

Diplomarbeit

Trainingstherapie bei Morbus Parkinson

eingereicht von

Lena Steiger, BSc

zur Erlangung des akademischen Grades

Doktorin der gesamten Heilkunde

(Dr. med. univ.)

an der

Medizinischen Universität Graz

ausgeführt an der

Universitätsklinik für Neurologie

unter der Anleitung von

ao. Univ.-Prof. Mag. DDr. Carl Homann, PhD, MBA

Graz, am 31.01.2019

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre ehrenwörtlich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst habe, andere als die angegebenen Quellen nicht verwendet habe und die den benutzten Quellen wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Graz, am 31.01.2019

Lena Laetitia Steiger, eh

Vorwort

Ich möchte mich bei meinem Betreuer Professor Carl Homann bedanken, der mich insbesondere bei der Fertigstellung der Arbeit sehr unterstützt und mir mit fachlichen Ratschlägen und stets zeitnahen Rückmeldungen sehr geholfen hat. Es war nicht einfach, an der Medizinischen Universität Graz einen Betreuer zu finden, der sich dem Thema „Training als Therapie“, in diesem Fall der Trainingstherapie bei Morbus Parkinson, annimmt. Angesichts der wachsenden Kenntnis um die präventive und therapeutische Bedeutung von körperlicher Aktivität in der Medizin besteht die Hoffnung, dass das Forschungsfeld Trainingstherapie in Zukunft auch eine größere Rolle an der Medizinischen Universität Graz spielen wird.

Großer Dank gilt meinen Eltern, die mich auf meinem bisherigen Lebensweg immer unterstützt und begleitet haben und mir ermöglicht haben, zwei Studien, das Studium der Humanmedizin und das Studium der Sportwissenschaften, zu absolvieren. Weiters möchte ich mich auch bei allen anderen Familienmitgliedern und Freunden bedanken, die mir während meiner Studienzeit mit Rat und Tat zur Seite standen.

Zusammenfassung

Hintergrund: Die progressiv degenerative Erkrankung Morbus Parkinson ist eine der am häufigsten vorkommenden neurologischen Erkrankungen. Die typischen motorischen und nicht-motorischen Symptome können durch Pharmakotherapie und neurochirurgische Verfahren nur begrenzt kontrolliert werden. Eine additive Therapiemöglichkeit stellt die Trainingstherapie dar. Obwohl es zunehmend mehr Studien zur Trainingstherapie bei Morbus Parkinson gibt, sind konkrete Trainingsempfehlungen mit Angaben zu Trainingsart, Dauer und Intensität nur schwer zu finden.

Ziel: Das Ziel dieser Arbeit liegt in der Übersicht der aktuellen Interventionsstudien zur Trainingstherapie bei Morbus Parkinson und in der Erstellung von konkreten Trainingsempfehlungen.

Methoden: Im Februar 2018 wurde eine systematische Literatursuche von trainingstherapeutischen Interventionsstudien der letzten 10 Jahre in der Datenbank PubMed durchgeführt.

Ergebnisse: 28 Studien (mit insgesamt 1314 PatientInnen) mit verschiedenen Trainingsarten (Ausdauer, Kraft, Balance, Tai Chi etc.) wurden in dieser Arbeit inkludiert, wobei in 22 Studien Kraft- oder Ausdauertraining vorkamen. In 25 Studien wurden positive Effekte durch das Training erzielt. Mit Ausnahme von 4 Studien wurden ausschließlich PatientInnen mit mildem bis moderatem Schweregrad der Erkrankung (Hoehn und Yahr Stadium 1 bis 3) untersucht. Die Angaben zur Trainingsintensität wurden sehr heterogen beschrieben. In keiner Studie wurden schwerwiegende negative Begleiterscheinungen beschrieben.

Konklusion: Insgesamt scheint Trainingstherapie eine gesundheitlich sichere und effektive ergänzende Therapiemöglichkeit bei Morbus Parkinson darzustellen. Basierend auf den effektiven Trainingsprogrammen der inkludierten Studien können folgende Empfehlungen zur Therapie motorischer und einiger nicht-motorischer Symptome von Morbus Parkinson (im Hoehn und Yahr Stadium 1 bis 3) abgegeben werden: Pro Woche sollten 1) zwei Ausdauertrainingseinheiten zu je 30 bis 60 Minuten, 2) zwei Krafttrainingseinheiten und 3) zwei Einheiten Balancetraining oder zwei Tai Chi Einheiten durchgeführt werden. Zukünftige Studien sollten sich insbesondere mit unterschiedlichen Trainingsintensitäten und -formen (z.B.

Intervall- und Schnellkrafttraining) und den damit verbundenen physiologischen Adaptionsprozessen bei Morbus Parkinson befassen.

Abstract

Background: Morbus Parkinson is a progressive neurodegenerative disorder and is considered to be one of the most common neurological diseases. The treatment of typical motor and non-motor symptoms with pharmacological and neurosurgical interventions is limited to some extent. Exercise therapy represents a supplementary treatment option. Although there are more and more studies investigating exercise therapy in Parkinson's disease, there is a lack of precise recommendations on exercise modality, duration and intensity.

Objective: The objective of this study is to give an overview of current interventional studies on exercise therapy in Parkinson's disease and to develop precise exercise recommendations.

Methods: In February 2018 a systematic literature search of current interventional exercise studies in Parkinson's disease of the last ten years was performed using the database PubMed.

Results: Twenty-eight studies (with overall 1314 patients) with different exercise modalities (endurance, strength, balance, Tai Chi etc.) were included in this study, whereby 22 studies used endurance or strength training. Twenty-five studies reported positive effects of the intervention. Except for four studies only participants with mild to moderate disease severity (Hoehn and Yahr stage 1 to 3) were investigated. Data about exercise intensity was reported heterogeneously. No study reported severe negative side effects.

Conclusion: Overall, exercise therapy seems to be a safe and effective additional treatment option in Parkinson's disease. The following exercise recommendations are based on the effective exercise intervention programs of the included studies and are aimed to improve motor and some non-motor symptoms of Parkinson's disease (in Hoehn and Yahr stage 1 to 3): Per week people with Parkinson's disease should perform 1) two sessions of endurance training of 30 to 60 minutes duration per session, 2) two sessions of strength training and 3) two sessions of either balance training or Tai Chi. Future studies should focus on different exercise intensities and modalities (e.g. interval and power training) and the underlying physiological responses in Parkinson's disease.

Inhaltsverzeichnis

Vorwort.....	3
Zusammenfassung.....	4
Abstract.....	6
Inhaltsverzeichnis.....	7
Tabellenverzeichnis.....	9
Abbildungsverzeichnis.....	9
Abkürzungsverzeichnis	10
1. Einleitung	11
1.1. Morbus Parkinson	11
1.2. Bisherige Datenlage zu den trainingstherapeutischen Empfehlungen bei Morbus Parkinson.....	13
2. Methoden	16
2.1. Ein- und Ausschlusskriterien	18
2.2. Datenextraktion	19
3. Ergebnisse	21
3.1. Charakteristik der StudienteilnehmerInnen	21
3.2. Details der Studien.....	22
3.3. Primäre Outcome-Parameter	29
3.3.1. Ausdauertraining.....	31
3.3.2. Krafttraining	32
3.3.3. Balancetraining.....	33
3.3.4. Gemischtes Training und fernöstliche Trainingsarten.....	34
3.4. Details der effektiven Trainingsprogramme.....	35
3.4.1. Details der effektiven Ausdauertrainingsprogramme	44
3.4.2. Details der effektiven Krafttrainingsprogramme.....	45

3.4.3.	Details der effektiven Balancetrainingsprogramme.....	47
3.4.4.	Details der effektiven gemischten Trainingsprogramme und fernöstlichen Trainingsarten.....	48
3.5.	Nebenwirkungen des Trainings.....	49
3.6.	Supervision der Trainingseinheiten.....	50
3.7.	Komorbiditäten der StudienteilnehmerInnen.....	50
4.	Diskussion.....	51
4.1.	Allgemeine Ergebnisse.....	51
4.2.	Charakteristik der StudienteilnehmerInnen.....	54
4.3.	Ausdauertraining.....	56
4.4.	Krafttraining.....	59
4.5.	Balancetraining.....	63
4.6.	Gemischte Trainingsprogramme und fernöstliche Trainingsarten.....	64
4.7.	Weitere Aspekte der Trainingstherapie und Zukunft.....	65
5.	Trainingsempfehlungen bei Morbus Parkinson basierend auf den Ergebnissen der Literaturrecherche.....	66
6.	Zusammenfassung.....	69
	Literaturverzeichnis.....	70

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Datenbankrecherche in PubMed mit definierten Schlagwörtern	16
Tabelle 2: Deskriptive Daten der inkludierten Studien	25
Tabelle 3: Primäre Outcome-Parameter und Ergebnisse in Bezug auf die Trainingsart	29
Tabelle 4: Details der Trainingsprogramme der Studien mit positivem Effekt durch Ausdauertraining	36
Tabelle 5: Details der Trainingsprogramme der Studien mit positivem Effekt durch Krafttraining	38
Tabelle 6: Details der Trainingsprogramme der Studien mit positivem Effekt durch Balancetraining	41
Tabelle 7: Details der Trainingsprogramme der Studien mit positivem Effekt durch gemischtes Training oder ein fernöstliches Trainingsprogramm	42

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Flussdiagramm der Studienausswahl	17
Abbildung 2: Teilnehmerzahlen der inkludierten Studien	21
Abbildung 3: Interventionsdauer der inkludierten Studien	22
Abbildung 4: Anzahl der Trainingseinheiten pro Woche	23
Abbildung 5: Prozentuelle Verteilung der Trainingsarten in den Interventionsgruppen	24

Abkürzungsverzeichnis

1RM	One-Repetition-Maximum
6MWT	6-Minute Walking Test
BDNF	Brain derived neurotrophic factor
COMT-Hemmer	Catechol-O-Methyltransferase-Hemmer
FAB	Frontal Assessment Battery
HFmax	Maximale Herzfrequenz
HRR	Herzfrequenzreserve
MAO-B-Hemmer	Monoaminoxidase-B-Hemmer
MMSE	Mini Mental State Examination
NMDA-Antagonisten	N-Methyl-D-Aspartat-Rezeptorantagonisten
TUG	Timed Up and Go Test
UPDRS	Unified Parkinson's Disease Rating Scale
UPDRS III	Unified Parkinson's Disease Rating Scale – Motor Subscale
VO2max	Maximale Sauerstoffaufnahme
WHO	Weltgesundheitsorganisation

1. Einleitung

1.1. Morbus Parkinson

Ungefähr 0,2 Prozent der Gesamtbevölkerung leiden an Morbus Parkinson, wobei die Prävalenz in Nordamerika und Nordeuropa am höchsten ist (1). Männer und Frauen sind von der Erkrankung gleich häufig betroffen (1). Die ersten Symptome von Morbus Parkinson manifestieren sich zumeist in der sechsten Lebensdekade und nur zehn Prozent der Erkrankten sind jünger als 40 Jahre (1). Mit zunehmendem Alter steigt die Prävalenz an, wobei diese bei den über 60-Jährigen ein Prozent und bei den über 80-Jährigen bereits drei Prozent beträgt (2).

Die neurodegenerative Erkrankung Morbus Parkinson ist eine der am häufigsten vorkommenden neurologischen Erkrankungen. Pathogenetisch liegt der Erkrankung ein progredienter Verlust dopaminerger Neuronen in der Substantia nigra und anderen Kerngebieten des Mittelhirns und im Locus coeruleus zugrunde (3). Daraus resultiert die funktionelle Beeinträchtigung des nigrostriatalen extrapyramidalen Systems mit den klassischen Leitsymptomen Rigor, Tremor und Akinesie (3). Die Entstehungsmechanismen von Morbus Parkinson sind nach wie vor weitgehend ungeklärt (3).

Oft werden die bei Morbus Parkinson breitgefächerten Symptome in motorische und nicht-motorische Symptome eingeteilt. Zu den zahlreichen heterogenen nicht-motorischen Symptomen zählen neuropsychiatrische Auffälligkeiten wie Depression, kognitive Störungen und Demenz, sowie Schlafstörungen, gastrointestinale Störungen (z.B. Obstipation) und weitere Symptome wie Blasenfunktionsstörungen, orthostatische Dysregulation und Schwitzen (4). Häufig auftretende motorische Symptome sind Rigor, Tremor, Bradykinesie und Haltungsinstabilität, sowie Sprechstörungen, Mikrografie und reduzierte Mimik (1).

Eine der wesentlichen Behinderungen für Parkinsonkranke sind die generell verlangsamte Bewegungsgeschwindigkeit und die mit der Haltungsinstabilität verbundene erhöhte Fallneigung. Alltägliche kleinste Hindernisse wie

Gehsteigkanten oder Teppichfalten können bereits ein Problem darstellen (1). Besonders auffällig ist auch das typische Gangmuster mit kleinen, verkürzten Schritten und einer gebückten Haltung (1). Im weiteren Krankheitsverlauf kommt es oft zum sogenannten Freezing, dem Einfrieren des Ganges. Es wird dabei zwischen Starthemmung und der motorischen Bewegungsunfähigkeit bei laufender Bewegung unterschieden (5).

Die Erkrankung schreitet üblicherweise je nach Alter bei Erstmanifestation entweder langsamer, im Fall eines frühen Beginns oder schneller, bei spätem Beginn, voran (5). Die Symptomausprägung ist variabel und es werden verschiedene Verlaufstypen mit unterschiedlicher Prognose unterschieden. Für die Verlaufsbeurteilung der Erkrankung hat sich die Unified Parkinson's Disease Rating Scale (UPDRS) etabliert, die aus den folgenden vier Teilen besteht: 1) Kognition und Stimmung, 2) Aktivitäten des täglichen Lebens, 3) motorischer Gesamtbefund und 4) Komplikationen der Therapie (5). Die Skala wird in trainingstherapeutischen Studien oft als Outcome-Parameter verwendet. Eine andere häufig gebrauchte Skala ist die von 1 bis 5 reichende Hoehn und Yahr Skala, bei der in erster Linie der Behinderungsgrad erfasst wird (5): Grad I entspricht einer streng einseitigen Symptomatik mit minimaler oder keiner funktionellen Behinderung; Grad II einer bilateralen Beteiligung ohne Gleichgewichtsstörung, Grad III einer bilateralen Erkrankung mit leichter oder mäßiger Behinderung und gestörten posturalen Reflexen, wobei die Selbstständigkeit noch erhalten ist. Bei Grad IV besteht eine schwere Behinderung, stehen oder gehen ohne fremde Hilfe ist aber noch möglich; Grad V bedeutet Rollstuhlabhängigkeit oder Bettlägerigkeit.

Die symptomorientierten Behandlungsmöglichkeiten umfassen in erster Linie ein breites Spektrum an medikamentösen Therapien, weiters stehen chirurgische Verfahren zur Verfügung. Eine kausale Therapie gibt es bislang nicht. Zu den häufig eingesetzten Medikamenten zählen Levodopa (in Kombination mit einem Decarboxylasehemmer), Dopaminagonisten, MAO-B-Hemmer, COMT-Inhibitoren, NMDA-Antagonisten und Anticholinergika (6). Mit zunehmender Erkrankungsdauer treten die medikamentösen Komplikationen stärker in den Vordergrund. Nach langzeitiger Levodopa Therapie stellen motorische Fluktuationen und Dyskinesien ein großes Problem dar (5). Die oben genannten Medikamente zielen auf die

Reduktion der Kardinalsymptome ab. Der Ruhetremor lässt sich dabei am schlechtesten beeinflussen (1). Chirurgische Verfahren werden bei medikamentös therapieresistenten Verläufen eingesetzt. Zu ihnen zählen die tiefe Hirnstimulation und ablative Eingriffe (4). Aufgrund der nur beschränkten Wirksamkeit von medikamentösen und chirurgischen Therapieverfahren entstand in den letzten zehn Jahren zunehmendes Interesse an trainingstherapeutischen Behandlungskonzepten.

1.2. Bisherige Datenlage zu trainingstherapeutischen Empfehlungen bei Morbus Parkinson

In den Leitlinien zur Behandlung der Parkinson-Krankheit der Österreichischen Parkinson Gesellschaft (7) wird betont, dass in allen Krankheitsphasen nicht-medikamentöse therapeutische Maßnahmen wie Sport, Physiotherapie und Heilgymnastik wichtig sind. Konkrete Empfehlungen gibt es jedoch keine. Die Deutsche Gesellschaft für Neurologie hebt in den Leitlinien für die Behandlung des Idiopathischen Parkinson-Syndroms (6) hervor, dass Parkinsonkranke unabhängig vom Schweregrad der Erkrankung einen Zugang zu physiotherapeutischer Behandlung haben sollten. In den Leitlinien wird angemerkt, dass genügend Evidenz zur Effektivität von physiotherapeutischen Maßnahmen bei Morbus Parkinson vorliegt. Die Therapieinhalte bzw. -ziele sind grob angegeben: Verbesserung bzw. Erhalt des Gleichgewichts, der aeroben Kapazität, der Bewegungsamplituden, der Bewegungsinitiierung, sowie der Mobilität und Selbstständigkeit bei Aktivitäten des täglichen Lebens. Des Weiteren sollen Gangtraining, Kraft- und Dehnungsübungen durchgeführt und Bewegungsstrategien trainiert werden. Es wird darauf hingewiesen, dass die Inhalte mittels diverser Sportarten und Methoden umgesetzt werden können und dass es sich aufgrund der Heterogenität der Erkrankung anbietet, individuell angepasste Therapieprogramme anzuwenden. In den Leitlinien gibt es jedoch keine eindeutigen Bemerkungen dazu, mit welcher Intensität oder wie lange beispielsweise trainiert werden soll. Auf die gleiche Frage trifft man auch im Infofolder „Exercise for Parkinson’s Disease: Essential Facts for Patients“ der International Parkinson and Movement Disorder Society (8). Es werden dort Wichtigkeit und Vorteile von

Bewegung bei Morbus Parkinson erläutert und Sportarten empfohlen, jedoch bleibt die Frage nach Intensität und Dauer bestehen.

Umfassende Empfehlungen mit Intensitätsangaben und Übungsvorschlägen gibt es im Unterpunkt 6.4 der European Physiotherapy Guideline for Parkinson's disease (9). Es werden die Empfehlungen für 18- bis 64-Jährige der Global Recommendations on Physical Activity for Health der Weltgesundheitsorganisation (WHO) weiterempfohlen (10). Hierbei handelt es sich um allgemeine, krankheitsunspezifische Empfehlungen. Beispielsweise sollen pro Woche 150 Minuten aerobe körperliche Aktivität mit moderater Intensität erreicht werden und Krafttraining zumindest 2-mal pro Woche durchgeführt werden. Zudem gibt es in der European Physiotherapy Guideline for Parkinson's disease (9) spezifische Empfehlungen für die konventionelle Physiotherapie, Ausdauertraining, Krafttraining und andere Trainingsoptionen. Die Evidenzlage zu den einzelnen Trainingsformen ist in den Guidelines zu finden. Die Fülle und Komplexität an Informationen erschweren die praxisorientierte Umsetzung. Zudem ist zu berücksichtigen, dass in den den Empfehlungen zugrunde liegenden Studien vorwiegend Parkinsonkranke mit mildem bis moderatem Schweregrad der Erkrankung (Hoehn und Yahr Skala 1 bis 3) teilnahmen.

Salgado et al. (11) kamen in ihrem Review, dessen Ziel in der Empfehlung eines optimalen Trainingsprogrammes für Parkinsonkranke lag, zu den folgenden Trainingsempfehlungen: 1) Ausdauertraining jeden zweiten Tag für bis zu 30 Minuten mit moderater oder hoher Intensität, 2) Krafttraining 2- bis 3-mal pro Woche mit 3 Sätzen pro Übung und moderatem Volumen und 3) Balancetraining in Form von Tai Chi für 60 Minuten zumindest 2-mal pro Woche. Angaben zu konkreten Übungen gibt es keine. Auch diese Empfehlungen gelten für PatientInnen mit mildem bis moderatem Schweregrad der Erkrankung.

Die positiven Effekte trainingstherapeutischer Interventionen aller Art auf die Symptome von Morbus Parkinson werden in Review-Artikeln immer wieder belegt und es wird empfohlen, die jeweiligen Trainingsarten im Erkrankungsmanagement miteinzubeziehen (12-16). Dennoch wird in Review-Artikeln und

Interventionsstudien oft angemerkt, dass klare, evidenzbasierte Trainingsempfehlungen für Parkinsonkranke fehlen (14, 17-21).

