aufgrund schwacher methodischer Qualität eingeschränkt sind, allerdings Interventionen mit progressivem Krafttraining und hohem Kraftaufwand großes Potential in Bezug auf die Knochendichte haben (Howe et al., 2011). Diesen Ergebnissen stellen Fonseca und Kollegen (2014) aktuell gegenüber, dass neben der Knochendichtemessung, die den Goldstandard zur Osteoporose-Diagnostik darstellt, noch zahlreiche weitere Parameter die Qualität und Stärke des Knochens beeinflussen (z.B. Knochenmineralisierungsgrad, Kollagen Eigenschaften, trabekuläre und kortikale Mikroarchitektur). Denn alle Parameter, die die Knochenqualität auf zellulärer Ebene beeinflussen, werden von der mechanischen Belastung des Knochens stimuliert und getriggert und sorgen für eine Verbesserung der Knochenmasse. Die Autoren fügen hinzu, dass Osteoporose fast immer zur Knochenbrüchigkeit führe, die Knochenbrüchigkeit allerdings nicht immer durch die Osteoporose verursacht wird. Daher sollte sportliches Training, welches eine mechanische Belastung auf die Knochenstrukturen darstellt, auch bei einer unveränderten Knochendichte zur Stärkung des Knochens und zur Verbesserung der Knochenqualität führen und so das Frakturrisiko reduzieren (Fonseca et al., 2014).

Erwachsene mit Übergewicht oder Adipositas profitieren ebenfalls von regelmäßigem sportlichen Training auch ohne den direkten Gewichtsverlust (Shaw et al., 2006). Mit dem Ziel des Gewichtsverlusts eignet sich insbesondere die Verbindung von sportlichem Training mit einer entsprechenden Ernährungsumstellung (Cox et al., 2004; Hays et al., 2004).

Offensichtlich hat die Belastungsintensität einen Einfluss auf den Gewichtsverlust, da eine höhere Belastungsintensität im sportlichen Training zu einem höheren Gewichtsverlust führt (Shaw et al., 2006). Reine Trainingsinterventionen zeigen bei betroffenen Personen eine signifikante Reduktion im diastolischen Blutdruck, in den Blutfetten und in den nüchternen Glukosewerten (Cox et al., 2004; Shaw et al., 2006). Übergewicht und Adipositas sind bedeutsame Probleme der öffentlichen Gesundheit und können mit zahlreichen ernststen Gesundheitsrisiken respektive Komorbiditäten einhergehen. Die Gefahr, Übergewicht oder Adipositas zu entwickeln, kann einerseits vom eigenen Lebensstil hinsichtlich Nahrungsaufnahme und Bewegung abhängen. Andererseits kann eine chronische Erkrankung, deren Symptomatik motorische Ausfälle und wachsende Immobilität prägt, die Entstehung von Übergewicht oder Adipositas begünstigen (natürlich abgesehen von den Nebenwirkungen der Medikamente).

Pedersen & Saltin (2006) haben in ihrem Review nach Evidenzen von Sport- und Bewegungstherapie als sekundärpräventive Maßnahme bei zahlreichen (Vor-)Erkrankungen oder krankheitsspezifischen Symptomen, die zur Entwicklung eines metabolischen Syndroms (z.B. Insulinresistenz), Herz- und Lungenerkrankungen (z.B. Bluthochdruck, Übergewicht), Muskel-, Knochen- oder Gelenkerkrankungen (z.B. Osteoporose, Osteoarthritis) und Krebs, Depression, Asthma und Typ-1-Diabetes führen können, geforscht. Entsprechend den Ergebnissen ihrer Datenanalyse sprechen die Autoren Trainingsempfehlungen aus, die nachweislich zu einer Verringerung des Erkrankungsrisikos oder einer Manifestation von diesen Komorbiditäten führen sollen (Pedersen & Saltin, 2006). Eine hohe Evidenz besteht bei den positiven Effekten eines regelmäßigen sportlichen Trainings auf die Pathogenese, die Symptomatik und die Verbesserung der körperlichen Leistungsfähigkeit bei Diabetes Typ 2, Bluthochdruck, Übergewicht, Koronarer Herzkrankheit und chronischer Herzinsuffizienz. Die Autoren heben hervor, dass gerade nach plötzlichen Ereignissen wie einem Myokardinfarkt der Einfluss sportlichen Trainings auf psychologische Parameter (z.B. Angst, Depression) nicht zu unterschätzen ist (Pedersen & Saltin, 2006). Bei Osteoarthritis und Osteoporose gibt es bisher wenig bis moderate Evidenz zu den pathogenetischen, symptomatischen und physischen Parametern. Auch beim Einfluss sportlichen Trainings auf Krebs, so lassen erste Hinweise vermuten, kann ein aktiver Lebensstil präventiv vor Darm- und Brustkrebs schützen und Sporttherapie zur Verringerung einer krebsspezifischen Fatigue-Symptomatik führen (Pedersen & Saltin, 2006).

In diesem kurzen Abriss zu den Effekten sportlichen Trainings auf die physische Gesundheit sollte das große präventive und therapeutische Potenzial von Sport verdeutlicht werden. Sowohl in der nationalen als auch in der internationalen sportwissenschaftlichen und medizinischen Fachliteratur sind bis dato weitere zahlreiche Untersuchungen in diesem Kontext veröffentlicht worden, welche die Wirkungsfähigkeit regelmäßigen sportlichen Trainings untermauern. Ergänzend soll im Anschluss ein kurzer Einblick in die Wirkungsweise sportlichen Trainings auf die psychische Gesundheit gegeben werden.

2.2.4 Effekte sportlichen Trainings auf die psychische Gesundheit

Die Effekte von sportlichem Training auf psychologische Parameter operationalisierbar und messbar zu machen, stellt eine große Schwierigkeit im Forschungsprozess dar. Woll & Bös (2004) fassen in ihrem Übersichtsbeitrag zur Evidenzbasierung sportlicher Aktivität auf die Gesundheit zusammen, dass es gute Hinweise auf die Verbesserung von Selbstkonzept, Beschwerdewahrnehmung, positiver Befindlichkeit und Stressreaktivität sowie auf die Verminderung von Angst- und Depressionswerten gibt. Die Autoren weisen jedoch darauf hin, dass sich bei der Durchführung und Interpretation der gesichteten Studien Einschränkungen ergeben (Woll & Bös, 2004). Es ist nicht sicher, ob die erzielten Effekte der sportlichen Aktivität auf die psychischen Parameter entweder durch den Sport selbst oder durch mögliche Gruppendynamische Effekte bewirkt werden. Bei ihrer Literaturrecherche und -analyse stellten Woll & Bös (2004) fest, dass die Datenlage zu den Outcomes der physischen Gesundheitsparameter weitaus umfassender ist als zu den Outcomes der psychischen Gesundheitsparameter. Auch im Cochrane Review von Cooney und Kollegen (2013) schlussfolgern die Autoren, dass es zwar Hinweise darauf gibt, dass Sport depressive Symptome reduzieren kann, allerdings reiche die Studienlage nicht aus, um Sport einer psychologischen oder pharmakologischen Intervention vorzuziehen. Adamson et al. (2015) haben in ihrem Review kontrollierte Studien mit neurologischen Patienten betrachtet und stellen ebenfalls fest, dass es Hinweise auf einen positiven Einfluss von sportlichem Training und von einem bestimmten Level an körperlicher Aktivität auf depressive Symptome gibt. Das Potenzial von sportlichem Training als Therapiemaßnahme bei Patienten mit psychiatrischen Störungsbildern (z.B. Schizophrenie, Depression, Demenzerkrankung) bezeichnen Knöchel und Kollegen (2012) bis heute als eher unterschätzt. Sowohl in tierexperimentellen Studien als auch in Untersuchungen mit Menschen ist herausgestellt worden, dass Betroffene mit psychischen Störungsbildern von regelmäßigem sportlichem

Training hinsichtlich psychologischer und neurobiologischer Parameter profitieren (Knöchel et al., 2012). Aus dem Überblicksbeitrag geht hervor, dass Sport den Krankheitsverlauf einer Depression, einer Psychose und einer Demenz langfristig verzögern kann (Knöchel et al., 2012). Diskutiert wird, inwiefern die durch Sport provozierte Serotonin- und Dopamin-Ausschüttung bei Menschen mit depressiven Symptomen therapeutisch wirksam wird (Knöchel et al., 2012). Sport sollte dringend in die therapeutischen Ansätze bei Patienten mit psychischer Erkrankung integriert und angewendet werden (Knöchel et al., 2012).

Neben dem Einsatz bei psychischen Krankheitsbildern sollte an dieser Stelle hinzugefügt werden, dass Gesunde hinsichtlich ihrer psychischen Gesundheit ebenfalls von regelmäßigem Sport profitieren können. Sport kann eine vermehrte Neurotransmitter-Ausschüttung begünstigen und neben der Neurogenese auch neuroprotektive Prozesse anregen. Für einige dieser neurobiologischen Prozesse zeigen sich Wachstumsfaktoren, so genannte neurotrophe Faktoren, verantwortlich (Russo-Neustadt et al., 2001; Dishman et al., 2006). Kognitive Funktionen sowie motorische und kognitive Lernprozesse werden angeregt. Neben dem präventiven Potenzial vor Depressionen und der Verlangsamung von Alterungsprozessen bestätigen Forscher das therapeutische Potenzial von Sport bei neurotraumatischen Ereignissen bzw. neurodegenerativen Erkrankungen (Dishman et al., 2006). Darüber hinaus spielt die Stressreduktion eine große Rolle bei der Betrachtung der positiven Effekte von Sport auf die psychische Gesundheit (Knöchel et al., 2012). Aufgrund der steigenden Anzahl an Diagnosen psychischer Erkrankungen und den damit verbundenen ansteigenden Therapiekosten weisen Knöchel et al. (2012) darauf hin, dass die Implementierung sporttherapeutischer Maßnahmen in die Psychotherapie unbedingt überdacht werden muss. Sport und körperliche Aktivität stellen letztlich eine sehr gute, kostengünstige und langfristige Therapieoption dar. Von einer hohen Evidenz berichten Pedersen & Saltin (2006) im Hinblick auf den Einfluss sportlichen Trainings auf die Symptomatik, die körperliche Leistungsfähigkeit und die Lebensqualität bei Personen mit einer Depression (Pedersen & Saltin, 2006). Um einen sinnvollen Einsatz von Sport zu ermöglichen, fordern die Autoren, Trainingsempfehlungen bei jeder Symptomatik und chronischen Erkrankung (sowohl physisch als auch psychisch) individuell auf den jeweiligen Leistungszustand und die Erkrankung anzupassen (Pedersen & Saltin, 2006). Überwiegend soll eine Verbindung aus Ausdauer- und Kraft(ausdauer)training als therapeutische Intervention gewählt werden (Pedersen & Saltin, 2006).

Depressionen treten gehäuft im Verlauf einer MS auf. Bis heute ist nicht geklärt, ob die Depression aufgrund der psychischen Belastung durch die Krankheit oder aufgrund MS-spezifischer pathogenetischer Vorgänge oder Medikamente hervorgerufen wird. Es gibt Hinweise darauf, dass Volumenveränderungen im Hippocampus mit der Entwicklung einer Depression bei MS-Erkrankten in Verbindung stehen (Gold et al., 2014). Da die pathogenetischen und ätiologischen Vorgänge bei MS bis heute unzureichend geklärt sind, spielt die symptomatische Therapie eine entscheidende Rolle. Immobilität, psychische Bewältigung, Medikation und krankheitsspezifische Vorgänge können bei MS-Betroffenen zu einer Entwicklung zahlreicher gesundheitsgefährdender Risikofaktoren führen (White & Dressendorfer, 2004). Das Risiko an Komorbiditäten wie beispielsweise Herz-Kreislaufkrankungen, Diabetes Mellitus Typ 2 und Osteoporose zu erkranken, wächst mit ansteigendem inaktiven Lebensstil (White & Dressendorfer, 2004; Motl et al., 2005). Neben der medikamentösen Therapie sollte sportliches Training einen bedeutsamen Stellenwert in der MS-Rehabilitation einnehmen. Im anschließenden Kapitel 2.3 wird auf den aktuellen Forschungsstand zu bisherigen Trainingsinterventionen mit MS-Patienten eingegangen.

2.3 Multiple Sklerose und Sport

Im vorangegangenen Kapitel 2.2 wurde hervorgehoben, welche Bedeutung sportlichem Training respektive sport- und bewegungstherapeutischen Maßnahmen hinsichtlich der Primär-, Sekundär- und Tertiärprävention beigemessen wird. Unter Berücksichtigung ausgewählter Beiträge und Krankheitsbilder sollte demonstriert werden, dass sowohl gesunde Personen als auch Personen mit einer physischen oder psychischen Symptomatik von regelmäßigem sportlichem Training hinsichtlich Performanz, Lebenserwartung, Entwicklung von Komorbiditäten und Lebensqualität profitieren können. Die Lebenserwartung von MS-Erkrankten ist heute im Schnitt geringfügig kürzer im Vergleich zur Normpopulation (Kingwell et al., 2011). Die Gefahr, bei inaktivem Lebensstil an kardiovaskulären, metabolischen oder muskuloskeletalen Komorbiditäten zu erkranken, ist bei MS-Erkrankten mindestens genauso hoch wie bei gleichaltrigen Gesunden. Aufgrund der MS-spezifischen Symptomatik und den damit verbundenen degenerativen Prozessen kann ein inaktiver Lebensstil allerdings zu einer verfrühten Immobilität und damit zu einer potenzierten Gefahr der Entwicklung solcher Komorbiditäten führen (White & Dressendorfer, 2004; Motl et al., 2005). Neben dem positiven Einfluss von Sport auf MS-Erkrankte hinsichtlich ihrer

körperlichen Leistungsfähigkeit, der Symptomatik und der Lebensqualität soll in diesem Kapitel ebenfalls erläutert werden, dass Sport aufgrund von initiierten neurobiologischen und immunologischen Prozessen einen maßgeblichen Einfluss auf den Krankheitsverlauf nehmen kann.

2.3.1 Überblick zu bisherigen Untersuchungen

Innerhalb der letzten eineinhalb Jahrzehnte wurden zahlreiche Studien durchgeführt und publiziert, aus denen hervorgeht, dass sport- und bewegungstherapeutische Ansätze im Hinblick auf MS ein erhebliches rehabilitatives, aber auch protektives Potenzial beinhalten können (Dalgas et al., 2008; 2009a; 2010a; Motl et al., 2005; 2012; Waschbisch et al., 2009). Durch Kraft-, Ausdauer-, Beweglichkeits- und Koordinationstraining kann möglichen bzw. krankheitsindiziert auftretenden Defiziten spezifisch begegnet werden. Durch den Transfer verbesserter konditioneller und koordinativer Eigenschaften in den Alltag kann eine vermehrt eigenständige Bewältigung der Aktivitäten des täglichen Lebens sichergestellt werden. Ferner verfolgen sportliche Trainingsinterventionen das Ziel, über eine bewegungsassoziierte Freisetzung sogenannter neurotropher Faktoren grundlegende neuronale Funktionen zu beeinflussen, d.h. Neuroplastizität anzuregen und Neurodegeneration entgegenzuwirken (zum Überblick Vaynman & Gomez-Pinilla, 2005; Dishman et al., 2006; White & Castellano, 2008). Dabei stellen nicht nur der Erhalt des Status Quo, sondern auch eine deutliche Leistungsverbesserung, Symptomreduktion und Erhöhung der Lebensqualität realistische Trainingsziele dar. Die Wirkungen von Kraft- und Ausdauertrainingsmaßnahmen bei MS sind inzwischen in zahlreichen Studien gut untersucht.

DeBolt und McCubbin (2004) führten mit MS-Patienten ein Krafttrainingsprogramm in der häuslichen Umgebung durch (dreimal pro Woche, acht Wochen lang). Die Kraftleistung in der Extensorenkette erhöhte sich um 37%. Keine statistisch signifikanten Resultate wurden bei Gleichgewichtsmessungen bzw. im Up-and-Go-Test erzielt. Bei Kasser und McCubbin (1996) absolvierten die MS-erkrankten Untersuchungsteilnehmer ein Krafttraining mit ähnlichen Parametern (zehn Wochen Dauer, zwei Trainingseinheiten pro Woche). Die Kraftleistungen der unteren Extremitäten erhöhten sich um 16% bzw. 57% (Knieflexion/-extension). Bei den oberen Extremitäten konnten Verbesserungen zwischen 6% und 20% (Ellbogenflexion/-extension) identifiziert werden. In einem achtwöchigen Krafttraining für die unteren Extremitäten mit MS-Betroffenen (n=8) wurde ein Trainingsprotokoll von zehn

bis 15 Wiederholungen bei 70% der maximalen Kraft mit progressiver Belastungssteigerung vorgelegt (White et al., 2004). Messungen zur Knieextension (7,4%) und Plantarflexion (52%) ergaben einen signifikanten Kraftanstieg bei isometrischer Messung und die Anzahl der Schritte in drei Minuten war signifikant erhöht (8,7%). Die selbst eingeschätzte Fatigue tendierte bei den Teilnehmern zur Reduktion (White et al., 2004). Taylor und Kollegen (2006) führten ein Krafttraining für die oberen und unteren Extremitäten über eine Zeitdauer von zehn Wochen durch. Pro Woche wurden zwei Trainingseinheiten mit sechs Serien à zehn bis zwölf Wiederholungen pro Serie absolviert. Die Maximalkraft erhöhte sich signifikant um 32% (Beine) bzw. 14% (Arme). Beachtliche signifikante Verbesserungen ergaben sich auch in der Ausdauerleistungsfähigkeit der Beine (+171%), wohingegen das Signifikanzniveau bei entsprechender Testung der Arme verfehlt wurde. Dalgas und Kollegen (2010a) untersuchten den Einfluss eines zwölfwöchigen progressiven Krafttrainings auf Parameter der Fatigue, der (depressiven) Stimmung und der Lebensqualität bei MS-Patienten. Die Autoren berichteten, dass die Fatigue in der Experimentalgruppe reduziert war, die Stimmung verbessert und die Lebensqualität gesteigert werden konnte. Diese positiven Effekte konnten auch zwölf Wochen nach Ende des Trainingsprogramms noch nachgewiesen werden (Dalgas et al., 2010a). Filipi et al. (2011) unterstützen durch die Ergebnisse aus ihrem sechsmonatigen Trainingsprogramm mit dem Schwerpunkt auf Krafttraining, dass Personen mit MS unabhängig von ihrem Behinderungsgrad hinsichtlich Kraft- und Ausdauerparametern von sportlichem Training profitieren. Dodd et al. (2011) führten in einer kontrollierten Studie mit MS-Patienten mit schubförmigem Verlauf ein zehnwöchiges progressives Krafttraining an Geräten durch. Die Experimentalgruppe wies nach dem Trainingsprogramm eine gesteigerte Beinkraft auf, allerdings keine Veränderung in der Gehfähigkeit im Vergleich zur Kontrollgruppe. Nach weiteren zwölf Wochen wurde in Nachhaltigkeitstests gezeigt, dass die erzielten Effekte zurückgingen und beide Gruppen nur noch die Ergebnisse der Baseline-Messung bestätigten (Dodd et al., 2011). Die kurzfristig erzielten positiven Effekte auf die Beinkraft blieben nach Beendigung des angeleiteten Trainingsprogramms nicht bestehen (Dodd et al., 2011). In einem dreimonatigen Heimtraining unter Supervision untersuchten Huisinga et al. (2012a) den Einfluss von Krafttraining auf die posturale Kontrolle bei MS-Erkrankten. Die Gleichgewichtsdiagnostik der Baseline-Messung (Abhängige Variable: „center of pressure“) machte deutlich, dass es signifikante Unterschiede hinsichtlich der Schwankungsausprägungen zwischen den MS-Patienten und der gesunden Kontrollgruppe gab. Nach dem dreimonatigen Training konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen

beiden Gruppen mehr festgestellt werden. Die Autoren vermuteten, dass ein Krafttraining Einfluss auf die posturale Kontrolle von MS-Patienten haben kann (Huisinga et al., 2012a).

