

Aus dem Institut für Trainingswissenschaft und Sportinformatik
der Deutschen Sporthochschule Köln
Geschäftsführender Leiter: Univ. Prof. Dr. Daniel Memmert

**Effektivität eines Gleichgewichtstrainings und eines
Krafttrainings auf die Leistungsfähigkeit und
Lebensqualität bei COPD-Patienten im Rahmen des
ambulanten Lungensports**

An der Deutschen Sporthochschule Köln
zur Erlangung des akademischen Grades

Doktorin der Sportwissenschaft

angenommene Dissertation

vorgelegt von

Nicole Bott

aus Sindelfingen

Köln 2021

Erster Gutachter: Prof. Dr. Klaus Baum

Zweiter Gutachter: Priv.-Doz. Dr. med. Marc Spielmanns

Vorsitzender des Promotionsausschusses: Univ.-Prof. Dr. Mario Thevis

Datum der Disputation: 29. April 2021

Eidesstattliche Versicherungen gem. § 7 Abs. 2 Nr. 9 der Promotionsordnung der Deutschen Sporthochschule Köln, 30.03.2020:

Hierdurch versichere ich:

Ich habe diese Arbeit selbständig und nur unter Benutzung der angegebenen Quellen und technischen Hilfen angefertigt; sie hat noch keiner anderen Stelle zur Prüfung vorgelegen. Wörtlich übernommene Textstellen, auch Einzelsätze oder Teile davon, sind als Zitate kenntlich gemacht worden.

Hierdurch erkläre ich, dass ich die „Leitlinien guter wissenschaftlicher Praxis“ der Deutschen Sporthochschule Köln eingehalten habe.

Köln, den 01.05.2021

Nicole Bott

DANKSAGUNG

Besonderer Dank gilt meinem Doktorvater Prof. Klaus Baum für die großzügige Überlassung des Themas, die kritische Korrektur dieser Dissertation und die guten Anregungen. Auch meinem Zweitkorrektor PD Dr. med. Spielmanns danke ich für die stets konstruktive Kritik, die wertvolle Diskussion der Ergebnisse und die zuverlässige Hilfe in jeder Hinsicht.

Großer Dank gilt dem Lungenfunktionsteam des Luisenhospitals Aachen um Dr. Warzelhan und Dr. Hinke. Ebenso danke ich den niedergelassenen Pneumologen Dr. Knie, Dr. Lersch und Dr. Gröschel für Ihren unermüdlichen Einsatz.

Für die Hilfestellung bei der Fallzahlplanung danke ich der Firma CRO Kottmann und für alle weiteren Anregungen und Tipps bezüglich der statistischen Auswertungen Herrn Runge von Runge Statistik und Timm von der statistischen Abteilung der Deutschen Sporthochschule Köln.

Aufrichtiger Dank gilt allen Patienten, die durch ihre bereitwillige Mitarbeit erst die Grundlage für die Erstellung der vorliegenden Dissertation geschaffen haben.

INHALTSVERZEICHNIS

ABBILDUNGSVERZEICHNIS.....	IV
TABELLENVERZEICHNIS.....	V
ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS.....	VII
1 EINLEITUNG	1
2 CHRONISCH OBSTRUKTIVE LUNGENERKRANKUNG.....	3
2.1 DEFINITION UND SCHWEREGRADEINTEILUNG	3
2.2 ÄTIOLOGIE UND PATHOGENESE	5
2.3 MUSKELPHYSIOLOGIE.....	8
2.4 EPIDEMIOLOGIE.....	10
2.5 MORBIDITÄT	11
2.6 DIAGNOSTIK.....	11
2.6.1 <i>Spirometrie</i>	12
2.6.2 <i>Ganzkörperplethysmografie (GKP)</i>	13
2.6.3 <i>Diffusionskapazitätsmessung</i>	13
2.6.4 <i>Blutgasanalyse</i>	14
2.7 MEDIKAMENTÖSE THERAPIE DER COPD	15
3 STELLENWERT VON REHABILITATION UND TRAINING.....	17
3.1 STELLENWERT VON REHABILITATION	17
3.1.1 <i>Lebensqualität</i>	20
3.1.2 <i>Dyspnoe</i>	22
3.2 STELLENWERT VON TRAINING.....	24
3.2.1 <i>Leistungsfähigkeit</i>	25
3.2.2 <i>Ausdauertraining</i>	26
3.2.3 <i>Krafttraining</i>	28
3.2.4 <i>Gleichgewichtstraining</i>	32
3.3 KRAFT UND GLEICHGEWICHT IM ALTER	34
3.4 REHABILITATIONSSPORT (LUNGENSORT).....	36
4 METHODIK.....	41

4.1	DARSTELLUNG DER DURCHGEFÜHRTEN UNTERSUCHUNGEN UND TESTS.....	41
4.1.1	<i>Pneumologische Untersuchungen</i>	41
4.1.2	<i>Fragebögen</i>	43
4.1.3	<i>Motorische Tests</i>	44
4.2	DURCHFÜHRUNG.....	49
4.2.1	<i>Studienablauf</i>	49
4.2.2	<i>Charakteristika aller Studienteilnehmer zum Zeitpunkt T1</i>	53
4.2.3	<i>Studienmodifikation</i>	55
4.2.4	<i>Einflussfaktoren.....</i>	55
4.3	BESCHREIBUNG DER GRUPPEN.....	57
4.3.1	<i>Klassische Lungensportgruppe (KG)</i>	57
4.3.2	<i>Kraftgruppe (Krafttraining = KT).....</i>	57
4.3.3	<i>Gleichgewichtsgruppe (GG).....</i>	59
4.4	STUDIEN-HYPOTHESEN.....	61
4.5	STATISTIK UND FALLZAHLPLANUNG	64
5	ERGEBNISSE	67
5.1	CHARAKTERISTIKA DER TEILNEHMER	68
5.2	VERGLEICHBARKEIT DER GRUPPEN.....	69
5.2.1	<i>Basis-Daten und Anthropometrie.....</i>	69
5.2.2	<i>Lungenspezifische Parameter</i>	69
5.2.3	<i>Motorische Tests</i>	70
5.2.4	<i>Fragebögen.....</i>	71
5.3	VERÄNDERUNGEN INNERHALB DER GRUPPEN.....	71
5.3.1	<i>Sit-to-stand-Test (5 STST).....</i>	73
5.3.2	<i>Sechs-Minuten-Gehtest (6 MWT)</i>	75
5.3.3	<i>SCT.....</i>	78
5.3.4	<i>Isometrische Kraftmessung (Drehmoment).....</i>	79
5.3.5	<i>Gleichgewichtstests BBS und FAB</i>	81
5.3.6	<i>Fragebögen.....</i>	83
5.3.7	<i>MCID für alle Parameter.....</i>	85
5.4	VERÄNDERUNGEN ZWISCHEN UND INNERHALB DER COPD-GRADE	86
5.4.1	<i>COPD-Grad 1 (n=8).....</i>	93
5.4.2	<i>COPD-Grad 2 (n=34).....</i>	94
5.4.3	<i>COPD-Grad 3 (n=19).....</i>	95
5.4.4	<i>COPD-Grad 4 (n=4).....</i>	96
6	DISKUSSION	98

6.1	DISKUSSION DER ERGEBNISSE.....	98
6.1.1	<i>Körperliche Leistungsfähigkeit.....</i>	98
6.1.2	<i>Lebensqualität.....</i>	107
6.1.3	<i>Erreichte MCID.....</i>	110
6.1.4	<i>Analyse der vorzeitigen Studienabbrüche.....</i>	112
6.1.5	<i>Vergleichbarkeit der Gruppen.....</i>	112
6.2	DISKUSSION DER ASSESSMENTS.....	114
6.3	DISKUSSION DER INTERVENTION	116
6.4	LIMITATION	117
7	ZUSAMMENFASSUNG UND SCHLUSSFOLGERUNG	120
8	LITERATURVERZEICHNIS	124
	ANHANG.....	149
	Abstract (Englisch/Deutsch)	149
	Internetquellen	152
	Anschreiben und Einverständniserklärung	160
	Protokoll	164
	Tests und Fragebögen	171
	RPE-Skala	180
	Exemplarischer Trainingsplan einschließlich Dokumentation (Kraft und Gleichgewicht)	181