Ziel dieser Diplomarbeit war es daher einen Überblick über die aktuellen Möglichkeiten und Ansätze in der Trainingstherapie bei Morbus Parkinson zu gewinnen und basierend auf der Zusammenschau der Ergebnisse klare Empfehlungen und mit Details angereicherte Tabellen zu erstellen, anhand derer eigene trainingstherapeutische Programme für die Arbeit mit Parkinsonkranken konzipiert werden können. Zusätzliche Absicht war es, dass die aus den Ergebnissen der Literaturrecherche entstandenen Trainingsempfehlungen leicht umsetzbar sind. Das heißt es wurde Wert darauf gelegt, ohne spezielles Equipment, welches nicht in einem üblichen Fitnessstudio oder Turnsaal zu finden ist oder nicht zu den herkömmlichen Heimtrainingsgeräten zählt, auszukommen. Weitere Aspekte trainingstherapeutischer Interventionsprogramme wie Nebenwirkungen oder Komorbiditäten des Patientenkollektivs sollten zudem beleuchtet werden.

2. Methoden

Die Literatursuche fand im Februar 2018 in der elektronischen Datenbank PubMed statt. Zunächst wurden fünf separate Suchdurchgänge mit definierten Schlagwörtern und unter Aktivierung der beiden Filter „Clinical Trial“ und „10 years“ durchgeführt (*Tabelle 1*). In den letzten 10 Jahren wurde ein Anstieg an wissenschaftlichen Arbeiten über die Wirkung von körperlichem Training bei Morbus Parkinson verzeichnet, weshalb dieser Suchzeitraum gewählt wurde. Die fünf Suchdurchgänge im „PubMed Advanced Search Builder“ ergaben zusammen 637 Treffer. Nach Entfernung der Duplikate und Ausschluss von weder englisch- noch deutschsprachigen Artikeln verblieben 287 Artikel, deren Titel und Abstracts auf inhaltliche Relevanz überprüft wurden.

Tabelle 1: Datenbankrecherche in PubMed mit definierten Schlagwörtern

Schlagwörter im PubMed Advanced Search Builder	Artikel
“exercise therapy” AND “parkinson”	208
“exercise training” AND “parkinson”	273
“endurance training” AND “parkinson”	11
“strength training” AND “parkinson”	46
“balance training” AND “parkinson”	99
Datenbanktreffer gesamt	637

Als inhaltlich nicht-relevant wurden Artikel eingestuft, in denen:

- 1) Keine trainingstherapeutische Intervention stattfand;
- 2) keine rein bewegungsbezogene Intervention durchgeführt wurde (z.B. Training unter transkranieller Magnetstimulation, Dual-Task Training, visuell/akustisch gesteuertes Training oder Fokussierungstraining);
- 3) die Trainingsintervention technologiebasiert war (z.B. Exergaming oder Roboter-assistiertes Training);
- 4) die Intervention kürzer als 4 Wochen dauerte;
- 5) nicht das Krankheitsbild Morbus Parkinson untersucht wurde;
- 6) es sich um ein Studienprotokoll handelte.

Letztendlich waren 109 Artikel für die Diplomarbeit relevant, von denen jedoch 36 aufgrund des nicht bestehenden freien Zugriffs wegfielen. Somit wurde der Volltext von 73 Artikeln analysiert. Das Flussdiagramm der Studienauswahl ist in *Abbildung 1* ersichtlich.

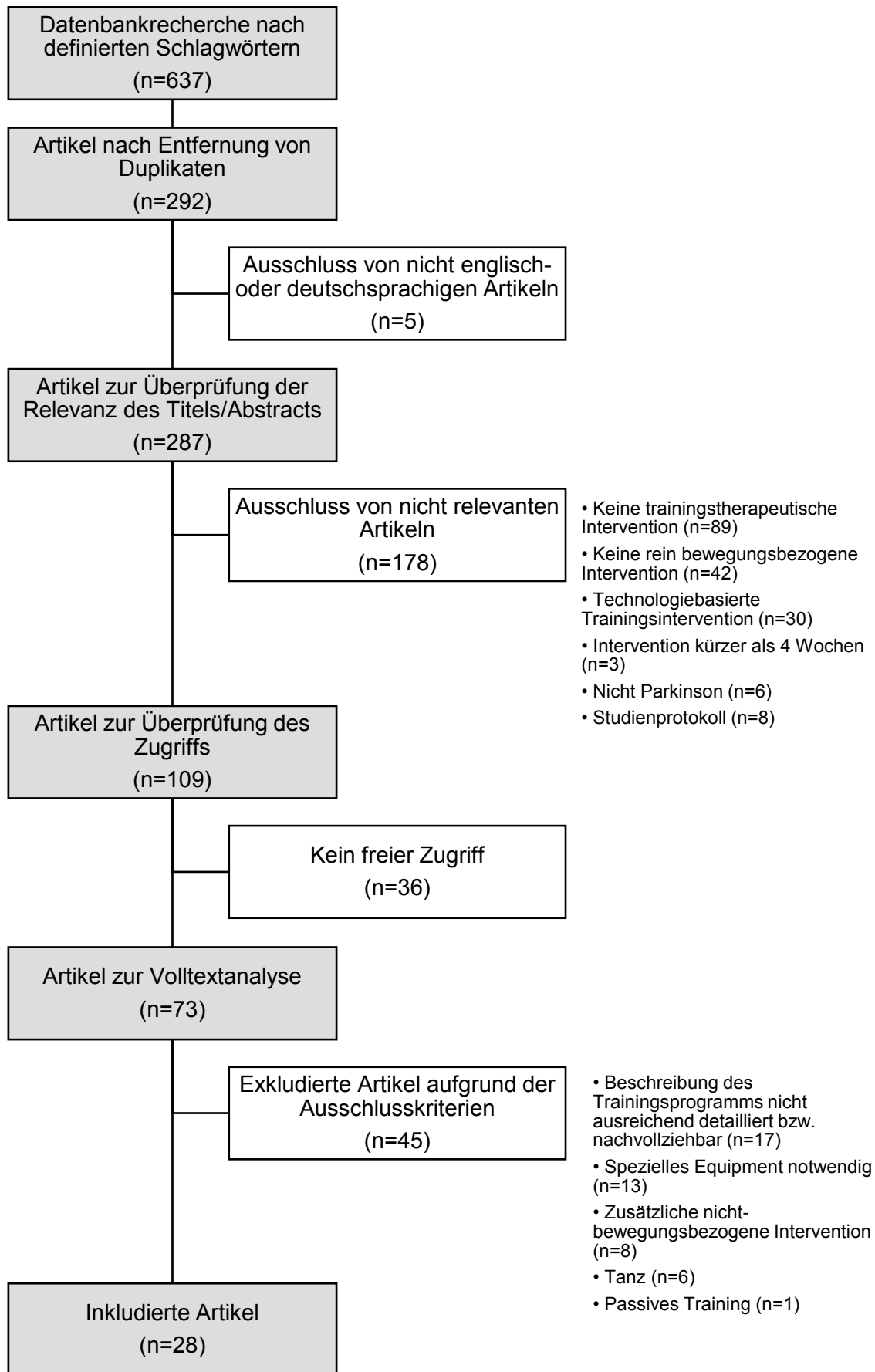


Abbildung 1: Flussdiagramm der Studienauswahl

2.1. Ein- und Ausschlusskriterien

Bei der vollinhaltlichen Analyse wurden Studien, die den folgenden Kriterien entsprachen, eingeschlossen:

- 1) Interventionsstudie über Trainingstherapie bei Morbus Parkinson;
- 2) die Studie wurde vor maximal 10 Jahren publiziert;
- 3) die primären Outcome-Parameter spiegelten die Effekte des Trainings auf den Körper wieder (z.B. physische, psychische oder kognitive Outcome-Parameter);
- 4) es fanden Messungen vor und nach der Intervention statt;
- 5) die Intervention dauerte mindestens 4 Wochen;
- 6) die Studie wurde auf Englisch oder Deutsch publiziert;
- 7) das Trainingsprogramm wurde detailliert beschrieben und war klar nachvollziehbar.

Punkt 6 war für den Zweck der Diplomarbeit das wesentlichste Kriterium. Es wurden nur Studien eingeschlossen, in denen klar nachvollziehbare Angaben zum Trainingsprogramm zu finden waren und anhand derer das Trainingsprogramm reproduzierbar gewesen wäre. Zu solchen Angaben zählten beispielsweise bei Ausdauertraining die Angabe der Intensität in Prozent der maximalen Herzfrequenz oder bei Krafttraining die Anzahl der Wiederholungen und Sätze oder die Beschreibung der Trainingsgeräte bei Balancetraining.

Zu den Ausschlusskriterien zählten folgende:

- 1) Kein ausreichend detailliert beschriebenes bzw. nicht vollständig nachvollziehbares Trainingsprogramm;
- 2) es handelte sich um ein multimodales Programm mit zusätzlichen nicht-bewegungsbezogenen Therapien bzw. Übungen (z.B. Musiktherapie, Erlernen von Verhaltensstrategien, Atemübungen, spezifisches Training von Alltagsaktivitäten oder Logopädie);
- 3) für die Intervention war spezielles Equipment notwendig (z.B. Antigravitationslaufband, Wasserbecken für Unterwasserbewegungstherapie, Laufband mit Body-Weight-Support System, Virtual-Reality Training oder Training mit elektronisch gesteuertem visuellem Feedback);

- 4) das Training bestand aus einer unüblichen Trainingsart bzw. wäre nicht reproduzierbar gewesen (z.B. Irish-Set-Dancing oder Tango);
- 5) das Trainingsprogramm beinhaltete passive Therapien bzw. Übungen (z.B. Wahrnehmungsübungen).

Letztendlich wurden 28 der 73 vollinhaltlich analysierten Studien ein- und 45 ausgeschlossen.

Es ist anzumerken, dass sowohl Studien mit als auch ohne Kontrollgruppe eingeschlossen wurden, da nach Ansicht der Autorin auch aus Studien ohne Kontrollgruppe wesentliche Rückschlüsse für ein zielführendes Trainingstherapieprogramm gezogen werden können. Dies gilt auch für Studien, in denen verschiedene Trainingsarten, wie z.B. Kraft- und Ausdauertraining miteinander verglichen wurden. Es wurden außerdem Parkinsonkranke jeden Alters und unabhängig von der Krankheitsdauer oder dem Schweregrad der Erkrankung eingeschlossen.

2.2. Datenextraktion

Zunächst wurden die Daten der insgesamt 28 inkludierten Studien extrahiert und tabellarisch zusammengefasst (*Tabelle 2*). Berücksichtigt wurden folgende Punkte:

- a) Schweregrad der Erkrankung der StudienteilnehmerInnen (Angabe in Hoehn und Yahr Skala);
- b) Gesamtanzahl der TeilnehmerInnen;
- c) Durchschnittsalter aller TeilnehmerInnen;
- d) Anzahl an Männern und Frauen;
- e) Dauer der Intervention;
- f) Anzahl der Trainingseinheiten pro Woche und Dauer der einzelnen Einheiten;
- g) Trainingsart der Interventionsgruppe;
- h) Angaben zur Kontrollgruppe;
- i) Gesamtergebnis in Bezug auf die Interventionsgruppe.

Die Beurteilung, inwieweit die Intervention insgesamt positive Effekte nach sich zog, ging zumeist aus dem Text der Studien selbst hervor. In unklaren Fällen, wie z.B. bei Vorhandensein von mehreren Outcome-Parametern mit differierenden

Ergebnissen, wurde das Gesamtergebnis der Intervention, basierend auf der Zusammenschau der einzelnen Outcome-Ergebnisse, beurteilt.

In einer zweiten Tabelle wurden die Ergebnisse der primären Outcome-Parameter („keine signifikante Verbesserung bzw. kein positiver Effekt“ oder „positive Tendenz bzw. nicht-signifikanter positiver Effekt“ oder „signifikante Verbesserung“) bezogen auf die Trainingsart zusammengefasst (*Tabelle 3*). Wenn das Trainingsprogramm einen zumindest positiven Effekt bzw. eine positive Tendenz mit sich brachte, so wurden in weiterer Folge die genauen Angaben des Trainingsprogrammes extrahiert (Darstellung in den *Tabellen 4-7*). Nach der Zusammenfassung aller inkludierten Studien sind im Ergebnisteil also nur jene Studien aufgelistet, deren Trainingsprogramm zur Verbesserung der Krankheitssymptome führte. Außerdem ist anzumerken, dass in Bezug auf die Ergebnisse immer nur die unmittelbar nach der Intervention durchgeführte Messung gemeint ist. Aufgrund der Ansicht, dass Trainingstherapie einen dauerhaften Prozess und keine zeitlich begrenzte Intervention darstellen sollte, wurden keine Follow-Up Messungen mit zeitlicher Distanz zum Trainingsende berücksichtigt.

3. Ergebnisse

Die deskriptiven Daten der 28 inkludierten Studien sind in *Tabelle 2* dargestellt. Vorab ist anzumerken, dass 4 (22-25) der 28 Studien für die deskriptive Beschreibung der StudienteilnehmerInnen wegfielen, da es sich bei diesen um nachfolgende Studien handelte und daher nur die Daten der ursprünglichen Studien berücksichtigt wurden. Alle Studien wurden zwischen Februar 2008 und Februar 2018 publiziert.

3.1. Charakteristik der StudienteilnehmerInnen

Das Durchschnittsalter der StudienteilnehmerInnen lag bei 65 Jahren, wobei die Altersspanne von 59 bis 71 Jahren reichte. In den inkludierten Studien nahmen insgesamt 1314 an Morbus Parkinson erkrankte Personen teil. Dabei betrug die kleinste Gesamtteilnehmerzahl in einer Studie 12 Personen, während die größte Studie aus insgesamt 231 Personen bestand (*Abbildung 2*). Die mittlere Teilnehmerzahl betrug 55. Von allen Teilnehmern waren 822 männlich (63 %) und 492 (37 %) weiblich. In allen Studien nahmen sowohl Männer als auch Frauen teil.

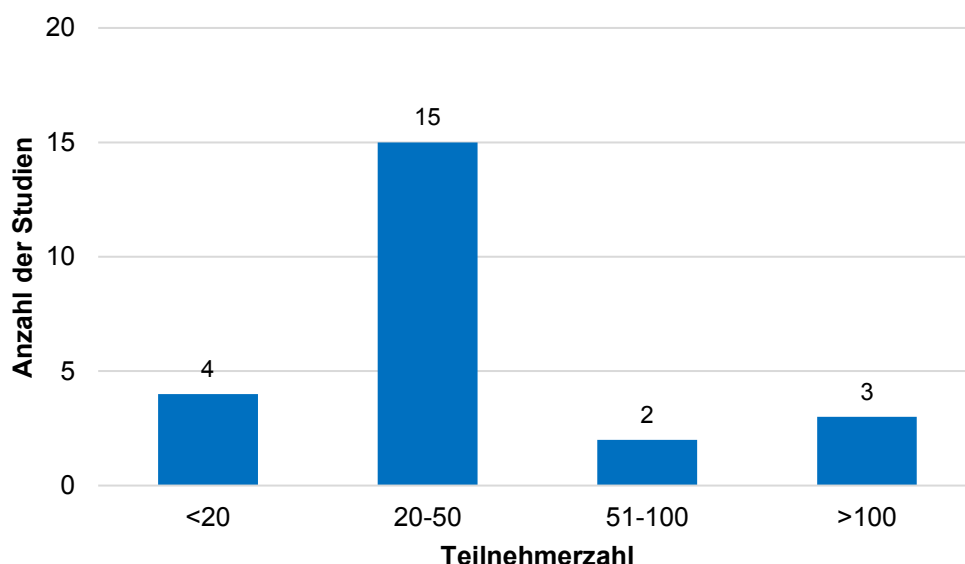


Abbildung 2: Teilnehmerzahlen der inkludierten Studien

Der Schweregrad der Erkrankung wurde in allen Studien mittels der Hoehn und Yahr Skala angegeben. Die Skala reicht von 1 bis 5, wobei Stadium 1 einer geringen Ausprägung der Symptome entspricht und Stadium 5 Rollstuhlabhängigkeit oder Bettlägerigkeit bedeutet (26). Im Großteil der Studien nahmen Parkinsonkranke in den Stadien 1 bis 3 teil. Lediglich in vier Studien (27-30), entsprechend 14 Prozent, wurden auch schwerer Erkrankte eingeschlossen.

3.2. Details der Studien

Die Interventionsdauer in den Studien reichte von 4 Wochen bis 24 Monate (*Abbildung 3*). Nur sieben (19, 27, 29, 31-34) der 24 Interventionsprogramme dauerten 6 Monate oder länger. In den meisten Studien fanden 2 bis 3 Trainingseinheiten pro Woche statt (*Abbildung 4*). Es gab ein Interventionsprogramm, in dem 4-mal pro Woche trainiert wurde (34), aber keines, in dem nur eine Einheit pro Woche stattfand. In den meisten Studien wurde, außer bei einigen Krafttrainingsprogrammen, die Dauer der einzelnen Einheiten angegeben. Diese betrug zumeist 40 bis 60 Minuten. In zwei Studien (19, 32) wurde eine Trainingsdauer von bis zu 90 Minuten angegeben.

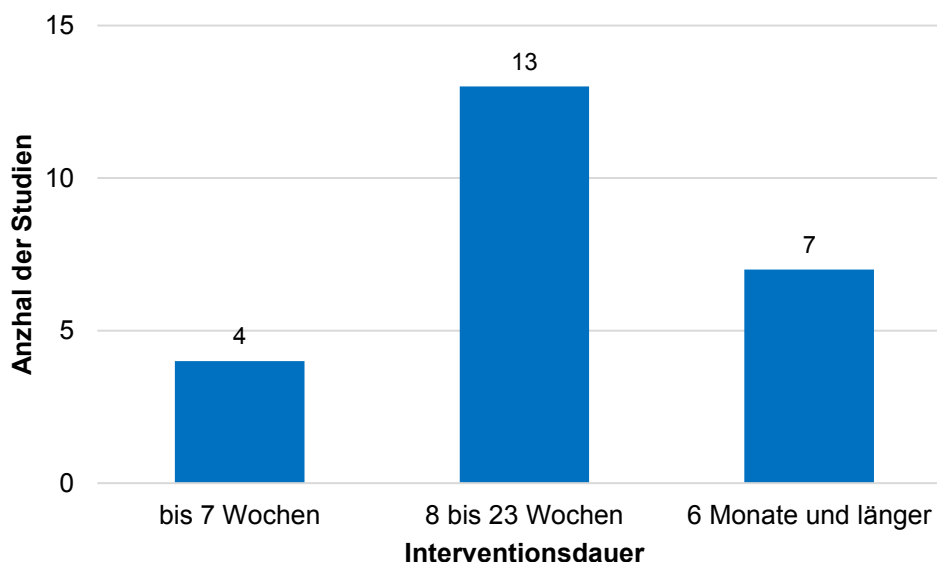


Abbildung 3: Interventionsdauer der inkludierten Studien

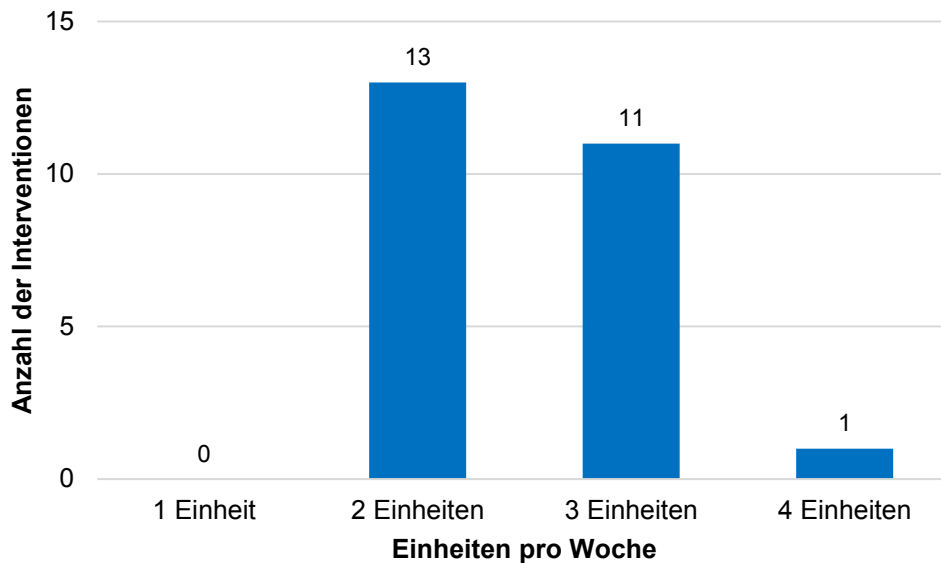


Abbildung 4: Anzahl der Trainingseinheiten pro Woche (Anmerkung: In einer Studie gab es jeweils eine Interventionsgruppe mit 2 und 3 Einheiten pro Woche; daher wurden bezüglich der Einheiten pro Woche 25 statt 24 Angaben berücksichtigt)

Die Studiendesigns waren insgesamt sehr heterogen. In 9 Studien (19, 20, 30, 32, 33, 35-38) gab es keine Kontrollgruppe. In den anderen Studien wurde die Interventionsgruppe entweder mit einer Kontrollgruppe ohne Intervention (22, 23, 27, 28, 39-47) oder mit einer anderen trainingstherapeutischen Intervention (24, 29, 31, 34, 39) verglichen. In einzelnen Studien wurden auch Vergleiche mit gesunden Kontrollgruppen durchgeführt (23, 25, 48). In mehreren Studien gab es zwei oder drei verschiedene Interventionsgruppen zugleich (19, 20, 22, 23, 25, 30-33, 35-37, 39, 47).