Weitgehend analog zu den angeführten Krafttrainingseffekten führten auch diverse Ausdauertrainingsprogramme zu entsprechenden Leistungsverbesserungen. Petajan et al. (1996) führten Arm- und Beinergometrien mit den teilnehmenden MS-Patienten je dreimal pro Woche über 15 Wochen durch. Sowohl kardiopulmonale Parameter wie auch Kenngrößen der motorischen Kraft verbesserten sich in einem Bereich zwischen 11% und 48%. Keine statistisch bedeutsamen Veränderungen ergaben sich in der Fatigue, gleichwohl erhöhte sich die Lebensqualität. Mostert und Kesselring (2002) trainierten ihre Probanden vier Wochen lang auf einem Fahrradergometer (fünfmal pro Woche je 30 Minuten). Signifikante Verbesserungen ergaben sich an der aeroben Schwelle, der Vitalkapazität (je +12%) und vor allem in verschiedenen Kategorien des SF-36 (Vitalität +46%, soziale Funktionen +36%). In der kontrollierten Untersuchung von Schulz und Kollegen (2004) haben die Autoren den Einfluss eines achtwöchigen Fahrradergometertrainings bei eher niedriger Intensität (zweimal pro Woche für je 30 Minuten Intervalltraining bei einer maximalen Belastungsintensität von 75% der maximalen Belastung) auf (neuro-)biologische Parameter, Fitnesszustand und Lebensqualität von MS-Patienten erforscht. Während kein signifikanter Unterschied vor und nach dem Training auf die immunologischen Marker (Interleukin-6) und neurobiologische Parameter (neurotrophe Faktoren) gefunden werden konnte, so zeigte das achtwöchige Training insgesamt eine signifikante Verbesserung hinsichtlich Koordination, körperlicher Leistungsfähigkeit und Lebensqualität (Schulz et al., 2004). Van den Berg und Kollegen (2006) führten innerhalb ihrer kontrollierten Studie ein vierwöchiges Laufbandtraining mit MS-Patienten durch. Das supervisierte Ausdauertraining zeigte nach Ende der Intervention Verbesserungen hinsichtlich der Mobilität und der Gehgeschwindigkeit, wobei keine signifikanten Veränderungen in Bezug auf die Fatigue-Symptomatik festgestellt werden konnten (van den Berg et al., 2006). Vier Wochen nach Ende der angeleiteten Trainingsintervention wurde eine weitere Follow-Up Messung durchgeführt, wobei in dieser Phase kein Training von den MS-Patienten durchgeführt wurde. Die Ergebnisse zeigten, dass die Leistungsfähigkeit der Untersuchungsteilnehmer ohne weiteres Training sank und sie nach vier Wochen ihre Resultate der Baseline-Messung erzielten (van den Berg et al., 2006). Auch Dettmers et al. (2009) bestätigten den positiven Einfluss von regelmäßigem Ausdauertraining auf die Gehstrecke bei MS-Patienten. Die teilnehmenden Patienten wiesen alle eine Fatigue-Symptomatik auf und absolvierten drei Wochen lang (dreimal pro Woche für 45 Minuten) ein intervallartiges Ausdauertraining, welches gut toleriert wurde. Wie auch bei van den Berg et

al. (2006) konnten Dettmers et al. (2009) keinen Einfluss auf die Fatigue-Symptomatik feststellen. Sabapathy et al. (2011) beschäftigten sich damit, ob Ausdauer- oder Krafttraining geeigneter scheint, um die körperliche Leistungsfähigkeit zu verbessern, MS-spezifische Symptome zu reduzieren und die Lebensqualität zu erhöhen. Die Autoren zeigten in einem Cross-over-Design, dass beide Trainingsformen nach jeweils achtwöchiger Intervention sehr gut von MS-Patienten toleriert werden können und Ausdauer- sowie Krafttraining zu ähnlichen Effekten auf die funktionale Kapazität, die Symptomatik und die Lebensqualität von MS-Patienten führen.

Programme, die eine Kombination aus Ausdauer- und Krafttraining wählen, oder Programme, die ein reines Koordinationstraining bei MS-Patienten untersuchen, sind selten. Carter & White (2003) haben ein zwölfwöchiges kombiniertes Training mit MS-Patienten durchgeführt und konnten zeigen, dass die Patienten das Training gut toleriert haben, die Muskelkraft anstieg und der Kraftaufwand zum Gehen reduziert war. In einer weiteren Untersuchung wurde ein Langzeittraining über 26 Wochen durchgeführt. Nach einem dreiwöchigen Rehabilitationsprogramm absolvierte die Experimentalgruppe 23 Wochen lang ein kombiniertes Trainingsprogramm zu Hause (Surakka et al., 2004; Romberg et al., 2004; 2005). Es gab wenig bis gar keine signifikante Veränderung der motorischen Parameter. Die Experimentalgruppe erzielte eine Verbesserung um 10% in den Knieextensoren und -flexoren im Vergleich zur Kontrollgruppe (Romberg et al., 2004; 2005). Auch hierbei tolerierten die Betroffenen das Ausdauer- und Krafttraining sehr gut.

Es lässt sich festhalten, dass mittlerweile zahlreiche Trainingsinterventionen mit MS-Patienten durchgeführt, evaluiert und veröffentlicht wurden. In allen Untersuchungen wiesen die Teilnehmer eine gesicherte Diagnose MS und einen leichten bis mittleren Behinderungsgrad auf. Notwendige motorische Assessmentverfahren und Tests, die zur Messung von eventuellen Veränderungen in den motorischen Parametern unerlässlich sind, erfordern eine gewisse Geh- und Stehfähigkeit. Diese darf zwar eingeschränkt sein, allerdings nicht vollkommen unmöglich. Die Aussagekraft der Studien ist durch die ausgewählten Teilnehmer und durch die häufig nicht kontrollierten Designs mit geringer Stichprobengröße eingeschränkt. Dennoch besteht eine sehr hohe klinische Relevanz der Studien, da der positive Einfluss auf die Lebensqualität der MS-Patienten nahezu ausnahmslos bestätigt wird.

2.3.2 (Neuro-)biologische Effekte

In zahlreichen Studien und Literaturübersichten, in denen thematisch Sport und Training als Intervention für MS-Patienten untersucht wurde, wird von bedeutenden Verbesserungen in konditionellen und koordinativen Komponenten sowie in den Parametern der Lebensqualität berichtet (White & Dressendorfer, 2004; Rietberg et al., 2005; Dalgas et al., 2008; White & Castellano, 2008; Motl & Snook, 2008; Waschbisch et al., 2009; Andreasen et al., 2011; Dodd et al., 2011; Filipi et al., 2011; Motl & Pilutti, 2012). Positive Übertragungseffekte auf Alltagsaktivitäten sind allerdings nicht durchgängig vorhanden und Untersuchungen der optimalen Belastungskennziffern fehlen weitgehend. Parallel zu den angeführten praxisorientierten, kompensatorischen Studien (Ausgleich von Kraft- oder Ausdauerdefiziten) beschäftigen sich andere Forschungsgruppen mit den Auswirkungen von Trainingsmaßnahmen auf neuronale Funktionen. Im Mittelpunkt stehen dabei neuroplastische und neuroprotektive Wirkmechanismen, die über eine bewegungsassoziierte Freisetzung neurotropher Faktoren hervorgerufen werden. Die Grundlage dieses Ansatzes besteht einerseits darin, dass Patienten aus unterschiedlichen neurodegenerativen Krankheitsbildern wie Multiple Sklerose (Sarchielli et al., 2002; Azoulay et al., 2005; 2008), Morbus Parkinson (Parain, 1999; Howells et al., 2000) oder Neuropathie (Andreasen et al., 2009) eine zu geringe Freisetzung von neurotrophen Faktoren aufweisen, wodurch neurodegenerative Prozesse weiter vorangetrieben werden. Andererseits konnte gezeigt werden, dass verschiedene Bewegungs- und Trainingsformen wiederum zu einer vermehrten oder verminderten Freisetzung von neurotrophen Faktoren führen. Im Mittelpunkt stehen dabei vor allem reflexbasierte Bewegungsformen wie beispielsweise Laufbewegungen (Überblick bei Vaynmann & Gomez-Pinilla, 2005). Die Wirkungen dieser biochemischen Reaktionen wurden umfangreich – u.a. auf tierexperimenteller Basis – untersucht. Weitgehend unabhängig vom jeweiligen Krankheitsbild (MS, Parkinson, Schlaganfall, Rückenmarksverletzung) führen entsprechende trainingstherapeutische Maßnahmen sowohl zu einer vermehrten Freisetzung neurotropher Faktoren als auch zu einer verminderten Neurodegeneration (Le Page et al., 1994; 1996; Tillerson et al., 2001; 2002; Cohen et al., 2003; Molteni et al., 2004; Ying et al., 2005). Negative Nebenwirkungen waren bisher nicht vorhanden. Bezugnehmend zur MS zeigten Studien von Le Page et al. (1994; 1996), dass ein kurzes Lauftraining (zwei bis zehn Tage) zu einem späteren Einsetzen der Symptome führt und die Dauer der Schübe reduziert. Beschleunigte Neurodegenerationen konnten hingegen dann identifiziert werden (Parkinson-Tiermodell), wenn eine vorsätzliche Schonhaltung eingenommen wurde, ein so genanntes „forced non use“ (Tillerson et al., 2002). Obwohl sich

in komplexen Systemen, wie sie hier vorliegen, keine einfachen Kausalbeziehungen ableiten lassen (im Sinne von „je mehr Bewegungsreize, umso mehr neurotrophe Faktoren, umso besser ist der therapeutische Effekt“), nicht immer statistisch signifikante Effekte erreicht wurden und Übertragungen von tierexperimentellen Resultaten auf den Menschen nicht immer einfach sind, liegen aus den verschiedenen Forschungsrichtungen doch gute Hinweise vor, dass einerseits eine funktionale Verbindung zwischen Verhalten bzw. Bewegung und der Freisetzung von neurotrophen Faktoren besteht und andererseits neurotrophe Faktoren zur Plastizität des Nervensystems beitragen und neurodegenerativen Prozessen entgegenwirken. Diese Interaktionen sind weitgehend unabhängig vom jeweiligen neurodegenerativen bzw. neurotraumatischen Krankheitsbild vorhanden und dementsprechend von zentraler Bedeutung. Inwieweit Sport sich auf autoimmune Prozesse respektive entzündliche Aktivität der MS auswirken kann, diskutieren u.a. Heesen et al. (2003). Starke körperliche Belastungen führen bei Gesunden zu einer Schwächung des Immunsystems, einhergehend mit einer erhöhten Infektionsanfälligkeit. Dieses Zeitfenster der eingeschränkten Immunität, „open window“ genannt, hält etwa 3-72 Stunden an (Nieman et al., 1990; Nieman, 2000). Der Einfluss dieser immunologischen Reaktion muss insbesondere bei Autoimmunerkrankungen beachtet werden, so dass Belastungsnormativa wie Dauer und Intensität eine wichtige Rolle für Belastung und anschließende Erholungsphase bei MS-Patienten spielen (Nieman, 2000).

Neuere Hinweise aus neurobiologischen Untersuchungen weisen darauf hin, dass hochintensive Trainingsmaßnahmen oder das Auftreten von Stress der Freisetzung und Funktion neurotropher Faktoren entgegenwirken können (Smith et al., 1995; Adlard & Cotman, 2004; Nofuji et al., 2008). Daraus lässt sich schließen, dass eine sensible Trainingssteuerung unter Berücksichtigung aller individuellen und krankheitsspezifischen Charakteristika unumgänglich ist, sobald Sport als therapeutische Intervention bei einer neurodegenerativen Erkrankung wie MS eingesetzt wird. Es bedarf einer adäquaten, gezielten und sinnvollen Auswahl von Trainingsmaßnahmen und keinen pauschalen Trainingsprotokollen und oberflächlichen Empfehlungen. Dies ist allerdings nur dann möglich – gerade bei dem vielschichtigen Krankheitsbild MS – wenn eine Bewertung des Trainings möglich ist, Ursache, Wirkungszusammenhänge bekannt sind und entsprechende Ziele für ein sinnvoll gesteuertes Training ausgewählt werden können.

2.3.3 Assessmentverfahren in der Neurorehabilitation – ein Exkurs

Neben der Durchführung sportlichen Trainings, stellt die Diagnostik von Gang- und Gleichgewichtsparametern bei Personen mit neurologischen Krankheitsbildern eine große Herausforderung dar. Die Effektivität jeglicher therapeutischer Maßnahmen hängt einerseits von der sinnvollen, geeigneten, regelmäßigen und standardisierten Dokumentation im Therapieprozess und andererseits von der kritischen Reflexion von Testergebnissen im Hinblick auf eine eventuelle Therapiemodifizierung ab (Kersten & Kirchner, 2013). Ein Assessment ist ein multidisziplinärer, diagnostischer Prozess, mit dem „die gesundheitliche Situation von Patientinnen und Patienten gründlich erfasst und bewertet wird, damit Interventionen sinnvoll geplant, durchgeführt und in ihrem Verlauf evaluiert werden können“ (Grob, 2006, zitiert nach Spirig et al., 2007, S. 182). Es existieren zahlreiche Assessmentverfahren zur Diagnose von entsprechenden Gang-, Gleichgewichts- und Bewegungsparametern für Personen mit neurologisch bedingten Gang- und Bewegungsstörungen (Schwed et al., 2009). Die Auswahl eines geeigneten Instruments ist oftmals durch Kontext-, Umwelt- und Praktikabilitätsfaktoren bedingt. In der neurologischen Rehabilitation werden Assessmentverfahren insbesondere zur Beurteilung von Effizienz und Effektivität einer Therapiemaßnahme eingesetzt (Schott & Kurz, 2008). Der klinische Alltag erfordert ein krankheits- bzw. symptomspezifisches Assessmentverfahren, welches schnell und handhabbar einsetzbar ist, mit möglichst hoher Validität. Aufgrund von Finanzierungs-, Personal- und Raummöglichkeiten im klinischen Umfeld wird vor allem auf kostengünstige und platzsparende Messinstrumente gesetzt, welche über einen langen Zeitraum sicher eingesetzt werden und weitgehend die Gütekriterien erfüllen können.

Innerhalb des Forschungsprozesses liegt der Fokus auf der bestmöglichen Standardisierung und Messgenauigkeit eines Instruments zur Diagnose einzelner Parameter. Hierbei wird oftmals für aufwändige, kosten- und personalintensive Messapparaturen entschieden, welche eine zeitaufwändige Messung und Datenanalyse nach sich ziehen können. Demzufolge werden im klinischen Alltag schnelle ergebnisorientierte Werte generiert, während im Forschungskontext oftmals kompliziertere Parameter berechnet werden. Man unterscheidet hierbei lineare Parameter, die eher eine zeitsparende Interpretation von Gang- und Gleichgewichtsparametern ermöglichen und das globale und amplitudenorientierte Verhalten von Zeitreihen bewerten (z.B. Mittelwerte, Standardabweichung und Varianz), von nichtlinearen Parametern. Die nichtlinearen Parameter basieren auf mathematisch komplizierteren Algorithmen und evaluieren die zeitliche Struktur der zugrundeliegenden Zeitreihen. Davon ausgehend, dass es sich beim menschlichen Organismus nicht um ein

lineares, sondern um ein nichtlineares dynamisches und komplexes System handelt (vgl. Plsek & Greenhalgh, 2001; Brown, 2006), sollten neben einer linearen Betrachtung von Bewegungsparametern ebenfalls nichtlineare Verfahren – z.B. die *Wavelet-Analyse* (vgl. Kirchner et al., 2012) – zur Datenanalyse angewendet werden. Beide Verfahren schließen sich nicht aus, sondern ergänzen sich sinnvoll: „The 2 approaches are complementary, and they do not negate each other“ (Herbourn & Stergiou, 2009, S. 278). Eine sorgfältige Datenanalyse erfordert sowohl die Bearbeitung linearer als auch nichtlinearer Parameter.

Schubert (2013) stellt in seinem Übersichtsbeitrag heraus, dass das Phänomen der Variabilität in der menschlichen Bewegung, welches bisher eher als störendes Rauschen empfunden wurde, mittels moderner Datenanalyse anders charakterisiert werden kann. Nichtlineare Verfahren ermöglichen die Betrachtung struktureller Unterschiede innerhalb von Zeitreihen, um in einem biologischen System pathologische Prozesse von physiologischen Prozessen besser abgrenzen zu können (zum Überblick Kirchner, 2013; Schubert, 2013). In biomechanischen Untersuchungen konnte bereits mehrfach beobachtet werden, dass bei einem zunehmenden Leistungsniveau einer motorischen Aufgabe, die Realisation der Zielbewegung zwar eine geringere Variabilität aufweist, allerdings einhergehend mit einer erhöhten Variabilität der motorischen Teilkomponenten (Loosch, 1995; Jaric et al., 1999). Arutyunyan et al. (1968) zeigten, dass sich bei der motorischen Aufgabe Zielschießen die Geübten von Anfängern darin unterschieden, dass die Variabilität bezüglich des Trefferbildes geringer ist, die Bewegungsvariabilität in den dafür benötigten biomechanischen Teilkomponenten (Ellenbogen- und Schultergelenk) jedoch höhere Werte aufweist. Am Beispiel der Posturographie lässt sich der Unterschied in der Datenanalyse mittels linearer und nichtlinearer Verfahren im Hinblick auf die Neurorehabilitation verdeutlichen: Die Posturographie stellt ein Messinstrument des statischen Gleichgewichts dar, welches mittels Druckmessplatte sowohl im klinischen Alltag als auch in der Forschung angewendet wird. Die lineare Betrachtung eines Parameters, wie zum Beispiel der Schwankungsweg – häufig für Gleichgewichtsuntersuchungen verwendet – wird oftmals im klinischen Alltag folgendermaßen interpretiert: Je länger der Schwankungsweg und je höher die Schwankungsamplitude, desto schlechter ist das statische Gleichgewicht der Untersuchungsperson. Diese Beurteilung der Gleichgewichtsfähigkeit bei neurologischen Erkrankungen kann oftmals zu falschen oder einseitigen Schlussfolgerungen führen (Visser et al., 2008). Eine hohe Variabilität im motorischen Output deutet nicht zwangsweise auf Instabilität hin (Newell et al., 1993). Die Veränderung des Sichtfeldes kann bei einem Morbus-Parkinson-Patienten das Symptom des „Freezing“ (plötzlich auftretende

Gehblockade) hervorrufen. Das bedeutet die Modifikation einer einzelnen Größe kann zur schlagartigen Zustandsänderung des Gesamtsystems führen und ein kurzfristiges Zusammenbrechen der Gehfähigkeit ist die Folge (Haas et al., 2010a). Würde man annehmen, dass Variabilität der Gegenspieler von Stabilität wäre, dann könnte die Interpretation folgendermaßen aussehen: Bezogen auf das statische Gleichgewicht ist der Schwankungsweg des Patienten minimal, da er abrupt stehen bleibt. Allerdings kann die Beurteilung des verminderten Schwankungsweges nicht die Schlussfolgerung zulassen, dass es sich hier um ein ausgezeichnetes, statisches Gleichgewicht handelt bzw. eine hohe Stabilität. Im Gegenteil, der Patient empfindet massive Unsicherheit und Sturzgefahr in diesem Moment, da er die Initialbewegung nicht einleiten kann. Zum umfassenden Verständnis der posturalen Kontrolle sind daher lineare und nichtlineare Betrachtungen gleichzeitig durchzuführen (Stergiou & Decker, 2011; Huisinga et al., 2012b). Jedoch befindet sich das Feld der nichtlinearen Datenanalyse hinsichtlich der Unterscheidung physiologischer und pathologischer Phänomene noch in einem Anfangsstadium (Schubert, 2013).