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Die neue Klassifikation nach dem ABCD-Schema	5
Abbildung 2: Diagnostik der COPD	12
Abbildung 3: Medikamentöse Versorgung nach dem ABCD-Schema	16
Abbildung 4: Effekte eines pneumologischen Rehabilitationsprogramms	19
Abbildung 5: Ablaufprozedere	50
Abbildung 6: Anzahl der Teilnehmer im Verlauf der Studie sowie Abbruchgründe	52
Abbildung 7: Maximale Leistung in Watt aufgeteilt nach Gruppe zum Zeitpunkt T1	54
Abbildung 8: Maximale Sauerstoffaufnahme in ml/min./kg nach Gruppe zum Zeitpunkt T1..	54
Abbildung 9: Unterstützungsfläche bei verschiedenen Gangbildern	60
Abbildung 10: Veränderungen im 5STST	75
Abbildung 11: Mittelwertdifferenzen im 6 MWT	76
Abbildung 12: Veränderungen im SCT	79
Abbildung 13: Mittelwertdifferenzen in der isometrischen Kraftmessung	80
Abbildung 14: Darstellung der Ergebnisse des BBS	82
Abbildung 15: Darstellung der Ergebnisse des FAB	83
Abbildung 16: Darstellung der Mittelwertunterschiede nach Gruppe im SGRQ	85
Abbildung 17: Veränderungen im 5 STST nach COPD-Grade	88
Abbildung 18: Veränderungen im 6 MWT nach COPD-Grade	89
Abbildung 19: Veränderungen der Kraftwerte des rechten Beins nach COPD-Grade	90
Abbildung 20: Veränderungen der Kraftwerte des linken Beins nach COPD-Grade	90
Abbildung 21: Veränderungen im FAB nach COPD-Grade	91
Abbildung 22: Darstellung der Mittelwertunterschiede im SGRQ nach COPD-Grade	92
Abbildung 23: Veränderungen im CAT nach COPD-Grade	93

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: Schweregrad der Obstruktion bei COPD	4
Tabelle 2: Gesicherte Effekte der pneumologischen Rehabilitation.....	18
Tabelle 3: modifizierte MRC Dyspnoe-Skala.....	23
Tabelle 4: CR-10-Skala zur Erfassung des Dyspnoe-Empfindens.....	24
Tabelle 5: Training nach der Dauer- und Intervallmethode.....	28
Tabelle 6: Inhalte des ambulanten Lungensports.....	37
Tabelle 7: Teilnahmevoraussetzungen am ambulanten Lungensport.....	38
Tabelle 8: BODE-Index.....	48
Tabelle 9: Gruppencharakteristika aller Teilnehmer zum Zeitpunkt T1	53
Tabelle 10: Richtlinien für Krafttraining	58
Tabelle 11: Richtlinien für statische, reaktive und proaktive Gleichgewichtsübungen.....	59
Tabelle 12: Richtlinien für dynamische, reaktive und proaktive Gleichgewichtsübungen.....	60
Tabelle 13: Gründe für den Abbruch der Studie	67
Tabelle 14: Gruppencharakteristika der Teilnehmer zum Zeitpunkt T1	68
Tabelle 15: Begleiterkrankungen der TN.....	69
Tabelle 16: Normalverteilungs- und Signifikanzprüfung der Basis-Daten	69
Tabelle 17: Normalverteilungs- und Signifikanzprüfung der lungenspezifischen Parameter ..	70
Tabelle 18: Ergebnisse motorische Tests zum Zeitpunkt T1 nach Gruppe.....	70
Tabelle 19: Normalverteilungsprüfung und Gruppenvergleich der motorischen Tests (T1) ..	71
Tabelle 20: Ergebnisse und Gruppenvergleich Fragebögen zum Zeitpunkt T1	71
Tabelle 21: Darstellung der Veränderung aller Parameter innerhalb der Gruppe KG	72
Tabelle 22: Darstellung der Veränderung aller Parameter innerhalb der Gruppe KT.....	72
Tabelle 23: Darstellung der Veränderung aller Parameter innerhalb der Gruppe GG.....	73
Tabelle 24: Intra- und Intergruppenvergleich des 5 STST	74
Tabelle 25: Intra- und Intergruppenvergleich des 6 MWT.....	76
Tabelle 26: Zusammenhänge zwischen zwei Variablen.....	77
Tabelle 27: Ergebnisse Belastungsempfinden sowie Intra- und Intergruppenvergleich	77
Tabelle 28: Ergebnisse Anstrengungsempfinden sowie Intra- und Intergruppenvergleich....	77
Tabelle 29: Ergebnisse Sauerstoffsättigung sowie Intra- und Intergruppenvergleich.....	78
Tabelle 30: Intra- und Intergruppenvergleich im SCT	78
Tabelle 31: Intra- und Intergruppenvergleich rechtes und linkes Bein	80
Tabelle 32: Intra- und Intergruppenvergleich BBS.....	81
Tabelle 33: Intra- und Intergruppenvergleich FAB.....	81
Tabelle 34: Differenz der Mittelwerte zur Ermittlung des Erreichens der MCID	82
Tabelle 35: Intra- und Intergruppenvergleich im SGRQ.....	84
Tabelle 36: Intra- und Intergruppenvergleich im CAT	84

Tabelle 37: Differenz der Mittelwerte zur Ermittlung des Erreichens der MCID	84
Tabelle 38: Anzahl der Teilnehmer mit erreichter MCID	86
Tabelle 39: Signifikanzprüfung Motorik zwischen den COPD-Graden.....	86
Tabelle 40: Signifikanz und MCID der motorischen Tests in den COPD-Graden	87
Tabelle 41: Mittelwertunterschiede und Signifikanzen für alle Tests bei COPD-Grad 1.....	94
Tabelle 42: Mittelwertunterschiede und Signifikanzen für alle Tests bei COPD-Grad 2.....	95
Tabelle 43: Mittelwertunterschiede und Signifikanzen für alle Tests bei COPD-Grad 3.....	96
Tabelle 44: Mittelwertunterschiede und Signifikanzen für alle Tests bei COPD-Grad 4.....	97

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

1RM	one-repetition-maximum
5 STST	five-time sit-to-stand Test
6 MWT	six minute walk test
§	Paragraph
%	Prozent
Δ	Delta (Differenz)
≥	gleich oder größer
<	kleiner
&	und
α	Signifikanzniveau
μ	Mittelwert
μg	Microgramm
à	zu (je)
Abs.	Absatz
ACCP/AACVPR	American College of Chest Physicians/American Association of Cardiovascular and Pulmonary Rehabilitation
ACSM	American College of Sports Medicine
ADL	Activity of Daily Living
AECOPD	akute Exazerbation einer COPD
ANOVA	Analysis of Variance
ATS	American Thoracic Society
AWMF	Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften
BAEK	Bundesärztekammer
BAR	Bundesarbeitsgemeinschaft für Rehabilitation
BBS	Berg Balance Scale
BDI	Baseline Dyspnoe Index
BGA	Blutgasanalyse
BMI	Body-mass Index
BODE	B ody-mass index, a irflow o bstruction, d yspnea, e xercise capacity index
bzw.	beziehungsweise
ca.	circa
CAT	COPD Assessment Test
CCQ	COPD Control Questionnaire

cm	Zentimeter
COB	Chronisch Obstruktive Bronchitis
COBRA	C hronisch o bstruktive B ronchitis mit und ohne Emphysem A mbulantes Schulungsprogramm für COPD-Patienten
CO-Diff	Diffusionskapazitätsmessung mittels Kohlenmonoxid
COPD	Chronic Obstructive Pulmonary Disease
CO	Kohlenmonoxid
CO ₂	Kohlendioxid
CR	Category-Ratio
CRQ	Chronic Respiratory Questionnaire
CT	Computertomographie
DALYs	Disability-adjusted life years
DBS	Deutschen Behindertensportverband
d.h.	das heißt
DLCO/VA	Diffusionskapazität/alveoläres Volumen
DMP	Disease Management Program
DRKS	Deutsches Register für Klinische Studien
EKG	Elektrokardiogramm
ERS	European Respiratory Society
et al.	(et alii / et aliae) und andere
etc.	(et cetera) und die übrigen [Dinge]
e.V.	Eingetragener Verein
evtl.	eventuell
f	Effektgröße
f.	folgend
FAB	Fullerton Advanced Balance Scale
FEV ₁	forciertes expiratorisches Volumen in einer Sekunde
FRC	funktionelle Residualkapazität
FT	Fast Twitch
FVC	forcierte Vitalkapazität
GG	Gleichgewichtsgruppe
GKP	Ganzkörperplethysmographie
GKV	Gesetzliche Krankenversicherung
GLI	Global Lung Initiative
GOLD	Global Initiative for Obstructive Lung Disease
H ₀	Nullhypothese
H ₁	Alternativhypothese