Am häufigsten wurden reines Ausdauertraining und reines Krafttraining als Interventionsprogramm untersucht. Ein reines Balancetraining gab es lediglich in zwei Studien (35, 37). Stretching wurde in einer Studie (29) in der Kontrollgruppe durchgeführt. Fernöstliche Trainingsarten wie Tai Chi und Qigong waren in vier Studien zu finden (29, 34, 39, 42). Außerdem kamen in mehreren Studien gemischte Trainingsprogramme (Balance und Kraft; Kraft und Ausdauer; Kraft, Balance und Stretching) zur Anwendung. Die prozentuelle Verteilung der Trainingsarten ist in *Abbildung 5* dargestellt, wobei die jeweiligen Interventionsgruppen einzeln berücksichtigt wurden. Des Weiteren wurden unterschiedliche Trainingsformen wie z.B. intervallförmiges und dauerförmiges Ausdauertraining (33) oder

Schnellkrafttraining (45) praktiziert. Eine nähere Beschreibung der Trainingsinhalte der effektiven Trainingsprogramme ist weiter unten zu finden. Die Trainingsarten der einzelnen Studien sind in den *Tabellen 2 und 3* ersichtlich.

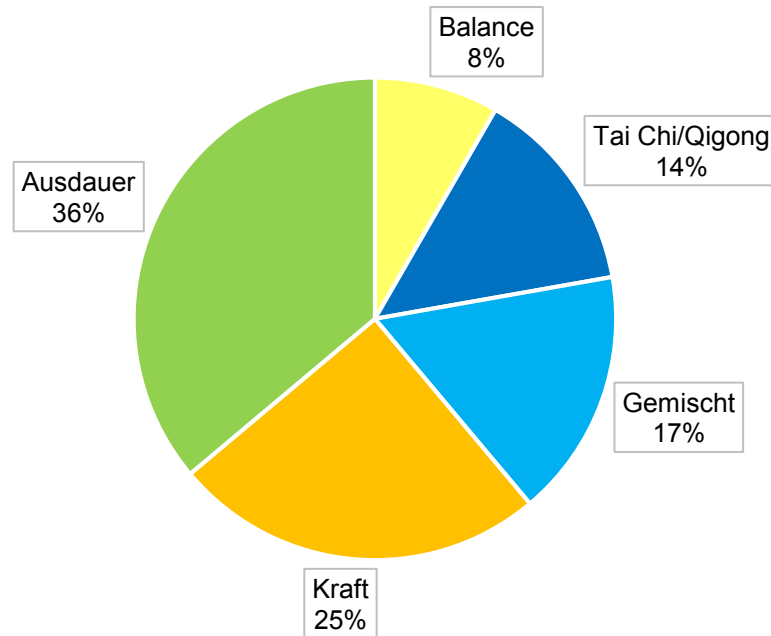


Abbildung 5: Prozentuelle Verteilung der Trainingsarten in den Interventionsgruppen

Tabelle 2: Deskriptive Daten der inkludierten Studien

Studie, Jahr	H&Y	N	Alter	Männer/ Frauen	Dauer	Einheiten pro Woche	Interventionsgruppe	Kontrollgruppe	Ergebnis
Amano, 2013 (39)	2-3	45	66	28/17	16 Wo.	1) 2 EH à 60 min 2) 3 EH à 60 min	1) Tai Chi 2) Tai Chi	1) Qi Gong Meditation (2 EH à 60 min) 2) Keine Intervention	Keine signifikante Verbesserung
Atterbury, 2017 (35)	1-3	40	65	29/11	8 Wo.	3 EH à 40-60 min	1) Balancetraining mit Therapeut 2) Balancetraining daheim mit DVD	Keine	Positive Tendenz (größere Tendenz für Gruppe mit Therapeut)
Bloomer, 2008 (40)	1-2	16	59	8/8	8 Wo.	2 EH	Krafttraining	Keine Intervention	Positive Tendenz
Canning, 2015 (27)	2-4	231	71	135/96	6 Mon.	3 EH à 40-60 min	Krafttraining für untere Extremität und Balancetraining	Keine Intervention	Keine signifikante Verbesserung
Carvalho, 2015 (36)	1-3	22	64	15/7	12 Wo.	1) 2 EH 2) 2 EH à 40 min 3) 2 EH à 40 min	1) Krafttraining 2) Ausdauertraining 3) Physiotherapie	Keine	Positive Tendenz für Kraft- und Ausdauertraining
Corcos, 2013 (19)	Ø 2,1	48	59	28/20	24 Mon.	2 EH à 60-90 min	1) Progressives Krafttraining 2) Nicht-progressives Krafttraining, Balancetraining und Stretching	Keine	Gruppe 1 signifikant besser als Gruppe 2
Cruise, 2011 (41)	1-3	28	60	18/10	12 Wo.	2 EH à 60 min	Kombiniertes Kraft- und Ausdauertraining	Keine Intervention	Keine signifikante Verbesserung
Duchesne, 2015 (48)	1-2	39	66	21/18	12 Wo.	3 EH à 40 min	Ausdauertraining	Gesunde Kontrollgruppe mit gleicher Intervention	Signifikante Verbesserung für beide Gruppen (INT ähnliche Verbesserung wie KON)

Studie, Jahr	H&Y	N	Alter	Männer/ Frauen	Dauer	Einheiten pro Woche	Interventionsgruppe	Kontrollgruppe	Ergebnis
Goodwin, 2011 (28)	1-4	130	65	74/56	10 Wo.	3 EH	Kraft- und Balancetraining	Keine Intervention	Positive Tendenz
Hackney, 2008 (42)	1,5-3	33	59	21/12	13 Wo.	2 EH à 60 min	Tai Chi	Keine Intervention	Positive Tendenz
Hass, 2012 (43)	1-3	18	71	14/4	10 Wo.	2 EH	Krafttraining	Keine Intervention	Positive Tendenz
Kurtais, 2008 (44)	1-3	24	64	12/12	6 Wo.	3 EH à 40 min	Ausdauertraining	Keine Intervention	Positive Tendenz
Li, 2012 (29)	1-4	195	59	122/73	6 Mon.	2 EH à 60 min	Tai Chi	1) Krafttraining (2 EH à 60 min) 2) Stretching (2 EH à 60 min)	Signifikante Verbesserung für Tai Chi vs. Krafttraining und vs. Stretching (Outcome: Haltungsinstabilität)
Li, 2014 (24)	1-4	195	60	122/73	6 Mon.	2 EH à 60 min	Tai Chi	1) Krafttraining (2 EH à 60 min) 2) Stretching (2 EH à 60 min)	Positive Tendenz für Tai Chi und Krafttraining (Outcome: Patient reported outcomes)
Monteiro, 2017 (30)	1-4	33	66	13/20	6 Wo.	2 EH à 35-50 min	1) Nordic Walking 2) Freies Gehen (ohne Stöcke)	Keine	Signifikante Verbesserung für beide Gruppen (größere Verbesserung für Nordic Walking)
Nadeau, 2014 (31)	1,5-2	34	65	27/7	24 Wo.	3 EH à 60 min	1) Laufband mit Geschwindigkeitserhöhung 2) Laufband mit Geschwindigkeitserhöhung und Erhöhung der Laufbandneigung	Variable Übungen mit niedriger Intensität (2 EH à 60 min und 1 EH daheim)	Signifikante Verbesserung
Ni, 2016 (45)	1-3	24	59	13/11	12 Wo.	2 EH	Schnellkrafttraining	Keine Intervention	Signifikante Verbesserung
Picelli, 2016 (46)	1-3	17	71	12/5	4 Wo.	3 EH à 45 min	Ausdauertraining	Keine Intervention	Signifikante Verbesserung

Studie, Jahr	H&Y	N	Alter	Männer/ Frauen	Dauer	Einheiten pro Woche	Interventionsgruppe	Kontrollgruppe	Ergebnis
Prodoehl, 2015 (32)	Ø 2,1	48	64	28/20	24 Mon.	2 EH à 60-90 min	1) Progressives Krafttraining 2) Nicht-progressives Krafttraining, Balancetraining und Stretching	Keine	Signifikante Verbesserung für beide Gruppen (kein Unterschied zwischen Gruppen)
Rafferty, 2017 (25)	Ø 2,1	48	59	28/20	24 Mon.	2 EH à 60-90 min	1) Progressives Krafttraining 2) Nicht-progressives Krafttraining, Balancetraining und Stretching	Gesunde Kontrollgruppe (einmalige Messung)	Positive Tendenz für beide Gruppen (Gruppe 2 besser als Gruppe 1 im Vergleich mit gesunder Gruppe)
Schlenstedt, 2015 (37)	2,5-3	32	60	21/11	7 Wo.	2 EH à 60 min	1) Krafttraining 2) Balancetraining	Keine	Signifikante Verbesserung nur für Krafttraining (kein signifikanter Unterschied zwischen Gruppen)
Shulman, 2013 (20)	2-3	67	66	50/17	3 Mon.	3 EH	1) High-intensity Laufbandtraining 2) Low-intensity Laufbandtraining 3) Stretching und Krafttraining	Keine	Signifikante Verbesserung für Gruppe 1 und 2 bei kardiovaskulärer Fitness, signifikante Verbesserung für Gruppe 3 bei Kraft
Silva-Batista, 2016 (47)	2-3	39	65	29/10	12 Wo.	2 EH	1) Krafttraining mit Instabilität 2) Krafttraining	Keine Intervention	Signifikante Verbesserung nur für Gruppe 1 (kein signifikanter Unterschied zwischen INT-Gruppen) (Outcome: TUG)

Studie, Jahr	H&Y	N	Alter	Männer/ Frauen	Dauer	Einheiten pro Woche	Interventionsgruppe	Kontrollgruppe	Ergebnis
Silva-Batista, 2017 (22)	2-3	39	64	29/10	12 Wo.	2 EH	1) Krafttraining mit Instabilität 2) Krafttraining	Keine Intervention	Signifikante Verbesserung für beide Gruppen (Gruppe 1 besser als Gruppe 2) (Outcome: Neuromuskuläre Messungen)
Silva-Batista, 2017 (23)	2-3	37	64	29/8	12 Wo.	2 EH	1) Krafttraining mit Instabilität 2) Krafttraining	1) Keine Intervention 2) Gesunde Kontrollgruppe (einmalige Messung)	Signifikante Verbesserung für beide Gruppen (Gruppe 1 besser als Gruppe 2, nur Gruppe 1 gleiche Werte wie Kontrollgruppe) (Outcome: Neuronale Messungen)
Uc, 2014 (33)	1-3	43	67	30/13	6 Mon.	3 EH à 45 min	1) Kontinuierliches Ausdauertraining 2) Intervallartiges Ausdauertraining	Keine	Positive Tendenz für beide Gruppen
Xiao, 2016 (34)	1-3	96	68	67/29	6 Mon.	4 EH à 45 min	Qigong und Gehen (Gehen 30 min täglich)	Gehen (30 min täglich)	Signifikante Verbesserung
Zoladz, 2014 (38)	1-3	12	70	7/5	8 Wo.	3 EH à 60 min	Intervallartiges Ausdauertraining	Keine	Signifikante Verbesserung

N: Gesamtteilnehmerzahl, **EH:** Einheiten, **H&Y:** Hoehn und Yahr Skala, **INT:** Interventionsgruppe, **KON:** Kontrollgruppe, **Ø:** Durchschnitt, **TUG:** Timed Up and Go Test

3.3. Primäre Outcome-Parameter

Die Auflistung der Parameter und Ergebnisse der einzelnen Studien erfolgt in *Tabelle 3*. In den meisten Studien ging klar hervor, welche die primären Outcome-Parameter waren. Die primären Outcome-Parameter gingen entweder aus einer einzelnen Messung (z.B. UPDRS III [Unified Parkinson's Disease Rating Scale – Motor Subscale] oder 6MWT [6-Minute Walking Test]) oder aus der Zusammenschau mehrerer Messungen (z.B. Gang oder kognitive Funktion) hervor. Letzteres war deutlich öfter der Fall. Insgesamt zeigte sich ein sehr breites Spektrum an Outcome-Parametern. Zu den am häufigsten erfassten Outcome-Parametern zählten Gang, funktionelle Mobilität und UPDRS III. Von den 28 Studien berichteten 25 über positive Effekte der Intervention bzw. für zumindest eine der Interventionsgruppen im Fall von mehr als einer Gruppe. Nach der Tabelle sind die auf die einzelnen Ergebnisse bezogenen Trainingsarten näher beschrieben.

Tabelle 3: Primäre Outcome-Parameter und Ergebnisse in Bezug auf die Trainingsart

Studie, Jahr	Trainingsart	Primäre Outcome-Parameter	Ergebnis
Amano, 2013 (39)	Tai Chi	<ul style="list-style-type: none"> ●Ganginitiation ●Gang ●UPDRS III 	<ul style="list-style-type: none"> o o o
Atterbury, 2017 (35)	Balance	<ul style="list-style-type: none"> ●Gang ●Balance 	<ul style="list-style-type: none"> o+ o+
Bloomer, 2008 (40)	Kraft	<ul style="list-style-type: none"> ●Marker für oxidativen Stress im Blut 	<ul style="list-style-type: none"> o+
Canning, 2015 (27)	Balance und Kraft (untere Extremität)	<ul style="list-style-type: none"> ●Stürze 	<ul style="list-style-type: none"> o
Carvalho, 2015 (36)	1) Kraft 2) Ausdauer 3) Physiotherapie	<ul style="list-style-type: none"> ●UPDRS III 	<ul style="list-style-type: none"> o+ (nur Kraft und Ausdauer)
Corcos, 2013 (19)	1) Kraft (progressiv) 2) Kraft (nicht-progressiv), Balance und Stretching	<ul style="list-style-type: none"> ●UPDRS III 	<ul style="list-style-type: none"> + (Gruppe 1 signifikant besser als Gruppe 2)
Cruise, 2011 (41)	Kraft und Ausdauer	<ul style="list-style-type: none"> ●Stimmung ●Disease-specific quality of life ●Kognitive Funktion 	<ul style="list-style-type: none"> o o o+ (jedoch nur für Subkategorie exekutive Funktion)
Duchesne, 2015 (48)	Ausdauer (Liegeergometer)	<ul style="list-style-type: none"> ●Aerobe Kapazität ●Kognitive Funktion ●Prozessorientiertes motorisches Lernen 	<ul style="list-style-type: none"> + o+ +

Studie, Jahr	Trainingsart	Primäre Outcome-Parameter	Ergebnis
Goodwin, 2011 (28)	Kraft und Balance	●Stürze	o+
Hackney, 2008 (42)	Tai Chi	●Gang ●Balance ●Funktionelle Mobilität	o+ o+ o+
Hass, 2012 (43)	Kraft	●Ganginitiation	o+
Kurtais, 2008 (44)	Ausdauer (Laufband)	●Funktionalität der unteren Extremität	o+
Li, 2012 (29)	1) Tai Chi 2) Kraft 3) Stretching	●Haltungsinstabilität	+ (nur Tai Chi)
Li, 2014 (24)	1) Tai Chi 2) Kraft 3) Stretching	●Patient reported outcomes (PDQ und VPS)	o+ (nur Tai Chi und Kraft)
Monteiro, 2017 (30)	1) Nordic Walking (NW) 2) Freies Gehen (FG)	●UPDRS III ●Balance ●Funktionelle Mobilität	+ (beide Gruppen, kein US zwischen Gruppen) + (beide Gruppen, kein US zwischen Gruppen) + (NW signifikant besser als FG)
Nadeau, 2014 (31)	1) Laufband mit Geschwindigkeitserhöhung 2) Laufband mit Geschwindigkeitserhöhung und Erhöhung der Laufbandneigung	●Gang ●UPDRS ●PDQ	+ (beide Gruppen) o + (nur Gruppe 2)
Ni, 2016 (45)	Schnellkraft	●Bradykinesie	+
Picelli, 2016 (46)	Ausdauer	●FAB ●6MWT	+ +
Prodoehl, 2015 (32)	1) Kraft (progressiv) 2) Kraft (nicht-progressiv), Balance und Stretching	●Balance ●Funktionelle Mobilität ●Allgemeine körperliche Tests	+ + + (keine US zwischen Gruppen)
Rafferty, 2017 (25)	1) Kraft (progressiv) 2) Kraft (nicht-progressiv), Balance und Stretching	●Gang	o+ (Gruppe 2 besser als Gruppe 1 im Vergleich mit gesunder Gruppe)
Schlenstedt, 2015 (37)	1) Kraft 2) Balance	●FAB (Balance)	+ (nur Gruppe 1, aber kein US zwischen Gruppen)
Shulman, 2013 (20)	1) Laufband (high-intensity) 2) Laufband (low-intensity) 3) Stretching und Kraft	●6MWT ●VO2max ●1RM	+ (nur Gruppe 2 und 3, aber kein US zwischen den 3 Gruppen) + (nur Gruppe 1 und 2) + (nur Gruppe 3)
Silva-Batista, 2016 (47)	1) Kraft mit Instabilität 2) Kraft	●TUG	+ (nur Gruppe 1, aber kein US zwischen Gruppen)

Studie, Jahr	Trainingsart	Primäre Outcome-Parameter	Ergebnis
Silva-Batista, 2017 (22)	1) Kraft mit Instabilität 2) Kraft	•Neuromuskuläre Outcome-Parameter	+ (Gruppe 1 besser als Gruppe 2)
Silva-Batista, 2017 (23)	1) Kraft mit Instabilität 2) Kraft	•Präsynaptische Hemmung •Disynaptische reziproke Hemmung	+ (Gruppe 1 besser als Gruppe 2) + (Gruppe 1) o (Gruppe 2)
Uc, 2014 (33)	1) Ausdauer kontinuierlich 2) Ausdauer intervallartig	•VO2max •Funktionelle Mobilität •Kognitive Funktion •Lebensqualität	+ o+ o+ + (Gruppe 2 besser als Gruppe 1)
Xiao, 2016 (34)	Qigong	•Gang •Funktionelle Mobilität •Schlaf	o+ + +
Zoladz, 2014 (38)	Ausdauer intervallartig	•Serum brain derived neurotrophic factor •UPDRS	+ +

- o Keine signifikante Verbesserung bzw. kein positiver Effekt
- o+ Positive Tendenz bzw. nicht-signifikanter positiver Effekt
- + Signifikante Verbesserung

UPDRS III: Unified Parkinson's Disease Rating Scale – Motor Subscale, **PDQ:** Parkinson's Disease Questionnaire, **VPS:** Vitality Plus Scale, **US:** Unterschied, **FAB:** Frontal Assessment Battery, **6MWT:** 6-Minute Walking Test, **FAB (Balance):** Fullerton Advanced Balance Scale, **VO2max:** Maximale Sauerstoffaufnahme, **1RM:** One-Repetition-Maximum, **TUG:** Timed Up and Go Test

3.3.1. Ausdauertraining

In neun Studien (20, 30, 31, 33, 36, 38, 44, 46, 48) wurden die Effekte von Ausdauertraining untersucht. Dabei zeigten sich positive Auswirkungen auf folgende Outcome-Parameter: UPDRS III, aerobe Kapazität, kognitive Funktion, prozessorientiertes motorisches Lernen, Funktionalität der unteren Extremität, Balance, funktionelle Mobilität, FAB (Frontal Assessment Battery zur Ermittlung der exekutiven Funktion), 6MWT, VO2max (maximale Sauerstoffaufnahme), Lebensqualität, UPDRS und Brain-derived neurotrophic factor. Da das Ausdauertraining in allen neun Studien positive Effekte für Parkinsonkranke mit sich brachte, sind dementsprechend alle Studien in der *Tabelle 4 „Details der Trainingsprogramme der Studien mit positivem Effekt durch Ausdauertraining“* angeführt.