2.4 Zusammenfassende Einordnung & Forschungsdefizite

Vor dem Hintergrund der eindeutigen Datenlage zu Sport bei MS werden die Potenziale von Training und Sport in der Praxis noch immer zu wenig genutzt bzw. körperliche Aktivität von Betroffenen aktiv vermieden (Waschbisch et al., 2009). Betrachtet man allerdings die zahlreichen Faktoren, die beim regelmäßigen Sport treiben mit MS-Erkrankung zu beachten sind (z.B. Gefahr der Überhitzung, Wettereinflüsse, Über- oder Unterforderung, individuelle Beeinträchtigung durch Symptomatik), so ist es nicht verwunderlich, dass nahezu alle kontrollierten klinischen Studien abgeschlossene und supervisierte Trainingsinterventionen mit MS-Patienten durchführten. Innerhalb dieser kontrollierten Phasen konnten die Untersuchungsteilnehmer beobachtet, individuell betreut und ihr Trainingsprotokoll von professionellen Trainern an die jeweilige Tagesform angepasst werden. Über die abgeschlossene Intervention hinaus ist es jedoch nach einer rein angeleiteten Trainingsphase für den Patienten nicht möglich, die Inhalte auf das individuelle Alltagsleben zu übertragen, da der Alltag keine Laborbedingungen bietet und die Hilfe der Betreuer fehlt. Bisher gibt es nur wenige und vage Empfehlungen zu einem selbstständigen Training für MS-Patienten, und Schulungsmaßnahmen zu einem nachhaltigen und langfristigen Training werden kaum angeboten.

Daraus resultiert bis heute eine weit verbreitete Unwissenheit und Unsicherheit im Hinblick auf die Trainingsgestaltung sowie die Angst vor Überforderung durch Sport und Training bei MS-Patienten, deren Angehörige und MS-Spezialisten (z.B. Neurologen, Therapeuten). Die Abkehr von diesem Vermeidungsverhalten ist allerdings nicht trivial, da einerseits Überforderung ein Problem bei MS darstellen kann („Uthoff Phänomen“) und andererseits Belastungsnormativa (Wechsel aus Belastung und Pause, Trainingsintensität, Trainingsinhalte etc.) für ein MS-spezifisches Training zu wenig erforscht sind. Es existieren vereinzelt Trainingsempfehlungen, wie beispielsweise ein „leichtes bis moderates, aber schonendes“ Kraft- und Ausdauertraining durchzuführen und das Training auf die jeweilige Tagesform abzustimmen (Tallner & Pfeiffer, 2008; Dalgas et al., 2009b). Ein konkretes Anpassungsprozedere der Belastungsnormativa auf krankheitsbedingte Schwankungen der Tagesform und weitere umweltbezogene Faktoren (Temperatur, Alltagsaktivität etc.) liegt allerdings nicht vor. Dennoch erscheint dies von zentraler Bedeutung, da das Zusammenwirken verschiedener Faktoren zu bedeutend positiven oder auch negativen Gesamteffekten führen kann. Berücksichtigt werden muss der nichtlineare und komplexe Charakter des Systems *Patient* respektive des menschlichen Körpers. Eine naive summative und lineare Absolvierung verschiedener Trainings- und Therapiemaßnahmen birgt dementsprechend ein erhebliches Risiko, dass die gewünschten Effekte nicht eintreten, da individuelle Voraussetzungen nicht berücksichtigt werden.

Um negative Wechselwirkungsmechanismen so gering wie möglich zu halten, ist es notwendig, die zur Verfügung stehenden individuellen Beschreibungsgrößen eines Patienten einer neurodegenerativen Erkrankung möglichst umfangreich in den Prozess der Trainingsentscheidung einzubeziehen. Ein allein fremdgesteuertes Vorgehen, d.h. der Therapeut/Trainer bewertet die Informationen und entscheidet über den Fortgang der Therapie bzw. des Trainings, erscheint unzureichend, da wichtige Parameter der Krankheit nicht durch den Arzt oder Therapeuten erfasst werden können, sondern exklusiv dem Patienten zugänglich sind (z.B. Stresslevel, Alltagsaufgaben, Grad der Symptomatik). Vor diesem Hintergrund ist es hilfreich, den Patienten als Entscheider und Gestalter in den Trainingsprozess mit einzubeziehen, was allerdings entsprechende Kompetenzen auf Seiten des Patienten voraussetzt.

3 Dissertationsrelevante Publikationen

Basierend auf den theoretischen Überlegungen aus Kapitel 2 und den Veröffentlichungen innerhalb dieses Dissertationsprojekts (Schwed et al., 2009; Haas et al., 2010a; Kersten & Kirchner, 2013; Kersten et al., *In press*) wurden unter Anwendung quantitativer und qualitativer Forschungsmethoden zwei Hauptuntersuchungen geplant, durchgeführt, evaluiert und publiziert (Kersten et al., 2014a; Kersten et al., 2014b). Das vorliegende Kapitel 3 teilt sich in zwei Schwerpunkte: Zunächst werden in Kapitel 3.1 die dissertationsrelevanten Publikationen von Schwed et al. (2009), Haas et al. (2010a), Kersten & Kirchner (2013) sowie Kersten et al. (*In press*) erläutert. Im Anschluss werden in Kapitel 3.2 die beiden ausgewählten Untersuchungen Kersten et al. (2014a) und Kersten et al. (2014b) vorgestellt und zusätzliche Diskussionspunkte erörtert, welche nicht in den Originalpublikationen diskutiert und daher als besonderer Bestandteil dieser Synopsis betrachtet werden.

3.1 Grundlegende dissertationsrelevante Veröffentlichungen

3.1.1 Assessment von neurologischen Gangstörungen

Neurologische Krankheitsbilder gehen oftmals einher mit einer gestörten posturalen Kontrolle. Die Symptomatik äußert sich u.a. in motorischen Ausfällen, Problemen der neuromuskulären Ansteuerung, spastischen Lähmungen, Paresen sowie Taubheitsgefühl in den Extremitäten. Die Diagnostik der posturalen Kontrolle beziehungsweise von Gang- und Bewegungsstörungen spielt sowohl in der Anamnese als auch in der Rehabilitation eine wichtige Rolle, um Krankheits- und Therapieverläufe zu kontrollieren. Im Überblicksbeitrag von Schwed et al. (2009) wurden relevante Assessmentverfahren von neurologischen Gang- und Bewegungsstörungen beschrieben und sowohl in Bezug auf Gütekriterien als auch auf Praktikabilität diskutiert. In der klinischen Praxis und der neurologischen Forschung existieren zahlreiche Verfahren, die Gang- und Bewegungsstörungen erfassen. Es wird in der klinischen Praxis oftmals primär nach Praktikabilitätskriterien entschieden, da aufwendige, teure und zeitintensive Messapparaturen nicht in den Klinikalltag integrierbar scheinen. Hingegen sollen entsprechende Analyseverfahren im Bereich der Forschung höchsten Ansprüchen an Gütekriterien und Sensitivität genügen, was oftmals zur Nutzung von hoch komplexen, zeit- und kostenaufwändigen Untersuchungsverfahren führt. Die narrative Überblicksarbeit von Schwed et al. (2009) beleuchtet sowohl quantitative, semi-quantitative als auch qualitative Untersuchungsverfahren, welche im Klinikalltag und/oder im

wissenschaftlichen Bereich eingesetzt werden, um Gang- und Gleichgewichtsstörungen von Patienten mit Morbus Parkinson oder spinaler Läsion zu diagnostizieren.

Zu den häufig verwendeten klinischen Assessmentverfahren gehören der Timed-Up-and-Go-Test nach Podsiadlo & Richardson (1991) und die Berg-Balance-Scale nach Berg et al. (1992; 1995). Während der Timed-Up-and-Go-Test das dynamische Gleichgewicht analysiert, wird mit der Berg-Balance-Scale das statische und dynamische Gleichgewicht beurteilt. Beiden Assessments sind gemein, dass sie im klinischen Alltag praktikabel sind, keinen großen Personal- und Zeitaufwand benötigen und eine gute Sturzvorhersage liefern (Bogle Thorbahn & Newton, 1996; Gunter et al., 2000; Chiu et al., 2003). Allerdings entbehren diese anwenderfreundlichen Assessments Aussagen über einzelne Gang- und Gleichgewichtsparameter, da eine eher semiquantitative bzw. qualitative Beurteilung von Gang und Gleichgewicht vorgenommen wird. Im Gegenzug können beim Gehen auftretende kinematische Größen Aufschluss über einzelne Gangparameter und -phasen geben und Abweichungen von einem optimalen Gangzyklus mess- und sichtbar machen. Die Auswertung dieser räumlich-zeitlichen Parameter (z.B. Dauer der Stand- und Schwungphasen, vertikale Bodenreaktionskräfte bei Fersenaufsatz und Spitzenabdruck, Schrittfrequenz) lassen neben einem Rechts-Links-Vergleich auch die Zykluszeit bestimmen und Aussagen über die Gangstabilität zu (Schwed et al., 2009). Dennoch gilt es bei der Betrachtung dieser quantitativen Gangparameter zu bedenken, dass es sich bei der Interpretation immer um eine Abweichung von optimalen Normwerten handelt. Inwiefern die Norm einem physiologischen Prozess entspricht und ab wann die Abweichung von der Norm in pathologische Prozesse einzuordnen ist, bleibt offen.

Schlussfolgernd kann festgehalten werden, dass es das „ideale Assessmentverfahren“ zur Diagnostik von Gang- und Bewegungsstörungen zu diesem Zeitpunkt nicht gibt (Schwed et al., 2009). Die Wahl für ein Assessmentverfahren ist bis dato ein Abwägen von Vor- und Nachteilen, um für die eigene Praxis bzw. das eigene wissenschaftliche Vorgehen ein bestmögliches Diagnoseinstrument zu verwenden und umsichtig mit den vorliegenden Gütekriterien und den daraus resultierenden Messergebnissen umzugehen. Ferner ist jeder Untersuchungsleiter dazu angehalten, durch standardisierte Bedingungen, Ansprache und Instruktion sowie die Minimalisierung eventueller Störeinflüsse das Messinstrument einzusetzen.

3.1.2 Zur Veränderung der posturalen Kontrolle bei MS-Patienten

Das Krankheitsbild MS spiegelt sich häufig in einer veränderten posturalen Kontrolle bei den Betroffenen wider. Daraus resultieren Einschränkungen im statischen und dynamischen Gleichgewicht, welche sich für Außenstehende in deutlichen Gang- und Bewegungsstörungen äußern können. Zur Diagnose der posturalen Kontrolle werden häufig Messungen zum statischen Gleichgewicht vorgenommen, wobei der Parameter Schwankungsmaß in seiner Ausprägung meist linear betrachtet wird und die Höhe mit einer „guten“ oder „schlechten“ posturalen Kontrolle in Verbindung gesetzt wird. Solche linearen Zusammenhänge und Parameter sollten einerseits im Kontext des vorliegenden komplexen Systems *Patient* und andererseits im Hinblick auf bisher noch ungeklärte unterliegende Mechanismen der posturalen Kontrolle als kritisch betrachtet werden. Sowohl die Diagnostik der Gleichgewichtsfähigkeit als auch das Gleichgewichtstraining steht bei MS-Patienten mit Gang- und Gleichgewichtsstörungen im Fokus rehabilitativer physio- und bewegungstherapeutischer Maßnahmen. Hierbei spielt eine sinnvolle, regelmäßige und aussagekräftige Dokumentation des Therapieprozesses eine wichtige Rolle, wobei Schwed et al. (2009) im Überblick zeigten, dass das „ideale“ Assessmentverfahren für die Diagnostik neurologischer Gang- und Gleichgewichtsstörungen noch nicht vorhanden sei. Einige Kontrollmechanismen der posturalen Kontrolle sind bis dato noch nicht geklärt, daher sollte die Interpretation, *je höher der Schwankungsgrad desto schlechter das Gleichgewicht*, so als nicht zulässig erachtet werden: „It is, however, unknown why postural sway occurs during stance and what potential characteristics of a change in sway behavior represent a balance deficiency. (...) and there is no consensus as to whether sway is beneficial or unhelpful. Consequently, it remains unclear how to separate ‚good‘ from ‚bad‘ sway“ (Visser et al., 2008, S. 2433). In der explorativen Studie von Kersten & Kirchner (2013) wurden acht MS-Patienten (Alter = $55,3 \pm 5$ Jahre, Krankheitsdauer = $14,4 \pm 7,2$ Jahre, EDSS = $4,9 \pm 1,1$) und 13 Gesunde (Alter = $25,1 \pm 2$ Jahre) unter Anwendung linearer und nichtlinearer Modellkonzepte bei einer Standaufgabe auf einer Druckverteilungsmessplatte posturographisch untersucht. Die Standaufgabe (60 Sekunden) wurde unter zwei Bedingungen durchgeführt: 1) „Augen auf“ und 2) „Augen zu“. Die Fluktuationen des Druckschwerpunktes („center of pressure“) wurden danach hinsichtlich ihres Ausmaßes und ihrer Struktur analysiert. Der linearen Betrachtung des Parameters Schwankungshöhe sollte die funktionale Rolle der Variabilität gegenübergestellt werden. Die Analyse der zeitabhängigen Struktur posturaler Schwankungen diente hierbei als die notwendige Ergänzung zur rein linearen Betrachtung der Höhe der Schwankungen (siehe auch Kap.

2.3.3). Die Ergebnisse dieser Untersuchung ließen die Annahme zu, dass MS-Patienten Veränderungen in der Schwankungsstruktur aufweisen und somit die optimale Bewegungsvervariabilität gestört ist. Wenn sich die Bedingungen in der direkten Umgebung verändern (in diesem Kontext von der Bedingung „Augen auf“ zu „Augen zu“), haben MS-Patienten größere Schwierigkeiten in der Anpassung, um eine Bewegungsaufgabe aufrecht zu erhalten. Aufgrund des explorativen Charakters unterliegt diese Studie Limitationen im Hinblick auf die geringe Stichprobengröße und der deskriptiven Auswertung. Es sind weitere Untersuchungen zur Bestätigung dieser Ergebnisse notwendig. Nichtsdestotrotz bieten posturographische Analysen Vorteile in vielen Anwendungsgebieten wie Diagnostik und Therapie und helfen beim Verständnis posturaler Kontrollmechanismen. Perspektivisch sollten neben den linearen Untersuchungsmethoden nichtlineare Methoden sowohl in der Klinik als auch in der Forschung berücksichtigt werden, um die zugrunde liegenden posturalen Kontrollmechanismen besser erklären zu können (Stergiou & Decker, 2011; Huisinga et al., 2012b; Kersten & Kirchner, 2013). Es wird vermutet, dass sich diese Ergebnisse auch auf andere neurodegenerative Krankheitsbilder übertragen lassen.

3.1.3 Neurorehabilitation – eine multivariate Betrachtung: Zwischen biomechanischen Reaktionen, psychosozialen Architekturen und Verhaltensmodulation

In der theoretischen Aufarbeitung des Problemfeldes dieser Synopsis wurde intensiv auf den Einsatz von Sport und Training in der Rehabilitation eingegangen. Allerdings stellt die Durchführung von selbstgesteuertem sportlichem Training bei einem neurologischen Krankheitsbild aufgrund zahlreicher Einflussgrößen eine große Herausforderung für den Betroffenen dar. Bezugnehmend auf die Forschungsdefizite in Kapitel 2.4 wurde im dissertationsrelevanten Beitrag von Haas et al. (2010a) der Einsatz von sportlichem Training in der Neurorehabilitation aus verschiedenen Perspektiven beleuchtet. Neben der Betrachtung der neurobiologischen Prozesse bei Krankheitsbildern mit neurodegenerativem Verlauf sowie neurophysiologischen Effekten von sportlichem Training im therapeutischen Kontext, beschäftigen sich die Autoren mit anthropologisch-phänomenologischen Grundlagen der Neurorehabilitation, komplexen Symptomkonstellationen eines neurologischen Patienten, der daraus resultierenden Problematik bei der Anwendung linearer Therapieansätze und vorliegenden psychosozialen und motivationalen Parametern bei Sport als Therapie in der Neurorehabilitation unter Berücksichtigung theoretischer Verhaltens- und Motivationsmodelle – z.B. das transtheoretische Modell (Prochaska & DiClemente, 1984;

Prochaska & Velicer, 1997) oder das Rubikonmodell (Heckhausen, 1987). Aufgrund der Komplexität, die ein Patient – insbesondere bei einer Erkrankung wie Multiple Sklerose – mit sich bringt, werden pauschale, lineare Trainings- und Therapieangebote nur bedingt hilfreich sein, um die positiven therapeutischen Effekte von Sport nachhaltig zu erzielen (Haas et al., 2010a). Die Autoren übertragen theoretische Ansätze und Modelle auf die praktische therapeutische Umsetzung der Therapie im Allgemeinen und Sport als therapeutische Intervention – aufgrund des neurobiologischen Potenzials und der positiven Effekte im Hinblick auf die begünstigte Ausschüttung neurotropher Faktoren – im Besonderen. Die Berücksichtigung von „Individualität“ spielt in diesem Kontext bei der Entwicklung und Realisierung geeigneter Trainingsprogramme bei neurologischen Krankheitsbildern eine bedeutsame Rolle, da das Auftreten und die Ausprägung von Symptomen sowohl von Patient zu Patient als auch bei einem einzelnen Patienten von Tag zu Tag stark variieren kann. Der Versuch, Individualität dadurch zu gewährleisten, dass pauschale Trainingsprogramme für einzelne Krankheitsbilder entwickelt werden, erscheint nur bedingt geeignet, da die inter- und intraindividuellen Unterschiede bei dem gleichen neurologischen Krankheitsbild manchmal höher sein können, als die Unterschiede zwischen zwei unterschiedlichen Krankheitsbildern. Einen Lösungsansatz stellt die Entwicklung einer hohen Selbstkompetenz auf Seiten des Patienten dar, sowie die Befähigung, eigenständige Entscheidungen im Trainings- und Therapieprozess zu treffen. Patienten sollten sich aus einer passiven Rolle befreien können und aktiv als Mit-(Entscheider) in ihren Therapie- und Krankheitsverlauf eingreifen können. Die Wahl des individuell geeigneten Therapie- und Trainingsinhalts respektive der geeigneten Belastungsnormativa setzt allerdings eine selbstreflektierende Positionierung des Patienten voraus. Die aktive Kompetenzübertragung auf den Patienten ist für den Therapie- und Trainingserfolg von herausragender Bedeutung. Ein reines passives Abarbeiten von Therapie und Training ohne Rücksicht und Anpassung auf innere und äußere Einflüsse (z.B. Tagesform, Symptomatik, Wetterbedingungen, Stress, Vorer müdung, fehlende Regenerationszeiten) erhöht die Gefahr, dass sich erwartete Erfolge nicht einstellen und langfristig Frustration, Demotivierung und Depression eintreten. Der Versuch einer erfolgreichen Trainingsgestaltung mittels pauschaler, linearer Pläne ist unter Berücksichtigung des Vorliegens eines nichtlineareren Systems als zufallsbasiert anzusehen (Haas et al., 2010a).