HADS	Hospital Anxiety and Depression Scale
Hg	Quecksilber
HRQoL	Health-related quality of life
IBM	International Business Machines Corporation
ICS	Inhaled corticosteroid
IQR	Interquartilsabstand
ISWT	Incremental shuttle walk test
KBV	Kassenärztliche Bundesvereinigung
KCO	Co-Transferkoeffizient
KG	Klassische Lungensportgruppe oder Körpergewicht
KG-Gerät	Krankengymnastik am Gerät
kg	Kilogramm
KT	Kraftgruppe
L	Links
LABA	Long acting Beta-2-agonist
LAMA	Long acting muscarinic antagonist
LLN	lower limit of normal
m/s	Meter pro Sekunde
m ²	Quadratmeter
M.	Musculus
max.	maximal / Maximum
MCID	minimal clinically important difference
mg	Milligramm
min	Minimum
Min.	Minute
mind.	mindestens
ml	Milliliter
mm	Millimeter
mmol	Millimol
mMRC	modified British Medical Research Council
MVZ	Medizinisches Versorgungszentrum
n	Anzahl
N	Neu
Nm	Newtonmeter
Nr.	Nummer
O ₂	Sauerstoff
o.ä.	oder ähnliches

p _a CO ₂	arterieller Kohlendioxidpartialdruck
p _a O ₂ / p _c O ₂	arterieller (a) / kapillärer (c) Sauerstoffpartialdruck
p-Wert	Signifikanzwert (p = probability)
R	Rechts
r	Korrelation zwischen den Faktorstufen
Raw	Atemwegswiderstand
ROM	Range of Motion
RSD	RehaSport Deutschland e.V.
RPE	Ratings of Perceived Exertion
RV	Rentenversicherung
RV	Restvolumen
S.	Seite
s.	siehe
SABA	Short acting Beta-2-agonist
SAMA	Short acting muscarinic antagonist
S _a O ₂	Sauerstoffsättigung
SCT	Stair Climb Test
Sek.	Sekunde
SGB	Sozialgesetzbuch
SGRQ	St. George's Respiratory Questionnaire
SF	Short Form
sog.	sogenannte
SPPB	Short Physical Performance Battery
SPSS	Statistical Package for the Social Science
ST	Slow Twitch
T	Testzeitpunkt
TDI	Transitional Dyspnoe Index
TLC	Total Lung Capacity
t-Test	Hypothesentest mit t-verteilter Testprüfgröße
u.a.	unter anderem
USA	United States of America
VA	Alveolarvolumen
VC	Vitalkapazität
VO ₂ (max.)	(maximales) Sauerstoffvolumen
WHO	World Health Organization
Wmax	maximale Leistung in Watt
z.B.	zum Beispiel

1 EINLEITUNG

Im deutschen Gesundheitswesen sind Maßnahmen zur Rehabilitation fast ausschließlich im stationären Bereich vertreten, wobei Verfahrensweisen der ambulanten Rehabilitation in der Pneumologie vorhanden sind, wenn auch nur in geringer Anzahl (Taube 2010). Ziel der pneumologischen Rehabilitation und aller weiterführenden Maßnahmen ist es, die krankheitsbedingten Folgen chronischer Lungenkrankheiten wie z.B. die COPD und die hierdurch hervorgerufenen physischen und psychischen Beeinträchtigungen soweit wie möglich zu lindern und ein realistisches Höchstmaß an Lebensqualität zu erzielen (Spruit et al. 2015). Reha-Nachsorgeprogramme existieren in der Pneumologie noch nicht, während sie bei anderen Krankheitsbildern wie der Orthopädie seit Jahren etabliert sind (Taube 2010). Weiterführende Maßnahmen, welche die Umsetzung des Gelernten in das häusliche und familiäre Umfeld unterstützen, gibt es für mittel- bis schwergradig Erkrankte nur sehr wenige. Ein bereits länger bestehendes Angebot, welches von der Gesetzlichen Krankenversicherung finanziert wird, ist der Lungensport. Anfangs ging er aus dem System der vorhandenen Herz-Kreislauf-Sportgruppen hervor, mittlerweile haben sich die Inhalte an die Bedürfnisse und Möglichkeiten der Betroffenen angepasst (Worth et al. 2000; Spielmanns et al. 2015). Hierin spielt insbesondere das körperliche Training eine wichtige Rolle, dessen Wirksamkeit als gesichert angesehen werden kann (BAEK, KBV und AWMF 2012; GOLD 2017; Vogelmeier et al. 2018). Gesicherte Effekte von denen COPD Patienten profitieren, zeigen sich in einer zunehmenden Belastbarkeit, Verminderung der Dyspnoe und Verbesserung der krankheitsbezogenen Lebensqualität (Nici et al. 2006; Halle et al. 2008).

Leitsymptom der Atemwegserkrankung ist die Dyspnoe, die zunächst unter Belastung auftritt. Um diese zu vermeiden, reduzieren Betroffene ihre Aktivitäten mit der Folge einer physiologischen Dekonditionierung, die in eine Abwärtsspirale von abnehmender Belastbarkeit und progredienter Dyspnoe mündet. Die zunehmende Dekonditionierung führt zusammen mit Veränderungen in der Muskelphysiologie zu einer Abschwächung der Kraft insbesondere in den unteren Extremitäten (Franssen et al. 2005). Der Kraftverlust durch verminderte Aktivität wirkt sich auch nachteilig auf das Gleichgewichtsvermögen aus, wie in Studien gezeigt werden konnte (Granacher et al. 2014; Gschwind et al. 2013; Harrison et al. 2015). Während die Effekte eines Krafttrainings der unteren Extremität evidenzbasiert sind, ist das Gleichgewichtstraining trotz positiver Auswirkungen noch nicht in die Leitlinien einer pneumologischen Rehabilitation aufgenommen worden (Halle et al. 2008; Harrison et al. 2015; Marques et al. 2015).

Daher werden in dieser Studie im Rahmen des Lungensports die Effekte eines Krafttrainings und eines Gleichgewichtstrainings auf die Leistungsfähigkeit und Lebensqualität untersucht.

Folgenden Fragen soll in dieser Arbeit nachgegangen werden:

- Ergeben sich Effektunterschiede zwischen der klassischen Lungensportgruppe und den Interventionsgruppen im Hinblick auf Leistungsfähigkeit und Lebensqualität?
- Welche Veränderungen in den motorischen Tests und in den *Items* der Fragebögen haben sich jeweils in den drei Gruppen ergeben?
- Wie unterscheiden sich die Ergebnisse der Interventionsgruppen voneinander?
- Welche Teilnehmer profitieren insbesondere von der Studie?
- Welche Empfehlungen lassen sich für den ambulanten Lungensport aus den gewonnenen Erkenntnissen ableiten?

2 CHRONISCH OBSTRUKTIVE LUNGENERKRANKUNG

2.1 DEFINITION UND SCHWEREGRADEINTEILUNG

Chronic Obstructive Pulmonary Disease (COPD) is a common, preventable and treatable disease that is characterized by persistent respiratory symptoms and airflow limitation that is due to airway and/or alveolar abnormalities usually caused by significant exposure to noxious particles or gases (GOLD¹ 2017, S. 6).

Der englische Begriff der *Chronic Obstructive Pulmonary Disease* (COPD) ist charakterisiert durch eine weitgehend irreversible und progrediente Verengung (Obstruktion) der Atemwege. Ursächlich für die Atemwegsobstruktion sind zwei pathophysiologische Prozesse: eine abnorme Entzündungsreaktion in den kleinen Atemwegen (Bronchiolen) und eine Erweiterung und Destruktion der Lufträume im alveolären Bereich. Beide Prozesse können bei Expiration einen vorzeitigen Bronchialkollaps bewirken (Köhler et al. 2015; Kroegel & Costabel 2016). Typische Anzeichen für das Krankheitsbild der COPD sind Auswurf, Husten und Atemnot. Die Inhalation von Zigarettenrauch wird als Hauptursache für das Entstehen einer COPD angesehen. Aber auch Abgase und andere Partikel, die durch Verbrennungsprozesse generiert werden, tragen zum Erscheinungsbild der Krankheit bei (GOLD 2017).