Carvalho et al. (36) zeigten, dass Ausdauertraining einer physiotherapeutischen Behandlung zur Verbesserung der motorischen Symptome bei Morbus Parkinson

überlegen ist. Im Vergleich mit der Krafttrainingsgruppe zeigten sich jedoch keine Unterschiede. In der Studie von Monteiro et al. (30) wurden Nordic Walking und freies Gehen ohne Stöcke verglichen. Dabei führte Nordic Walking zu besseren Ergebnissen bezüglich der funktionellen Mobilität als das freie Gehen. Bei den Outcome-Parametern UPDRS III und Balance gab es keine Unterschiede zwischen den beiden Gruppen. Im Vergleich ob Laufbandtraining mit Geschwindigkeitserhöhung und Erhöhung der Laufbandneigung oder nur mit Geschwindigkeitserhöhung zu unterschiedlichen Ergebnissen führt, wurde nur ein kleiner Vorteil in Bezug auf die Lebensqualität für die doppelte Anpassung gefunden (31). Intervallartiges Ausdauertraining war kontinuierlichem Ausdauertraining ebenso in Bezug auf die Lebensqualität überlegen (33). Shulman et al. (20) kamen zu dem Ergebnis, dass sich Laufbandtraining mit niedrigerer Intensität besser auf die Leistung beim 6-Minute Walking Test auswirkt, als Laufbandtraining mit höherer Intensität. Die maximale Sauerstoffaufnahme konnte durch beide Intensitäten gegenüber der Kraft- und Stretchinggruppe signifikant erhöht werden.

3.3.2. Krafttraining

Die Wirkung von Krafttraining auf Parkinsonkranke wurde in 13 Studien (19, 22-25, 29, 32, 36, 37, 40, 43, 45, 47) untersucht, wobei 12 Studien davon über positive Effekte berichteten (*Tabelle 5*). Nur Li et al. (29) konnten in ihrer Studie beim Vergleich von Tai Chi, Krafttraining und Stretching keine positiven Effekte für das Krafttraining in Bezug auf Haltungsinstabilität feststellen. Wie auch beim Ausdauertraining wurde beim Krafttraining ein breites Spektrum an Outcome-Parametern untersucht. Die folgenden Outcome-Parameter konnten durch Krafttraining positiv beeinflusst werden: Marker für oxidativen Stress im Blut, UPDRS III, Ganginitiation, Patient reported outcomes, Bradykinesie, Balance, Funktionelle Mobilität, allgemeine körperliche Tests, Gang, FAB, TUG (Timed Up and Go Test), sowie neuromuskuläre und neuronale Parameter.

Carvalho et al. (36) zeigten, dass sowohl Kraft- als auch Ausdauertraining zur Verbesserung der motorischen Symptomatik bei Parkinsonkranken besser geeignet sind, als eine physiotherapeutische Behandlung. Ebenso stellte sich heraus, dass progressives Krafttraining zur Verbesserung der motorischen Symptomatik einem

gemischten Trainingsprogramm mit nicht-progressiven Kraftübungen, Stretching- und Balanceübungen überlegen ist (19). Was die Outcome-Parameter Balance, funktionelle Mobilität und allgemeine körperliche Tests betraf, führten beide Programme zu signifikanten Verbesserungen, jedoch gab es keine Unterschiede zwischen den Gruppen (32). Bei der Ganganalyse war die Gruppe mit dem gemischten Programm (nicht-progressive Kraftübungen, Stretching und -Balanceübungen) im Vergleich mit einer gesunden Gruppe sogar besser als die Gruppe mit dem progressiven Krafttrainingsprogramm. Li et al. (29) untersuchten die Effekte von drei verschiedenen Trainingsformen in Bezug auf Haltungsinstabilität und Patient reported outcomes. Hierbei führte Tai Chi zu einer stabileren Haltung als Krafttraining oder Stretching. Die Lebensqualität wurde nur durch Krafttraining und Tai Chi verbessert.

In drei Studien (22, 23, 47) verglichen Silva-Batista et al. zwei verschiedene Formen von Krafttraining: Herkömmliches progressives Krafttraining und Krafttraining mit Instabilität, welche durch Einsatz von diversen Balancegeräten erreicht wurde. Eine signifikante Verbesserung der Zeit beim TUG erzielte nur die Gruppe mit Instabilität, wobei es aber keinen signifikanten Unterschied zwischen den beiden Gruppe gab (47). Bezüglich der neuromuskulären und neuronalen Outcomes erwies sich in beiden Fällen das zusätzliche Einbringen von Instabilität beim Krafttraining als vorteilhaftere Variante (22, 23). Beim Vergleich zwischen Krafttraining und Balancetraining schnitt Krafttraining in Bezug auf die Verbesserung der exekutiven Funktion besser ab, wobei sich jedoch kein signifikanter Unterschied zwischen beiden Gruppen zeigte (37).

3.3.3. Balancetraining

Reines Balancetraining wurde interessanterweise nur in zwei Studien (35, 37) untersucht, wobei nur die Studie von Atterbury et al. (35) als Studie mit positiven Effekten durch Balancetraining gewertet werden konnte (*Tabelle 6*). Atterbury et al. (35) untersuchten die Effekte eines 8-wöchigen Balancetrainings auf Balance und Gang. Für beide Outcomes konnten Verbesserungen erzielt werden. In der zweiten Studie verglichen Schlenstedt et al. (37) welche Trainingsart, Krafttraining oder Balancetraining, zu einer größeren Verbesserung der exekutiven Funktion führt.

Eine signifikante Verbesserung gegenüber dem Ausgangsniveau erreichte nur die Krafttrainingsgruppe, jedoch gab es am Ende keinen signifikanten Unterschied zwischen beiden Gruppen.

3.3.4. Gemischtes Training und fernöstliche Trainingsarten

In sieben Studien (19, 20, 25, 27, 28, 32, 41) wurden verschiedene Haupttrainingsarten wie Ausdauer-, Kraft- oder Balancetraining in einem Interventionsprogramm miteinander kombiniert. Vier Studien (20, 25, 28, 32), deren Trainingsprogramme in *Tabelle 7* ersichtlich sind, berichteten dabei über positive Effekte. Die Outcome-Parameter Sturzhäufigkeit, Balance, Gang, funktionelle Mobilität, allgemeine körperliche Tests, 6MWT und 1RM (One-Repetition-Maximum) konnten durch die gemischten Trainingsprogramme verbessert werden.

Während das 6-monatige Kraft- und Balanceprogramm von Canning et al. (27) zu keinem positiven Effekt hinsichtlich der Sturzrate von Parkinsonkranken führte, zeigte das 10-wöchige Kraft- und Balanceprogramm von Goodwin et al. (28) zumindest eine positive Tendenz in Richtung Verringerung der Sturzhäufigkeit. Ein gemischtes Trainingsprogramm bestehend aus nicht-progressivem Krafttraining, Stretching- und Balanceübungen zeigte im Vergleich mit progressivem Krafttraining eine weniger ausgeprägte Verbesserung der motorischen Symptome von Morbus Parkinson (19). Bei der Verbesserung des Ganges hingegen war das gemischte Programm dem reinen Krafttraining überlegen (25). Beide Programme waren in Bezug auf Balance, funktionelle Mobilität und allgemeine körperliche Tests gleichermaßen effektiv (32). Relevante Verbesserungen von Stimmung, Disease-specific quality of life und kognitiver Funktion konnten durch das 12-wöchige gemischte Kraft- und Ausdauertraining von Cruise et al. (41) nicht erreicht werden. Ein interessantes Ergebnis lieferte die Studie von Shulman et al. (20), in der zwei verschiedene Ausdauerprogramme und ein gemischtes Kraft- und Stretchingprogramm miteinander verglichen wurden. Beim 6MWT führten nur das weniger intensive Ausdauertraining und das Kraft- und Stretchingprogramm zu einer signifikanten Verbesserung. Eine Steigerung des 1RM trat nur in der Gruppe mit dem Kraft- und Stretchingprogramm ein, während nur die beiden Ausdauergruppen eine Erhöhung der VO₂max erzielten.

In fünf Studien (24, 29, 34, 39, 42) wurden die Effekte fernöstlicher Trainingsarten auf Parkinsonkranke untersucht. Nur das 16-wöchige Tai Chi Programm von Amano et al. (39) führte zu keinen positiven Effekten bezüglich der primären Outcomes Gang, Ganginitiation und UPDRS III. In der Studie von Hackney et al. (42) wurde die Wirkung von Tai Chi auf Balance, Gang und funktionelle Mobilität untersucht. Das Praktizieren von Tai Chi hatte dabei auf alle drei Faktoren einen positiven Einfluss. Im Vergleich mit Krafttraining und Stretching führte Tai Chi zu einer besseren Haltungskontrolle als die anderen beiden Trainingsarten (29). Ebenso wurden in der Tai Chi Gruppe und der Krafttrainingsgruppe die Lebensqualität verbessert, nicht jedoch in der Stretchinggruppe (24). Das Praktizieren von Qigong führte bei Parkinsonkranken zu einer signifikanten Verbesserung der funktionellen Mobilität und des Schlafes (34). Positiv beeinflusst wurde auch der Gang. Die Angaben zu den vier effektiven Trainingsprogrammen sind in *Tabelle 7* ersichtlich.

3.4. Details der effektiven Trainingsprogramme

Die Trainingsprogramme der Studien mit effektivem Trainingsprogramm sind in den *Tabellen 4 bis 7* detailliert beschrieben. Vorweg ist anzumerken, dass die Angaben zum Trainingsprogramm von Studie zu Studie variierten und insgesamt sehr heterogen waren. Es wurde insbesondere Wert darauf gelegt, ob das Training anhand der Angaben reproduzierbar wäre. Im Optimalfall waren daher je nach Trainingsart folgende Angaben in der jeweiligen Studie zu finden: Anzahl der Einheiten pro Woche, Dauer der einzelnen Einheiten, Intensitätsvorgaben (z.B. Prozent der maximalen Herzfrequenz oder Prozent des One-Repetition-Maximums), Wiederholungsanzahl, Anzahl der Sätze, Dauer der Satzpausen, Angaben zum Aufwärmen und Cool-down, Bezeichnung der einzelnen Übungen, Geschwindigkeit der Übungsausführung, Angaben zu den Trainingsgeräten, Angaben zur Trainingsprogression, sowie Angaben zu Stil und Form bei fernöstlichen Trainingsarten.

Tabelle 4: Details der Trainingsprogramme der Studien mit positivem Effekt durch Ausdauertraining

Studie, Jahr	EH pro Woche	Charakter	Aufwärmen	Trainingsprogramm	Cool-down
Carvalho, 2015 (36)	2 EH	Kontinuierliches Ausdauertraining am Laufband	5 min	<ul style="list-style-type: none"> ●Dauer: 30 min ●Gehen am Laufband ●Intensität: 70 % HFmax ●Steigerung: Erhöhung der Geschwindigkeit bzw. der Laufbandneigung um Intensität konstant zu halten 	5 min
Duchesne, 2015 (48)	3 EH	Kontinuierliches Ausdauertraining am Liegeergometer	KA	<ul style="list-style-type: none"> ●Anfang: 20 min mit 60 % VO2max ●Intensitätsvorgabe anhand VO2max-Test ●Steigerung: + 5 min pro Woche und + 5 % VO2max ●Zielintensität: 40 min mit 80 % VO2max 	KA
Kurtais, 2008 (44)	3 EH	Kontinuierliches Ausdauertraining am Laufband	Ja (nicht näher bezeichnet)	<ul style="list-style-type: none"> ●Dauer: 40 min ●Intensität: 70-80 % HFmax ●Intensitätsvorgabe anhand HFmax-Test ●Steigerung: Erhöhung der Geschwindigkeit bzw. der Laufbandneigung um Intensität konstant zu halten 	Ja (nicht näher bezeichnet)
Monteiro, 2017 (30)	2 EH	Nordic Walking oder freies Gehen	3 min Gehen mit selbst gewählter Geschwindigkeit	<ul style="list-style-type: none"> ●Anfang: 35 min mit 60 % HRR bzw. Borg RPE 13 ●Ziel: 50 min mit 80 % HRR bzw. Borg RPE 17 ●Steigerung um 5 % HRR und 5 min nach ca. 3 EH ●Intermittierende Regenerationseinheit nach 4 Wochen 	5 min Stretching
Nadeau, 2014 (31)	3 EH	Kontinuierliches Ausdauertraining am Laufband mit Geschwindigkeitserhöhung oder Geschwindigkeitserhöhung plus Erhöhung der Laufbandneigung	5 min (nicht näher bezeichnet)	<ul style="list-style-type: none"> ●Dauer: 45 min ●Gehen am Laufband ●Intensität: Nicht mehr als 75 % HFmax ●Anfang: 80 % der bevorzugten Ganggeschwindigkeit, dann Steigerung bis 100 % ●Steigerung wenn Borg RPE 4 oder weniger ●Steigerung: + 0,2 km/h oder + 1 % Erhöhung der Laufbandneigung und + 0,2 km/h alternierend 	5 min (nicht näher bezeichnet)
Picelli, 2016 (46)	3 EH	Kontinuierliches Ausdauertraining am Laufband	KA	<ul style="list-style-type: none"> ●Dauer: 45 min ●Protokoll: 10 min mit 1 km/h – 5 min Pause – 10 min mit 1,5 km/h – 5 min Pause – 10 min mit 2 km/h 	KA

Studie, Jahr	EH pro Woche	Charakter	Aufwärmen	Trainingsprogramm	Cool-down
Shulman, 2013 (20)	3 EH	Kontinuierliches Ausdauertraining am Laufband (high-intensity)	KA	<ul style="list-style-type: none"> ●Anfang: 15 min mit 40-50 % HRR ●Steigerung: Alle 2 Wochen + 5 min und + 0,2 km/h und/oder + 1 % Erhöhung der Laufbandneigung ●Ziel: 30 min mit 70-80 % HRR 	KA
Shulman, 2013 (20)	3 EH	Kontinuierliches Ausdauertraining am Laufband (low-intensity)	KA	<ul style="list-style-type: none"> ●Anfang: 15 min mit selbst gewählter Geschwindigkeit ●Laufbandneigung 0 % ●Steigerung: Alle 2 Wochen + 5 min ●Ziel: 50 min mit HRR 40-50 % HRR 	KA
Uc, 2014 (33)	3 EH	Kontinuierliches Ausdauertraining (freies Gehen)	KA	<ul style="list-style-type: none"> ●Freies Gehen ●Dauer: 45 min ●Intensität: 70-80 % HFmax (bei Einnahme von beta-Blockern HFmax um 20 % weniger) ●Steigerung von 15 auf 45 min innerhalb von 6 Wochen 	KA
Uc, 2014 (33)	3 EH	Intervallartiges Ausdauertraining (freies Gehen)	KA	<ul style="list-style-type: none"> ●Freies Gehen ●Dauer: 45 min ●Intervalle: Abwechselnd 3 min mit 60-70 % HFmax und 3 min mit 80-90 % HFmax ●Steigerung von 15 auf 45 min innerhalb von 6 Wochen 	KA
Zoladz, 2014 (38)	3 EH	Intervallartiges Ausdauertraining am Fahrradergometer	10 min Ergometer mit selbst gewählter Geschwindigkeit	<ul style="list-style-type: none"> ●Dauer: 40 min ●Intervalle: 8 mal 3 min moderate Intensität (80-90 rpm) und 2 min niedrige Intensität (unter 60 rpm) ●Ziel für moderate Intensität: 75 % HFmax ●Beginn bei 60 % HFmax, Steigerung um 5 % alle 2 Wochen 	10 min Ergometer mit selbst gewählter Geschwindigkeit

EH: Einheiten, **KA:** Keine Angabe, **WH:** Wiederholungen, **HFmax:** Maximale Herzfrequenz, **VO2max:** Maximale Sauerstoffaufnahme, **HRR:** Heart Rate Reserve, **Borg RPE:** Received Perception of Exertion Skala nach Borg, **rpm:** Umdrehungen pro Minute

Tabelle 5: Details der Trainingsprogramme der Studien mit positivem Effekt durch Krafttraining

Anmerkung zu den englischen Bezeichnungen der Übungen: Da insbesondere für Krafttrainingsübungen oftmals keine adäquaten bzw. gängigen deutschen Namen existieren, wird hier auf eine Übersetzung verzichtet.

Studie, Jahr	EH pro Woche	Charakter	Aufwärmen	Trainingsprogramm	Cool-down
Bloomer, 2008 (40)	2 EH	Progressives Krafttraining mit Maschinen	KA	<ul style="list-style-type: none"> •3 Übungen: Leg press, seated leg curl, calf press •3 Sätze à 5-8 WH •Jeder Satz bis keine weitere WH mehr möglich •Steigerung: Wenn 3 Sätze à 8 WH möglich, Gewichtserhöhung um 5-10 % 	KA
Carvalho, 2015 (36)	2 EH	Progressives Krafttraining mit Maschinen	1 Satz mit geringem Gewicht zu Beginn jeder Übung	<ul style="list-style-type: none"> •5 Übungen: Leg extensions, leg curls, leg presses, chest presses, low row •2 Sätze à 8-12 WH •Jeder Satz bis keine weitere WH mehr möglich •Steigerung: Initial 70-80 % 1RM, anschließend Gewichtserhöhung um Intensität konstant zu halten 	Stretching
Corcos, 2013 (19) Prodoehl, 2015 (32) Rafferty, 2017 (25)	2 EH	Progressives Krafttraining und Schnellkrafttraining	Bis 10 min: 3 min Gehen, dann 5 Stretching Übungen: Neck circles, trunk rotation, arm circles, hamstring stretches, ankle stretches	<ul style="list-style-type: none"> •Dauer: Ca. 60 min •11 Übungen: Chest press, latissimus pull downs, reverse flys, double leg press, hip extension, shoulder press, biceps curl, rotary calf (ankle plantar flexion), triceps extension, seated quadriceps extension, back extension •Intensität am Anfang: Ca. 30-40 % 1RM für Übungen für obere Extremität, 50-60 % für untere Extremität •3 Sätze à 8 WH (am Anfang nur 1 Satz) •Steigerung: Zumindest + 5 % Widerstand wenn Übung „zu leicht“ •Alle 8 Wochen Wechsel zu Schnellkrafttraining •Fokus auf schneller Bewegungsausführung •2 Sätze à 12 WH •Intensität ca. 70-80 % 1RM 	(Gleich wie Aufwärmen) Bis 10 min: 3 min Gehen, dann 5 Stretching Übungen: Neck circles, trunk rotation, arm circles, hamstring stretches, ankle stretches

Studie, Jahr	EH pro Woche	Charakter	Aufwärmen	Trainingsprogramm	Cool-down
Hass, 2012 (43)	2 EH	Progressives Krafttraining mit Maschinen und Elastikband	5 min (nicht näher beschrieben)	<ul style="list-style-type: none"> ●6 Übungen an Maschinen: Seated leg press, knee extension, knee flexion, abdominal curl, back extension, seated calf raise ●4 Übungen für Sprunggelenk im Sitzen mit Gymnastikband: Dorsiflexion, plantarflexion, inversion, eversion ●2 Sätze à 12-20 WH bis kaum noch weitere WH möglich ●Nach Satz 1 (alle 10 Übungen) 5 min Pause ●Steigerung: Gewichtserhöhung bzw. Erhöhung des Widerstandes (Elastikband) um Intensität konstant zu halten 	KA
Li, 2014 (24)	2 EH	Progressives Krafttraining mit freien Gewichten	KA	<ul style="list-style-type: none"> ●Dauer: 60 min ●Übungen: Forward/side stepping, squats, forward/side lunges, heel/toe raises ●1-3 Sätze à 10-15 WH ●Steigerung: Gewichtsweste, Gewichtsmanschetten für Fußgelenk. Gewichtsweste initial 1 % Körpergewicht, Ziel: 5 %. Gewichtsmanschetten initial 0,5 kg, Ziel: 1,4 kg 	KA
Ni, 2016 (45)	2 EH	Progressives Schnellkrafttraining mit Maschinen	KA	<ul style="list-style-type: none"> ●11 Übungen an pneumatisch-gesteuerten Maschinen: Biceps curl, triceps pushdown, chest press, seated row, lat pull-down, shoulder press, leg press, leg curl, hip abduction, hip adduction, seated calf ●3 Sätze à 10-12 WH ●Im Satz alternierend Übungen für obere und untere Extremität ●Steigerung: + 5 % Widerstand wenn Power-Plateau in 2 aufeinanderfolgenden EH unverändert ●Ausführung: Konzentrische Bewegung so schnell wie möglich, exzentrische Bewegung langsam ●Nach jeweils 4 Wochen 2 Wochen translationales Training: Integration der Schnellkraft in Balanceübungen und Agility-Drills (mit Linien, Hütchen, Bällen, Laufleiter etc.) 	KA

Studie, Jahr	EH pro Woche	Charakter	Aufwärmen	Trainingsprogramm	Cool-down
Schlenstedt, 2015 (37)	2 EH	Progressives Krafttraining mit freien Gewichten bzw. eigenem Körpergewicht	10 min (nicht näher beschrieben)	<ul style="list-style-type: none"> ●Dauer: 50 min ●Übungen für Hüftflexoren/extensoren/abduktoren, Knieflexoren/extensoren, Dorsal/Plantarflexion Sprunggelenk ●Übungen: Squats, knee extensions, toe/calf raises, hip abductions etc. ●3 Sätze à 15-20 WH bis kaum noch weitere WH möglich ●Steigerung: Gewichtsmanschetten bzw. Elastikband wenn 20 WH problemlos möglich ●2 min Pause zwischen Sätzen 	KA
Silva-Batista, 2016 (22), Silva-Batista, 2017 (23), Silva-Batista, 2017 (47)	2 EH	Progressives Krafttraining mit instabilem Untergrund	10 min Fahrradergometer (20-40 rpm)	<ul style="list-style-type: none"> ●Dauer: 40 min ●5 Übungen: Leg press, latissimus dorsi pulldown, ankle plantarflexion, chest press, half squat ●Erste Wochen: 2-3 Sätze à 10-12 WH ●Folgende Wochen: 3-4 Sätze à 8-10 WH ●Ziel: 4 Sätze à 6-8 WH ●2 min Pause zwischen Sätzen/Übungen ●Steigerung von stabilem zu instabilem Untergrund: Balance pad, dyna discs, balance discs, BOSU® und Swiss ball (Beispiel leg press: Balance pad (Füße) → dyna discs (Füße) und dyna disc (Sitz) → balance disc (Füße) und balance disc (Sitz) → BOSU® (Füße) und balance disc (Sitz) ●Fokus auf korrekter Ausführung, dann erst Gewichtserhöhung 	KA

EH: Einheiten, **KA:** Keine Angabe, **WH:** Wiederholungen, **1RM:** One-Repetition-Maximum, **rpm:** Umdrehungen pro Minute

Tabelle 6: Details der Trainingsprogramme der Studien mit positivem Effekt durch Balancetraining

Studie, Jahr	EH pro Woche	Charakter	Aufwärmen	Trainingsprogramm	Cool-down
Atterbury, 2017 (35)	3 EH	Progressives Balancetraining	10 min	<ul style="list-style-type: none"> •Dauer: 15-40 min •Anfang: Statische Haltungskontrolle auf instabilem Untergrund (mit geschlossenen Augen, Einbeinstand, Tandemstand, Kopf drehen, Gewichtsverlagerung etc.) •Steigerung: Dynamische Haltungskontrolle auf instabilem Untergrund (Bewegungen mit oberer und unterer Extremität etc.) •Steigerung: Funktionelle Balance (kontrollierte Schritte, alltägliche Bewegungen) •Anmerkung: Verbale und Taktile Hinweise („Schulterblätter zusammenziehen“, Berühren zwischen Schulterblättern etc.) 	10 min Entspannungstechniken

EH: Einheiten

Tabelle 7: Details der Trainingsprogramme der Studien mit positivem Effekt durch gemischtes Training oder ein fernöstliches Trainingsprogramm

Anmerkung zu den englischen Bezeichnungen der Übungen: Da insbesondere für Krafttrainingsübungen oftmals keine adäquaten bzw. gängigen deutschen Namen existieren, wird hier auf eine Übersetzung verzichtet.