3.1.4 Sport- und bewegungsorientierte Patientenschulungen für Personen mit MS

Während die bisherigen dissertationsrelevanten Publikationen einen ersten Überblick zu Möglichkeiten der linearen und nichtlinearen Betrachtung der posturalen Kontrolle sowie theoretische Überlegungen zu Potenzial und Problematik bei der Anwendung von Sport als therapeutische Intervention in der Neurorehabilitation liefern, wird in der Überblicksarbeit von Kersten et al. (*In press*) systematisch nach bisherigen sport- und bewegungsorientierten Patientenschulungen für Personen mit MS recherchiert. Ziel der Überblicksarbeit war es herauszufinden, ob Patientenschulungen für MS-Patienten angeboten, durchgeführt, evaluiert und publiziert werden und inwiefern Sport und Bewegung Teile einer solchen Schulung darstellen.

Da Sport und Bewegung größtenteils selbstgesteuerte Maßnahmen darstellen, sollten MS-Betroffene nicht nur über die Therapieoption Sport informiert werden, sondern gezielte Schulungen für die Gestaltung sportlichen Trainings im Alltag erhalten. Um langfristig eine Verbesserung der körperlichen und psychischen Funktionen im Alltag sowie eine Milderung der Symptome und eine Verbesserung der Lebensqualität zu erzielen, ist es für MS-Betroffene wichtig, eigenständig individuelle Voraussetzungen, Randbedingungen und Adaptionprozesse zu erkennen, um Sport und Bewegung als therapeutische Maßnahme durchführen zu können. Dies kann ausschließlich dann erfolgen, wenn entsprechende Kompetenzen und Handlungsfähigkeit innerhalb dieses Bereichs auf die Patienten übertragen werden. Die Patientenedukation stellt eine gute Möglichkeit dar, um MS-Patienten evidenzbasierte Informationen über Sport zu vermitteln, auf Interaktionen mit alltäglichen Bewegungsaufgaben hinzuweisen und über den Einfluss von Umweltbedingungen aufzuklären (z. B. ein möglicher negativer Einfluss von großer Hitze/Kälte auf die Leistungsfähigkeit). Die Patientenschulung dient dem Empowerment von Rehabilitanden und kann definiert werden als „systematische Vermittlung gesundheits- und krankheitsspezifischen Wissens mittels aktueller didaktischer Konzepte zur Steigerung der Handlungskompetenzen und Motivation“ (Faller et al., 2011). Ziel der Patientenschulung ist es, (chronisch) Erkrankte in Lebens-, Alltags- und Problemsituationen zu unterstützen sowie Strategien und Fertigkeiten zur Verfügung zu stellen, um informierte Entscheidungen und Selbstmanagement hinsichtlich Gesundheit und Lebensstil vornehmen zu können (Faller et al., 2011). Erfolgreich und regelmäßig durchgeführte Patientenschulungen und Langzeit-Rehabilitationsmaßnahmen werden bisher häufig in Form von Herz-, Diabetes- und Lungensportgruppen angeboten (Brown et al., 2002; Gallefoss et al., 1999; Labrecque et al., 2011; Langer, 1997).

Nach inhaltlicher Prüfung der inkludierten Studien konnte festgestellt werden, dass die Wissens- und Kompetenzvermittlung zu regelmäßigem und eigenverantwortlichem sportlichen Training nur selten Gegenstand einer Schulungsmaßnahme für MS-Patienten ist. Wenige Studien zielen auf eine Veränderung des Sportverhaltens und/oder die Steigerung der körperlichen Aktivität ab (Kersten et al., *In press*). Zum großen Teil werden in bereits evaluierten und publizierten MS-spezifischen Schulungsmaßnahmen Strategien zum Medikamenten-, Krankheits- und Fatigue-Management durchgeführt (u.a. Mills & Allen, 2000; Mathiowetz et al., 2005; 2007; Finlayson, 2005; Sauter et al., 2008; Shevil & Finlayson, 2010; Hugos et al., 2010). Vor allem in Interventionen zum Fatigue-Management wird eher auf das Haushalten von Energie und die Energieschonung gesetzt und damit ein eher gegensätzlicher therapeutischer Ansatz verfolgt (Finlayson, 2005; Mathiowetz et al., 2005; 2007; Hugos et al., 2010). Diejenigen Patientenschulungen, die auf die Veränderung des Sportverhaltens und der körperlichen Aktivität abzielten, wählten zumeist die Vermittlung des Trainings über mediale bzw. internetbasierte Programme (Dlugonski et al., 2011; Motl et al., 2011; Peters et al., 2013). Vorteile dieser internetbasierten Programme und der Telerehabilitation sind die zeitgleiche Erreichbarkeit vieler Betroffener ohne auftretende Barrieren im Hinblick auf die Mobilität und die schnelle Inhaltsvermittlung sowie einfache Kontaktaufnahme zu Experten. Darüber hinaus sollte allerdings in Betracht gezogen werden, dass die individuellen Bedürfnisse von MS-Betroffenen weniger berücksichtigt werden und die selbstständige Trainingsgestaltung sowie der nachhaltige Trainingserfolg gefährdet sein können. Vor diesem Hintergrund ermöglichen persönlich betreute sportorientierte Patientenschulungen im Rahmen einer Schulungsgruppe eine individuelle Betreuung und bieten eine gute Alternative für diejenigen Patienten, für die internetbasierte Programme nicht geeignet erscheinen. Zukünftig sollten Patientenschulungen sowohl mit dem Fokus auf Krankheits- und Symptommanagement als auch mit dem Ziel der Veränderung des Sport- und Bewegungsverhaltens Schulungsinhalte zur Ermöglichung eines selbstständigen nachhaltigen Trainings beinhalten (Kersten et al., *In press*).

3.2 Ausgewählte Untersuchungen

3.2.1 Zum Sport- und Bewegungsverhalten von MS-Patienten – eine explorative Analyse

Es ist auffällig, dass auf der einen Seite Sport als therapeutische Intervention sowohl bei kardiovaskulären und metabolischen Krankheitsbildern als auch bei neurodegenerativen und neurotraumatischen Krankheitsbildern gut erforscht ist, demgegenüber nur wenige MS-

Patienten und MS-Spezialisten über Sport bei MS aufgeklärt scheinen. White und Dressendorfer (2004) diskutieren dazu, dass MS-Patienten eine reduzierte körperliche Aktivität aufweisen und als Konsequenz öfter an Komorbiditäten wie z.B. Diabetes Mellitus oder Osteoporose erkranken. Motl et al. (2005) beschreiben in ihrem Review den deutlich inaktiven Lebensstil von MS-Patienten als „alarmierend“, aufgrund des steigenden Risikos für Patienten zusätzlich an kardiovaskulären Erkrankungen zu leiden. White und Dressendorfer (2004) schließen aus dieser Divergenz, dass Sport noch immer nicht als ernstzunehmende Interventionsstrategie in die MS-Rehabilitation implementiert ist.

3.2.1.1 Die schriftliche Befragung

In Kooperation mit dem Sportwissenschaftlichen Institut der Universität des Saarlandes (Saarbrücken), dem Fachbereich Gesundheit und Soziales der Hochschule Fresenius, University of Applied Sciences (Idstein) und dem Landesverband Saarland der Deutschen Multiple Sklerose Gesellschaft wurde im Jahr 2010 eine schriftliche Befragung innerhalb des Saarlandes konzipiert und durchgeführt. Ziel dieser Studie war es, das Sport- und Bewegungsverhalten von MS-Patienten, ihre Teilnahme an bewegungs- und/oder physiotherapeutischen Maßnahmen sowie die Trainingsempfehlungen, die den Patienten aus ihrer Sicht von Spezialisten gegeben wurden, zu untersuchen (Kersten et al., 2014a). Für diese Untersuchung sollte Sport (wie in Kapitel 2.2 aufgearbeitet) als zielgerichtete Trainingsmaßnahme verstanden werden, die bei regelmäßiger Durchführung zu positiven Effekten auf die körperliche Leistungsfähigkeit führt. Zur möglichen differenzierten Betrachtung wurde innerhalb der schriftlichen Befragung Sport von physiotherapeutischen Maßnahmen unterschieden. Folgende Fragestellungen standen im Fokus der Befragung:

- Treiben MS-Erkrankte Sport und/oder nehmen sie physiotherapeutische Maßnahmen in Anspruch?
- Welche subjektiven Effekte hat Sport/Physiotherapie auf MS-Erkrankte?
- Welche Sportarten/Belastungsnormativa wählen MS-Erkrankte?
- Unterscheidet sich das Sportverhalten von MS-Erkrankten vor und nach der Diagnose?
- Wird MS-Erkrankten Sport von Spezialisten empfohlen?

Nur wenige Studien liegen vor, die das Sport- und Bewegungsverhalten von MS-Patienten gezielt untersucht haben. Aufgrund des explorativen Charakters der schriftlichen Befragung und der selektiven Stichprobe konnten keine Rückschlüsse auf die Gesamtpopulation zugelassen werden. Dennoch lieferten die Ergebnisse der schriftlichen Befragung in der Diskussion mit einschlägiger Fachliteratur auffällige Phänomene zum Sport- und Bewegungsverhalten von MS-Patienten.

3.2.1.2 Ergebnisse

Im Hinblick auf physiotherapeutische Maßnahmen konnte dargestellt werden, dass etwa die Hälfte der befragten MS-Patienten an physiotherapeutischen Maßnahmen teilnimmt und die Patienten diese Therapie zumeist als positiv für sich einschätzen (Kersten et al., 2014a). Auch in der Befragung von Somerset et al. (2001) bewertet ein Großteil von MS-Betroffenen, welche sich in physiotherapeutischer Behandlung befinden, diese als positiv. Vergleichsstudien weisen darauf hin, dass es allerdings keine favorisierte Behandlungsmethode innerhalb der Physiotherapie gibt und die angewendete Behandlungstechnik im individuellen Entscheidungsbereich des Physiotherapeuten liegt (Wiles, 2008; Flachenecker, 2012; Paltamaa et al., 2012).

Durchschnittlich 46% der Befragten gaben an, dass sie zum Befragungszeitpunkt regelmäßig Sport treiben, vorwiegend im Ausdauerbereich, zwei- bis dreimal pro Woche, zwei bis drei Stunden pro Woche mit moderater Intensität und Freude an der Bewegung. Mindestens 81% dieser Sporttreibenden empfinden positive Effekte. In einer qualitativen Analyse beschrieben Dlugonski et al. (2012) die Hauptmotive für MS-Patienten, Sport zu treiben, damit, dass sie sich damit „normal“ fühlen und ein gutes Körpergefühl nach dem Sport haben. Kasser und Kosma (2012) identifizierten die Motive Selbstbewusstsein und selbst wahrgenommene positive Effekte bei MS-Patienten, die regelmäßig Sport treiben. Stroud et al. (2009) zeigten einen Zusammenhang zwischen dem Wissen um die positiven Effekte und dem regelmäßigen Sport treiben. Barrieren, die am Sport hindern, sind laut Beckermann et al. (2010) der hohe Schweregrad der Krankheit, eine Berufsunfähigkeitsrente und Kinder, für die gesorgt werden muss. Kayes et al. (2011) berichteten in ihrer Studie, dass neben Hindernissen wie begrenzte Zeit und schlechtes Wetter – die Hauptbarriere für Sport die zu große Müdigkeit darstelle, die MS-Patienten empfinden. Nur 38% der Befragten bestätigten, dass ihnen Sport von ihrem Spezialisten empfohlen wurde. Wenn den Befragten Sport empfohlen wurde, dann zumeist ohne eine Angabe konkreter Trainingsempfehlungen. Über die Hälfte dieser Patienten (59%)

wies eine Krankheitsdauer von weniger als 5 Jahren auf. Es wurde angenommen, dass sich in den Daten ein neuer Trend widerspiegelt, dass Spezialisten mittlerweile häufiger zu Sport raten, wenn die Diagnose MS beim Patienten gestellt wird und nicht, wie in der Vergangenheit, aufgrund eines Auftretens reversibler Symptome bei körperlicher Anstrengung fälschlicherweise von Sport abraten (Motl et al., 2008).

3.2.1.3 Diskussion

Die Ergebnisse der schriftlichen Befragung ließen die Schlussfolgerung zu, dass dem Transfer von Forschungsergebnissen zu Sport bei MS in die Praxis noch nicht genug Beachtung geschenkt wird. Perspektivisch sollten sowohl Betroffene als auch Spezialisten über das Potenzial von Sport informiert und aufgeklärt werden, sowie über gezielte Ausbildungskonzepte zu einem eigenverantwortlichen Umgang mit Sport und Training im Alltag ermutigt werden (Kersten et al., 2014a). In der Befragung von Wittmann et al. (2011) wurden Tumorpatienten über ihr Wissen bezüglich medizinischer Therapie, unterstützender Programme und ihrem Interesse an und der Erreichbarkeit von bewegungsbezogenen Angeboten befragt. Grundlage für diese Befragung bieten Forschungsergebnisse, die das Potenzial von Sport und Bewegung hinsichtlich der Reduzierung von krebspezifischer Fatigue-Symptomatik und der Steigerung der Lebensqualität zeigen konnten (Watson & Mock, 2004). Im Hinblick auf den Nutzen von bewegungstherapeutischen Programmen wiesen nur wenige Befragte Wissen darüber auf (Wittmann et al., 2011). Die erstrangige Informationsquelle für die befragten Tumorpatienten war zum großen Teil der jeweilige behandelnde Arzt. Tumorpatienten scheinen noch nicht ausreichend über das Potenzial von Sport und körperlicher Aktivität aufgeklärt, woraus die Autoren schlossen, dass der Behandler als primäre Informationsquelle ebenfalls besser über Sport bei Krebs und hiesige Programmangebote informiert sein sollte (Wittmann et al., 2011).

Neben weiteren Befragungen zum Sportverhalten bei chronischen Krankheitsbildern sollte die Frage erörtert werden, warum Personen Sport treiben. Neben der Freude an Bewegung stellt das Gesundheitsmotiv eine entscheidende Komponente dar (Pahmeier, 2006). Die Effekte von Sport auf die psychische und physische Gesundheit sind sehr gut erforscht (Kapitel 2.2) und mittlerweile wird das Potenzial von regelmäßigem Sport auch von Tagesmedien, Krankenkassen und Betrieben beworben und angeboten. Das Wissen um die positiven Effekte von Sport im Allgemeinen scheint in der deutschen Bevölkerung bekannt zu sein. Dennoch treibt nicht jeder Deutsche, ob mit oder ohne chronische Erkrankung, regelmäßig Sport

(Techniker Krankenkasse, 2013). Jekauc et al. (2014) beschäftigen sich mit der Frage, ob der Zusammenhang zwischen Sport und Gesundheit eventuell dadurch zustande kommt, dass eher ausreichend gesunde Menschen regelmäßig Sport treiben. Die Autoren begründen ihre These damit, dass zwar Zusammenhänge zwischen sportlicher Aktivität und gesenktem Mortalitätsrisiko sowie geringerem Risiko, an Diabetes Mellitus, Osteoporose und spezifischen Krebsarten zu erkranken, gut erforscht sind (Warburton et al., 2006, zitiert nach Jekauc et al., 2014), allerdings keine kausale Beziehung oder unidirektionale Richtung bestätigt sei. Eine Person, die sich psychisch und physisch gesund fühlt, habe demnach einen leichteren Zugang zu regelmäßigen Sportangeboten als eine chronisch kranke Person. Jekauc et al. (2014) geben zusätzlich zu bedenken, dass es auch eine dritte unbekannte Determinante sein kann, die den Einfluss auf den Zusammenhang von Sport und Gesundheit bewirkt. So könne beispielsweise die Selbstwirksamkeit, wie im Modell von Bandura (1977) beschrieben, oder das Konstrukt des Kohärenzsinner (Antonovsky, 1979) entsprechende Wirkung auf das Sportverhalten und auf die physische und psychische Gesundheit haben. Aigner (2005) beschreibt den Faktor Alter einer Person als biologischen, limitierenden Parameter für Gesundheit und sportliche Aktivität. So sinke die sportliche Aktivität und verschlechtere sich die Gesundheit mit zunehmendem Alter (Aigner, 2005).

Bezogen auf das Krankheitsbild Multiple Sklerose sollten solche Überlegungen berücksichtigt werden. Nur das Wissen um das Potenzial von Sport auf physische und psychische Gesundheit wird nicht zu lebenslanger und gesundheitsfördernder sportlicher Aktivität führen. Eine gesunde Person wird eine deutlich geringere Barriere aufweisen, die sie an Sport hindert, als eine chronisch kranke Person. Neben motivationalen Faktoren spielen zahlreiche Parameter wie Tagesform, Alltagsaufgaben, Wettereinfluss, Mobilität und soziale Integration eine entscheidende Rolle, warum jemand regelmäßig Sport treibt oder nicht. Letztlich reicht die reine Informationsweitergabe zu Sport bei MS an den Betroffenen und seine Angehörigen nicht aus. Während auf der einen Seite zahlreiche Gründe zu Sport motivieren (z.B. Gruppendynamik, Alltagserleichterung, Wohlbefinden), so können auf der anderen Seite viele Hindernisse auftreten, die von Sport abhalten (Fatigue, Angst, Unsicherheit).

3.2.2 Entwicklung, Durchführung und Evaluation einer sportbasierten Patientenschulung für MS-Patienten

3.2.2.1 Die Pilotstudie

Im Rahmen dieses dissertationsrelevanten Forschungsprojekts wurde ein neues Konzept einer sportbasierten Patientenschulung entwickelt, welches primär der Schulung und Ausbildung von MS-Patienten dienen soll, um sie nachhaltig zu einem selbstständig gesteuerten sportlichen Training zu befähigen. Das Projekt wurde in einer Kooperation des Sportwissenschaftlichen Instituts der Saarland Universität (Saarbrücken), des Fachbereichs Gesundheit & Soziales der Hochschule Fresenius (Idstein) und des saarländischen Landesverbands der Deutschen Multiple Sklerose Gesellschaft realisiert. Aufgrund der neuartigen Studieninhalte wurde diese Intervention in einem quasi-experimentellen pre-post Design mit Follow-Up-Messung nach einem Jahr durchgeführt. Unter Verwendung von quantitativen und qualitativen Forschungsmethoden sollten folgende drei Arbeitshypothesen innerhalb der geplanten Längsschnittuntersuchung untersucht werden:

- 1) Eine 12-wöchige sportbasierte Patientenschulung führt zu signifikanten Verbesserungen hinsichtlich körperlicher Leistungsfähigkeit, gesundheitsbezogener Lebensqualität und Selbstwirksamkeit zur sportlichen Aktivität bei MS-Patienten.
- 2) Nach einem Jahr bleiben die erwarteten positiven Ergebnisse nach der Schulung signifikant gleich im Hinblick auf körperliche Leistungsfähigkeit, gesundheitsbezogene Lebensqualität und Selbstwirksamkeit zur sportlichen Aktivität.
- 3) Eine 12-wöchige Patientenschulung verbessert das Empowerment der Schulungsteilnehmer und führt zu einem individuellen und eigenverantwortlichen Trainings- und Therapiemanagement nach der Intervention.