Die Diagnose der COPD erfolgt mittels ausführlicher Anamnese, differenzierter Lungenfunktionsanalyse und bildgebenden Verfahren. Die Spirometrie dient dabei als Messinstrument zur Beurteilung des Ausmaßes der Obstruktion (Vogelmeier et al. 2018). Die Einsekundenkapazität FEV_1^2 als dynamischer, zeitabhängiger Messparameter ist bei obstruktiven Atemwegserkrankungen wie Asthma, COPD und Emphysem eingeschränkt. Die Spirometrie wird nach den Richtlinien der Deutschen Atemwegsliga vor und nach Inhalation eines Bronchodilatators durchgeführt (Criée et al. 2015). Die erhobenen FEV_1 -Werte werden bei vorliegendem Kriterium ($FEV_1/FVC < 0,7$) in vier Schweregrade klassifiziert (s. Tabelle 1). Die Messwerte sind abhängig von Alter, Größe, Gewicht und Geschlecht (GOLD 2017).

¹ GOLD: Global Initiative for Obstructive Lung Disease

² Forciertes expiratorisches Volumen in einer Sekunde

Tabelle 1: **Schweregrad der Obstruktion bei COPD** (modifiziert nach GOLD 2020, S. 27)

Schweregrad		Kriterien $FEV_1/FVC < 70\%$
GOLD 1	leicht (<i>mild</i>)	$FEV_1 \geq 80\%$ Soll (<i>predicted</i>)
GOLD 2	mittel (<i>moderate</i>)	$50\% \leq FEV_1 < 80\%$ Soll
GOLD 3	schwer (<i>severe</i>)	$30\% \leq FEV_1 < 50\%$ Soll
GOLD 4	sehr schwer (<i>very severe</i>)	$FEV_1 < 30\%$ Soll

GOLD: Global Initiative for Obstructive Lung Disease
 FEV_1 : forciertes expiratorisches Volumen in einer Sekunde (Einsekundenkapazität)
 FVC: forcierte Vitalkapazität

Die medikamentöse Stufentherapie richtete sich bis zum Jahre 2012 gemäß den Leitlinien der *Global Initiative for Obstructive Lung Disease* (GOLD) ausschließlich nach den Schweregrad-Stadien. Nachteil dieser Vorgehensweise war die unzureichende Berücksichtigung der Lebensqualität und die Beschwerdesymptomatik des Betroffenen. Daher fand eine Revision in der GOLD 2017-Version statt, in der die Symptomatik und die Exazerbationshistorie mitberücksichtigt wurden. Die frühere GOLD-Klassifizierung wurde daher um eine neue Klassifikation der Vierfelder-Tafel ergänzt (Noujeim & Bou-Khalil 2013; Hering & Andres 2015). Hierfür müssen nun folgende Parameter erhoben werden: der FEV_1 -Wert, die Exazerbationsrate und die Beschwerdesymptomatik.

Die Exazerbationsrate wird mittels Patientenbefragung festgestellt. Eine akute Exazerbation (AECOPD) ist ein Ereignis, welches mit einer Erhöhung der respiratorischen Beschwerdesymptomatik einhergeht, die über den normalen Tagesschwankungen liegen und die eine Veränderung der Medikation erfordern (Frey 2014a). Da Exazerbationen mit Krankenhauseinweisungen eine prognostisch ungünstige Entwicklung auf die Mortalität besitzen, wurde der Grenzwert bei \geq zwei Exazerbationen pro Jahr oder einer Exazerbation mit Krankenhausaufenthalt festgelegt (GOLD 2017).

Die Beschwerdesymptomatik (Symptomlast) kann entweder anhand des modifizierten *British Medical Research Council* (mMRC) Fragebogens oder des *COPD Assessment Test* (CAT) oder des *COPD Control Questionnaire* (CCQ) erfolgen. Charakteristisch für die COPD ist die Atemnot. Ein einfacher Fragebogen wie der mMRC fragt in fünf Kategorien die funktionellen Auswirkungen der Atemnot ab, wobei nur eine Kategorie zutrifft (s. auch Kapitel 3.1.2). Der CAT wiederum beschreibt den aktuellen Gesundheitszustand anhand acht *Items* (s. hierzu Kapitel 4.2.1). Der CCQ als neuester Fragebogen zur Abbildung der Lebensqualität beinhaltet 10 Fragen, die auf einer Likert-Skala von 0-6 zu beantworten sind. Für das ABCD-Schema (Vierfelder-Tafel) wurden die Grenzwerte wie folgt festgelegt: für den CAT beträgt er mindestens 10 Punkte, der mMRC muss ≥ 2 sein und der CCQ ≥ 1 (Vogelmeier et al. 2018).

Alle Parameter zusammen ergeben eine kombinierte Einschätzung der COPD (s. Abbildung 1). Demnach wäre ein Patient nach Bronchodilatation und Spirometrie mit $FEV_1 = 47\%$ in GOLD 3. Besitzt er 15 Punkte im CAT, wird er entweder der Gruppe B oder D zugeordnet. Die Auskunft nach der Exazerbationsrate ergibt eine Exazerbation mit ambulanter Behandlung im letzten Jahr. Die endgültige Zuordnung ist nun GOLD Stadium 3 Gruppe B.

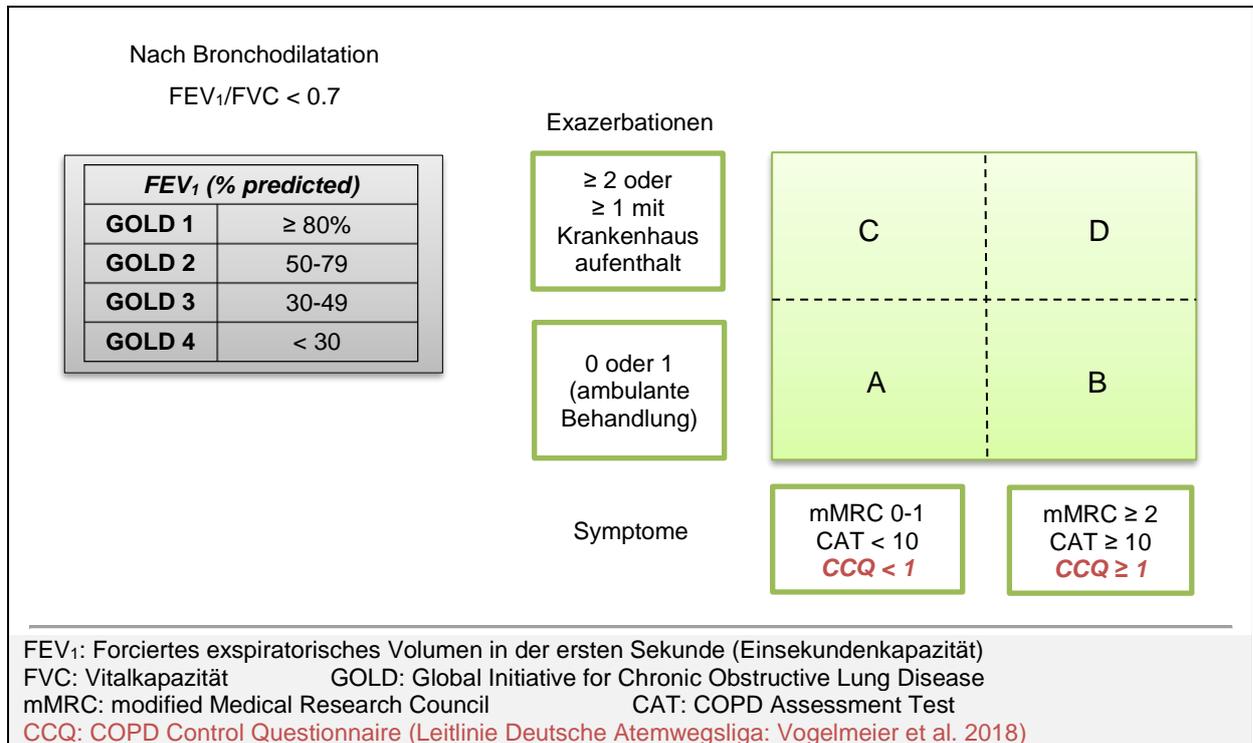


Abbildung 1: Die neue Klassifikation nach dem ABCD-Schema (modifiziert nach GOLD 2020, S. 31 und Vogelmeier et al. 2018, S. 16)

Seit 2018 werden nur noch die in der Vorgeschichte erlittenen Exazerbationen und die Beschwerdesymptomatik für die medikamentöse Therapie berücksichtigt (A-D).