Studie, Jahr	EH pro Woche	Charakter	Aufwärmen	Trainingsprogramm	Cool-down
Goodwin, 2011 (28)	3 EH (1 EH supervidiert, 2 EH daheim)	Progressives Kraft- und Balancetraining	10 min: Marschieren, Mobilisation Gelenke (Arme schwingen, Oberkörper drehen, Schultern kreisen etc.)	<ul style="list-style-type: none"> •Dauer: 40 min •Balance: Side steps, side taps, side sway, lunges, toe walk, heel walk, tandem walk etc. •Steigerung: Schrittlänge vergrößern, Bewegungsamplitude vergrößern, WH erhöhen, Stand erschweren etc. •Kraft: Heel raise, toe raise, sit to stand, seated led press (mit Band), seated upper back strengthener (mit Band) etc. •Steigerung: WH erhöhen, Widerstand erhöhen (Band), Stand erschweren etc. <ul style="list-style-type: none"> •Individuelles Trainingsprogramm für Heimtraining (2 EH pro Woche) 	10 min Stretching (Waden, Oberschenkelrückseite etc.)
Hackney, 2008 (42)	2 EH	Tai Chi	KA	<ul style="list-style-type: none"> •Dauer: 60 min •Inhalt: Erlernen bzw. praktizieren von Teil 1 und 2 der Yang-Stil Kurzform nach Cheng Man Ching 	KA
Li, 2014 (24) Li, 2012 (29)	2 EH	Tai Chi	KA	<ul style="list-style-type: none"> •Dauer: 60 min •Inhalt: 6 Tai Chi Bewegungen integriert in 8-Form Routine •Spezifisch abgezielt auf Balance, Gewichtsverlagerung, Gang (side steps, vorwärts/rückwärts Schritte, breiter/enger Stand, Oberkörperdrehungen etc.) 	KA

Studie, Jahr	EH pro Woche	Charakter	Aufwärmen	Trainingsprogramm	Cool-down
Prodoehl, 2015 (32) Rafferty, 2017 (25)	2 EH	Kraft-, Balance und Stretching	Bis 10 min: 3 min Gehen, dann 5 Stretching Übungen: Neck circles, trunk rotation, arm circles, hamstring stretches, ankle stretches	<ul style="list-style-type: none"> •Dauer: Ca. 60 min •12 Stretching Übungen: Standing chest stretch, seated neck and chest stretch, seated rotation stretch, overhead stretch, standing back stretch, hamstring stretch, lying shoulder stretch, seated side stretch, standing shoulder stretch, rotation stretch, calf stretch, ankle circles •Stretching Übungen je 3 mal für 3-5 Atemzüge •6 Kraftübungen: Wall slides, bridging, shoulder blade squeeze, quadriceps strengthening (long arc quad), quadruped trunk strengthening (opposite arm/leg lifts), prone on elbows •3 Sätze à 10 WH •2 Balanceübungen: Gewichtsverlagerung vorwärts/rückwärts (10-20 mal), Einbeinstand (5-10 sek) 	(Gleich wie Aufwärmen) Bis 10 min: 3 min Gehen, dann 5 Stretching Übungen: Neck circles, trunk rotation, arm circles, hamstring stretches, ankle stretches
Shulman, 2013 (20)	3 EH	Kraft und Stretching	KA	<ul style="list-style-type: none"> •Zuerst Kraft- dann Stretchingübungen •3 Kraftübungen (an Maschinen): Leg press, leg extension, leg curl •2 Sätze à 10 WH pro Bein •Gewichtserhöhung um Intensität konstant zu halten •Stretchingübungen: Trunk rotation, hip abduction, stretches of hamstrings, quadriceps, calves, ankles 	KA
Xiao , 2016 (34)	4 EH	Baduanjin Qigong und Gehen	KA	<ul style="list-style-type: none"> •Dauer: 45 min •Inhalt: 8 Übungen des Baduanjin Qigong •Je Übung 6 WH •Dauer der gesamten Sequenz ca. 15 min •30 min Gehen täglich 	KA

EH: Einheiten, **WH:** Wiederholungen, **KA:** Keine Angabe

3.4.1. Details der effektiven Ausdauertrainingsprogramme

Die Details der Studien mit Ausdauertraining sind in *Tabelle 4* zu finden. In den meisten Studien wurden 3 Ausdauertrainingseinheiten pro Woche durchgeführt. Nur in zwei Studien (30, 36) fanden lediglich 2 Einheiten pro Woche statt. Die Dauer der einzelnen Einheiten variierte von 30 (20, 36) bis 50 Minuten (20, 30). Zumeist wurde mit einer kürzeren Trainingsdauer begonnen. Duchesne et al. (48) steigerten das Training beispielsweise von anfänglich 20 Minuten auf eine Zieldauer von 40 Minuten, wobei die Dauer jede Woche um 5 Minuten verlängert wurde. Monteiro et al. (30) starteten mit 35 Minuten und erhöhten die Dauer alle 3 Einheiten um 5 Minuten bis zu einer Zielzeit von 50 Minuten. Die kürzeste Einstiegsdauer betrug 15 Minuten (20, 33).

In den meisten Studien wurde das Ausdauertraining am Laufband durchgeführt. In einer Studie (38) fand das Training am Fahrradergometer und in einer (48) am Liegeergometer statt. Freies Gehen und Nordic Walking kamen in zwei Studien (30, 33) zum Einsatz. Am häufigsten wurde das Training nach der kontinuierlichen Dauerethode durchgeführt (20, 31, 33, 36, 44, 46, 48). Uc et al. und Zoladz et al. (33, 38) konnten zeigen, dass auch intervallförmige Ausdauertrainingsprogramme mit Parkinsonkranken erfolgreich umgesetzt werden können. In manchen Studien gab es Angaben zu Aufwärmen und Cool-down, wobei diese in nur zwei Studien (30, 38) näher bezeichnet wurden.

Die Angaben zur Trainingsintensität waren in den Studien nicht einheitlich und daher nur eingeschränkt vergleichbar. In einigen Studien (31, 33, 36, 38, 44) wurde die Intensität in Prozent der maximalen Herzfrequenz (% HFmax) und in anderen (20, 30) wiederum in Prozent der Herzfrequenzreserve (% HRR) angegeben. Duchesne et al. (48) gaben die Intensität sogar in Prozent der maximalen Sauerstoffaufnahme (% VO₂max) an. Die Zielintensität in den kontinuierlichen Programmen lag bei 70 bis 80 % der HFmax und bei 70 bis 80 % der HRR. Beim low-intensity Protokoll von Shulman et al. (20) war die Zielintensität mit 40 bis 50 % der HRR deutlich niedriger. In den meisten Studien wurde die Intensität über die Erhöhung der Geschwindigkeit oder die Erhöhung der Laufbandneigung konstant gehalten. Die Intensität blieb somit in den meisten Studien über die gesamte

Interventionsdauer gleich. In manchen Studien wurde hingegen auch eine Intensitätssteigerung durchgeführt. Bei Monteiro et al. (30) wurde beispielsweise mit 35 Minuten und einer Intensität von 60 % der HRR gestartet und nach je 3 Einheiten wurde die Dauer um 5 Minuten und die Intensität um 5 % erhöht. Shulman et al. (20) begannen in ihrem high-intensity Protokoll mit 15 Minuten bei 40 bis 50 % der HRR und erhöhten die Dauer alle zwei Wochen um 5 Minuten. Die Zielintensität von 70 bis 80 % der HRR wurde durch eine schrittweise Steigerung der Laufbandgeschwindigkeit und/oder Erhöhung der Laufbandneigung über mehrere Wochen erreicht. Uc et al. (33) merkten in ihrem Trainingsprotokoll an, dass die Zielintensität von 70 bis 80 % der HFmax bei Einnahme von Beta-Blockern um 20 % verringert wurde.

Die beiden intervallartigen Programme wurden am Fahrradergometer (38) und als freies Gehen (33) durchgeführt. Bei Uc et al. (33) wurden alternierend je 3 Minuten mit hoher Intensität (80 bis 90 % der HFmax) und 3 Minuten mit niedrigerer Intensität (60 bis 70 % der HFmax) absolviert. Die Gesamtdauer belief sich dabei auf 45 Minuten. In der zweiten Studie (38) wurden 8 mal 3-minütige Intervalle mit einer Intensität von 75 % der HFmax am Fahrradergometer mit einer ungefähren Trittfrequenz von 80 bis 90 Umdrehungen pro Minute durchgeführt. In der 2-minütigen Intervallpause wurde mit einer Frequenz von unter 60 Umdrehungen pro Minute getreten. Die Gesamtdauer betrug in diesem Programm 40 Minuten.

3.4.2. Details der effektiven Krafttrainingsprogramme

Insgesamt waren die Krafttrainingsprogramme von Studie zu Studie unterschiedlich genau beschrieben. In allen effektiven Krafttrainingsprogrammen (*Tabelle 5*) fanden 2 Trainingseinheiten pro Woche statt. Die Dauer der einzelnen Einheiten variierte von 40 (47) bis 60 Minuten (19, 29), wobei diese in nur wenigen Studien angegeben wurde. Einheitlich war in allen Studien der progressive Charakter des Trainings. Es fand also in allen Krafttrainingsprogrammen eine Anpassung des Widerstandes und/oder der Wiederholungszahl an das zunehmende Leistungsvermögen der Parkinsonkranken statt. Die Intensitätssteigerung fand beispielsweise dann statt, wenn die Übungen zu „leicht“ wurden (19) oder wenn nach der letzten Wiederholung eines Satzes noch mehrere weitere Wiederholungen möglich waren (36, 37, 40, 43).

Die Progression erfolgte zum Beispiel über eine Gewichtserhöhung um 5 bis 10 % bei Krafttraining an Maschinen (40) oder über das zusätzliche Einbringen von Gewichtsmanschetten (29, 37). Das initiale Trainingsgewicht wurde unter anderem in Prozent des One-Repetition-Maximums (% 1RM) angegeben (19, 36). Manchmal fehlten jedoch klare Angaben zur Festlegung des Startgewichts.

Aufgrund der heterogenen Krafttrainingsprotokolle bzw. der vielseitigen Möglichkeiten im Krafttraining ist eine allgemeine Zusammenfassung der Details nur bedingt möglich. Anzahl und Art der durchgeführten Übungen waren dementsprechend von Studie zu Studie sehr unterschiedlich. Während bei Bloomer et al. (40) nur 3 Übungen an Maschinen für die untere Extremität absolviert wurden, waren es bei Corcos et al. (19) und Ni et al. (45) je 11 Übungen für alle größeren Muskelgruppen des Körpers. In sechs Studien (19, 36, 40, 43, 45, 47) kamen Krafttrainingsmaschinen zum Einsatz. Es wurde aber auch mit dem eigenen Körpergewicht (37), Elastikbändern (43) und freien Gewichten (29) trainiert. In den meisten Studien (19, 29, 37, 40, 45) wurden 3 Sätze pro Übung durchgeführt, wobei auch 2 (36, 43) und 4 Sätze (47) vorkamen. Die Wiederholungszahlen wiesen ebenfalls ein breites Spektrum auf und reichten von 5 (40) bis zu 20 Wiederholungen (37, 43) pro Satz. Die Dauer der Satzpausen wurde lediglich in drei Studien (37, 43, 47) angegeben und betrug in diesen 2 bis 5 Minuten.

In drei Studien (19, 36, 47) gab es konkrete Angaben zu Aufwärmen und Cool-down. Aufgewärmt wurde mit lockerem Gehen und Stretchingübungen (19) oder mit einem Satz mit geringem Gewicht zu Beginn jeder Übung (36) oder mit 10 Minuten Einfahren am Fahrradergometer (47). Als Cool-down kamen das gleiche Programm wie beim Aufwärmen (lockeres Gehen und Stretching) (19) oder Stretching allein (36) zur Anwendung.

Drei Studien (19, 45, 47) verwendeten sehr komplexe und innovative Trainingsprogramme. Corcos et al. (19) führten beispielsweise alle 8 Wochen einen Wechsel von Krafttraining mit normaler Bewegungsgeschwindigkeit zu Schnellkrafttraining mit schnellstmöglicher Bewegungsausführung durch. In der Schnellkraftphase gab es statt 3 Sätzen zu je 8 Wiederholungen nur mehr 2 Sätze zu je 12 Wiederholungen. Silva-Batista et al. (47) setzten bei ihrem

Krafttrainingsprogramm Balancegeräte ein. Es gab 5 Übungen, bei denen nach und nach der Kontakt zum Untergrund instabiler wurde. Beispielsweise wurde bei der Übung „Leg press“ zunächst ein Balance pad zwischen den Füßen und der Platte platziert und danach eine Dyna disc als erschwerende Sitzfläche hinzugefügt. Als Steigerung wurde dann das Balance pad gegen einen BOSU® Ball ausgetauscht. Der Fokus lag bei diesem Training auf der korrekten bzw. in diesem Sinne möglichst stabilen Übungsausführung und erst in weiterer Folge auf der Gewichtserhöhung. Ein sogenanntes translationales Trainingsprogramm kam bei Ni et al. (45) zum Einsatz. Es wurden 11 Übungen für den ganzen Körper an pneumatisch-gesteuerten Maschinen mit der schnellstmöglichen Bewegungsgeschwindigkeit in der konzentrischen Phase ausgeführt. Nach 4 Wochen Schnellkrafttraining fand ein 2-wöchiges translationales Training statt. Dabei wurden die schnellkräftigen Bewegungen auf Balanceübungen und Agility-Drills übertragen, welche mithilfe von Hütchen, Linien, Bällen oder einer Laufleiter durchgeführt wurden.

3.4.3. Details der effektiven Balancetrainingsprogramme

Von den zwei Interventionsstudien (35, 37), die die Effekte von reinem Balancetraining untersuchten, erwies sich nur die Studie von Atterbury et al. (35) als effektiv (*Tabelle 6*). Es ist anzumerken, dass Atterbury et al. das Balanceprogramm auch gut beschrieben. In diesem Programm fanden 3 Einheiten pro Woche statt. Die Dauer der einzelnen Einheiten betrug 15 bis 45 Minuten. Insgesamt handelte es sich um ein Balanceprogramm mit progressivem Charakter, das heißt die Übungen wurden schrittweise erschwert. Zu Beginn wurden die Übungen (z.B. Einbeinstand oder Tandemstand) statisch auf immer schwierigeren Balancegeräten ausgeführt. Im nächsten Teil wurden dynamische Bewegungen integriert. Hier wurden zusätzlich Arme und/oder Beine bewegt. Im letzten Schritt wurden die Übungen in den Alltag transferiert, indem beispielsweise kontrollierte Schritte unter stabiler Haltung geübt wurden. Außerdem gab es von den Trainern verbale („Schulterblätter zusammenziehen“) und taktile (berühren zwischen Schulterblättern) Hinweise. Die Einheiten endeten mit einem 10-minütigen Cool-down mit Entspannungstechniken.

3.4.4. Details der effektiven gemischten Trainingsprogramme und fernöstlichen Trainingsarten

Die Details zu den effektiven gemischten Trainingsprogrammen und fernöstlichen Trainingsarten sind in *Tabelle 7* ersichtlich. In drei Studien wurden die folgenden Trainingsarten kombiniert: Kraft und Balance (28); Kraft, Balance und Stretching (32); Kraft und Stretching (20). Die Trainingsprogramme waren entsprechend heterogen. Bei Prodoehl et al. (32) wurde 2-mal pro Woche trainiert. Bei Goodwin et al. (28) und Shulman et al. (20) fanden 3 Einheiten pro Woche statt, wobei bei Goodwin et al. 2 Einheiten davon zu Hause selbstständig durchgeführt wurden. Die Dauer der einzelnen Einheiten wurden in zwei Studien angegeben und erstreckte sich von 40 (28) bis 60 Minuten (32).

Das Programm von Goodwin et al. (28) bestand aus progressiven Balance- und Kraftübungen. Zu den Balanceübungen zählten beispielsweise Side steps, Toe walk oder Tandem walk. Der Schwierigkeitsgrad der Übungen wurde nach und nach durch Vergrößern von Schrittlänge oder Bewegungsamplitude oder durch Erschweren des Standes gesteigert. Die Krafttrainingsübungen wurden mit dem eigenen Körpergewicht oder mit einem Elastikband ausgeführt. Hier fehlten Angaben zur Wiederholungszahl. Die Progression erfolgte unter anderem durch Erhöhung der Wiederholungszahl oder des Widerstandes. Dieses Programm fand einmal pro Woche supervidiert statt und zusätzlich wurde ein individuelles Heimtrainingsprogramm erstellt, das 2-mal pro Woche durchzuführen war.

Das Programm von Shulman et al. (20) war relativ simpel und bestand aus 3 Krafttrainingsübungen für die untere Extremität an Maschinen und einigen Stretchingübungen. Zuerst wurden die Kraftübungen mit 2 Sätzen zu je 10 Wiederholungen pro Bein absolviert und danach 6 Stretchingübungen (z.B.: Hip abduction oder Trunk rotation) durchgeführt. Um die Intensität der Krafttrainingsübungen konstant zu halten, wurde das Gewicht erhöht. Das gemischte Interventionsprogramm von Prodoehl et al. (32) war sehr umfassend und beinhaltete 6 Kraft-, 2 Balance- und 12 Stretchingübungen. Mit den freien Kraftübungen wurden Muskelgruppen des ganzen Körpers trainiert. Es gab 3 Sätze zu je 10 Wiederholungen. Die Stretchingübungen wurden je 3-mal für 3 bis 5

Atemzüge ausgeführt. Die 2 Balanceübungen bestanden aus Gewichtsverlagerung vor/zurück und Einbeinstand.