In Abbildung 3 ist der gesamte Ablauf der Studie dargestellt.

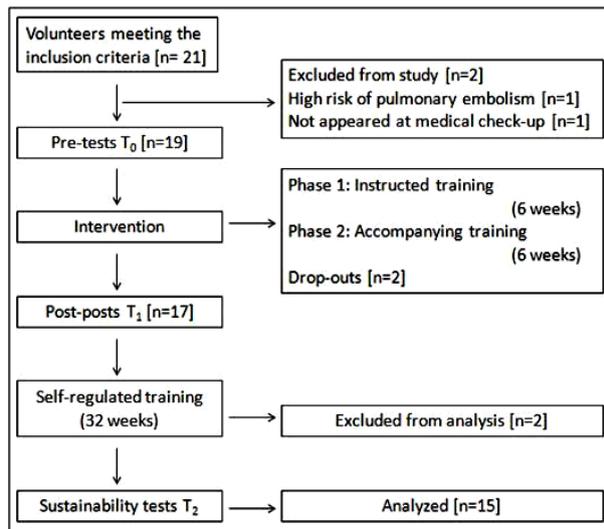


Abbildung 3: Ablauf der Längsschnittstudie (Kersten et al., 2014b, S. 5).

Die zwölfwöchige sportbasierte Patientenschulung wurde in zwei Phasen unterteilt (Abb. 3). In einer ersten sechswöchigen Phase wurden Inhalte zu Sport und Training bei MS theoretisch und praktisch vermittelt (Kersten et al., 2014b). Die Teilnehmer trainierten in den Bereichen Koordination, Kraft und Ausdauer und wurden in Trainingssteuerung, Belastungsnormativa, Regenerationszeiten und Abbruchkriterien geschult. In der darauffolgenden zweiten Phase (sechs Wochen) wurden die Teilnehmer angehalten, eigenverantwortlich in Kleingruppen eigene praktische Trainingsanteile zu planen und durchzuführen. In dieser Phase standen den Teilnehmern jederzeit Übungsleiter zur Seite, die bei Fragen oder Problemen zum Training halfen. Ziel der Schulung war es, binnen zwölf Wochen jedem Teilnehmer Wissen, Handlungsfähigkeit und Trainingskompetenz zu vermitteln, so dass ein selbstständig durchgeführtes sportliches Training im Alltag nach der Schulung ermöglicht werden konnte. Nach 32 Wochen selbstständigen Trainings wurde die gesamte Testbatterie aus den Eingangstests vor der Schulung und den Ausgangstests nach der Schulung in Nachhaltigkeitstests durchgeführt (Abb. 3).

3.2.2.2 Ergebnisse

Abgesehen von der Selbstwirksamkeit zur sportlichen Aktivität und der SF-36 Dimension körperliche Funktionsfähigkeit, zeigten die Ergebnisse der quantitativen Analyse signifikante Verbesserungen der 15 Schulungsteilnehmer nach der zwölfwöchigen Patientenschulung hinsichtlich körperlicher Leistungsfähigkeit und gesundheitsbezogener Lebensqualität. Die Ergebnisse der Nachhaltigkeitstests 32 Wochen nach Ende der Intervention bestätigten teilweise, dass die erzielten Verbesserungen nach der Intervention durch ein selbstständiges

Training erhalten werden konnten (Kersten et al., 2014b). Während u.a. die Ergebnisse aus den Mobilitätstests (Timed-Up-and-Go-Test nach Podsiadlo & Richardson, 1991) nach 32 Wochen signifikant gleich geblieben sind, so zeigten die Ergebnisse der Ausdauer tests (Six-Minute-Walk-Test nach der American Thoracic Society, 2002) einen Rückgang und verzeichneten keinen Erhalt der positiven Ergebnisse aus der Schulung (Kersten et al., 2014b). Das Training und die erworbenen Kompetenzen führten nachhaltig zu einem veränderten Bewegungsverhalten im Alltag sowie zu einer Steigerung von Selbstbewusstsein und Lebensqualität. Aus den qualitativen Analysen der leitfadengestützten Interviews, die begleitend zu jedem Testzeitpunkt mit allen Schulungsteilnehmern durchgeführt wurden, ging hervor, inwiefern MS-Patienten das Training organisierten, welche Trainingshindernisse auftraten und wie sie mit Sport und Bewegung im Alltag umgingen (Kersten et al., 2014b). So zeigten insbesondere intrinsisch motivierte MS-Patienten nach Ende der Patientenschulung ein regelmäßiges, selbstgesteuertes Trainingsverhalten, während extrinsisch motivierte Schwierigkeiten hatten, ohne eine Trainingsgruppe oder ohne Anleitung ihr Training selbstständig durchzuführen. Die fehlende Anleitung wiederum hatte keinen Einfluss darauf, dass alle Teilnehmer nach Ende der Schulung sowie ein Jahr nach Beginn der Untersuchung ein angemessenes Wissen über Sport im Allgemeinen und Sport bei MS vorweisen konnten und insbesondere individuelle Kennzeichen ausgemacht haben, die ihnen eine Überforderung und eine sinnvolle Gestaltung von Regenerationsperioden im Alltag anzeigten (Kersten et al., 2014b). Für zukünftige Schulungen wünschten sich die Teilnehmer weitere unterstützende Medien, wie beispielsweise ein Trainingsmanual, möglicherweise Videomaterial für zuhause oder einen jährlichen „Refresher-Kurs“, der auf der einen Seite die Trainingsmotivation erhalten und auf der anderen Seite neuen Input geben und eine Überprüfung der eigenen Leistungsfähigkeit bieten sollte (Kersten et al., 2014b, S. 8).

3.2.2.3 Diskussion

In der dissertationsrelevanten Publikation von Kersten et al. (2014b) wurden die Ergebnisse der Längsschnittuntersuchung mit Ergebnissen weiterer Trainings- und Schulungsmaßnahmen diskutiert. Zahlreiche Studien bestätigten die positiven Effekte von regelmäßigem sportlichem Training auf Ausdauerleistungsfähigkeit (Mostert & Kesselring, 2002; van den Berg et al., 2006), Kraft (White et al., 2004; Rampello et al., 2007; Dalgas et al., 2009a; Dodd et al., 2011) sowie auf Gang- und Gleichgewichtsfähigkeit (van den Berg et al., 2006; Rampello et al., 2007) von MS-Patienten. Begleitend konnte in einigen Studien festgestellt werden, dass

diese positiven Effekte der körperlichen Leistungsfähigkeit mit einer Erhöhung der Lebensqualität einhergingen (Motl & Gosney, 2008; Dalgas et al., 2010a; Boosman et al., 2011; Huisinga et al., 2011). Im Hinblick auf die erste sportorientierte Patientenschulung dieser Art konnten ähnliche Schulungsmaßnahmen zur Diskussion herangezogen werden. So haben bisherige Schulungsmaßnahmen für MS-Patienten mit dem Ziel, sportliches Training oder körperliche Aktivität nachhaltig zu fördern, insbesondere in Form von internetgestützten Programmen stattgefunden (Dlugonski et al., 2011; Motl et al., 2011; Peters et al., 2013; Tallner et al., 2013b). Gutiérrez et al. (2013) haben ein Telerehabilitationsprogramm untersucht mit dem Ziel, mittels virtueller Videospiele MS-Patienten zu einer gesteigerten körperlichen Aktivität zu motivieren. Diese internetgestützten bzw. medialen Programme bieten den Vorteil, eine große Anzahl Betroffener erreichen zu können. Allerdings bestätigen die Untersuchungen auch eine recht hohe Drop-out-Quote. Die sportbasierte Patientenschulung, die von Kersten et al. (2014b) entwickelt wurde, zeichnet insbesondere die Möglichkeit zur individuellen Betreuung und Beratung aus. Durch die persönliche Vermittlung von entsprechendem Handlungs- und Effektwissen zu Sport im Allgemeinen und das Krankheitsbild MS im Besonderen kann die Individualität eines Patienten gewahrt werden. Die individuelle Symptomatik, Motivation und Rahmenbedingungen wirken sich maßgeblich auf die Ausübung der sportlichen Aktivitäten aus, und sowohl Über- als auch Unterforderung werden langfristig den Trainingserfolg gefährden. Mit der Förderung der eigenen Trainingskompetenzen und der Unabhängigkeit von infrastrukturellen Einschränkungen können sich Betroffene von der passiven Rolle befreien und aktiv als (Mit-) Entscheider in den Trainings- und Krankheitsprozess eingreifen (Kersten et al., 2014b).

Bezugnehmend auf die Ausführungen in Kapitel 2.2 zu den Effekten von sportlichem Training auf Physis und Psyche soll im Folgenden diskutiert werden, welchen Einfluss regelmäßiges sportliches Training auf bisher untersuchte physiologische, biologische und psychologische Parameter von MS-Patienten hat. Es soll erörtert werden, ob MS-Patienten nicht nur den Krankheitsverlauf aufgrund neuronaler Prozesse, die das sportliche Training begünstigt (Kapitel 2.3.2), positiv beeinflussen können, sondern auch nachweislich eine Prävention vor der Ausprägung sekundärer Komorbiditäten wie Herz-Kreislauf-Erkrankungen, Diabetes Mellitus Typ II, Osteoporose und Muskelatrophien erzielen können. Schon in der Veröffentlichung von Petajan et al. (1996) untersuchten die Autoren den Einfluss eines 15-wöchigen Ausdauertrainings an Arm- und Beinergometern (dreimal 40 Minuten pro Woche) u.a. auf die maximale Sauerstoffaufnahme (VO_2max), die

Körperzusammensetzung und die Blutfette. Eine Trainingseinheit war folgendermaßen aufgebaut: Fünf Minuten Aufwärmen bei 30% der VO_2max , 30 Minuten bei 60% der VO_2max , fünf Minuten Abwärmen. Verglichen mit den Werten der Eingangstests vor der Intervention zeigte die Experimentalgruppe nach dem 15-wöchigen Training einen signifikanten Anstieg der VO_2max , eine signifikante Reduktion des Körperfetts, der Triglyceride und eine sehr geringe Konzentration des Low-Density-Lipoprotein (LDL). Ergebnisse der psychologischen Dimensionen Depression und Ärger zeigten schon in Woche fünf und Woche zehn signifikante Reduktionen (Petajan et al., 1996). Dalgas et al. (2010a) konnten ebenfalls zeigen, dass ein zwölfwöchiges progressives Krafttraining zu einer signifikanten Reduktion der Depression bei MS-Patienten führte. Insbesondere der potenzielle Einfluss auf depressive Symptome spielt eine bedeutsame Rolle in der MS-Rehabilitation. Die Erkrankung MS geht häufig mit depressiven Symptomen respektive einer diagnostizierten Depression einher (zum Überblick Feinstein et al., 2014). Es werden unterschiedliche Erklärungsansätze zur Entstehung einer MS-spezifischen Depression diskutiert, z.B. genetische Faktoren, pathologische Veränderungen im Gehirn oder Immunsystem sowie psychosoziale Einflüsse (Feinstein et al., 2014). Trotz der ungeklärten Ursache, beschreiben zahlreiche Autoren regelmäßiges sportliches Training als sinnvolle nicht-medikamentöse, symptomatische Therapie bei einer MS-spezifischen Depression (White & Dressendorfer, 2004; Dalgas et al., 2008; Waschbisch et al., 2009; Motl & Pilutti, 2012; Adamson et al., 2015).

Mostert & Kesselring (2002) konnten nach einem vierwöchigen Fahrradergometer-Training u.a. eine signifikante Rechtsverschiebung der aeroben Schwelle bei MS-Patienten demonstrieren, allerdings keine signifikanten Veränderungen in der maximalen Ausdauerleistungsfähigkeit und Lungenfunktion. Die Autoren wiesen jedoch darauf hin, dass die Compliance der Untersuchungsteilnehmer nicht sehr hoch gewesen sei (65%), was natürlich einen Einfluss auf die Ergebnisse haben könnte (Mostert & Kesselring, 2002). Rodgers et al. (1999) führten ein 24-wöchiges Ausdauertraining mit MS-Patienten durch (Fahrradergometer, dreimal pro Woche bei einer durchschnittlichen Herzfrequenz von 65-70% der altersabhängig geschätzten individuellen maximalen Herzfrequenz). Die Ergebnisse zeigten eine signifikante Steigerung der VO_2max (Rodgers et al., 1999).

Dalgas et al. (2010b) beschäftigten sich mit der Frage, ob ein progressives Krafttraining der unteren Extremitäten einerseits zu einer Vergrößerung des Muskelfaserquerschnitts führen und andererseits das Verhältnis der Muskelfasertypen bei MS-Patienten verändern kann. In dieser randomisierten kontrollierten Studie wurden vor und nach der Intervention (fünf

Übungen für die unteren Extremitäten mit einer Intensität von 15 maximalen Wiederholungen bis hin zu acht maximalen Wiederholungen) Muskelbiopsien des Musculus vastus lateralis entnommen. Die Experimentalgruppe wies nach zwölf Wochen (zweimal pro Woche) Training eine signifikante Vergrößerung des Muskelfaserquerschnitts und der Typ II-Muskelfasern im Vergleich zur Kontrollgruppe auf, wobei auch die isokinetische Kraft eine signifikante Verbesserung zeigte. Die Veränderung des Verhältnisses der Muskelfasertypen konnte jedoch nicht beeinflusst werden. Die Autoren schlossen aus ihren Ergebnissen, dass ein progressives Krafttraining auch bei Personen mit neurodegenerativer Erkrankung zu einem entsprechenden kompensatorischen Wachstum der Muskelfasertypen führen kann (Dalgas et al., 2010b). Diese Schlussfolgerungen haben direkten therapeutischen Einfluss auf Personen mit MS, da MS-Patienten über multiple Risikofaktoren verfügen, eine geringe Knochendichte aufweisen und eine osteoporotische Fraktur erleiden können (Marrie et al., 2009; Steffensen et al., 2010). In diesem Kontext kritisieren Gibson & Summers (2011), dass bisher nur wenige Studien zur Erhaltung der Knochengesundheit von MS-Patienten veröffentlicht wurden. Dabei bekräftigen die Autoren die Bedeutsamkeit solcher Untersuchungen, da eine Knochenfraktur sowie die Erkennung von Risikofaktoren, die zu einer Entstehung der Osteoporose führen können, für eine bereits motorisch eingeschränkte Person alarmierende Folgen haben kann (Gibson & Summers, 2011). In der Überblicksarbeit von Gibson & Summers (2011) zur Knochengesundheit von MS-Patienten schlussfolgern die Autoren, dass es keinen Zusammenhang zwischen der geringen Vitamin-D-Konzentration und der Knochendichte zu geben scheint, sondern das höhere Sturz- und Frakturrisiko im Vergleich zu Gesunden auf die steigenden motorischen Einschränkungen zurückzuführen sind. Bisher gibt es noch keine Studien, in denen sportliches Training als therapeutische Intervention mit MS-Patienten, die eine niedrige Knochendichte aufweisen, durchgeführt wird. Allerdings sollte aufgrund der bekannten Mechanismen mechanischer Reize auf das Knochenwachstum indirekt sportliches Training sowohl als präventive als auch als rehabilitative Maßnahme zum Erhalt der Knochengesundheit bei MS-Patienten empfohlen werden.

Die vorliegenden Daten bestätigen die Annahmen, dass regelmäßiges sportliches Training als Präventionsmaßnahme von MS-Patienten im Hinblick auf die Vermeidung weiterer Komorbiditäten eingesetzt werden sollte. Denjenigen Trainingsempfehlungen, die MS-Patienten gemacht werden, fehlen oftmals die Berücksichtigung von individuellen Voraussetzungen sowie die Vermittlung entsprechender Trainingsziele. Betrachtet man die

zahlreichen Faktoren, die beim regelmäßigen Sport treiben mit MS-Erkrankung zu beachten sind (z.B. Gefahr der Überhitzung, Wettereinflüsse, Über- oder Unterforderung, individuelle Beeinträchtigung durch Symptomatik), so ist es nicht verwunderlich, dass nahezu alle bisher durchgeführten (kontrollierten) klinischen Studien abgeschlossene und supervisierte Trainingsinterventionen mit MS-Patienten durchführten. Innerhalb dieser kontrollierten Phasen konnten die Untersuchungsteilnehmer beobachtet, individuell betreut und ihr Trainingsprotokoll von professionellen Trainern an die jeweilige Tagesform angepasst werden. Über die abgeschlossene Intervention hinaus ist es nach einer rein angeleiteten Trainingsphase für die Patienten häufig nicht möglich, die Inhalte auf das individuelle Alltagsleben zu übertragen. Daraus lässt sich schließen, dass auch nur wenige Studien die Überprüfung von Nachhaltigkeit in Follow-Up-Tests integrieren. Dalgas und Kollegen (2009a) überprüften nach zwölf Wochen Eigentaining die Ergebnisse ihrer kontrollierten Krafttrainingsintervention. Die positiven Ergebnisse konnten nach zwölf Wochen Eigentaining bestätigt werden (Dalgas et al., 2009a). Van den Berg et al. (2006) untersuchten nach einem vierwöchigen kontrollierten Ausdauertraining eine vierwöchige Trainingspause bei MS-Patienten. Die Ergebnisse demonstrierten, dass positive Effekte, provoziert von einem regelmäßig durchgeführten Ausdauertraining, nach einer vierwöchigen Trainingspause wieder auf Baseline-Niveau zurückfielen (van den Berg et al., 2006). Demgegenüber deuten die Ergebnisse dieser dissertationsrelevanten Längsschnittstudie darauf hin, dass MS-Patienten die erlernten Schulungsinhalte gut umsetzen und ein individuelles Training in ihren Alltag nachhaltig integrieren können.