2.2 ÄTIOLOGIE UND PATHOGENESE

Hauptursache der COPD ist in ca. 80% der Fälle das Inhalationsrauchen. Damit stellt das Tabakrauchen den bedeutendsten veränderbaren Risikofaktor für die COPD dar. Das Risiko eine COPD zu entwickeln, hängt von der Gesamtzahl der im zeitlichen Verlauf gerauchten Zigaretten ab (Köhler et al. 2015). Allerdings entwickeln nur ca. 20% der Raucher eine COPD (Terzikhan et al. 2016). Andere Ursachen der COPD sind genetische Prädisposition wie Alpha-1-Antitrypsinmangel, Passivrauchexposition, Luftschadstoffe, berufliche Expositionen (z.B. Mehlstaub, Asbest, Zement etc.) und Asthma bronchiale (Frey 2014a). Die COPD ist eine Krankheit des mittleren und höheren Alters.

Typisches Symptom einer COPD ist die Atemnot, insbesondere unter Belastung. Husten und Auswurf treten je nach Krankheitsbild und -stadium unterschiedlich gehäuft auf (GOLD 2017; Hanania & Sharafkhaneh 2011; Köhler et al. 2015).

Am Anfang besteht das klinische Bild aus einer chronischen Bronchitis, welche mit Husten und Auswurf einhergeht. Die Belastung der Atemwege durch wiederholte Exposition gegenüber exogenen Noxen führt auf Dauer zu einem Entzündungsprozess mit Aktivierung von Makrophagen, neutrophiler Granulozyten und T-Lymphozyten (Kroegel & Costabel 2013, S. 338). Diese bewirken eine Funktionseinschränkung des Flimmerepithelgewebes, bestehend aus Zilien und Becherzellen. Das Flimmerepithelgewebe kleidet den größten Teil der Atemwege aus und fördert mit als Selbstreinigungsmechanismus Bronchialschleim und unerwünschte Substanzen aus der Lunge. Auf die Zerstörung der Zilien-tragenden Zellen reagiert das Bronchialsystem mit einer Erhöhung der Anzahl von Becherzellen, die ihrerseits vermehrt Schleim bilden. Die nun folgende Zunahme des Hustens stellt den Ersatzmechanismus zum Abtransport dar (Ehrenberg 2001; Köhler et al. 2015).

Kennzeichnend für die Atemwegsobstruktion ist das Zusammenwirken der verschiedenen Faktoren wie Schleimhypersekretion, bakterielle und virale Infekte sowie zunehmende Zerstörung des Abwehr- und Schutzmechanismus (Kim & Criner 2013).

Die langsam fortschreitende Atemflusslimitation, insbesondere bei Expiration, ist in den Umbauprozessen der kleinen Bronchien und dem Elastizitätsverlust des Lungenparenchyms begründet. Bei der forcierten Ausatmung entsteht durch die Anspannung der Ausatemmuskulatur ein positiver Druck im Thoraxraum. Dieser bewirkt eine Komprimierung der Atemwege mit Ansteigen des Atemwegwiderstandes. Bei der fortgeschrittenen COPD kollabieren die Bronchialwände, da sie aufgrund ihrer Instabilität dem Druck nicht standhalten. Der Kollaps entsteht durch Degeneration des elastischen Fasergerüsts in den knorpeltragenden Bronchien (Köhler et al. 2015, S. 30). Die eingeatmete Luft kann nicht vollständig abgeatmet werden (sog. *air trapping*). Demzufolge ist die Ausatmung bis zum physiologischen Restvolumen verlängert und reicht bei körperlicher Belastung zeitlich nicht aus. Es kommt zu einer dynamischen Lungenüberblähung mit Anstrengungsdyspnoe und Belastungsintoleranz (Ehrenberg 2001; Rothe 2012; Gagnon et al. 2014).

Die resultierende Lungenüberblähung bewirkt eine Abnahme des inspiratorischen Reservevolumens, welches die Ruheatmung in Richtung der totalen inspiratorischen Kapazität verschiebt. Somit atmet der COPD-Patient bereits in Ruhe auf der Ebene der maximalen Ventilation. Reserven bei zusätzlicher Beanspruchung wie körperliche Belastung oder Infektion fehlen (Kroegel & Costabel 2013, S. 338).

Die ca. 300 Mio. Alveoli, die für den Gasaustausch zur Verfügung stehen, bilden etwa eine Fläche von 80-120m². Dies entspricht der Größe eines halben Tennisplatzes. Der

Gasaustausch zwischen Blut und Alveole findet passiv durch Diffusion statt. Bei einem Emphysem werden die Lufträume distal der terminalen Bronchioli irreversibel erweitert bzw. die Alveoli durch Enzyme umgebaut, welches zum Gewebeuntergang in den Zellwänden führt (Matthys & Seeger 2008, S. 300). Die Aufnahme der Atemgase wird durch die reduzierte Gasaustauschfläche bzw. durch den längeren Weg des Sauerstoffmoleküls vom Bronchioleneingang bis zur erweiterten Alveolarwand eingeschränkt (Köhler et al. 2015).

Die Atemmuskulatur ist in Ruhe und bei leichter körperlicher Betätigung nur inspiratorisch tätig. Dabei übernimmt das Zwerchfell ca. 90% der Atemarbeit. Die Expiration erfolgt passiv. Bei einer Dauerbelastung hypertrophiert die Atemmuskulatur, wie jede quergestreifte Muskulatur. Kann der Organismus der Dauerbelastung nicht standhalten, weil die Obstruktion zu- bzw. die Gasaustauschfläche abnimmt, wird der Grenzbereich der Hypertrophie erreicht (Kroegel & Costabel 2013, S. 572). Dies wird durch die Funktion der Atemmechanik erklärt, welche bei COPD-Betroffenen im Vergleich zum Gesunden verändert ist. So ist schon in Ruhe die Atemarbeit bei COPD deutlich höher und nimmt bei körperlicher Betätigung weiter zu. Die Atemarbeit bei Belastung ist bei Gesunden dadurch gekennzeichnet, dass das Atemminutenvolumen linear zur Intensität ansteigt und erst ab 60% der maximalen Leistungsfähigkeit exponentiellen Charakter aufweist. Die Zunahme erschließt sich aus der Erhöhung des Atemzugvolumens und erst bei deutlicher Anstrengung wird die Atemfrequenz gesteigert (Rühle & Feldmeyer 2008, S. 14). Bei COPD erfolgt die Steigerung des Atemminutenvolumens durch Zunahme der Atemfrequenz, die Ausatemzeit verlängert sich durch die obstruktive Ventilationsstörung und führt zu einer Überblähung der Lunge. Folge ist eine Längenveränderung des Zwerchfells, durch Verkleinerung der Appositionszone. Die Verkürzung bewirkt eine ungünstige mechanische Kraftübertragung mit vermehrter Atemarbeit. Die erhöhte Atemarbeit führt zunehmend zu einer Übersäuerung der Muskulatur mit Erschöpfung der Atempumpe (Killian & Jones 1988, S. 237; Kroegel & Costabel 2013, S. 339). Um der drohenden Erschöpfung der Muskulatur entgegenzuwirken, wird die Leistung zurückgefahren, es stellt sich eine Hypoventilation ein.

Mit fortgeschrittener Erkrankung wird die Arbeit des Zwerchfells, aufgrund dessen Abflachung mit ungünstiger Atemmechanik, zunehmend ineffektiv. Zum Ausgleich wird die Atemhilfsmuskulatur, bestehend aus Intercostalmuskeln, M. scalenus und M. sternocleidomastoideus eingesetzt (Dodd et al. 1984, S. 33; Müller & Jacob 2005, S. 44f.). Betroffene mit einer akuten Dyspnoe versuchen die Effizienz der Atemhilfsmuskulatur zu erhöhen, indem sie die Position einer atemerleichternden Stellung einnehmen. Durch das Abstützen der Hände und der Vorbeugung des Oberkörpers wird die Inspirationsphase erleichtert, während durch das Fixieren des Schultergürtels Punctum mobile und Punctum fixum der Atemhilfsmuskulatur getauscht werden und diese daher effizienter die Atmung unterstützen können (Göhl 2013b).