Tai Chi (29, 42) und Qigong (34) zählten zu den effektiven fernöstlichen Trainingsarten (Tabelle 7). Die beiden Tai Chi Programme fanden 2 mal pro Woche statt und die Dauer der einzelnen Einheiten betrug 60 Minuten. Bei Hackney et al. (42) wurden die Teile 1 und 2 der Yang-Stil Kurzform nach Cheng Man Ching erlernt und praktiziert. Das andere Tai Chi Programm (29) war spezifisch auf die Verbesserung von Balance, Gewichtsverlagerung und Gang abgezielt. Es wurden 6 Tai Chi Bewegungen in eine 8-Form Routine integriert. Bei Xiao et al. (34) wurde 4-mal pro Woche Baduanjin Qigong praktiziert und es gab zusätzlich die Vorgabe täglich 30 Minuten zu Gehen. Ausgeübt wurden 8 Übungen des Baduanjin Qigong, wobei pro Übung 6 Wiederholungen durchgeführt wurden. Die Dauer des gesamten Programmes belief sich auf 45 Minuten.

3.5. Nebenwirkungen des Trainings

In den allermeisten Studien wurden die Nebenwirkungen, die auf das Trainingsprogramm zurückzuführen waren, dokumentiert und beschrieben. Oft wurde hervorgehoben, dass keine schwerwiegenden unerwünschten Ereignisse aufgrund des Interventionsprogrammes vorkamen (20, 28, 29, 31, 33, 45-47). Bloomer et al. (40) betonten beispielsweise in ihrer Studie, dass die Parkinsonkranken das moderate Krafttrainingsprotokoll sehr gut vertrugen und keinerlei muskuläre Probleme auftauchten. Auch die beiden Krafttrainingsprogramme (herkömmliches Krafttraining und Krafttraining mit instabilem Untergrund) von Silva-Batista et al. (47) wurden sehr gut vertragen und es traten keine auf das Training zurückzuführenden unerwünschten Ereignisse auf.

Ein interessanter Aspekt zeigte sich in der Studie von Canning et al. (27), bei der Parkinsonkranke im Hoehn und Yahr Stadium 2 bis 4 teilnahmen. Es wurde dort 3-mal pro Woche ein Kraft- und Balancetraining durchgeführt. Die Subgruppenanalyse ergab, dass die milder erkrankten ParkinsonpatientInnen durch das Training weniger Stürze als vorher hatten, während es bei den schwerer

Erkrankten zu einem Anstieg der Stürze kam. Trainingsartspezifische Nebenwirkungen traten bei Uc et al. (33) auf, die in ihrer Studie kontinuierliches und intervallartiges Ausdauertraining verglichen. In der Gruppe, die kontinuierliches Ausdauertraining durchführte, gab es keine Drop-outs, wohingegen drei TeilnehmerInnen der Intervalltrainingsgruppe das Training aufgrund von Nebenwirkungen wie Knieschmerzen beendeten.

3.6. Supervision der Trainingseinheiten

In den meisten Studien wurden die Trainingseinheiten supervidiert (19-21, 31, 36, 37, 40, 44, 47, 48). Das heißt, dass das Training von Trainerinnen, PhysiotherapeutInnen oder anderen Fachkräften abgehalten wurde. Es gab jedoch auch Studien, in denen das Training zu Hause selbstständig durchgeführt wurde (19, 27, 35). Im direkten Vergleich von Balancetraining mit und ohne Supervision zeigte sich beispielsweise bei Atterbury et al. (35), dass sich die Gruppe mit Therapeut stärker verbesserte und dass die Gruppe mit Therapeut auch eine größere Motivation aufwies als jene Gruppe, die selbstständig zu Hause mit einer DVD trainierte.

3.7. Komorbiditäten der StudienteilnehmerInnen

Oft wurden in den einzelnen Studien Parkinsonkranke ausgeschlossen, die noch weitere Erkrankungen hatten. Eines der häufigsten Ausschlusskriterien war dabei das Vorhandensein einer kognitiven Beeinträchtigung. Dementsprechend fielen oft Parkinsonkranke mit einer Mini Mental State Examination (MMSE) Punktezahl von unter 23 weg (19, 20, 27, 29, 33, 34, 41, 45-47). Meistens wurden auch PatientInnen mit kardiovaskulären Vorerkrankungen oder signifikanten orthopädischen Problemen ausgeschlossen (19, 27, 28, 33-38, 40, 44, 45, 47), wobei die Formulierungen hier sehr allgemein gehalten wurden. Andere neurologische Erkrankungen zählten ebenso zu den Ausschlusskriterien (35, 39).

4. Diskussion

4.1. Allgemeine Ergebnisse

Für den Zweck dieser Arbeit, der qualitativen Analyse und tabellarischen Darstellung von trainingstherapeutischen Interventionsstudien bei Morbus Parkinson und der auf den Ergebnissen basierenden Erstellung eines Trainingsprogrammes für Parkinsonkranke, wurden 28 passende Studien gefunden. Insgesamt führten fast alle Interventionsprogramme zu einem positiven Effekt. In nur drei Studien (27, 39, 41) konnten keine relevanten positiven Veränderungen durch das Training erzielt werden, wobei hervorzuheben ist, dass es in keiner Studie zu einer Verschlechterung der primären Outcome-Parameter kam. Die Feststellung, dass trainingstherapeutische Maßnahmen bei Morbus Parkinson positive Effekte nach sich ziehen und daher zu empfehlen sind, entspricht dem generellen Wissensstand zu diesem Thema (6, 7, 9, 49). In den nachfolgenden Subkapiteln werden einerseits die Problematik bezüglich der Interpretation der Studienergebnisse diskutiert und andererseits Rückschlüsse für die Trainingsempfehlungen unter Berücksichtigung der Details aus den effektiven Trainingsprogrammen gezogen.

Positiv hervorzuheben ist, dass in fast allen Studien Nebenwirkungen und unerwünschte Ereignisse dokumentiert wurden. Das Durchführen von trainingstherapeutischen Interventionen bei Morbus Parkinson scheint insgesamt sicher zu sein. Die Detailliertheit der Angaben variierte jedoch von Studie zu Studie und daher stellen die potenziellen Nebenwirkungen des Trainings nach wie vor ein Fragezeichen dar. Andere systematische Reviews kamen ebenfalls zu diesem Rückschluss (14). Es muss berücksichtigt werden, dass die allermeisten Trainingsinterventionen unter Supervision durch SportwissenschaftlerInnen, PhysiotherapeutInnen oder anderen medizinischen Fachkräften durchgeführt wurden. Es ist denkbar, dass es bei unbeaufsichtigtem Training (im Sinne von Heimtraining) zu mehr Stürzen kommt und dass bei selbstständig durchgeführtem Training aufgrund inkorrekt ausgeführter Bewegungen ein größeres Risiko für Fehlbelastungen des Bewegungsapparates besteht.

Die Generalisierbarkeit der hier dargelegten Ergebnisse ist aus diversen Gründen nur eingeschränkt möglich. Viele der Studien wiesen eine Small-Sample-Size auf. In nur fünf Studien (20, 27-29, 34) bestand die Studienpopulation aus über 50 Personen. Die Studiendesigns waren insgesamt sehr heterogen. In einigen Studien dienten herkömmliche Kontrollgruppen ohne Intervention („usual care control“) als Vergleich, während es in anderen Studien keine Kontrollgruppen gab. Oft wurden auch unterschiedliche Trainingsprogramme miteinander verglichen (z.B. Kraft- und Balancetraining). Insgesamt würde das Vorhandensein von Kontrollgruppen ohne Intervention die Vergleichbarkeit der Studien deutlich erleichtern. Das Fehlen einer Kontrollgruppe bedeutet jedoch nicht, dass keine Rückschlüsse aus der Studie gezogen werden können. Beispielsweise hat sich gezeigt, dass sowohl Kraft- als auch Ausdauertraining einer rein physiotherapeutischen Behandlung zur Verbesserung der motorischen Symptome bei Morbus Parkinson überlegen sind (36). Aufgrund des progressiv degenerativen Charakters der Erkrankung (5) ist anzunehmen, dass sich die Symptome einer Kontrollgruppe über einen längeren Zeitraum verschlechtern würden. Trainingsprogramme, die positive Effekte nach sich ziehen, ohne dass diese durch den Vergleich mit einer Kontrollgruppe belegt werden, dienen daher unter Vorbehalt dazu, um gewisse Rückschlüsse für Trainingsempfehlungen ziehen zu können.

Die unterschiedliche Dauer der Interventionsprogramme führte ebenso zu einer erschwerten Vergleichbarkeit der Studien. Die meisten Interventionen dauerten zumindest acht Wochen. Es gab jedoch nur ein Trainingsprogramm, bei dem länger als ein Jahr trainiert wurde (19). Es ist unklar, ab welcher Trainingsdauer messbare Trainingseffekte auftreten sollten, sofern diese vorhanden sind und wie lange trainiert werden müsste, bis das maximale Verbesserungspotenzial ausgeschöpft ist. Bei Picelli et al. (46) kam es beispielsweise bereits nach vier Wochen Ausdauertraining zu einer signifikanten Verbesserung beim 6-Minuten-Gehtest (6MWT). Die zwei Jahre dauernde Langzeitstudie von Corcos et al. (19) lieferte ein gutes Beispiel für die Schwierigkeit der Interpretation von Trainingsdauer und Trainingseffekten. Es wurden progressives Krafttraining und ein gemischtes Trainingsprogramm mit nicht-progressivem Krafttraining miteinander verglichen. Die Gruppe mit progressivem Krafttraining erreichte nach zwei Jahren den besten Wert bei der UPDRS III, während sich die andere Gruppe nach 6 Monaten noch

gleich stark verbesserte, aber nach zwei Jahren wieder zu ihrem Ausgangswert zurückkehrte. Dies mag an der nicht vorhandenen Anpassung der Trainingsreize liegen, wobei damit die initiale Verbesserung und der anschließende Rückfall auf das Ausgangsniveau nicht hinreichend erklärt würden. Insgesamt sollte Trainingstherapie keine zeitlich begrenzte Therapieform darstellen, sondern einen lebenslang begleitenden Prozess mit Veränderungen und Adaptionen, der an die Bedürfnisse und den aktuellen Zustand des Patienten/der Patientin angepasst wird. Aus diesem Grund wurden in dieser Arbeit keine Follow-Up Messungen berücksichtigt, die den Erhalt der Trainingseffekte nach Beendigung der Intervention untersuchten.

Ein großes Problem stellte die heterogene Beschreibung der Trainingsprogramme dar. In manchen Studien wurde das gesamte Trainingsprogramm inklusive Aufwärmphase und Cool-down detailliert beschrieben, während in anderen Studien lediglich erwähnt wurde, dass diese Teile im Training vorkamen. Die Angaben zu Intensität und Trainingsgeräten, sowie die Beschreibung der einzelnen Übungen unterschieden sich deutlich von Studie zu Studie und ließen mitunter einen Interpretationsspielraum offen. Einzig die Dauer der einzelnen Einheiten und die Anzahl der Trainingseinheiten pro Woche waren fast immer klar ersichtlich. Für zukünftige Studien wären eine einheitliche und strukturierte, auf Leitlinien basierende Darstellung des Trainingsprogrammes wünschenswert.

In den Studien wurden insgesamt sehr variable Outcome-Parameter eingesetzt, was die Vergleichbarkeit und das Treffen von allgemeinen Aussagen erschwerte. Diese Problematik stellt eine der Schwächen dieser Arbeit dar. Oft bestand das Problem, dass in manchen Studien singuläre Outcome-Parameter (z.B. Timed Up and Go Test [TUG] oder 6-Minute Walking Test [6MWT]) eingesetzt wurden, während in anderen Studien diverse singuläre Outcome-Parameter zu einer Überkategorie (z.B. Funktionelle Mobilität oder Balance) zusammengefasst wurden. Zudem variierte die Anzahl der in einer Überkategorie zusammengefassten Outcome-Parameter stark und manchmal war das Ergebnis der Studie nicht eindeutig formuliert. Letztendlich machte dies die nachträgliche Beurteilung des Gesamteffektes der Trainingsintervention erforderlich und begründet somit die Möglichkeit vereinzelter Fehlinterpretationen. Der Bedarf eines standardisierten

Vorgehens bezüglich der Outcome-Parameter ist zweifellos gegeben, obwohl eine solche Standardisierung im Kontext einer derart heterogenen Erkrankung wie Morbus Parkinson sicherlich schwierig umzusetzen ist. Die Problematik der heterogenen Beschreibung der Outcome-Parameter wird auch in anderen Review-Artikeln angesprochen (11, 50).

Eine weitere Schwäche dieser Arbeit liegt, wegen des nicht-bestehenden freien Zugriffs, im Wegfall von einigen potenziell zu inkludierenden Studien. Aufgrund vergleichbarer Studienpopulationen, Trainingsprogrammen und Outcomes in den Abstracts dieser Studien ist jedoch anzunehmen, dass keine wesentlichen Informationen für den Zweck dieser Arbeit verlorengehen bzw. dass daraus keine differierenden Trainingsempfehlungen abgeleitet würden.

4.2. Charakteristik der StudienteilnehmerInnen

Das Durchschnittsalter der StudienteilnehmerInnen in den einzelnen Studien variierte von 59 bis 71 Jahren. Dies entspricht der Tatsache, dass die Prävalenz von Morbus Parkinson in älteren Altersgruppen deutlich höher ist und dass das Durchschnittsalter bei Erstmanifestation ebenfalls in diesem Altersbereich liegt (1, 2). In anderen Review-Artikeln sind ähnliche Angaben bezüglich der Altersspanne des Studienkollektivs zu finden (12, 14, 15, 50). 63 Prozent der TeilnehmerInnen waren männlich, wobei Männer und Frauen grundsätzlich gleich häufig von der Erkrankung betroffen sind (1). Im Vergleich dazu waren die TeilnehmerInnen im Review von McNeely et al. (51) überwiegend Frauen. Es wurden dort allerdings Tanzprogramme untersucht. Aufgrund dessen, dass in den in dieser Arbeit inkludierten Studien deutlich mehr Männer teilnahmen, sollten die nachfolgenden Trainingsempfehlungen besonders bei der Umsetzung mit Frauen vorsichtig interpretiert werden. Es mag sein, dass der Gesamtumfang für Frauen besonders bei Kraft- und Ausdauertraining adaptiert werden muss.

In fast allen Studien nahmen Parkinsonkranke mit mildem bis moderatem Schweregrad der Erkrankung, entsprechend den Stadien 1 bis 3 auf der Hoehn und Yahr Skala, teil. In nur vier Studien (27-30) wurden auch schwerere Erkrankte

(Stadium 4) untersucht. Dies liegt in erster Linie daran, dass in den Studien oft überhaupt nur PatientInnen in den Stadien 1 bis 3 eingeschlossen wurden. Aufgrund der deutlichen körperlichen Beeinträchtigung im Stadium 4 ist klar, dass diverse Trainingsprogramme nur eingeschränkt durchführbar sind und dies gerade bei Gruppentraining ein großes Problem darstellt. In einer großen Studie von Goodwin et al. (28) nahmen aber beispielsweise 13 Parkinsonkranke im Stadium 4 an einem Gruppentrainingsprogramm mit Kraft- und Balanceübungen teil. Spezifischere Informationen bezüglich der Teilnahme der schwerer Erkrankten am Trainingsprogramm gab es leider nicht. In einer Tai Chi Interventionsstudie (29) wurden ebenso schwerer Erkrankte eingeschlossen, wobei die Umsetzung eines Tai Chi Programmes mit körperlich stark eingeschränkten Personen sicherlich leichter und risikoärmer ist, als jene eines Kraft- und Balancetrainings. Auch in der Ausdauertrainingsstudie von Monteiro et al. (30), in der Parkinsonkranke im Stadium 4 teilnahmen, gab es keine konkreteren Bemerkungen zum Verlauf des Trainings mit den schwerer Erkrankten. Einen kleinen Hinweis zur Problematik von Training mit körperlich stärker eingeschränkten Personen lieferten die Ergebnisse von Canning et al. (27). Das 3-mal wöchentlich für sechs Monate stattfindende Kraft- und Balancetraining führte bei den milder Erkrankten zu einer Verringerung der Stürze, während sich bei den schwerer Erkrankten eine Tendenz in Richtung Erhöhung der Sturzrate zeigte. Es wäre möglich, dass im fortgeschrittenen Stadium nur mehr Einzeltherapien sicher und effektiv umgesetzt werden können. Konkrete Rückschlüsse lassen sich aus diesen Ergebnissen jedoch keineswegs ziehen.

Aufgrund der fehlenden Datenlage können die Studienergebnisse und Trainingsempfehlungen also nur für Parkinsonkranke mit mildem bis moderatem Schweregrad der Erkrankung gelten. Diese Konsequenz geht mit bisher postulierten Leitlinien einher (9, 11). Es ist erforderlich, dass zukünftige Studien die Durchführbarkeit und Effekte von trainingstherapeutischen Maßnahmen bei schwerer betroffenen ParkinsonpatientInnen (Stadium 4) untersuchen, um adäquate Trainingsempfehlungen abgeben zu können. Es wäre denkbar, dass zu intensive Trainingsprogramme den Krankheitsverlauf negativ beeinflussen könnten (27). Weiters ist also auch ein besseres Verständnis der Auswirkungen von unterschiedlichen Trainingsintensitäten auf schwerer erkrankte ParkinsonpatientInnen notwendig.

Neben der Heterogenität der Erkrankung selbst stellt auch das Vorhandensein von Komorbiditäten ein Problem dar. In den Studien wurden leider sehr oft Parkinsonkranke mit beispielsweise kardiovaskulären Vorerkrankungen, orthopädischen Problemen oder kognitiven Beeinträchtigungen ausgeschlossen. Das Patientenkollektiv ist dementsprechend bereits vorselektiert. Es ist stark anzunehmen, dass es sich dabei um ein körperlich fitteres Patientenkollektiv handelt, als dies in der Grundgesamtheit der Parkinsonkranke der Fall ist. Es wäre denkbar, dass aus diesem Grund die abgegebenen Trainingsempfehlungen für einige PatientInnen zu hoch angesetzt sind. In der Praxis sollten bei der Erstellung von Trainingsprogrammen für Parkinsonkranke insbesondere Begleiterkrankungen berücksichtigt werden.

4.3. Ausdauertraining

Die Ergebnisse der in dieser Arbeit inkludierten Studien zeigten, dass Ausdauertraining zu einer Verbesserung von motorischen Symptomen (UPDRS III), kognitiver Funktion, Funktion der unteren Extremität, Mobilität, Gang, Balance, Ausdauer und Lebensqualität bei Morbus Parkinson führen kann. Zoladz et al. (38) führten in ihrer Studie auch eine invasive Blutanalyse durch, welche ergab, dass Ausdauertraining zudem einen positiven Einfluss auf den Serum brain-derived neurotrophic factor hat. Shu et al. (12) kamen in ihrem Review ebenso zu dem Ergebnis, dass aerobes Training zur signifikanten Verbesserung von Motorik, Gang und Balance beitragen kann. Es gab dort jedoch keine ausreichende Evidenz für oder gegen den Einsatz von Ausdauertraining zur Verbesserung der Lebensqualität.

In einem anderen Review wurden die Effekte von körperlicher Aktivität auf die kognitive Funktion bei Morbus Parkinson untersucht (52). Dort zeigte sich, dass durch Ausdauertraining am Laufband signifikante Verbesserungen der kognitiven Funktionen von Parkinsonkranken erzielt werden können. Interessanterweise war ein intensiveres Ausdauertraining sogar mit größeren Verbesserungen der Kognition verbunden. Reines Krafttraining scheint, laut den Ergebnissen dieses

Reviews, keine derartigen Effekte auf die kognitive Funktion hervorrufen zu können. Eine der Erklärungen für die positive Wirkung von Ausdauertraining auf die kognitive Funktion liegt in der Annahme, dass durch aerobes Training eine Erhöhung des neuroprotektiven Proteins BDNF (Brain-derived neurotrophic factor) induziert wird (53). Aufgrund der gegebenen Wahrscheinlichkeit, im Laufe der Parkinsonerkrankung kognitive Störungen zu entwickeln (5), sollte Ausdauertraining einen festen Bestandteil der Trainingstherapie bei Morbus Parkinson darstellen. Ausdauertraining trägt zudem möglicherweise zur Reduktion von depressiven Symptomen bei Morbus Parkinson bei (54).

In den meisten der effektiven Studien wurde fast immer am Laufband trainiert. Salgado et al. (11) empfehlen neben Laufbandtraining alternativ auch das Trainieren am Fahrradergometer. Grundsätzlich scheint jedoch das Training am Laufband für Parkinsonkranke aufgrund der direkten Auswirkungen auf die Motorik und des Ganges (31, 36, 44) vorteilhafter zu sein. Es ist anzumerken, dass auch die beiden Fahrradergometerstudien (38, 48) in dieser Arbeit zu positiven Effekten führten. Durch Intervalltraining am Fahrradergometer konnten sogar die motorischen Symptome (UPDRS III) signifikant verbessert werden (38). Die Verbesserung der Kognition konnte im Review von da Silva et al. (52) nur für das Training am Laufband nachgewiesen werden. Aufgrund der größeren Datenlage wird daher für Parkinsonkranke in erster Linie das Trainieren am Laufband empfohlen. Möglicherweise kann durch den von außen vorgegebenen Bewegungsablauf durch das Laufband dem Freezing-Phänomen entgegengewirkt werden. Gerade von außen erzwungene Geschwindigkeitsänderungen könnten bei Parkinsonkranken jedoch auch mit einem erhöhten Stolperrisiko verbunden sein. Vielleicht ist daher für Parkinsonkranke mit erhöhter Sturzneigung das Ausdauertraining am Fahrradergometer besser geeignet. Die Vermutung, dass Geschwindigkeitsänderungen am Laufband mit einem erhöhten Sturzrisiko assoziiert sind, sollte in nachfolgenden Studien überprüft werden. Insgesamt scheint Ausdauertraining am Laufband jedoch eine sichere und geeignete Trainingsform bei Morbus Parkinson darzustellen.