4 Fazit und Ausblick

Sport wird heutzutage sowohl als gesundheitsfördernde Maßnahme als auch als therapeutische Intervention vielfach eingesetzt. Neben den gesundheitsrelevanten Funktionen stellt Sport allerdings auch ein wichtiges soziales und kulturelles Element dar, fördert Gemeinschaft, pflegt soziale Kontakte und ermöglicht Teilhabe am gesellschaftlichen Leben. Es gibt vielfältige Möglichkeiten sich körperlich auszudrücken, von langsamen ausdrucksbetonten Körperübungen, über Mannschafts- und Individualsportarten bis hin zum Kontaktsport. Regelmäßiges sportliches Training erfordert allerdings Motivation. Während begeisterte Sportler ihr regelmäßiges Training gern in ihren Alltag integrieren, fällt es schon zahlreichen gesunden Personen schwer, sich überhaupt und regelmäßig zum Sport zu überwinden. Die Einstiegshürde zu regelmäßigem sportlichem Training für MS-Betroffene kann als potenziert größer betrachtet werden im Vergleich zu *unmotivierten* gesunden Personen. Neben den Anforderungen, die der Alltag an die Patienten stellt, beeinflusst der inter- und intraindividuelle Krankheitsverlauf täglich die Entscheidung für oder gegen Sport. Das Angebot eines pauschalen linearen Trainingskonzepts und einer einfachen linearen Diagnostik erscheinen bei einer komplexen und nichtlinear verlaufenden Erkrankung wie MS als nicht zielführende Strategien. Eine Vielzahl von internen und externen Faktoren ist bei der regelmäßigen Durchführung von Sport und Bewegung im MS-Alltag zu beachten, um ein individuelles, der jeweiligen Symptomatik und Tagesform angepasstes Training sinnvoll zu steuern. Der Schwerpunkt dieses dissertationsrelevanten Schulungsansatzes liegt auf einer individuellen, flexiblen und persönlichen Betreuung und einer intensiven Ausbildung. Trotz positiver Ergebnisse aus Studien zu E-Learning-Interventionen besteht das Risiko, dass die individuellen Bedürfnisse von MS-Patienten zu wenig berücksichtigt werden und so die selbstständige sinnvolle Trainingsgestaltung sowie nachhaltige Trainingserfolge gefährdet bleiben. Die Ergebnisse der Pilotstudie von Kersten et al. (2014b) zeigten deutlich, dass es einerseits möglich war, Trainingskompetenzen auf die Betroffenen zu übertragen und andererseits, dass die erworbenen Kompetenzen nachhaltig zu einem veränderten Bewegungsverhalten im Alltag sowie zu einer Steigerung von körperlicher Leistungsfähigkeit, Selbstbewusstsein und Lebensqualität der MS-Patienten führten. Schlussfolgernd können drei wesentliche Aspekte für zukünftige Forschungsprojekte zusammengefasst werden:

I) Insbesondere aus den Ergebnissen der qualitativen Analyse in Kersten et al. (2014b) sollten einige Verbesserungsvorschläge der Untersuchungsteilnehmer zu einer Weiterentwicklung des Schulungskonzeptes führen. In zukünftigen Schulungsprojekten sollte die Dauer der Schulung verkürzt werden und unterstützendes Material in Form eines Trainingsmanuals bearbeitet werden, welches die Teilnehmer über die Studie hinaus bei ihrem selbstständigen Training unterstützt. Aufbauende Forschungsprojekte sollten in einem experimentellen Design durchgeführt werden, um die Gütekriterien des Schulungskonzeptes zu untersuchen. Weitere Maßnahmen sollten entwickelt werden, die vor allem jüngere MS-Betroffene ansprechen, um Sport nicht nur als therapeutische Intervention, sondern auch als präventive Maßnahme frühzeitig einsetzen zu können. Des Weiteren scheint die Aufklärung aller Beteiligten immens wichtig. Insbesondere im Internet kursieren mittlerweile zahlreiche Mythen und neu beworbene „Wundertrainingsangebote“, die allerdings jeglicher Evidenz entbehren. Nicht nur MS-Erkrankte sollten geschult und aufgeklärt werden, auch Angehörige, Therapeuten und Neurologen sollten die Therapieoption Sport bei MS kennen. Ein besonderes Augenmerk sollte hierbei auf die sichere Einschätzung von Belastungsgrenzen und die gezielte Weitergabe von Informationen zu Sport und Training an Betroffene gelegt werden.

II) Die Auswertung der qualitativen Daten aus Kersten et al. (2014b) zeigte darüber hinaus, dass die Teilnehmer auf unterschiedliche Weise motiviert und sporterfahren waren. Es liegt die Vermutung nahe, dass eine individuelle Vermittlungs- und Kommunikationsstrategie zu einem größeren Trainingserfolg hätte führen können. Solche Einflussfaktoren können sehr vielfältig sein, wobei die Ansprache innerhalb der Schulung nur einen Parameter berücksichtigt. Weitere Einflussfaktoren, die den Erfolg einer Schulungsmaßnahme bestimmen können, sind die individuell geforderte Informationsmenge, die angepasste Schulungsform (kompakt oder kontinuierlich), das Schulungsmaterial, die mögliche Über- oder Unterforderung des Einzelnen sowie die individuellen Rahmenbedingungen, die der Patient mit sich bringt, wie beispielsweise Mobilität, Selbstbewusstsein, Erfahrung, Motivation oder berufliche und familiäre Belastungen im Alltag. In zukünftigen Projekten sollten sich Forscher neben den Schulungsinhalten auch mit dem Profil der Patienten auseinandersetzen, um zielführend die passende Ansprache und Feedbackschleife für den jeweiligen MS-Betroffenen zu wählen. Die individuelle Erreichbarkeit von Schulungsteilnehmern wird nicht nur in der sportwissenschaftlichen und medizinischen Forschung, sondern auch in zahlreichen weiteren Forschungs- und Unternehmensbereichen wie der betrieblichen Gesundheitsförderung, der Unternehmensberatung oder der Marktforschung diskutiert. Ein bereits sporterfahrener und hoch motivierter MS-Patient wird

von einer anderen Ansprache innerhalb einer sportorientierten Schulungsmaßnahme profitieren als ein ängstlicher sportunerfahrener MS-Patient mit hohem Sturzrisiko. Bei der Weiterentwicklung der Schulungsmaßnahme sollten solche Patientenprofile berücksichtigt und eventuelle Prädiktoren erfasst werden, die durch vorherige Charakterisierung zur Wahl der passenden Vermittlungs- und Kommunikationsstrategie führen.

III) Der gesamte Trainings- und Schulungsansatz, welcher in der vorliegenden Synopsis schwerpunktmäßig erörtert wurde, ist übertragbar auf weitere neurotraumatische (z.B. spinale Läsion) und neurodegenerative (z.B. Morbus Parkinson) Krankheitsbilder. In zukünftigen Forschungsprojekten sollte das Konzept einer sportorientierten Patientenschulung auf weitere neurologische Krankheitsbilder unter Berücksichtigung von Gemeinsamkeiten und Unterschieden innerhalb der jeweiligen Krankheitsausprägung, Symptomatik und Erscheinungsform angepasst und angewendet werden. Svensson et al. (2014) bezeichnen sportliches Training in ihrem narrativen Überblicksbeitrag als einen Grundpfeiler im Management neurodegenerativer Krankheitsbilder. Allerdings sind bis heute die genauen Belastungskennziffern ungeklärt. Es gibt gute Hinweise darauf, dass die Bewegungsform bei einer neurodegenerativen Erkrankung besonders entscheidend ist und vor allem reflexbasierte Bewegungsformen (wie Laufbewegungen) mit resultierender vermehrter Freisetzung neurotropher Faktoren eine biopositive Wirkung aufzeigen (Vaynmann & Gomez-Pinilla, 2005). Die Wirkungen dieser biochemischen Reaktionen wurden umfangreich – u.a. auf tierexperimenteller Basis – untersucht. Dennoch sollten weitere Studien sowohl im Tier- als auch im Menschenmodell durchgeführt werden mit dem Ziel, die optimalen Belastungskennziffern zu erforschen, um den bestmöglichen therapeutischen Effekt für Personen mit einer neurodegenerativen Erkrankung zu gewährleisten.

Das Potenzial von Sport in der Neurorehabilitation ist nur dann langfristig hoch, wenn diejenigen Kompetenzen auf den Trainierenden übertragen werden, die ihn befähigen Entscheidungen zum eigenen Training zu treffen. Daher liegt der Schwerpunkt dieses sportorientierten Schulungskonzepts auf der Individualität des Patienten. Die Schulung und Ausbildung von Patienten stellt ein sinnvolles und erfolgsversprechendes Konzept dar, um Trainingskompetenzen von Betroffenen zu fördern und ihnen eine Befreiung aus der passiven Rolle zu ermöglichen: *„[...] es ist ein sehr, sehr wichtiger Einschnitt aus der passiven Patientenrolle in eine etwas aktivere Rolle auch der Krankheit gegenüber [...]. Das sind ja natürlich nur Sekundärsachen, aber die sind so wesentlich, kippe ich beim Schuhe binden um oder nicht. Kann ich bei einer Party stehen oder nicht oder kann ich, [...] irgendwelche*

Tanzschritte mit jemandem [...] wagen und so, also das sind echte, massive Veränderungen. Also die natürlich nichts an der Erkrankung an und für sich, aber an den Folgen ändern können [...]“ (Proband Nr. 19)⁴. Perspektivisch sollte die Forschung nach Auswirkungen von Training und Schulung auf motorische, klinische und psychologische Parameter bei Personen mit MS um die Auswirkungen auf soziale Parameter erweitert werden.

⁴ Zitat aus der qualitativen Analyse von Kersten et al. (2014b): Proband Nr. 19, Zeitpunkt des Interviews T₂ (#00:41:59-4#).

Literaturverzeichnis

- Abu-Omar, K., & Rütten, A. (2006). Sport oder körperliche Aktivität im Alltag? *Bundesgesundheitsblatt - Gesundheitsforschung - Gesundheitsschutz*, 49(11), 1162–1168.
- Adamson, B. C., Ensari, I., & Motl, R. W. (2015). Effect of Exercise on Depressive Symptoms in Adults With Neurologic Disorders: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Archives of physical medicine and rehabilitation*. In press.
- Adlard, P. A., & Cotman, C. W. (2004). Voluntary exercise protects against stress-induced decreases in brain-derived neurotrophic factor protein expression. *Neuroscience*, 124(4), 985–992.
- Aguirre-Cruz, L., Flores-Rivera, J., La Cruz-Aguilera, D. L. de, Rangel-López, E., & Corona, T. (2011). Multiple sclerosis in Caucasians and Latino Americans. *Autoimmunity*, 44(7), 571–575.
- Aigner, A. (2005). Sport und Bewegung im Alter. In R. Likar, G. Bernatzky, W. Pipam, H. Janig, & A. Sadjak (Hrsg.), *Lebensqualität im Alter. Therapie und Prophylaxe von Altersleiden* (S.281-290). Wien: Springer Verlag.
- American Thoracic Society. (2002). ATS Statement. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 166(1), 111–117.
- Andreasen, A., Stenager, E., & Dalgas, U. (2011). The effect of exercise therapy on fatigue in multiple sclerosis. *Multiple Sclerosis Journal*, 17(9), 1041–1054.
- Andreassen, C. S., Jakobsen, J., Flyvbjerg, A., & Andersen, H. (2009). Expression of neurotrophic factors in diabetic muscle--relation to neuropathy and muscle strength. *Brain*, 132(10), 2724–2733.
- Antonovsky, A. (1979). *Health, stress, and coping: New perspectives on mental and physical well-being*. San Francisco: Jossey-Bass.
- Arutyunyan, G. H., Gurfinkel, V. S., & Mirskii, M. L. (1968). Investigation of aiming at a target. *Biophysics*, 14, 1162-1167.
- Azoulay, D., Vachapova, V., Shihman, B., Miler, A., & Karni, A. (2005). Lower brain-derived neurotrophic factor in serum of relapsing remitting MS: reversal by glatiramer acetate. *Journal of neuroimmunology*, 167(1-2), 215–218.
- Azoulay, D., Urshansky, N., & Karni, A. (2008). Low and dysregulated BDNF secretion from immune cells of MS patients is related to reduced neuroprotection. *Journal of neuroimmunology*, 195(1-2), 186–193.
- Bandura, A. (1977). Self-efficacy: toward a unifying theory of behavioural change. *Psychological Review*, 84(2), 191-215

- Banzer, W., Knoll, M., & Bös, K. (1998). Sportliche Aktivität und physische Gesundheit. In: K. Bös, & W. Brehm (Hrsg.), *Gesundheitssport: Ein Handbuch* (S. 17-32). Schorndorf: Hofmann.
- Beckerman, H., Groot, V. de, Scholten, M. A., Kempen, J. C., & 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.
- Berg, K. O., Wood-Dauphinee, S. L., Williams, J. I., & Maki, B. (1992). Measuring balance in the elderly: validation of an instrument. *Canadian journal of public health = Revue canadienne de santé publique*, 83(Suppl. 2), S7-11.
- Berg, K., Wood-Dauphinee, S., & Williams, J. I. (1995). The Balance Scale: reliability assessment with elderly residents and patients with an acute stroke. *Scandinavian journal of rehabilitation medicine*, 27(1), 27–36.
- Bjarnason-Wehrens, B., Schulz, O., Gielen, S., Halle, M., Dürsch, M., Hambrecht, R., et al. (2009). Leitlinie körperliche Aktivität zur Sekundärprävention und Therapie kardiovaskulärer Erkrankungen. *Clinical Research in Cardiology Supplements*, 4(S3), 1–44.
- Bogle Thorbahn, L. D., & Newton, R. A. (1996). Use of the Berg Balance Test to predict falls in elderly persons. *Physical therapy*, 76(6), 576-583; discussion 584-585.
- Boosman, H., Visser-Meily, J. M. A., Meijer, J.-W. G., Elsinga, A., & Post, M. W. M. (2011). Evaluation of change in fatigue, self-efficacy and health-related quality of life, after a group educational intervention programme for persons with neuromuscular diseases or multiple sclerosis: a pilot study. *Disability and Rehabilitation*, 33(8), 690–696.
- Bouchard, C., & Shephard, R.J. (1994). Physical activity, fitness and health: The model and key concepts. In: C. Bouchard, R.J. Shephard, & T. Stephens (Eds.), *Physical activity, fitness and health: International proceedings and consensus statement* (S. 11-20). Champaign, IL: Human Kinetics Publishers.
- Brehm, W. (2002). *Gesundheitssportprogramme in Deutschland: Analysen und Hilfen zum Qualitätsmanagement für Sportverbände, Sportvereine und andere Anbieter von Gesundheitssport. Reihe "Sport": Vol. 13*. Schorndorf: Hofmann.
- Brown, S. A., Garcia, A. A., Kouzekanani, K., & Hanis, C. L. (2002). Culturally competent diabetes self-management education for Mexican Americans: the Starr County border health initiative. *Diabetes care*, 25(2), 259–268.
- Brown, C. A. (2006). The application of complex adaptive systems theory to clinical practice in rehabilitation. *Disability & Rehabilitation*, 28(9), 587–593.
- Carter P., & White C.M. (2003). The effect of general exercise training on effort of walking in patients with multiple sclerosis. *14th International World Confederation for Physical Therapy, Barcelona*, RR-PL-1517.

- Chao, M. J., Ramagopalan, S. V., Herrera, B. M., Orton, S. M., Handunnetthi, L., Lincoln, M. R., et al. (2011). MHC transmission: Insights into gender bias in MS susceptibility. *Neurology*, *76*(3), 242–246.
- Cheng, Q., Miao, L., Zhang, J., Ding, S.-J., Liu, Z.-G., Wang, X., et al. (2007). A population-based survey of multiple sclerosis in Shanghai, China. *Neurology*, *68*(18), 1495–1500.
- Chiu, A. Y. Y., Au-Yeung, S. S. Y., & Lo, S. K. (2003). A comparison of four functional tests in discriminating fallers from non-fallers in older people. *Disability and Rehabilitation*, *25*(1), 45–50.
- Cohen, A. D., Tillerson, J. L., Smith, A. D., Schallert, T., & Zigmond, M. J. (2003). Neuroprotective effects of prior limb use in 6-hydroxydopamine-treated rats: possible role of GDNF. *Journal of neurochemistry*, *85*(2), 299–305.
- Cooney, G. M., Dwan, K., Greig, C. A., Lawlor, D. A., Rimer, J., Waugh, F. R., et al. (2013). Exercise for depression. *The Cochrane database of systematic reviews*, *9*, CD004366.
- Cox, K. L., Burke, V., Morton, A. R., Beilin, L. J., & Puddey, I. B. (2004). Independent and additive effects of energy restriction and exercise on glucose and insulin concentrations in sedentary overweight men. *The American journal of clinical nutrition*, *80*(2), 308–316.
- Cruz-Orengo, L., Daniels, B. P., Dorsey, D., Basak, S. A., Grajales-Reyes, J. G., McCandless, E. E., et al. (2014). Enhanced sphingosine-1-phosphate receptor 2 expression underlies female CNS autoimmunity susceptibility. *Journal of Clinical Investigation*, *124*(6), 2571–2584.
- Cuff, D. J., Meneilly, G. S., Martin, A., Ignaszewski, A., Tildesley, H. D., & Frohlich, J. J. (2003). Effective exercise modality to reduce insulin resistance in women with type 2 diabetes. *Diabetes care*, *26*(11), 2977–2982.
- Dalgas, U., Stenager, E., & Ingemann-Hansen, T. (2008). Multiple sclerosis and physical exercise: recommendations for the application of resistance-, endurance- and combined training. *Multiple sclerosis*, *14*(1), 35–53.
- Dalgas, U., Stenager, E., Jakobsen, J., Petersen, T., Hansen, H. J., Knudsen, C., et al. (2009a). Resistance training improves muscle strength and functional capacity in multiple sclerosis. *Neurology*, *73*(18), 1478–1484.
- Dalgas, U., Ingemann-Hansen, T., & Stenager, E. (2009b). Physical Exercise and MS Recommendations. *International MS journal / MS Forum*, *16*(1), 5–11.
- Dalgas, U., Stenager, E., Jakobsen, J., Petersen, T., Hansen, H. J., Knudsen, C., et al. (2010a). Fatigue, mood and quality of life improve in MS patients after progressive resistance training. *Multiple sclerosis*, *16*(4), 480–490.
- Dalgas, U., Stenager, E., Jakobsen, J., Petersen, T., Overgaard, K., & Ingemann-Hansen, T. (2010b). Muscle fiber size increases following resistance training in multiple sclerosis. *Multiple Sclerosis*, *16*(11), 1367–1376.

- DeBolt, L. S., & McCubbin, J. A. (2004). The effects of home-based resistance exercise on balance, power, and mobility in adults with multiple sclerosis. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 85(2), 290–297.
- Dettmers, C., Sulzmann, M., Ruchay-Plössl, A., Güttler, R., & Vieten, M. (2009). Endurance exercise improves walking distance in MS patients with fatigue. *Acta neurologica Scandinavica*, 120(4), 251–257
- DGN & KKNMS (2014). *Leitlinie zur Diagnose und Therapie bei MS*. Zugriff am 27.12.2014 unter http://www.dmsg.de/dokumentearchiv/dgnkknms_msll_20140423.pdf
- Dishman, R. K., Berthoud, H.-R., Booth, F. W., Cotman, C. W., Edgerton, V. R., Fleshner, M. R., et al. (2006). Neurobiology of exercise. *Obesity (Silver Spring, Md.)*, 14(3), 345–356.
- Dlugonski, D., Motl, R. W., & McAuley, E. (2011). Increasing physical activity in multiple sclerosis: replicating Internet intervention effects using objective and self-report outcomes. *Journal of Rehabilitation Research & Development*, 48(9), 1129–1136.
- Dlugonski, D., Joyce, R. J., & Motl, R. W. (2012). Meanings, motivations, and strategies for engaging in physical activity among women with multiple sclerosis. *Disability & Rehabilitation*, 34(25), 2148–2157.
- Dodd, K., Taylor, N., Shields, N., Prasad, D., McDonald, E., & Gillon, A. (2011). Progressive resistance training did not improve walking but can improve muscle performance, quality of life and fatigue in adults with multiple sclerosis: a randomized controlled trial. *Multiple Sclerosis Journal*, 17(11), 1362–1374.
- Döring, A., Paul, F., & Dörr, J. (2013). Vitamin D und Multiple Sklerose. *Der Nervenarzt*, 84(2), 173–189.
- Dunstan, D., Puddey, I., Beilin, L., Burke, V., Morton, A., & Stanton, K. (1998). Effects of a short-term circuit weight training program on glycaemic control in NIDDM. *Diabetes Research and Clinical Practice*, 40(1), 53–61.
- DVGS e.V. (2013). Definition Sport- und Bewegungstherapie. Zugriff am 03.01.2015 unter <http://www.dvgs.de/verband/sport-bewegungstherapie/definition.html>
- Ebers, G. C. (2008). Environmental factors and multiple sclerosis. *The Lancet Neurology*, 7(3), 268–277.
- Etemadifar, M., Sajjadi, S., Nasr, Z., Firoozeei, T. S., Abtahi, S.-H., Akbari, M., & Fereidan-Esfahani, M. (2013). Epidemiology of Multiple Sclerosis in Iran: A Systematic Review. *European Neurology*, 70(5-6), 356–363.
- Evans, C., Beland, S.-G., Kulaga, S., Wolfson, C., Kingwell, E., Marriott, J., et al. (2013). Incidence and prevalence of multiple sclerosis in the Americas: a systematic review. *Neuroepidemiology*, 40(3), 195–210.