Akute Exazerbationen einer COPD (AECOPD) sind gekennzeichnet durch eine deutliche Verschlechterung der Lungenfunktionswerte und des allgemeinen Gesundheitszustandes. Symptome wie Husten und Auswurf nehmen vermehrt zu. Leichtere akute Exazerbationen können ambulant behandelt werden, schwerere bedürfen einer stationären Aufnahme. AECOPD verursachen hohe Kosten für das Gesundheitssystem und machen den größten Teil der Hospitalisierung aus (Gea et al. 2015). Üblicherweise kommt es bei einer Exazerbation zu einem treppenartigen Verlauf mit Zunahme der Obstruktion und Abnahme der Gasaustauschfläche. Der Verlauf und die Intensität der Symptomatik hängen eng mit der Häufigkeit und Schwere der Verschlechterung zusammen. Dabei spielt das Auftreten von bakteriellen und viralen Infekten auf das Bronchialsystem eine entscheidende Rolle. Die chronische Entzündung der Atemwege bei COPD bewirkt lokale Abwehrdefekte, die eine erhöhte Anfälligkeit gegenüber bakteriellen und viralen Keimen aufweisen. AECOPD mit viralen Infekten insbesondere mit dem humanen Rhinovirus verlaufen schwerer, sind länger anhaltend und mit häufigeren Exazerbationsepisoden verbunden. Die Mortalität nach krankenhausbedingtem Aufenthalt ist deutlich erhöht. Ziel einer Rehabilitationsmaßnahme oder ambulanter Schulungen ist die Vermeidung von Exazerbationen. Auch Frequenz und Intensität können hierdurch beeinflusst werden (Worth & Schacher 2008; Puelacher 2015).

2.3 MUSKELPHYSIOLOGIE

Die Funktionsweise der Skelettmuskulatur lässt sich in zwei Fasertypen einteilen. Die langsamer zuckenden Typ-I oder ST- (*slow twitch*) Fasern und die schneller zuckenden Typ-II oder FT- (*fast twitch*) Fasern. Die ST-Fasern überwiegen in Muskeln mit stützmotorischer Funktion. Sie werden von kleinen Alpha-Motoneuronen des Zentralen Nervensystems versorgt, die bei Aktivierung kontinuierlich Erregungen mit geringer Frequenz aussenden, die dann zu langsamen, länger anhaltenden Kontraktionen führen. Daher sind diese Muskelfasern ermüdungsresistent. Die Energiebereitstellung dieser Muskelfasern ist vorwiegend aerob. Die Versorgung der Muskelzelle geschieht über ein dicht angelegtes Kapillarnetz, welches die Diffusionsstrecke für die Sauerstoffversorgung möglichst kurzhält. Die Fasern besitzen durch die hohe Myoglobinkonzentration eine dunkelrote Färbung (De Marées 2003; Laube 2009, S. 77). Demgegenüber stehen die Typ-II Fasern, die aufgrund ihres geringen Myoglobingehalts blassfarben aussehen. Sie kontrahieren deutlich schneller als die roten Muskelfasern und werden von größeren Alpha-Motoneuronen versorgt. Sie nutzen bei entsprechend hoher muskulärer Belastung die anaerobe Energiebereitstellung, verbrauchen daher mehr Energie und ermüden rascher. Die Typ-II Fasern werden weiter unterschieden in drei Untertypen: Typ-IIc ist in seiner Eigenschaft dem Typ-I ähnlich, während die Fasern vom Typ-IIa und -IIb bzw. -IIx sehr kräftig und schnell sind, aber rasch ermüden (De Marées 2003).

Verschiedene strukturelle Veränderungen der Muskulatur der unteren Extremität lassen sich bei Betroffenen mit COPD nachweisen. Hierzu gehören die Muskelatrophie, der Muskelfasershift, die Reduktion der oxidativen Kapazität und der Mitochondriendichte sowie die Muskelschwäche (Gosselink et al. 1996; Gosker et al. 2002; Kim et al. 2008; Gea et al. 2015). Im fortgeschrittenen Stadium der COPD ist eine physische Anstrengung mit einer Zunahme der Dyspnoe verbunden, wodurch muskuläre Aktivitäten in der Folge reduziert werden. Der Reiz zum Erhalt der Funktion unterbleibt und bedingt so einen Verlust an Muskelmasse. Es kommt zu einer Abnahme der Kapillarisation und der aeroben Enzymaktivität. Auf lange Sicht führen diese Umbauprozesse zu einer signifikanten Reduktion der Muskelkraft und Kraftausdauer (Bernard et al. 1998; Allaire et al. 2004; van den Borst et al. 2013; Maltais et al. 2014). Auch bei Gesunden lassen sich diese Effekte bei fehlender Aktivität nachweisen. Strukturell zeigt sich insbesondere in den unteren Extremitäten ein Verlust an Muskelmasse und ein Shift vom Faser-Typ I zum Faser-Typ II, welcher mittels Biopsie gut nachgewiesen werden kann (Gosker et al. 2002 und 2007).

Studien haben die Abnahme der Muskelmasse bei COPD belegen können (Rabinovich und Vilaro 2010; Shrikrishna et al. 2012), wonach die Muskelkraft des Quadriceps femoris 20-30% gegenüber der gesunden Bevölkerung reduziert ist und bei fortschreitender Erkrankung weiter abnimmt. Auch die zunehmende Unfähigkeit Ausdauerleistungen zu erbringen wird durch die Atrophie der Muskelfasern erklärt. Insbesondere bei schwerer COPD wirkt sich der Muskelfasershift von Typ-I nach Typ-II aus, da hierin die schnellere Ermüdbarkeit der Muskulatur und verringerte Ausdauer begründet liegt. Durch die Vermehrung der Anzahl an Muskelfasern vom Typ-II reduziert sich die oxidative Energiegewinnung und somit die Dichte und Aktivität der Mitochondrien (Kim et al. 2008; Lorenz et al. 2016). Es kommt zu einer Verschiebung hin zum anaeroben Stoffwechsel mit vermehrter Laktatbildung und zunehmender Ventilation bereits bei niedriger Belastung.

Auf welcher Basis die Veränderungen in der Muskulatur stattfinden, ist noch nicht abschließend geklärt. Selbst Betroffene mit milder bis moderater COPD zeigen eine reduzierte Ausdauerleistungsfähigkeit in den unteren Extremitäten (Gouzi et al. 2011; van den Borst et al. 2013). Anzunehmen ist daher eine multifaktorielle Genese: Mangelernährung, oxidativer Stress, Einnahme von Kortikosteroiden, rezidivierende Exazerbationen, chronische Hypoxie und mangelnde Bewegung (Swallow et al. 2007; Kim et al. 2008; Seymour et al. 2010; Gea et al. 2016). Ein aerobes Bewegungstraining bewirkt im irreversibel geschädigten Lungengewebe keine Veränderung der Lungenvolumina (Rühle & Feldmeyer 2008, S. 113). Auswirkungen eines Trainings zeigen sich in der Skelettmuskulatur, in der Verbesserungen der oxidativen Kapazität und die Zunahme der Kapillardichte der Myofibrillen nachweisbar sind (Morris et al. 2016). Die Fähigkeit Ausdauerleistungen zu erbringen, kann in jedem COPD Stadium trainiert werden (Vogelmeier et al. 2007; Glöckl 2012b). Studien belegen die hohe

Evidenz eines körperlichen Trainings bei COPD, womit die körperliche Leistungsfähigkeit und Lebensqualität der Betroffenen verbessert werden kann (Fischer et al. 2007; Vogelmeier et al. 2007; Lichtenschopf 2015).

2.4 EPIDEMIOLOGIE

Die COPD ist ein weltweites Gesundheitsproblem und steht an dritter Stelle der häufigsten Krankheiten (WHO 2018³). Daher ist es ein besonderes Anliegen der GOLD Organisation auf die Folgen einer COPD aufmerksam zu machen, sowie aktuelle Studien und Ergebnisse in die Leitlinien zur Diagnostik, Management und Prävention einfließen zu lassen (Rabe et al. 2007). Nach Abschätzung verschiedener Studiendaten sind etwa 8-10% der Bevölkerung ab 40 Jahre von der Krankheit betroffen. Noch sind die Betroffenen überwiegend Männer, allerdings steigt die Zahl der rauchenden Frauen konstant. So sind in den letzten zehn Jahren 33% mehr Frauen an den Folgen des Rauchens verstorben. Allein für die Krankheiten des Atmungssystems entstanden im Jahr 2008 in Deutschland Kosten von 13 Mrd. Euro, davon tragen die chronischen Krankheiten der unteren Atemwege 5 Mrd. Euro bei (Statistisches Bundesamt 2017⁴).