In den meisten der effektiven Studien wurde 2- bis 3-mal pro Woche trainiert, wobei hervorzuheben ist, dass deutlich öfter 3 Ausdauertrainingseinheiten pro Woche

stattfanden. Ein 3-mal pro Woche für jeweils 60 Minuten durchgeführtes Ausdauertraining scheint sogar größere Verbesserungen der kognitiven Funktion hervorzurufen, als ein nur 2-mal pro Woche durchgeführtes Training (52). Die Dauer der einzelnen Trainingseinheiten in den effektiven Studien in dieser Arbeit variierte dabei aber nur von 30 bis 50 Minuten. In den meisten Studien wurde mit einer kürzeren Einstiegsdauer begonnen. Basierend auf der Zusammenschau der Ergebnisse zu Dauer und Anzahl der Trainingseinheiten pro Woche, wird ein zumindest 2-mal pro Woche durchgeführtes Ausdauertraining mit einer Dauer von mindestens 30 und maximal 60 Minuten empfohlen. Es bietet sich an, die Trainingsdauer alle 2 Wochen um 5 Minuten zu erhöhen, um die Zielzeit zu erreichen. Angesichts der variablen Trainingsprogramme besteht dennoch ein individueller Gestaltungsspielraum.

Die pauschalen Empfehlungen in der European Physiotherapy Guideline for Parkinson's disease (9) bzw. deren Weiterempfehlung der Global Recommendations on Physical Activity for Health der Weltgesundheitsorganisation (150 Minuten moderate aerobe Aktivität pro Woche) (10), scheinen in Anbetracht der hier vorliegenden Studien vom Umfang her für einige PatientInnen eventuell zu hoch zu sein. Ein paar der hier inkludierten Studien zeigten jedoch auch, dass ein solches Pensum an Ausdauertraining für Parkinsonkranke machbar ist (20, 31, 33). Salgado et al. (11) empfehlen beispielsweise Ausdauertraining jeden zweiten Tag für bis zu 30 Minuten mit moderater oder hoher Intensität zu absolvieren. Vergleichsweise liegt die Zieldauer in allen der hier inkludierten Interventionsstudien jedoch bei zumindest 30 Minuten. Ob positive Effekte auch ab einer kürzeren Trainingsdauer auftreten, kann anhand dieser Studien nicht beurteilt werden.

Ein wesentlicher Punkt, den es bei der Trainingstherapie bei allen Erkrankungen zu berücksichtigen gilt, ist die Wahl der Intensität. Aufgrund der sehr heterogenen Intensitätsangaben in den hier vorliegenden Studien, können Empfehlungen nur eingeschränkt abgeleitet werden. Insgesamt scheint eine Zielintensität von 70 bis 80 Prozent der maximalen Herzfrequenz sinnvoll zu sein. In manchen Studien war jedoch unklar, ob die maximale Herzfrequenz lediglich rechnerisch bestimmt wurde, oder ob ein Belastungstest zur Bestimmung der maximalen Herzfrequenz durchgeführt wurde. Bei Kurtais et al. (44) wurde beispielsweise mit 70 bis 80

Prozent der mittels Belastungstest bestimmten maximalen Herzfrequenz trainiert. In einigen Studien wurde auch die Intensität kontinuierlich bis zur Zielintensität gesteigert. Eine Intensitätssteigerung ist sicherlich empfehlenswert, scheint jedoch nicht zwingend erforderlich zu sein. Intensitätssteigerungen bzw. -anpassungen wurden sowohl durch Geschwindigkeitserhöhung als auch durch eine Erhöhung der Laufbandneigung erreicht. Studien, die sich intensiver mit den Intensitätsvorgaben für Ausdauertraining bei Morbus Parkinson auseinandersetzen, gibt es bis dato scheinbar nicht. In der European Physiotherapy Guideline for Parkinson's disease (9) werden für moderates Training 40 bis 60 Prozent der maximalen Herzfrequenz und für intensives Training 60 bis 80 Prozent empfohlen. Vergleichend dazu wurde in der Interventionsstudie von Zoladz et al. (38) die Zielintensität von 75 Prozent der maximalen Herzfrequenz als moderates Training bezeichnet. Um die Vergleichbarkeit von Trainingsintensitäten zu fördern und Missverständnissen vorzubeugen, bedarf es einer einheitlichen Nomenklatur.

Anzumerken ist auch, dass in den meisten Studien kontinuierliches Ausdauertraining durchgeführt wurde. In nur zwei Studien (33, 38) wurde intervallförmig trainiert, wobei diese Trainingseinheiten am Fahrradergometer und als freies Gehen abgehalten wurden. Aufgrund der spärlichen Datenlage kann intervallförmiges Training für Parkinsonkranke weder als sicher empfehlenswert, noch als nicht-sinnvoll eingestuft werden. Zukünftige Studien sollten die Wirkungen von intervallförmigen Ausdauerbelastungen bei Morbus Parkinson näher untersuchen. Dementsprechend kann in dieser Arbeit nur kontinuierliches Ausdauertraining empfohlen werden.

4.4. Krafttraining

In den inkludierten Studien führte Krafttraining vor allem zur Verbesserung von motorischen Symptomen (UPDRS III), Gang, Balance und funktioneller Mobilität. Es konnten auch positive Ergebnisse bei neurologisch-synaptischen und neuromuskulären Messungen nach Beendigung eines Krafttrainingsprogrammes verzeichnet werden (22, 23). Außerdem konnten durch Krafttraining Marker für oxidativen Stress im Blut positiv beeinflusst werden (40). Interessanterweise wurde

nur in einer einzigen Studie das Kardinalsymptom von Morbus Parkinson, die Bradykinesie, als primärer Outcome-Parameter definiert (45). Dort zeigte sich, dass Schnellkrafttraining zu einer signifikanten Verbesserung der Bradykinesie führt.

Cruickshank et al. (55) kamen in ihrem Review zu dem Ergebnis, dass Krafttraining bei Morbus Parkinson neben einer signifikanten Verbesserung der Kraft auch zu signifikanten Verbesserungen der Mobilität und der UPDRS III führt. Bezüglich anderer Outcomes wie Balance, Lebensqualität oder Stürze blieb die Evidenz dort unklar. Inkludierte Studien dieser Arbeit konnten zwar positive Effekte auf Balance (37) und Lebensqualität (24) aufzeigen, jedoch sind weitere Studien notwendig, um diese Ergebnisse zu verifizieren. Roeder et al. (14) kamen lediglich zu dem Ergebnis, dass Krafttraining im Vergleich zu keinem Training mit einer Verbesserung der Muskelkraft bei Parkinsonkranken assoziiert ist. Im Review von Lima et al. (16) wird von einem moderaten Effekt von Krafttraining auf die Muskelkraft berichtet. Ein weiterer Rückschluss dieses Reviews war, dass Krafttraining zur Verbesserung von einigen Outcomes bezüglich Mobilität und funktioneller Leistung führt. Interventionsstudien dieser Arbeit konnten ähnliche Effekte erzielen (32, 47). Aufgrund der Zusammenschau der Ergebnisse der inkludierten Studien und der Review-Artikel, kann in dieser Arbeit Krafttraining in erster Linie zur Verbesserung der Muskelkraft, der Mobilität und der motorischen Symptome (UPDRS III) bei Morbus Parkinson empfohlen werden.

In allen effektiven Krafttrainingsprogrammen wurde 2-mal pro Woche trainiert. Eine größere Anzahl an Krafttrainingseinheiten pro Woche scheint nicht unbedingt erforderlich zu sein, um adäquate Effekte bei Morbus Parkinson zu erzielen. Es mag sein, dass mehr Einheiten pro Woche mit größeren Verbesserungen verbunden sind oder aber auch in einer Steigerung der unerwünschten Nebeneffekte, wie Muskel- oder Gelenkschmerzen, resultieren. Es konnten keine ausreichenden Daten gefunden werden, die diese Annahme bestätigen oder widerlegen. Salgado et al. (11) empfehlen beispielsweise 2 bis 3 Krafttrainingseinheiten pro Woche durchzuführen. Die vergleichbaren Empfehlungen von Cruickshank et al. (55) lauten, Krafttraining an zumindest 2 nicht-aufeinanderfolgenden Tagen pro Woche unter direkter Supervision zu absolvieren.

Die Frage nach der Anzahl der zu absolvierenden Sätze bzw. der Anzahl der Wiederholungen pro Satz kann aufgrund der heterogenen Angaben in den Studien und aufgrund der vielseitigen Gestaltungsmöglichkeiten im Krafttraining nur eingeschränkt beantwortet werden. Insgesamt scheint sich jedoch, egal ob die Übung an einer Maschine oder mit dem eigenen Körpergewicht bzw. mit freien Gewichten durchgeführt wurde, die Anzahl von 2 bis 3 Sätzen pro Übung bewährt zu haben. Salgado et al. (11) empfehlen 3 Sätze pro Übung. Eine allgemeine Empfehlung zur Wiederholungsanzahl ist nur begrenzt möglich. Es führten sowohl Trainingsprogramme mit geringen Wiederholungszahlen (40), als auch jene mit hohen Wiederholungszahlen (37) zu positiven Effekten. Da sich in den meisten Studien die Wiederholungszahlen zwischen 10 und 15 Wiederholungen pro Satz bewegten, kann diese Dosis als Orientierungshilfe empfohlen werden.

Aufgrund der insgesamt sehr heterogenen Angaben zur Intensität kann keine allgemeine Intensitätsempfehlung zum Krafttraining abgegeben werden. Oft wurde die Intensität in den Studien dann gesteigert, wenn nach einer definierten Wiederholungsanzahl noch weitere Wiederholungen durchgeführt werden konnten. Andersherum wurde die Zielintensität so vorgegeben, dass beispielsweise nach 8 bis 12 Wiederholungen keine weitere Wiederholung mehr möglich sein darf (36). Diese Form der Intensitätssteuerung scheint für praxisnahe trainingstherapeutische Zwecke gut geeignet zu sein. Die Empfehlungen in der European Physiotherapy Guideline for Parkinson's disease (9) lauten vergleichsweise, progressives Training mit 3 Sätzen zu je 8 bis 15 Wiederholungen mit 60 bis 80 Prozent des One-Repetition-Maximums durchzuführen. Es handelt sich hierbei jedoch um eine sehr eingeeengte und in der Praxis wohl eher schwerer umsetzbare Empfehlung. Es konnte keine weitere Literatur gefunden werden, in der detailliertere Empfehlungen oder Aussagen zur Trainingssteuerung von Krafttraining bei Morbus Parkinson zu finden sind. Zukünftige Studien sollten sich daher näher mit dieser Thematik auseinandersetzen.

Insgesamt kamen in den effektiven Trainingsprogrammen viele verschiedene Übungen zur Anwendung. Es wurden Übungen mit dem eigenen Körpergewicht, Übungen an Krafttrainingsmaschinen, Übungen mit dem Elastikband und Übungen mit freien Gewichten eingesetzt. Allgemeine Empfehlungen zum Krafttraining bei

Morbus Parkinson lauten, alle großen Muskelgruppen des Körpers zu trainieren (10, 11). Die Empfehlung aus der Zusammenschau der Studienergebnisse dieser Arbeit lautet ebenso, alle großen Muskelgruppen des Körpers zu trainieren. Die Frage, ob das Training an Maschinen oder mit freien Gewichten oder mit dem eigenen Körpergewicht am sinnvollsten ist, kann nicht beantwortet werden. Eine Gesamtanzahl von 5 bis 7 Übungen scheint angemessen zu sein. In den Studien betrug die Dauer der Satzpausen 2 Minuten, sofern diese angegeben wurde. Ebenso kann das Abwechseln von je einer Übung für die untere Extremität, gefolgt von einer für die obere Extremität, empfohlen werden (45).

In drei Studien wurden innovative und vielversprechende Interventionsprogramme mit Schnellkrafttraining (19, 45) und Krafttraining auf instabilem Untergrund (47) durchgeführt. Corcos et al. (19) und Ni et al. (45) konnten zeigen, dass es auch für Parkinsonkranke möglich ist, Übungen mit maximal schneller Bewegungsgeschwindigkeit auszuführen. Es wurden sogar Agility-Drills und Übungen mit der Laufleiter, im Sinne von Schnelligkeitstraining, in das Training integriert (45). Das Schnellkrafttrainingsprogramm von Ni et al. resultierte in einer signifikanten Verbesserung der Bradykinesie und jenes von Corcos et al. führte zu einer signifikanten Verbesserung der motorischen Symptome (UPDRS III). Silva-Batista et al. (22, 23, 47) kamen zu dem Ergebnis, dass Krafttraining auf instabilem Untergrund einem Krafttraining auf stabilem Untergrund zur Verbesserung verschiedenster Outcomes deutlich überlegen ist. Vielleicht sind gerade für Parkinsonkranke Übungen besonders effektiv, die variable Bewegungsgeschwindigkeiten und einen erhöhten neuromuskulären Aufwand erfordern. Ob diese Trainingsformen bei Morbus Parkinson tatsächlich effektiver als herkömmliche Methoden sind, muss in zukünftigen Interventionsstudien verifiziert werden.

Grundsätzlich sollte vor dem Krafttraining ein kurzes Aufwärmprogramm durchgeführt werden, um das Verletzungsrisiko zu reduzieren. In den meisten Studien gab es jedoch leider keine Angaben zu Aufwärmen und Cool-down. Beispielsweise wurde bei Carvalho et al. (36) der 1. Satz zum Aufwärmen mit einer geringeren Intensität ausgeführt. Ein 10-minütiges Einfahren am Fahrradergometer diente ebenso zum Aufwärmen (47). In einer anderen Studie bestand sowohl das

Aufwärmprogramm, als auch das Cool-down Programm aus 3-minütigem Gehen und 5 Stretchingübungen (19). Solche Aufwärmprogramme können weiterempfohlen werden.

4.5. Balancetraining

Interessanterweise konnte lediglich eine effektive Interventionsstudie mit isoliertem Balancetraining bei Morbus Parkinson gefunden werden (35). Ein Grund besteht darin, dass Balancetraining öfters mit anderen Trainingsarten kombiniert wird. Hauptsächlich lässt sich der Rückgang von herkömmlichem Balancetraining aber auf den Wechsel zu technologiebasiertem Training (Virtual-Reality-Systeme wie Nintendo Wii®) bzw. Exergaming Systemen zur Anwendung. Derartige Studien wurden für diese Arbeit aufgrund der dafür erforderlichen speziellen elektronischen Systeme und Geräte im vornherein ausgeschlossen. Es mag sein, dass jedoch gerade solche Trainingsformen in Zukunft verstärkt zur Anwendung kommen.

Im Balancetrainingsprogramm von Atterbury et al. (35) wurde 3-mal pro Woche für 15 bis 40 Minuten trainiert. Das Programm wirkte sich positiv auf die Balance und den Gang aus. Die Empfehlungen der WHO für mobilitätseingeschränkte Personen lauten, an 3 oder mehr Tagen pro Woche die Balance zu trainieren (10). Salgado et al. (11) empfehlen überhaupt, Balancetraining in Form von Tai Chi zu praktizieren. Diverse Übungen bei Atterbury et al. (35), wie z.B. Einbeinstand, Tandemstand, Gewichtsverlagerung in alle Richtungen etc., sind jenen des Tai Chi ähnlich. Bei klassischen Balancetrainingsprogrammen wie dem von Atterbury et al. (35), kommen jedoch so gut wie immer Balancetrainingsgeräte zum Einsatz. Ob man auf solche Geräte zugunsten eines reinen Tai Chi Trainings verzichten kann, ist in zukünftigen Studien zu evaluieren. Aufgrund der Datenlage werden in dieser Arbeit sowohl das herkömmliche Balancetraining mit Balancetrainingsgeräten als auch Tai Chi empfohlen.

4.6. Gemischte Trainingsprogramme und fernöstliche Trainingsarten

Die hier gemischten Trainingsprogramme stellen keine komplexen Trainingsformen dar, sondern bestehen aus der aneinandergereihten Durchführung von Kraft-, Balance- und Stretchingübungen (20, 28, 32). Die positiven Effekte dieser Programme wurden daher durch die Kombination der einzelnen Komponenten erreicht. Zu den positiven Effekten zählten die Verringerung von Stürzen und die Verbesserung von Gang, Balance und der allgemeinen körperlichen Konstitution. Roeder et al. (14) kamen in ihrem Review über Krafttraining bei Morbus Parkinson zu der Annahme, dass Krafttraining in Kombination mit anderen Trainingsarten sogar effektiver als reines Krafttraining sein könnte. Unter Berücksichtigung dieser Ergebnisse, kann das zusätzliche Durchführen von Balanceübungen vor dem Krafttraining bzw. das Durchführen von Stretchingübungen nach dem Krafttraining zur sinnvollen Trainingsergänzung empfohlen werden.

In drei Studien wurden fernöstliche Interventionsprogramme durchgeführt (29, 34, 42). Tai Chi führte zu Verbesserungen von Gang, Balance, funktioneller Mobilität, Haltungsinstabilität und Lebensqualität (24, 29, 42). Qigong wirkte sich positiv auf Gang, funktionelle Mobilität und Schlaf aus (34). Im Review von Yang et al. (15) wird hervorgehoben, dass Tai Chi bei Morbus Parkinson speziell zur Verbesserung von funktioneller Mobilität und Balance empfohlen werden sollte. Die beiden Tai Chi Interventionen fanden 2-mal pro Woche für je 60 Minuten pro Einheit statt. Salgado et al. (11) empfehlen, Tai Chi zumindest 2-mal pro Woche für je 60 Minuten durchzuführen. In der European Physiotherapy Guideline for Parkinson's disease (9) wird das Gleiche empfohlen. Unter der Zusammenschau dieser Daten können diese Empfehlungen hier weitergegeben werden. Es ist anzumerken, dass in dieser Arbeit keine Tanzinterventionsprogramme untersucht wurden, obwohl diese zweifellos eine sinnvolle und effektive trainingstherapeutische Möglichkeit bei Morbus Parkinson darstellen (13, 51).

4.7. Weitere Aspekte der Trainingstherapie und Zukunft

Ein in dieser Arbeit nicht ausreichend berücksichtigtes, jedoch wesentliches Kriterium bezüglich der Effizienz von Trainingsmaßnahmen besteht darin, ob das Training selbstständig daheim oder unter Anleitung durchgeführt wird. Beispielsweise konnten King et al. zeigen, dass ein selbstständig daheim durchgeführtes Trainingsprogramm im Vergleich mit supervidiertem Einzel- und Gruppentraining am wenigsten effektiv war (56). Außerdem minderte das Vorhandensein von Komorbiditäten insbesondere in der Heimtrainingsgruppe den Trainingserfolg. Eine andere Studie zum Thema Heimtraining ergab, dass das Einhalten eines selbstständig durchgeführten Trainingsprogrammes von bestimmten Eigenschaften der PatientInnen abhängig ist (57). Jene die älter waren, einen schlechteren Gesundheitszustand aufwiesen und psychiatrische Probleme hatten, führten insgesamt weniger der vorgeschriebenen Übungen durch. Bei Atterbury et al. wies auch die Gruppe mit Therapeut eine größere Motivation auf als die Gruppe, die selbstständig daheim trainierte (35).

Möglicherweise können Effizienz und Motivation in Zukunft auch durch technologiebasierte Trainingsinterventionen gesteigert werden. Shih et al. verglichen in einer kleinen Interventionsstudie herkömmliches Balancetraining und Exergaming, wobei die Ergebnisse einen kleinen Vorteil zugunsten des virtuellen Trainingsprogramms ergaben (58). In einer ähnlichen Studie führten Exergaming und herkömmliches Balancetraining zu keinen unterschiedlichen Ergebnissen (59). Barry et. al fassten in ihrem Review zusammen, dass Exergaming als therapeutische Maßnahme bei Morbus Parkinson zwar machbar erscheint, aber größere Studien zur Beurteilung der Sicherheit und Effektivität von Exergaming bei Morbus Parkinson notwendig sind (60).