- Faller, H., Reusch, A., & Meng, K. (2011). Innovative Schulungskonzepte in der medizinischen Rehabilitation. *Bundesgesundheitsblatt - Gesundheitsforschung - Gesundheitsschutz*, 54(4), 444–450.
- Feinstein, A., Magalhaes, S., Richard, J.-F., Audet, B., & Moore, C. (2014). The link between multiple sclerosis and depression. *Nature Reviews Neurology*, 10(9), 507–517.
- Finlayson, M. (2005). Pilot study of an energy conservation education program delivered by telephone conference call to people with multiple sclerosis. *NeuroRehabilitation*, 20(4), 267–277.
- Filipi, M. L., Kucera, D. L., Filipi, E. O., Ridpath, A. C., & Leuschen, M. P. (2011). Improvement in strength following resistance training in MS patients despite varied disability levels. *Neurorehabilitation*, 28(4), 373–382.
- Flachenecker, P., & Zettl, U. K. (2006). Epidemiologie. In: R. M. Schmidt & Hoffmann, F. A. (Hrsg.), *Multiple Sklerose* (S. 11-17). München: Elsevier Urban & Fischer.
- Flachenecker, P., Stuke, K., Elias, W., Freidel, M., Haas, J., Pitschnau-Michel, D., et al. (2008). Multiple sclerosis registry in Germany: results of the extension phase 2005/2006. *Deutsches Ärzteblatt international*, 105(7), 113–119.
- Flachenecker, P. (2010). Epidemiologie. In: C. Dettmers, O. Bülau & C. Weiller (Hrsg.), *Rehabilitation der Multiplen Sklerose* (S. 3-18). Hippocampus Verlag.
- Flachenecker, P. (2012). Autoimmune diseases and rehabilitation. *Autoimmunity reviews*, 11(3), 219–225.
- Fonseca, H., Moreira-Gonçalves, D., Coriolano, H.-J. A., & Duarte, J. A. (2014). Bone quality: the determinants of bone strength and fragility. *Sports medicine*, 44(1), 37–53.
- Fröhlich, M. (2009). Überlegungen zum Trainingsbegriff und zur Theorie des Trainings aus ökonomischer Perspektive. *Leipziger Sportwissenschaftliche Beiträge*, 51 (2), 8-35.
- Gallefoss, F., Bakke, P. S., & Kjærsgaard, P. (1999). Quality of Life Assessment after Patient Education in a Randomized Controlled Study on Asthma and Chronic Obstructive Pulmonary Disease. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 159(3), 812–817.
- Gehlen, W. (2010). *Neurologie* (12. Aufl.). Stuttgart: Thieme.
- Gelfand, J. M. (2014). Multiple sclerosis. In: D. Goodin (Hrsg.), *Multiple Sclerosis and Related Disorders* (S. 269–290). Amsterdam: Elsevier Science.
- Gibson, J. C., & Summers, G. D. (2011). Bone health in multiple sclerosis. *Osteoporosis International*, 22(12), 2935–2949.
- Goodin, D. (2014). Chapter 11 - The epidemiology of multiple sclerosis: insights to disease pathogenesis. In: D. Goodin (Hrsg.), *Multiple Sclerosis and Related Disorders* (S. 231-266). Amsterdam: Elsevier Science.

- Gold, S. M., O'Connor, M.-F., Gill, R., Kern, K. C., Shi, Y., Henry, R. G., et al. (2014). Detection of altered hippocampal morphology in multiple sclerosis-associated depression using automated surface mesh modeling. *Human Brain Mapping, 35*(1), 30–37.
- Gunter, K. B., White, K. N., Hayes, W. C., & Snow, C. M. (2000). Functional Mobility Discriminates Nonfallers From One-Time and Frequent Fallers. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences, 55*(11), M672.
- Gutzwiller, F. (1999). *Sozial- und Präventivmedizin, public health* (2. Aufl.). Bern, Göttingen, Toronto, Seattle: Huber.
- Gutiérrez, R. O., Galán Del Río, F., La Cano de Cuerda, R., Alguacil Diego, I. M., González, R. A., & Page, J. C. M. (2013). A telerehabilitation program by virtual reality-video games improves balance and postural control in multiple sclerosis patients. *NeuroRehabilitation, 33*(4), 545–554.
- Haas, C. T., Gröben, B., Schwed, M., Kersten, S., & Lohs, M. (2010a). Neurorehabilitation - eine multivariate Betrachtung: Zwischen biomechanischen Reaktionen, psychosozialen Architekturen und Verhaltensmodulation. *Internationale Zeitschrift für Philosophie und Psychosomatik, 2*(2), 1–18.
- Haas, C. T., Kersten, S., Lutz, C., & Schwed, M. (2010b). Deviance-based Gait Training in Multiple Sclerosis: 6th Congress of the European Interdisciplinary Society for Clinical and Sports Application - 2010. *Isokinetics and Exercise, 18*, 82–83.
- Hartung, H.-P., Aktas, O., Menge, T., & Kieseier, B.C. (2014). Chapter 1 - Immune regulation of multiple sclerosis. In: D. Goodin (Hrsg.), *Multiple Sclerosis and Related Disorders* (S. 3-14). Amsterdam: Elsevier Science.
- Hays, N. P., Starling, R. D., Liu, X., Sullivan, D. H., Trappe, T. A., Fluckey, J. D., & Evans, W. J. (2004). Effects of an ad libitum low-fat, high-carbohydrate diet on body weight, body composition, and fat distribution in older men and women: a randomized controlled trial. *Archives of internal medicine, 164*(2), 210–217.
- Heckhausen, H. (1987). Wünschen – Wählen – Wollen. In: H. Heckhausen, P. M. Gollwitzer, & F. E. Weinert (Hrsg.), *Jenseits des Rubikon: Der Wille in den Humanwissenschaften*. Springer: Berlin.
- Hedstrom, A. K., Sundqvist, E., Baarnhielm, M., Nordin, N., Hillert, J., Kockum, I., et al. (2011). Smoking and two human leukocyte antigen genes interact to increase the risk for multiple sclerosis. *Brain, 134*(3), 653–664.
- Heesen, C., Gold, S. M., Hartmann, S., Mladek, M., Reer, R., Braumann, K.-M., et al. (2003). Endocrine and cytokine responses to standardized physical stress in multiple sclerosis. *Brain, behavior, and immunity, 17*(6), 473–481.
- Hein, T., & Hopfenmüller, W. (2000). Hochrechnung der Zahl an Multiple Sklerose erkrankten Patienten in Deutschland [Projection of the number of multiple sclerosis patients in Germany]. *Der Nervenarzt, 71*(4), 288–294.

- Henze, T., Rieckmann, P., & Toyka, K. V. (2006). Symptomatic treatment of multiple sclerosis. Multiple Sclerosis Therapy Consensus Group (MSTCG) of the German Multiple Sclerosis Society. *European neurology*, 56(2), 78–105.
- Heran, B. S., Chen, J. M., Ebrahim, S., Moxham, T., Oldridge, N., Rees, K., et al. (2011). Exercise-based cardiac rehabilitation for coronary heart disease. *The Cochrane database of systematic reviews*, (7), CD001800.
- Herbourn, R. T., & Stergiou, N. (2009). Movement Variability and the Use of Nonlinear Tools: Principles to Guide Physical Therapist Practice. *Physical Therapy*, 89(3), 267–282.
- Hohmann, A., Lames, M., & Letzelter, M. (2007). *Einführung in die Trainingswissenschaft* (4. Aufl.). Wiebelsheim: Limpert.
- Holick, M. F. (2003). Vitamin D: A millenium perspective. *Journal of Cellular Biochemistry*, 88(2), 296–307.
- Howe, T. E., Shea, B., Dawson, L. J., Downie, F., Murray, A., Ross, C., et al. (2011). Exercise for preventing and treating osteoporosis in postmenopausal women. *The Cochrane database of systematic reviews*, (7), CD000333.
- Howells, D. W., Porritt, M. J., Wong, J. Y., Batchelor, P. E., Kalnins, R., Hughes, A. J., & Donnan, G. A. (2000). Reduced BDNF mRNA expression in the Parkinson's disease substantia nigra. *Experimental neurology*, 166(1), 127–135.
- Huber, M., Knottnerus, J. A., Green, L., Horst, H. v. d., Jadad, A. R., Kromhout, D., et al. (2011). How should we define health? *BMJ*, 343, d4163.
- Hugos, C., Copperman, L., Fuller, B., Yadav, V., Lovera, J., & Bourdette, D. (2010). Clinical trial of a formal group fatigue program in multiple sclerosis. *Multiple Sclerosis*, 16(6), 724–732.
- Huisinga, J. M., Filipi, M. L., & Stergiou, N. (2011). Elliptical exercise improves fatigue ratings and quality of life in patients with multiple sclerosis. *Journal of rehabilitation research and development*, 48(7), 881–890.
- Huisinga, J. M., Filipi, M. L., & Stergiou, N. (2012a). Supervised resistance training results in changes in postural control in patients with multiple sclerosis. *Motor control*, 16(1), 50–63.
- Huisinga, J. M., Yentes, J. M., Filipi, M. L., & Stergiou, N. (2012b). Postural control strategy during standing is altered in patients with multiple sclerosis. *Neuroscience letters*, 524(2), 124–128.
- Hurrelmann, K. (2000). *Gesundheitssoziologie: Eine Einführung in sozialwissenschaftliche Theorien von Krankheitsprävention und Gesundheitsförderung* (4. Aufl.). *Grundlagentexte Soziologie*. Weinheim [u.a.]: Juventa-Verl.

- Jaric, S., & Latash, M. L. (1999). Learning a pointing task with a kinematically redundant limb: Emerging synergies and patterns of final position variability. *Human Movement Science, 18*(6), 819–838.
- Jekauc, D., Rainer, M., & Woll, A. (2014). Zum Zusammenhang zwischen sportlicher Aktivität und habitueller Gesundheit und ihrer Wirkungsrichtung. In S. Becker (Hrsg.), *Aktiv und Gesund? Interdisziplinäre Perspektiven auf den Zusammenhang zwischen Sport und Gesundheit* (S. 17-34). Wiesbaden: Springer VS.
- Kasser, S., & McCubbin, J. A. (1996). Effects of progressive resistance exercise on muscular strength in adults with multiple sclerosis. *Medicine and Science in Sports and Exercise, 28*(5) (Supplement), 143.
- Kasser, S. L., & Kosma, M. (2012 Oct). Health beliefs and physical activity behavior in adults with multiple sclerosis. *Disability & Health Journal, 5*(4), 261–268.
- Kayes, N. M., McPherson, K. M., Schluter, P., Taylor, D., Leete, M., & Kolt, G. S. (2011). Exploring the facilitators and barriers to engagement in physical activity for people with multiple sclerosis. *Disability & Rehabilitation, 33*(12), 1043–1053.
- Kersten, S., Haas, C., Wydra, G., & Mahli, M. (2011). Längsschnittstudie zur Untersuchung der Nachhaltigkeit von selbstgesteuertem Training bei Multiple Sklerose Patienten: 42. Deutscher Sportärztekongress in Frankfurt am Main, Oktober 2011. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin, 62*(07-08), 240.
- Kersten, S., Mahli, M., Mai, C., Wydra, G., & Haas, C. (2012). Exercise behaviour in Multiple Sclerosis patients: 22nd Meeting of the European Neurological Society in Prague, June 2012. *Journal of Neurology, 259*(Suppl. 1), 57.
- Kersten, S., & Kirchner, M. (2013). Zur Veränderung der posturalen Kontrolle bei Multiple Sklerose Patienten. *Aktuelle Neurologie, 40*(03), 137–140.
- Kersten, S., Drosselmeyer, J., & Haas, C. (2013). Sustainable effects of a 12-week patient education programme in multiple sclerosis patients – a qualitative analysis: 23rd Meeting of the European Neurological Society in Barcelona, June 2013. *Journal of Neurology, 260*(Suppl. 1), S98.
- Kersten, S., Mahli, M., & Haas, C. (2014a). Zum Sport- und Bewegungsverhalten von Multiple Sklerose-Patienten – eine explorative Analyse. *Aktuelle Neurologie, 41*(02), 100–106.
- Kersten, S., Mahli, M., Drosselmeyer, J., Lutz, C., Liebherr, M., Schubert, P., & Haas, C. T. (2014b). A Pilot Study of an Exercise-Based Patient Education Program in People with Multiple Sclerosis. *Multiple Sclerosis International, 2014*(1), 1–11.
- Kersten, S., Lutz, C., Drosselmeyer, J., Liebherr, M., & Schubert, P. (In press). Sport- und bewegungsorientierte Patientenschulungen für Personen mit Multiple Sklerose. *Aktuelle Neurologie*.

- Kingwell, E., van der Kop, M., Zhao, Y., Shirani, A., Zhu, F., Oger, J., & Tremlett, H. (2011). Relative mortality and survival in multiple sclerosis: findings from British Columbia, Canada. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*, 83(1), 61–66.
- Kira, J.-I. (2003). Multiple sclerosis in the Japanese population. *The Lancet Neurology*, 2(2), 117–127.
- Kirchner, M., Schubert, P., Schmidtbleicher, D., & Haas, C. (2012). Evaluation of the temporal structure of postural sway fluctuations based on a comprehensive set of analysis tools. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 391(20), 4692–4703.
- Kirchner, M. (2013). *Characterising postural sway fluctuations in humans using linear and nonlinear methods*. Unveröffentlichte Dissertation, Goethe-Universität Frankfurt am Main.
- Knöchel, C., Oertel-Knöchel, V., O'Dwyer, L., Prvulovic, D., Alves, G., Kollmann, B., & Hampel, H. (2012). Cognitive and behavioural effects of physical exercise in psychiatric patients. *Progress in Neurobiology*, 96(1), 46–68.
- Koch-Henriksen, N., & Sørensen, P. S. (2010). The changing demographic pattern of multiple sclerosis epidemiology. *The Lancet Neurology*, 9(5), 520–532.
- Kurtzke, J. F. (1983). Rating neurologic impairment in multiple sclerosis: an expanded disability status scale (EDSS). *Neurology*, 33(11), 1444–1452.
- Kurtzke, J. F. (1993). Epidemiologic evidence for multiple sclerosis as an infection. *Clinical microbiology reviews*, 6(4), 382–427.
- Kurtzke, J. F. (2000). Multiple sclerosis in time and space--geographic clues to cause. *Journal of neurovirology*, 6(Suppl. 2), S134-40.
- Kutzelnigg, A., & Lassmann, H. (2014). Chapter 2 – Pathology of multiple sclerosis and related inflammatory demyelinating diseases. In D. Goodin (Hrsg.), *Multiple Sclerosis and Related Disorders* (S. 15-58). Amsterdam: Elsevier Science.
- Labrecque, M., Rabhi, K., Laurin, C., Favreau, H., Moullec, G., Lavoie, K., & Julien, M. (2011). Can a self-management education program for patients with chronic obstructive pulmonary disease improve quality of life? *Canadian respiratory journal: journal of the Canadian Thoracic Society*, 18(5), e77-81.
- Langer, H. (1997). Rheumatologische Patientenschulung und Ergebnisqualität. *Aktuelle Rheumatologie*, 22(S 1), S47.
- Le Page, C., Ferry, A., & Rieu, M. (1994). Effect of muscular exercise on chronic relapsing experimental autoimmune encephalomyelitis. *Journal of applied physiology*, 77(5), 2341–2347.
- Le Page, C., Bourdoulous, S., Beraud, E., Couraud, P. O., Rieu, M., & Ferry, A. (1996). Effect of physical exercise on adoptive experimental auto-immune encephalomyelitis

- in rats. *European Journal of Applied Physiology & Occupational Physiology*, 73(1-2), 130–135.
- Lim, S. S., Vos, T., Flaxman, A. D., Danaei, G., Shibuya, K., Adair-Rohani, H., et al. (2012). A comparative risk assessment of burden of disease and injury attributable to 67 risk factors and risk factor clusters in 21 regions, 1990–2010: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2010. *The Lancet*, 380(9859), 2224–2260.
- Loosch, E. (1995). Funktionelle Variabilität im Dartwurf. *Sportwissenschaft*, 25(4), 417-425.
- Lüllmann-Rauch, R. (2009). *Taschenlehrbuch Histologie: 10 Tabellen* (3. Aufl.). *Taschenlehrbuch*. Stuttgart, New York, NY: Thieme.
- Marrie, R. A., Cutter, G., Tyry, T., & Vollmer, T. (2009). A cross-sectional study of bone health in multiple sclerosis. *Neurology*, 73(17), 1394–1398.
- Maiorana, A., O'Driscoll, G., Goodman, C., Taylor, R., & Green, D. (2002). Combined aerobic and resistance exercise improves glycemic control and fitness in type 2 diabetes. *Diabetes research and clinical practice*, 56(2), 115–123.
- Mathiowetz, V. G., Finlayson, M. L., Matuska, K. M., Chen, H. Y., & Luo, P. (2005). Randomized controlled trial of an energy conservation course for persons with multiple sclerosis. *Multiple Sclerosis*, 11(5), 592–601.
- Mathiowetz, V. G., Matuska, K. M., Finlayson, M. L., Luo, P., & Chen, H. Y. (2007). One-year follow-up to a randomized controlled trial of an energy conservation course for persons with multiple sclerosis. *International journal of rehabilitation research. Internationale Zeitschrift für Rehabilitationsforschung. Revue internationale de recherches de réadaptation*, 30(4), 305–313.
- McDonald, W. I., Compston, A., Edan, G., Goodkin, D., Hartung, H. P., Lublin, F. D., et al. (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.
- Mills, N., & Allen, J. (2000). Mindfulness of movement as a coping strategy in multiple sclerosis. A pilot study. *General hospital psychiatry*, 22(6), 425–431.
- Molteni, R., Zheng, J.-Q., Ying, Z., Gómez-Pinilla, F., & Twiss, J. L. (2004). Voluntary exercise increases axonal regeneration from sensory neurons. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 101(22), 8473–8478.
- Mostert, S., & Kesselring, J. (2002). Effects of a short-term exercise training program on aerobic fitness, fatigue, health perception and activity level of subjects with multiple sclerosis. *Multiple sclerosis*, 8(2), 161–168.
- Motl, R. W., McAuley, E., & Snook, E. M. (2005). Physical activity and multiple sclerosis: a meta-analysis. *Multiple sclerosis*, 11(4), 459–463.