Eine Studie untersuchte die 12-Monats-Prävalenz der COPD nach Geschlecht, Alter und Bildungsstatus und kam mit 5,8% bei Frauen und 5,7% bei Männern auf ein vergleichbares Niveau. Dabei stieg bei beiden Geschlechtern die Prävalenz mit dem Alter deutlich an. Geschlechtsspezifisch ist in beiden Gruppen die COPD in der unteren Bildungsgruppe häufiger vertreten als in der mittleren und oberen Bildungsgruppe (Robert Koch-Institut 2017). Die Einweisungsraten in ein Krankenhaus aufgrund einer diagnostizierten COPD liegen in Deutschland und Österreich am höchsten und betragen ca. 200 pro 100.000 Einwohner. Im fortgeschrittenen Stadium ist bei ca. 50% der Betroffenen eine Wiederaufnahme in ein Krankenhaus innerhalb eines Jahres nach einer Exazerbation nicht selten (Vogelmeier et al. 2018). Die Auswirkung einer Erkrankung lässt sich nicht ausschließlich durch die Mortalität erfassen. Auch krankheitsbedingte Faktoren müssen eingeschlossen werden. Eine zusammengesetzte Score, die Disability-adjusted life years (DALYs), beschreibt die Summe der Jahre, die entweder durch frühzeitiges Versterben an der Erkrankung verloren gehen, oder die Jahre, die mit einer krankheitsbedingten Behinderung gelebt werden müssen (Murray & Lopez 1997).

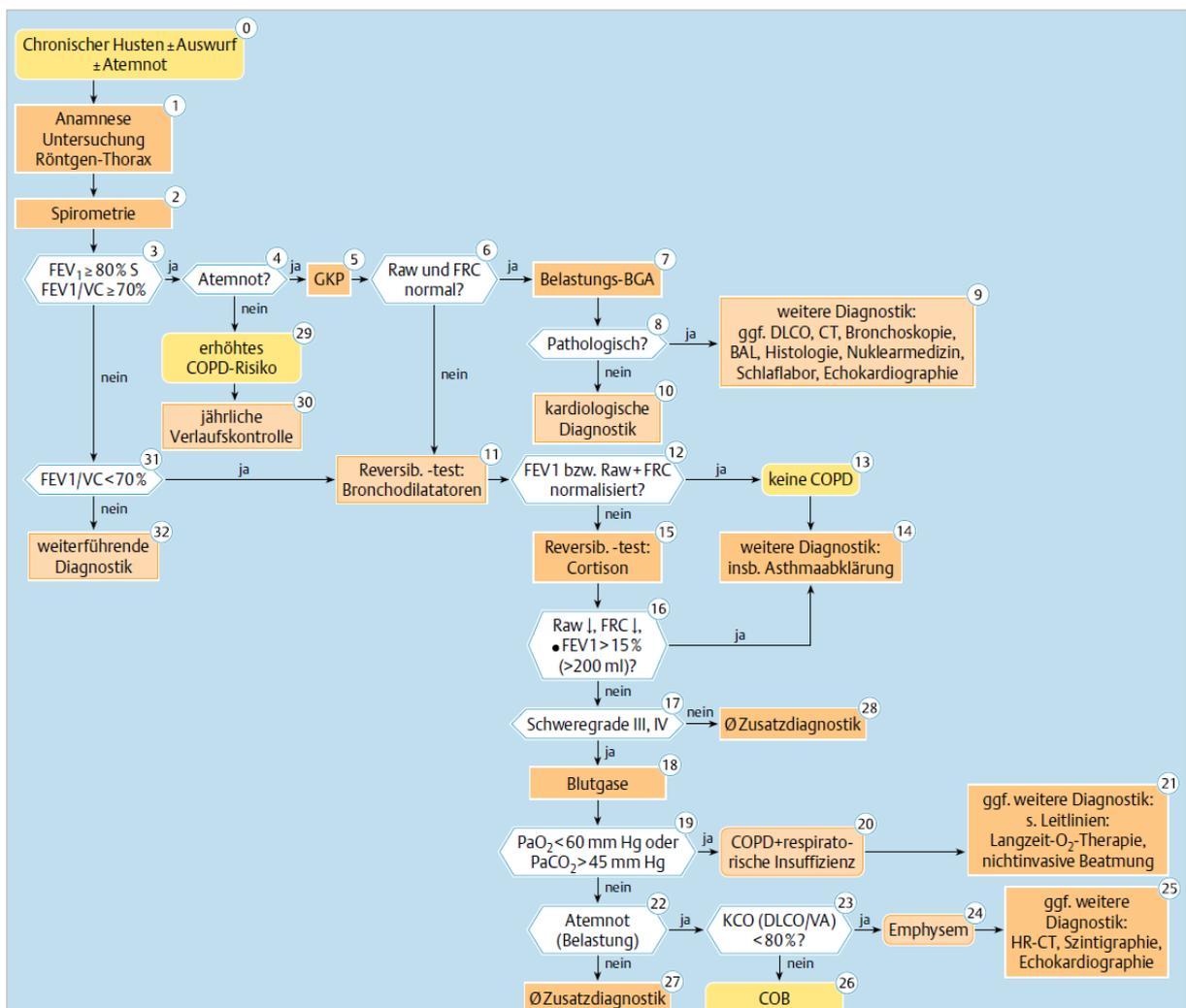
³ s. Anhang S. 156

⁴ s. Anhang S. 153

2.5 MORBIDITÄT

Bei Vorliegen einer COPD treten zusätzlich Begleiterkrankungen auf. So sind kardiale Komorbiditäten bei fortgeschrittener COPD häufig anzutreffen. Weitere Manifestationen sind Gewichtsverlust, Osteoporose, Depression, Anämie und erhöhtes Risiko für Bronchialkarzinom (Beauchamp et al. 2010; Vestbo et al. 2013; GOLD 2017). Inhalationsrauchen induziert selbst ohne Atemwegserkrankung Veränderungen im Blutbild und fördert Entzündungsreaktionen in zahlreichen anderen Organsystemen. Differenzialdiagnostisch sind Komorbiditäten schwer zu differenzieren, da sie den COPD Symptomen ähneln. In der Regel sind die Komorbiditäten behandelbar, werden aber oft zu wenig berücksichtigt oder erkannt. In Kombination mit der COPD haben diese Erkrankungen einen erheblichen Einfluss auf die Prognose. Auch der Gesundheitszustand des Betroffenen hängt eng mit der Art und Häufigkeit der Begleiterkrankungen zusammen (Vestbo et al. 2012; Frey 2014a).

2.6 DIAGNOSTIK



Abkürzungen:

FEV₁: Forciertes expiratorisches Volumen in der ersten Sekunde (Einsekundenkapazität)
VC: Vitalkapazität FRC: funktionelle Residualkapazität Raw: Atemwegswiderstand
DLCO/VA: CO-Diffusionskapazität/alveoläres Volumen (=KCO) CT: Computertomographie
KCO: CO-Transferkoeffizient BGA: Blutgasanalyse PaO₂: arterieller Sauerstoffpartialdruck
PaCO₂: arterieller Kohlendioxidpartialdruck GKP: Ganzkörperplethysmographie
COB: chronisch obstruktive Bronchitis

Abbildung 2: **Diagnostik der COPD** (Vogelmeier et al. 2007, e9)

Die Vorgehensweise zur Diagnostik einer COPD und ihrer Differenzierung ist in Abbildung 2 dargestellt. Sie beginnt bei der Anamnese. Dabei werden nicht nur die Hauptsymptome Husten, Dyspnoe und Auswurf abgefragt, sondern auch Krankenhausbehandlung, Exazerbationshäufigkeit, Komorbiditäten, Risikofaktoren und Medikation. Die Spirometrie ist Ausgangspunkt weiterer Untersuchungen und der neuen Einteilung in die Schweregrade. An die körperliche Untersuchung schließt sich gegebenenfalls zum Ausschluss anderer Diagnosen eine Röntgenkontrolle des Thorax in zwei Ebenen an (Vogelmeier et al. 2007, Vestbo 2013).

2.6.1 Spirometrie

Bei der Spirometrie werden die wichtigsten Parameter einer Flussvolumenkurve mit der maximalen In- und Expiration bestimmt. Als Bezugsgröße für das Erkennen einer Obstruktion dient die Messung der Einsekundenkapazität (FEV₁) und der forcierten Vitalkapazität (FVC) (Köhler et al 2015; GOLD 2017). Die Leitlinie der Deutschen Atemwegsliga definiert ein Vorliegen der Obstruktion nach Bronchodilatation bei einem Quotienten aus FEV₁ und FVC < 70% oder < als die untere Normgrenze (Lower Limits of Normal, LLN). Die neuen Referenzwerte der LLN, ermittelt anhand gesunder Personen zwischen 3 und 95 Jahren aus verschiedenen Ländern, wurden von der *Global Lung Initiative* (GLI) ermittelt. Die LLN wird als 5. Perzentil definiert, d.h. 5% der ermittelten Bevölkerung weisen einen Messwert unterhalb des LLN auf (Criée et al. 2015; Vogelmeier et al. 2018).