5. Trainingsempfehlungen bei Morbus Parkinson basierend auf den Ergebnissen der Literaturrecherche

Die folgenden Trainingsempfehlungen wurden - mit dem Wissen, dass die zugrundeliegenden Studien Schwächen aufweisen und wesentliche Fragestellungen noch der Untersuchung bedürfen - aus der Zusammenschau der Ergebnisse der effektiven Interventionsprogramme erstellt. Das Trainingsprogramm zielt auf die Therapie der motorischen und nicht-motorischen Symptome von Morbus Parkinson ab. Die Empfehlungen gelten generell nur für Parkinsonkranke in den Stadien 1 bis 3 der Hoehn und Yahr Skala, also nur für Parkinsonkranke mit mildem bis moderatem Schweregrad der Erkrankung. Da fast alle Interventionsprogramme unter Anleitung durchgeführt wurden, muss hier empfohlen werden, das Training aufgrund von Sicherheitsaspekten ebenso nur unter Anleitung durchzuführen. Die groben wöchentlichen Trainingsempfehlungen belaufen sich in Summe auf 1) zwei Ausdauertrainingseinheiten zu je 30 bis 60 Minuten, 2) zwei Krafttrainingseinheiten bestehend aus 5 bis 7 Übungen zu je 2 bis 3 Sätzen à 10 bis 15 Wiederholungen und 3) zwei Einheiten Balancetraining oder zwei Tai Chi Einheiten. Die Trainingsvorgaben sind immer an die individuellen Bedürfnisse der PatientInnen anzupassen.

1) Ausdauertraining:

- Mindestens **2 Einheiten pro Woche**, im Optimalfall 3 Einheiten pro Woche v.a. für weitreichendere Effekte auf die kognitive Funktion
- Dauer pro Einheit: **30 bis 60 Minuten**
- Training am **Laufband** wird empfohlen, alternativ freies Gehen oder Training am Fahrradergometer (hierzu jedoch weniger Daten)
- Intensität: **70 bis 80 Prozent der maximalen Herzfrequenz** (im Optimalfall basierend auf Belastungstest), Anwendung von Pulsmessung wird daher empfohlen (Anmerkung: Bei Einnahme von herzfrequenzsenkenden Medikamenten ist diese Intensitätsvorgabe nicht anwendbar)

- Schrittweise Intensitätssteigerung und Erhöhung der Dauer bis zur Zielintensität (70 bis 80 Prozent der maximalen Herzfrequenz) und Zieldauer (30 bis 60 Minuten) wird empfohlen
- Intensitätsanpassung über Erhöhung der Geschwindigkeit und/oder Erhöhung der Laufbandneigung (Beispiel: 40 Minuten können mit 50 bis 60 Prozent der maximalen Herzfrequenz an 4 aufeinanderfolgenden Einheiten problemlos bewältigt werden > Erhöhung der Geschwindigkeit um 0,5 km/h)
- Intervalltraining scheint am Fahrradergometer und als freies Gehen durchführbar und effektiv zu sein (hierzu nur Daten von zwei Interventionsstudien)

2) Krafttraining:

- **2 Einheiten pro Woche** mit zumindest einem Tag Pause zwischen den Einheiten
- Konkrete Angabe der Dauer in Minuten nicht zweckdienlich
- **2 bis 3 Sätze pro Übung**
- **10 bis 15 Wiederholungen pro Satz** als Orientierungshilfe (nicht bei allen Übungen anwendbar)
- **5 bis 7 Übungen insgesamt**, wobei alle großen Muskelgruppen des Körpers trainiert werden sollen (alternierend Übung für untere Extremität gefolgt von Übung für obere Extremität)
- Übungsauswahl: Übungen mit dem eigenen Körpergewicht, Übungen an Krafttrainingsmaschinen, Übungen mit dem Elastikband, Übungen mit freien Gewichten (siehe *Tabelle 5*)
- Intensität: **Bis kaum noch ein bis zwei weitere Wiederholungen möglich sind** bzw. wenn Übung nach subjektivem Empfinden „**zu leicht**“ ist (Beispiel: An Beinpresse sind 3 mal 20 Wiederholungen gut durchführbar > Widerstand so erhöhen, dass nur mehr 3 mal 10 bis 15 Wiederholungen möglich sind)
- Kontinuierliche Intensitätsanpassung über Gewichtserhöhung, schwierigeres Elastikband etc.
- Schnellkrafttraining scheint durchführbar und effektiv zu sein (hierzu nur Daten von zwei Interventionsstudien)

- Krafttraining auf instabilem Untergrund scheint durchführbar und effektiver zu sein als ein gleiches Training auf stabilem Untergrund (lediglich Daten einer einzelnen Studie)
- **Balanceübungen vor dem Krafttraining** (ca. 10 bis 15 Minuten) werden empfohlen
- Stretchingübungen nach dem Krafttraining werden empfohlen
- Alternativ zu Balanceübungen wird vor dem Training Aufwärmen empfohlen:
Z.B. 1. Satz von 3 Sätzen mit geringerem Gewicht und/oder ein paar Minuten am Fahrradergometer

3) **Balancetraining und Tai Chi**

- Balancetraining oder Tai Chi: Zumindest **2 Einheiten pro Woche**
- Z.B. **15 Minuten Balanceübungen vor dem Krafttraining**, sonst **2 Balancetrainingseinheiten zu ca. 30 Minuten pro Woche**
- Mögliche Balanceübungen: Siehe *Tabelle 6 und 7*
- Alternativ **2 Tai Chi Einheiten pro Woche zu je 60 Minuten** pro Einheit
- Stretchingübungen werden empfohlen

6. Zusammenfassung

Trainingstherapie stellt eine effektive additive Maßnahme zur Therapie motorischer und nicht-motorischer Symptome von Morbus Parkinson dar, wobei Unklarheiten bezüglich der optimalen Trainingsgestaltung bestehen. Ausgehend von den effektiven Trainingsprogrammen aktueller Interventionsstudien wurden die folgenden Trainingsempfehlungen abgeleitet: Pro Woche sollten 1) zwei Ausdauertrainingseinheiten zu je 30 bis 60 Minuten, 2) zwei Krafttrainingseinheiten und 3) zwei Einheiten Balancetraining oder zwei Tai Chi Einheiten durchgeführt werden. Diese Empfehlungen basieren jedoch nur auf den Ergebnissen einer begrenzten und selektierten Auswahl an Interventionsstudien. Es sind definitiv größere Studien notwendig, um die Ergebnisse dieser Arbeit zu bestätigen. Insbesondere in Bezug auf Intensitätsvorgaben und intervallförmige Belastungen bei Ausdauertraining, sowie in Bezug auf innovative und vielversprechende Trainingsmodalitäten wie Schnellkrafttraining oder Krafttraining auf instabilem Untergrund, scheint hoher Bedarf an zukünftiger Forschungsarbeit gegeben zu sein. Außerdem sind mehr randomisiert-kontrollierte Langzeitstudien notwendig, um zu verstehen, inwieweit dauerhaftes Training die natürliche Krankheitsprogression von Morbus Parkinson beeinflussen kann.

Literaturverzeichnis

1. Masuhr KF, Masuhr F, Neumann M. Neurologie [E-Book]. Stuttgart: Thieme; 2013.
2. Mattle H, Mumenthaler M, Gralla J, Schroth G. Kurzlehrbuch Neurologie [E-Book]. Stuttgart: Georg Thieme Verlag; 2015.
3. Böcker W, Denk H. Pathologie [E-Book]. München: Elsevier, Urban & Fischer; 2012.
4. Mattle H, Mumenthaler M. Neurologie [E-Book]. Stuttgart: Thieme; 2012.
5. Oertel WH. Parkinson-Syndrome und andere Bewegungsstörungen [E-Book]. Stuttgart: Thieme; 2012.
6. Deutsche Gesellschaft für Neurologie. Idiopathisches Parkinson-Syndrom: Leitlinien für Diagnostik und Therapie in der Neurologie [Internet]. 2016. URL: http://www.dgn.org/images/red_leitlinien/LL_2016/PDFs_Download/030010_LL_kurzfassung_ips_2016.pdf.
7. Österreichische Parkinson Gesellschaft. Leitlinien zur Behandlung der Parkinson-Krankheit [Internet]. 2012. URL: https://www.parkinson.at/files/CONTENT/OEPG/publikationen/neurologisch_3_2012_Parkinson_Leitlinien.pdf.
8. International Parkinson and Movement Disorder Society. Exercise for Parkinson's Disease: Essential Facts for Patients [Internet]. 2016. URL: <https://www.movementdisorders.org/MDS-Files1/Education/Patient-Education/Exercise-for-Parkinsons-Disease/PatientLeaflet-Exercise2017.pdf>.
9. Keus S, Munneke M, Graziano M, Paltamaa J, Pelosin E, Domingos J, et al. European Physiotherapy Guideline for Parkinson's disease. 2014; KNGF/ParkinsonNet, the Netherlands.
10. World Health Organization. Global Recommendations on Physical Activity for Health. Geneva: World Health Organization; 2010.
11. Salgado S, Williams N, Kotian R, Salgado M. An evidence-based exercise regimen for patients with mild to moderate Parkinson's disease. Brain sciences. 2013;3(1):87-100.
12. Shu HF, Yang T, Yu SX, Huang HD, Jiang LL, Gu JW, et al. Aerobic exercise for Parkinson's disease: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. PloS one. 2014;9(7):e100503.
13. Earhart GM. Dance as therapy for individuals with Parkinson disease. European journal of physical and rehabilitation medicine. 2009;45(2):231-8.

14. Roeder L, Costello JT, Smith SS, Stewart IB, Kerr GK. Effects of Resistance Training on Measures of Muscular Strength in People with Parkinson's Disease: A Systematic Review and Meta-Analysis. *PloS one*. 2015;10(7):e0132135.
15. Yang Y, Qiu WQ, Hao YL, Lv ZY, Jiao SJ, Teng JF. The efficacy of traditional Chinese Medical Exercise for Parkinson's disease: a systematic review and meta-analysis. *PloS one*. 2015;10(4):e0122469.
16. Lima LO, Scianni A, Rodrigues-de-Paula F. Progressive resistance exercise improves strength and physical performance in people with mild to moderate Parkinson's disease: a systematic review. *Journal of physiotherapy*. 2013;59(1):7-13.
17. Lauze M, Daneault JF, Duval C. The Effects of Physical Activity in Parkinson's Disease: A Review. *Journal of Parkinson's disease*. 2016;6(4):685-98.
18. Saltychev M, Barlund E, Paltamaa J, Katajapuu N, Laimi K. Progressive resistance training in Parkinson's disease: a systematic review and meta-analysis. *BMJ open*. 2016;6(1):e008756.
19. Corcos DM, Robichaud JA, David FJ, Leurgans SE, Vaillancourt DE, Poon C, et al. A two-year randomized controlled trial of progressive resistance exercise for Parkinson's disease. *Movement disorders : official journal of the Movement Disorder Society*. 2013;28(9):1230-40.
20. Shulman LM, Katzel LI, Ivey FM, Sorkin JD, Favors K, Anderson KE, et al. Randomized clinical trial of 3 types of physical exercise for patients with Parkinson disease. *JAMA neurology*. 2013;70(2):183-90.
21. Steffen T, Petersen C, Dvorak L. Community-based exercise and wellness program for people diagnosed with Parkinson disease: experiences from a 10-month trial. *Journal of geriatric physical therapy (2001)*. 2012;35(4):173-80.
22. Silva-Batista C, Corcos DM, Barroso R, David FJ, Kanegusuku H, Forjaz C, et al. Instability Resistance Training Improves Neuromuscular Outcome in Parkinson's Disease. *Medicine and science in sports and exercise*. 2017;49(4):652-60.
23. Silva-Batista C, Mattos EC, Corcos DM, Wilson JM, Heckman CJ, Kanegusuku H, et al. Resistance training with instability is more effective than resistance training in improving spinal inhibitory mechanisms in Parkinson's disease. *Journal of applied physiology (Bethesda, Md : 1985)*. 2017;122(1):1-10.
24. Li F, Harmer P, Liu Y, Eckstrom E, Fitzgerald K, Stock R, et al. A randomized controlled trial of patient-reported outcomes with tai chi exercise in Parkinson's disease. *Movement disorders : official journal of the Movement Disorder Society*. 2014;29(4):539-45.

25. Rafferty MR, Prodoehl J, Robichaud JA, David FJ, Poon C, Goelz LC, et al. Effects of 2 Years of Exercise on Gait Impairment in People With Parkinson Disease: The PRET-PD Randomized Trial. *Journal of neurologic physical therapy : JNPT*. 2017;41(1):21-30.
26. Hacke W, Poeck K, Wick W, Schwab S, Ringleb PA, Bendszus M. *Neurologie*. Heidelberg: Springer-Verlag; 2016.
27. Canning CG, Sherrington C, Lord SR, Close JC, Heritier S, Heller GZ, et al. Exercise for falls prevention in Parkinson disease: a randomized controlled trial. *Neurology*. 2015;84(3):304-12.
28. Goodwin VA, Richards SH, Henley W, Ewings P, Taylor AH, Campbell JL. An exercise intervention to prevent falls in people with Parkinson's disease: a pragmatic randomised controlled trial. *Journal of neurology, neurosurgery, and psychiatry*. 2011;82(11):1232-8.
29. Li F, Harmer P, Fitzgerald K, Eckstrom E, Stock R, Galver J, et al. Tai chi and postural stability in patients with Parkinson's disease. *The New England journal of medicine*. 2012;366(6):511-9.
30. Monteiro EP, Franzoni LT, Cubillos DM, de Oliveira Fagundes A, Carvalho AR, Oliveira HB, et al. Effects of Nordic walking training on functional parameters in Parkinson's disease: a randomized controlled clinical trial. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*. 2017;27(3):351-8.
31. Nadeau A, Pourcher E, Corbeil P. Effects of 24 wk of treadmill training on gait performance in Parkinson's disease. *Medicine and science in sports and exercise*. 2014;46(4):645-55.
32. Prodoehl J, Rafferty MR, David FJ, Poon C, Vaillancourt DE, Comella CL, et al. Two-year exercise program improves physical function in Parkinson's disease: the PRET-PD randomized clinical trial. *Neurorehabilitation and neural repair*. 2015;29(2):112-22.
33. Uc EY, Doerschug KC, Magnotta V, Dawson JD, Thomsen TR, Kline JN, et al. Phase I/II randomized trial of aerobic exercise in Parkinson disease in a community setting. *Neurology*. 2014;83(5):413-25.
34. Xiao CM, Zhuang YC. Effect of health Baduanjin Qigong for mild to moderate Parkinson's disease. *Geriatrics & gerontology international*. 2016;16(8):911-9.
35. Atterbury EM, Welman KE. Balance training in individuals with Parkinson's disease: Therapist-supervised vs. home-based exercise programme. *Gait & posture*. 2017;55:138-44.
36. Carvalho A, Barbirato D, Araujo N, Martins JV, Cavalcanti JL, Santos TM, et al. Comparison of strength training, aerobic training, and additional physical therapy as supplementary treatments for Parkinson's disease: pilot study. *Clinical interventions in aging*. 2015;10:183-91.

37. Schlenstedt C, Paschen S, Kruse A, Raethjen J, Weisser B, Deuschl G. Resistance versus Balance Training to Improve Postural Control in Parkinson's Disease: A Randomized Rater Blinded Controlled Study. *PLoS one*. 2015;10(10):e0140584.
38. Zoladz JA, Majerczak J, Zeligowska E, Mencil J, Jaskolski A, Jaskolska A, et al. Moderate-intensity interval training increases serum brain-derived neurotrophic factor level and decreases inflammation in Parkinson's disease patients. *Journal of physiology and pharmacology : an official journal of the Polish Physiological Society*. 2014;65(3):441-8.
39. Amano S, Nocera JR, Vallabhajosula S, Juncos JL, Gregor RJ, Waddell DE, et al. The effect of Tai Chi exercise on gait initiation and gait performance in persons with Parkinson's disease. *Parkinsonism & related disorders*. 2013;19(11):955-60.
40. Bloomer RJ, Schilling BK, Karlage RE, Ledoux MS, Pfeiffer RF, Callegari J. Effect of resistance training on blood oxidative stress in Parkinson disease. *Medicine and science in sports and exercise*. 2008;40(8):1385-9.
41. Cruise KE, Bucks RS, Loftus AM, Newton RU, Pegoraro R, Thomas MG. Exercise and Parkinson's: benefits for cognition and quality of life. *Acta neurologica Scandinavica*. 2011;123(1):13-9.
42. Hackney ME, Earhart GM. Tai Chi improves balance and mobility in people with Parkinson disease. *Gait & posture*. 2008;28(3):456-60.
43. Hass CJ, Buckley TA, Pitsikoulis C, Barthelemy EJ. Progressive resistance training improves gait initiation in individuals with Parkinson's disease. *Gait & posture*. 2012;35(4):669-73.
44. Kurtais Y, Kutlay S, Tur BS, Gok H, Akbostanci C. Does treadmill training improve lower-extremity tasks in Parkinson disease? A randomized controlled trial. *Clinical journal of sport medicine : official journal of the Canadian Academy of Sport Medicine*. 2008;18(3):289-91.
45. Ni M, Signorile JF, Balachandran A, Potiaumpai M. Power training induced change in bradykinesia and muscle power in Parkinson's disease. *Parkinsonism & related disorders*. 2016;23:37-44.
46. Picelli A, Varalta V, Melotti C, Zatezalo V, Fonte C, Amato S, et al. Effects of treadmill training on cognitive and motor features of patients with mild to moderate Parkinson's disease: a pilot, single-blind, randomized controlled trial. *Functional neurology*. 2016;31(1):25-31.
47. Silva-Batista C, Corcos DM, Roschel H, Kanegusuku H, Gobbi LT, Piemonte ME, et al. Resistance Training with Instability for Patients with Parkinson's Disease. *Medicine and science in sports and exercise*. 2016;48(9):1678-87.

48. Duchesne C, Lungu O, Nadeau A, Robillard ME, Bore A, Bobeuf F, et al. Enhancing both motor and cognitive functioning in Parkinson's disease: Aerobic exercise as a rehabilitative intervention. *Brain and cognition*. 2015;99:68-77.
49. Abbruzzese G, Marchese R, Avanzino L, Pelosin E. Rehabilitation for Parkinson's disease: Current outlook and future challenges. *Parkinsonism & related disorders*. 2016;22 Suppl 1:S60-4.
50. Ramazzina I, Bernazzoli B, Costantino C. Systematic review on strength training in Parkinson's disease: an unsolved question. *Clinical interventions in aging*. 2017;12:619-28.
51. McNeely ME, Duncan RP, Earhart GM. A comparison of dance interventions in people with Parkinson disease and older adults. *Maturitas*. 2015;81(1):10-6.
52. da Silva FC, Iop RDR, de Oliveira LC, Boll AM, de Alvarenga JGS, Gutierrez Filho PJB, et al. Effects of physical exercise programs on cognitive function in Parkinson's disease patients: A systematic review of randomized controlled trials of the last 10 years. *PloS one*. 2018;13(2):e0193113.
53. Mackay CP, Kuys SS, Brauer SG. The Effect of Aerobic Exercise on Brain-Derived Neurotrophic Factor in People with Neurological Disorders: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Neural plasticity*. 2017;2017:4716197.
54. Wu PL, Lee M, Huang TT. Effectiveness of physical activity on patients with depression and Parkinson's disease: A systematic review. *PloS one*. 2017;12(7):e0181515.
55. Cruickshank TM, Reyes AR, Ziman MR. A systematic review and meta-analysis of strength training in individuals with multiple sclerosis or Parkinson disease. *Medicine*. 2015;94(4):e411.
56. King LA, Wilhelm J, Chen Y, Blehm R, Nutt J, Chen Z, et al. Effects of Group, Individual, and Home Exercise in Persons With Parkinson Disease: A Randomized Clinical Trial. *Journal of neurologic physical therapy : JNPT*. 2015;39(4):204-12.
57. Pickering RM, Fitton C, Ballinger C, Fazakarley L, Ashburn A. Self reported adherence to a home-based exercise programme among people with Parkinson's disease. *Parkinsonism & related disorders*. 2013;19(1):66-71.
58. Shih MC, Wang RY, Cheng SJ, Yang YR. Effects of a balance-based exergaming intervention using the Kinect sensor on posture stability in individuals with Parkinson's disease: a single-blinded randomized controlled trial. *Journal of neuroengineering and rehabilitation*. 2016;13(1):78.

59. Yang WC, Wang HK, Wu RM, Lo CS, Lin KH. Home-based virtual reality balance training and conventional balance training in Parkinson's disease: A randomized controlled trial. *Journal of the Formosan Medical Association = Taiwan yi zhi*. 2016;115(9):734-43.
60. Barry G, Galna B, Rochester L. The role of exergaming in Parkinson's disease rehabilitation: a systematic review of the evidence. *Journal of neuroengineering and rehabilitation*. 2014;11:33.