- Motl, R. W., Arnett, P. A., Smith, M. M., Barwick, F. H., Ahlstrom, B., & Stover, E. J. (2008). Worsening of symptoms is associated with lower physical activity levels in individuals with multiple sclerosis. *Multiple Sclerosis*, *14*(1), 140–142.
- Motl, R. W., & Gosney, J. L. (2008). Effect of exercise training on quality of life in multiple sclerosis: a meta-analysis. *Multiple sclerosis*, *14*(1), 129–135.
- 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.
- Motl, R. W., Dlugonski, D., Wojcicki, T. R., McAuley, E., & Mohr, D. C. (2011). Internet intervention for increasing physical activity in persons with multiple sclerosis. *Multiple Sclerosis*, *17*(1), 116–128.
- Motl, R. W., & Pilutti, L. A. (2012). The benefits of exercise training in multiple sclerosis. *Nature Reviews Neurology*, *8*(9), 487–497.
- Mourier, A., Gautier, J. F., Kerviler, E. de, Bigard, A. X., Villette, J. M., Garnier, J. P., et al. (1997). Mobilization of visceral adipose tissue related to the improvement in insulin sensitivity in response to physical training in NIDDM. Effects of branched-chain amino acid supplements. *Diabetes care*, *20*(3), 385–391.
- Murray, T. J. (2005). *Multiple sclerosis: The history of a disease*. New York: Demos.
- Multiple Sclerosis International Federation (2013). *Atlas of MS 2013*. Zugriff am 27.12.2014 unter <http://www.msif.org/wp-content/uploads/2014/09/Atlas-of-MS.pdf>
- Naci, H., & Ioannidis, J. P. A. (2013). Comparative effectiveness of exercise and drug interventions on mortality outcomes: metaepidemiological study. *BMJ*, *347*(oct01 1), f5577.
- Newell, K. M., van Emmerik, R. E., Lee, D., & Sprague, R. L. (1993). On postural stability and variability. *Gait & Posture*, *1*(4), 225–230.
- Nieman, D. C. (2000). Special feature for the Olympics: effects of exercise on the immune system: exercise effects on systemic immunity. *Immunology and cell biology*, *78*(5), 496–501.
- Nieman, D. C., Johanssen, L. M., Lee, J. W., & Arabatzis, K. (1990). Infectious episodes in runners before and after the Los Angeles Marathon. *The Journal of sports medicine and physical fitness*, *30*(3), 316–328.
- Nofuji, Y., Suwa, M., Moriyama, Y., Nakano, H., Ichimiya, A., Nishichi, R., et al. (2008). Decreased serum brain-derived neurotrophic factor in trained men. *Neuroscience letters*, *437*(1), 29–32.
- Pahmeier I (2006). Barrieren vor und Bindung an gesundheitssportliche Aktivität. In: K. Bös, & W. Brehm (Hrsg). *Handbuch Gesundheitssport* (S. 222-236). Schorndorf: Hofman.
- Paltamaa, J., Sjögren, T., Peurala, S. H., & 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: official journal of the UEMS European Board of Physical and Rehabilitation Medicine*, 44(10), 811–823.
- Pape, H.-C., Kurtz, A., & Silbernagl, S. (Hrsg.) (2014). *Physiologie* (7. Aufl.). Stuttgart: Georg Thieme.
- Parain, K., Murer, M. G., Yan, Q., Faucheux, B., Agid, Y., Hirsch, E., & Raisman-Vozari, R. (1999). Reduced expression of brain-derived neurotrophic factor protein in Parkinson's disease substantia nigra. *Neuroreport*, 10(3), 557–561.
- Pedersen, B. K., & Saltin, B. (2006). Evidence for prescribing exercise as therapy in chronic disease. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 16(Suppl. 1), 3–63.
- 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.
- Peters, S., Pfeifer, K., & Tallner, A. (2013). Patientenschulung zu körperlicher Aktivität und Training bei Multipler Sklerose (PakT-MS). *B&G Bewegungstherapie und Gesundheitssport*, 29(05), 216–222.
- Petersen, G., Wittmann, R., Arndt, V., & Göppfarth, D. (2014). Epidemiologie der Multiplen Sklerose in Deutschland. *Der Nervenarzt*, 85(8), 990–998.
- Plsek, P. E., & Greenhalgh, T. (2001). The challenge of complexity in health care. *BMJ*, 323, 625–8.
- Podsiadlo, D., & Richardson, S. (1991). The timed "Up & Go": a test of basic functional mobility for frail elderly persons. *Journal of the American Geriatrics Society*, 39(2), 142–148.
- Polman, C. H., Reingold, S. C., Banwell, B., Clanet, M., Cohen, J. A., Filippi, M., et al. (2011). Diagnostic criteria for multiple sclerosis: 2010 Revisions to the McDonald criteria. *Annals of Neurology*, 69(2), 292–302.
- Polman, C. H., Reingold, S. C., Edan, G., Filippi, M., Hartung, H.-P., Kappos, L., et al. (2005). Diagnostic criteria for multiple sclerosis: 2005 revisions to the "McDonald Criteria". *Annals of neurology*, 58(6), 840–846.
- Prochaska, J.O., & DiClemente, C.C. (1984). *The transtheoretical approach: Crossing traditional boundaries of change*. Homewood: Dorsey Press.
- Prochaska, J. O., & Velicer, W. F. (1997). The Transtheoretical Model of Health Behavior Change. *American Journal of Health Promotion*, 12(1), 38–48.
- Rampello, A., Franceschini, M., Piepoli, M., Antenucci, R., Lenti, G., Olivieri, D., & Chetta, A. (2007). Effect of aerobic training on walking capacity and maximal exercise tolerance in patients with multiple sclerosis: a randomized crossover controlled study. *Physical therapy*, 87(5), 545–555.

- Rasminsky, M. (1973). The effects of temperature on conduction in demyelinated single nerve fibers. *Archives of neurology*, 28(5), 287–292.
- Rietberg, M. B., Brooks, D., Uitdehaag, B. M., & Kwakkel, G. (2005). Exercise therapy for multiple sclerosis. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 1(1), CD003980.
- Rodgers, M. M., Mulcare, J. A., King, D. L., Mathews, T., Gupta, S. C., & Glaser, R. M. (1999). Gait characteristics of individuals with multiple sclerosis before and after a 6-month aerobic training program. *Journal of rehabilitation research and development*, 36(3), 183–188.
- Romberg, A., Virtanen, A., Ruutiainen, J., Aunola, S., Karppi, S.-L., Vaara, M., et al. (2004). Effects of a 6-month exercise program on patients with multiple sclerosis: a randomized study. *Neurology*, 63(11), 2034–2038.
- Romberg, A., Virtanen, A., & Ruutiainen, J. (2005). Long-term exercise improves functional impairment but not quality of life in multiple sclerosis. *Journal of neurology*, 252(7), 839–845.
- Rosati, G. (2001). The prevalence of multiple sclerosis in the world: an update. *Neurological sciences : official journal of the Italian Neurological Society and of the Italian Society of Clinical Neurophysiology*, 22(2), 117–139.
- Röthig, P., & Prohl, R. (2003a). Sport. In: Röthig & Prohl, *Sportwissenschaftliches Lexikon* (7. völlig neu bearb. Aufl.), Bd 45/50: Beiträge zu Lehre und Forschung im Sport (S. 493-495). Schorndorf: Hofmann.
- Röthig, P. & Prohl, R. (2003b). Gesundheitssport. In: Röthig & Prohl, *Sportwissenschaftliches Lexikon* (7. völlig neu bearb. Aufl.), Bd 45/50: Beiträge zu Lehre und Forschung im Sport (S. 226). Schorndorf: Hofmann.
- Röthig, P. & Prohl, R. (2003c). Training. In: Röthig & Prohl, *Sportwissenschaftliches Lexikon* (7. völlig neu bearb. Aufl.), Bd 45/50: Beiträge zu Lehre und Forschung im Sport (S. 60 f.). Schorndorf: Hofmann.
- Röthig, P. & Prohl, R. (2003d). Trainingstherapie, medizinische. In: Röthig & Prohl, *Sportwissenschaftliches Lexikon* (7. völlig neu bearb. Aufl.), Bd 45/50: Beiträge zu Lehre und Forschung im Sport (S. 616). Schorndorf: Hofmann.
- Russo-Neustadt, A., Ha, T., Ramirez, R., & Kesslak, J. P. (2001). Physical activity-antidepressant treatment combination: impact on brain-derived neurotrophic factor and behavior in an animal model. *Behavioural brain research*, 120(1), 87–95.
- Sabapathy, N. M., Minahan, C. L., Turner, G. T., & Broadley, S. A. (2011). Comparing endurance- and resistance-exercise training in people with multiple sclerosis: a randomized pilot study. *Clinical rehabilitation*, 25(1), 14–24.
- Sallis, J. F., & Owen, N. (1999). *Physical activity & behavioral medicine. Behavioral medicine and health psychology series: Vol. 3*. Thousand Oaks, Calif: Sage Publications.

- Salzer, J., Hallmans, G., Nystrom, M., Stenlund, H., Wadell, G., & Sundstrom, P. (2012). Vitamin D as a protective factor in multiple sclerosis. *Neurology*, 79(21), 2140–2145.
- Sarchielli, P., Greco, L., Stipa, A., Floridi, A., & Gallai, V. (2002 Nov). Brain-derived neurotrophic factor in patients with multiple sclerosis. *Journal of Neuroimmunology*, 132(1-2), 180–188.
- Sauter, C., Zebenholzer, K., Hisakawa, J., Zeitlhofer, J., & Vass, K. (2008). A longitudinal study on effects of a six-week course for energy conservation for multiple sclerosis patients. *Multiple Sclerosis*, 14(4), 500–505.
- Schott, N., & Kurz, A. (2008). Stürze bei älteren Erwachsenen: Risikofaktoren –Assessment – Prävention. Ein Review. *Zeitschrift für Sportpsychologie*, 15(2), 45-62.
- Schubert, P. (2013). Die Anwendung nichtlinearer Verfahren zur Charakterisierung der menschlichen Variabilität aus Zeitreihen. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 2013(05), 132–140.
- Schüle, K., & Huber, G. (2000). *Grundlagen der Sporttherapie, Prävention, ambulante und stationäre Rehabilitation*. München, Jena: Urban & Fischer.
- Schulz, K.-H., Gold, S. M., Witte, J., Bartsch, K., Lang, U. E., Hellweg, R., et al. (2004). Impact of aerobic training on immune-endocrine parameters, neurotrophic factors, quality of life and coordinative function in multiple sclerosis. *Journal of the neurological sciences*, 225(1-2), 11–18.
- Schwed, M., Kersten, S., Scholl, N., & Haas, C. (2009). Assessment von neurologischen Gangstörungen. *Bewegungstherapie & Gesundheitssport*, 25(1), 1–19.
- Shaw, K., Gennat, H., O'Rourke, P., & Del Mar, C. (2006). Exercise for overweight or obesity. *The Cochrane database of systematic reviews*, (4), CD003817.
- Shevil, E., & Finlayson, M. (2010). Pilot study of a cognitive intervention program for persons with multiple sclerosis. *Health Education Research*, 25(1), 41–53.
- Smith, M. A., Makino, S., Kvetnanský, R., & Post, R. M. (1995). Effects of stress on neurotrophic factor expression in the rat brain. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 771, 234–239.
- Smith, R. M., Adeney-Steel, M., Fulcher, G., & Longley, W. A. (2006). Symptom change with exercise is a temporary phenomenon for people with multiple sclerosis. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 87(5), 723–727.
- Somerset, M., Campbell, R., Sharp, D. J., & Peters, T. J. (2001). What do people with MS want and expect from health-care services? *Health expectations : an international journal of public participation in health care and health policy*, 4(1), 29–37.
- Spirig, R., Fierz, K., Hasemann, W., & Vincenzi, C. (2007). Assessments als Grundlage für eine evidenzbasierte Praxis. *Pflege*, 20(4), 182–184.

- Statistisches Bundesamt Deutschland (2014). *Pressemitteilung Nr.421 vom 27.11.2014: Zahl der Todesfälle im Jahr 2013 um 2,8% gestiegen*. Zugriff am 26.01.2015 unter https://www.destatis.de/DE/PresseService/Presse/Pressemitteilungen/2014/11/PD14_421_232pdf.pdf?__blob=publicationFile
- Steffensen, L. H., Mellgren, S. I., & Kampman, M. T. (2010). Predictors and prevalence of low bone mineral density in fully ambulatory persons with multiple sclerosis. *Journal of Neurology*, 257(3), 410–418.
- Stergiou, N., & Decker, L. M. (2011). Human movement variability, nonlinear dynamics, and pathology: is there a connection? *Human movement science*, 30(5), 869–888.
- Stroud, N., Minahan, C., & Sabapathy, S. (2009). The perceived benefits and barriers to exercise participation in persons with multiple sclerosis. *Disability & Rehabilitation*, 31(26), 2216–2222.
- Stuke, K., Flachenecker, P., Zettl, U. K., Elias, W. G., Freidel, M., Haas, J., et al. (2009). Symptomatology of MS: results from the German MS Registry. *Journal of Neurology*, 256(11), 1932–1935.
- Surakka, J., Romberg, A., Ruutiainen, J., Aunola, S., Virtanen, A., Karppi, S.-L., & Mäentaka, K. (2004). Effects of aerobic and strength exercise on motor fatigue in men and women with multiple sclerosis: a randomized controlled trial. *Clinical rehabilitation*, 18(7), 737–746.
- Svensson, M., Lexell, J., & Deierborg, T. (2014). Effects of Physical Exercise on Neuroinflammation, Neuroplasticity, Neurodegeneration, and Behavior: What We Can Learn From Animal Models in Clinical Settings. *Neurorehabilitation and neural repair*. In Press.
- Tallner, A., & Pfeifer, K. (2008). Bewegungstherapie bei Multipler Sklerose - Wirkungen von körperlicher Aktivität und Training. *B&G Bewegungstherapie und Gesundheitssport*, 24(3), 102–108.
- Tallner, A., Mäurer, M., & Pfeifer, K. (2013a). Multiple Sklerose und körperliche Aktivität. *Der Nervenarzt*, 84(10), 1238–1244.
- Tallner, A., Tzschoppe, R., Peters, S., Mäurer, M. & Pfeifer, K. (2013b). Internetgestützte Bewegungsförderung bei Personen mit Multipler Sklerose [Web-based physical activity enhancement in persons with multiple sclerosis]. *Neurologie & Rehabilitation*, 19(1), 35–46.
- Taylor, N. F., Dodd, K. J., Prasad, D., & Denisenko, S. (2006). Progressive resistance exercise for people with multiple sclerosis. *Disability & Rehabilitation*, 28(18), 1119–1126.
- Techniker Krankenkasse (2013). *Beweg Dich, Deutschland! – TK-Studie zum Bewegungsverhalten der Menschen in Deutschland*. Zugriff am 17.04.2015 unter http://www.tk.de/centaurus/servlet/contentblob/568892/Datei/139517/TK_Studienband_zur_Bewegungsumfrage.pdf

- Thomas, D., Elliott, E. J., & Naughton, G. A. (2006). Exercise for type 2 diabetes mellitus. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 19(3), CD002968.
- Tillerson, J. L., Cohen, A. D., Philhower, J., Miller, G. W., Zigmond, M. J., & Schallert, T. (2001). Forced limb-use effects on the behavioral and neurochemical effects of 6-hydroxydopamine. *The Journal of Neuroscience*, 21(12), 4427–4435.
- Tillerson, J. L., Cohen, A. D., Caudle, W. M., Zigmond, M. J., Schaller, T., & Miller, G. W. (2002). Forced nonuse in unilateral parkinsonian rats exacerbates injury. *The Journal of Neuroscience*, 22(15), 6790-6799.
- Uthoff, W. (1890). Untersuchungen über die bei der multiplen Herdsklerose vorkonimenden Augenstörungen. *Archiv für Psychiatrie und Nervenkrankheiten*, 21(2), 305–410. doi:10.1007/BF02226770
- U.S. Department of Health and Human Services (1996). Physical Activity and Health: A Report of the Surgeon General. Atlanta, GA: U.S. Department of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention, National Center for Chronic Disease Prevention and Health Promotion.
- van den Berg, M. (2006). Treadmill training for individuals with multiple sclerosis: a pilot randomised trial. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*, 77(4), 531–533.
- Vaynman, S., & Gomez-Pinilla, F. (2005). License to run: exercise impacts functional plasticity in the intact and injured central nervous system by using neurotrophins. *Neurorehabilitation and neural repair*, 19(4), 283–295.
- Visser, J. E., Carpenter, M. G., van der Kooij H, & Bloem, B. R. (2008). The clinical utility of posturography. *Clinical Neurophysiology*, 119(11), 2424–2436.
- Volkamer, M. (1984). Zur Definition des Begriffs „Sport“. *Sportwissenschaft*, 14(2), 195-203.
- Vuori, I. (2004). Physical inactivity as a disease risk and health benefits of increased physical activity. In: P. Oja & J. Borms (Hrsg.), *Health enhancing physical activity (Perspectives the multidisciplinary series of physical education and sport science (Vol. 6)*. Oxford: Meyer & Meyer Sport.
- Waschbisch, A., Tallner, A., Pfeifer, K., & Mäurer, M. (2009). Multiple Sklerose und Sport: Auswirkungen körperlicher Aktivität auf das Immunsystem [Multiple sclerosis and exercise : effects of physical activity on the immune system]. *Der Nervenarzt*, 80(6), 688–692.
- Watson, T., & Mock, V. (2004). Exercise as an intervention for cancer-related fatigue. *Physical therapy*, 84(8), 736–743.
- Weinshenker, B. G. (1996). Epidemiology of multiple sclerosis. *Neurologic Clinics*, 14(2), 291–308.
- Weissert, R. (2013). The Immune Pathogenesis of Multiple Sclerosis. *Journal of Neuroimmune Pharmacology*, 8(4), 857–866.

- White, L. J., & Castellano, V. (2008). Exercise and brain health--implications for multiple sclerosis: Part 1--neuronal growth factors. *Sports medicine*, 38(2), 91–100.
- White, L. J., & Dressendorfer, R. H. (2004). Exercise and multiple sclerosis. *Sports Medicine*, 34(15), 1077–1100.
- White, L., McCoy, S., Castellano, V., Gutierrez, G., Stevens, J., Walter, G., & Vandenborne, K. (2004). Resistance training improves strength and functional capacity in persons with multiple sclerosis. *Multiple Sclerosis*, 10(6), 668–674.
- WHO (1948). Preamble to the Constitution of the World Health Organization as adopted by the International Health Conference, New York, 19 June - 22 July 1946; signed on 22 July 1946 by the representatives of 61 States (Official Records of the World Health Organization, no. 2, p. 100) and entered into force on 7 April 1948.
- WHO (1986). *The Ottawa Charter for Health Promotion*. Geneva, Switzerland: WHO.
- WHO (2008). *Atlas Multiple Sclerosis Resources in the World 2008*. Zugriff am 27.12.2014 unter http://msresearch.nl/sites/msresearch.nl/files/files/Atlas_of_MS_Report%5B1%5D.pdf
- WHO (2014). *Rehabilitation*. Zugriff am 22.12.2014 unter <http://www.who.int/topics/rehabilitation/en/>
- Wiendl, H., Kieseier, B. C., Gold, R., Hohlfeld, R., Bendszus, M., & Hartung, H.-P. (2006). Multiple Sklerose – Revision der neuen McDonald-Diagnosekriterien. *Der Nervenarzt*, 77(10), 1235–1245.
- Wiles, C. M. (2008). Physiotherapy and related activities in multiple sclerosis. *Multiple sclerosis*, 14(7), 863–871.
- Wittmann, N., Bernhörster, M., Vogt, L., & Banzer, W. (2011). Körperliche Aktivität bei Tumorerkrankungen – Was weiß der Patient? *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin* 67(5), 116-119.
- Woll, A., & Bös, K. (2004). Wirkungen von Gesundheitssport. *B&G Bewegungstherapie und Gesundheitssport*, 20(3), 97–106.
- Ying, Z., Roy, R. R., Edgerton, V. R., & Gómez-Pinilla, F. (2005). Exercise restores levels of neurotrophins and synaptic plasticity following spinal cord injury. *Experimental neurology*, 193(2), 411–419.