Bei einem Bronchodilatationstest (Reversibilitätstest) wird nach einer Spirometrie ein kurz wirksamer Beta-2-Agonist verabreicht. Eine zweite Spirometrieprüfung erfolgt dann mindestens 10-15 Minuten später, wenn mehr als 80% der maximalen Bronchodilatation erreicht sind. Bleibt die Obstruktion trotz Bronchodilatation bestehen, lässt sich eine COPD nicht ausschließen. Eine fast vollständige Reversibilität, erkennbar an einer Zunahme des FEV₁-Werts um mehr als 15% oder 200ml, spricht eher für eine Diagnose des Asthma bronchiale. Nur ein Reversibilitätstest zur Ermittlung einer obstruktiven Ventilationsstörung kann keine eindeutige Abgrenzung der COPD vom Asthma bronchiale herstellen, da sowohl Asthmatiker als auch COPD-Patienten eine wechselnde Reversibilität aufweisen können. Nur eine volle Reversibilität der Obstruktion schließt die Diagnose COPD aus.

Ein Kortikosteroidtest mit täglicher Gabe eines hochdosierten oralen Kortisons über 14 Tage erlaubt die Identifizierung eines Asthmas oder eines Asthma/COPD-*Overlap*-Syndroms (Vogelmeier et al. 2007; Rothe 2012; Haber 2013; Frey 2014a). Der Kortikosteroidtest kann im Einzelfall angewandt werden und entspricht nicht der Routineuntersuchung (Vogelmeier et al. 2018).

Die Qualität der Mitarbeit ist an der Flussvolumenkurve zu erkennen, daher müssen mindestens drei maximale Manöver mit drei getrennten Auswertungen durchgeführt werden. Auch sollte die maximale Expiration mindestens sechs Sekunden betragen (Criée et al. 2015; Köhler et al. 2015). Da schwer erkrankte Patienten hierzu nicht in der Lage sind und wichtige Messparameter zur Quantifizierung einer COPD mit der Spirometrie nicht erfasst werden können, wird eine ganzkörperplethysmografische Untersuchung empfohlen (Vogelmeier et al. 2018).

2.6.2 Ganzkörperplethysmografie (GKP)

Der Vorteil einer GKP zeigt sich in der eindeutigen Trennung einer obstruktiven von einer restriktiven Ventilationsstörung durch Ermittlung zusätzlicher wichtiger Parameter wie die der absoluten Lungenvolumina und des Atemwegswiderstands. Eine mitarbeitsunabhängige Objektivierung wird hierdurch ermöglicht. Durch die Erfassung des gesamten Luftanteils im Thorax (TLC⁵) können auch jene Anteile quantifiziert werden, die nicht am Luftaustausch teilnehmen. Ein Lungenemphysem kann mit der GKP alleine nicht diagnostiziert werden. Hierfür muss eine Messung der Diffusionskapazität (Goldstandard der Diagnose eines Emphysems) erfolgen (Rothe 2012; Köhler et al. 2015; Vogelmeier et al. 2018).

2.6.3 Diffusionskapazitätsmessung

Neben der Ventilation stellt die Diffusion der Atemgase einen wichtigen Baustein in der Beurteilung der Lungenfunktion dar. Bei der Diffusionskapazitätsmessung wird der Austritt von Sauerstoff vom Alveolarraum durch die Membran in das Blut zur Bindung an die Eisenmoleküle des Hämoglobins gemessen. Bei der Gewebsschranke ist die Größe der Gasaustauschfläche und die Dicke der Membran entscheidend, bei der Blutschranke die Kontaktzeit. Die Diffusionsstrecke vom Bronchioleneingang bis zur Alveolarwand ist bei einem Emphysem durch die Zunahme des Durchmessers der Alveolen verlängert (Köhler et al. 2015, S. 43). Da sich eine verlässliche Messung der Diffusion von Sauerstoff nicht umsetzen lässt, bietet sich als Alternative Kohlenmonoxid (CO) an. Dieses Gas hat eine höhere Affinität zu Hämoglobin als Sauerstoff. Bei der Single-breath-Methode wird ein Gasgemisch von 0,3% Kohlenmonoxid und 10% Helium eingeatmet und für zehn Sekunden die Luft angehalten. Ein Bezug zur

⁵ total lung capacity

Messgröße ist nur dann möglich, wenn das gesamte Lungenvolumen oder auch Alveolarvolumen (VA) bekannt ist. Hier wird üblicherweise Helium als Testgas verwendet, welches nicht der Diffusion unterliegt. Die ersten 750 ml der Ausatemluft werden verworfen, der Rest analysiert. Setzt man den Transferfaktor für Kohlenmonoxid (TLCO) in Beziehung zum am Gasaustausch beteiligten Lungenvolumen, erhält man den Transferkoeffizienten oder Krogh-Index (TLCO/VA). Er ermöglicht in Kombination mit dem TLCO die Differenzierung zwischen einer echten Diffusionsstörung und einer Verteilungsstörung. Eine im Vergleich zur TLCO/VA deutlich verminderte TLCO spricht für das Vorliegen einer relevanten Verteilungsstörung, während eine gleichsamer Verminderung von TLCO und TLCO/VA für das Vorliegen einer echten Reduktion des Transferfaktors spricht. Die Diffusionskapazität ist geschlechts-, alters- und größenabhängig (Artmann et al. 2009; Rothe 2012; Haber 2013; Köhler et al. 2015).

2.6.4 Blutgasanalyse

Bei Verdacht auf eine respiratorische Insuffizienz ist eine Bestimmung der Blutgaswerte unbedingt erforderlich. Die wichtigsten Parameter zur Beurteilung des Gasaustausches sind die arteriellen Partialdrücke für Sauerstoff (p_aO_2) und Kohlendioxid (p_aCO_2) sowie die Sauerstoffsättigung (S_aO_2). Hiermit kann man eine pulmonale Insuffizienz (früher: respiratorische Partialinsuffizienz) und eine ventilatorische Störung (früher: respiratorische Globalinsuffizienz) erkennen. Die Referenzwerte für p_aO_2 liegen bei 60 mm Hg und sind altersabhängig, die Werte für p_aCO_2 sind relativ konstant bei 45 mm Hg. Liegt der arterielle Sauerstoffpartialwert unter dem Referenzwert spricht man auch von einer Hypoxämie, bei Werten p_aCO_2 über 45 mm Hg von einer Hyperkapnie (Kardos 2008; Vogelmeier et al. 2018). Die Werte gelten bei Atmen von Raumluft auf Meeresebene. Eine arterielle Hypoxämie wird bei schwer Erkrankten häufig angetroffen. Zur Indikationsstellung einer Langzeitsauerstofftherapie ist die Analyse zwingend indiziert (Vogelmeier et al. 2018). Hierfür wird in der Regel Kapillarblut aus dem Ohrläppchen entnommen. Verschiedene Studien (Sauty et al. 1996; Fajac et al. 1998; Eaton et al. 2001; Zavorsky et al. 2007; Magnet et al. 2017a) konnten jedoch nachweisen, dass es erhebliche Unterschiede in den Partialdrücken für Sauerstoff zwischen dem arteriellen und dem kapillären Blut gibt. Somit spiegeln die aus dem kapillären Blut (p_cO_2) entnommenen Werte die arteriellen (p_aO_2) Werte bei hypoxämischen Patienten nicht angemessen wider, was zu einer relevanten Anzahl unnötiger Verschreibungen einer langfristigen Sauerstofftherapie führen kann. Daher müssen die bisherigen deutschen Richtlinien von 2008 zur Sauerstofftherapie überarbeitet werden (Magnet et al. 2017b).

2.7 MEDIKAMENTÖSE THERAPIE DER COPD

Die medikamentöse Therapie der stabilen COPD richtet sich seit 2018 nach dem Ausmaß der Symptomatik und der Exazerbationsrate (s. Abbildung 3). Patienten aus der Gruppe A erhalten je nach Symptomatik keine Medikamente oder einen kurz bzw. langwirksamen Bronchodilatator. Gruppe B soll einen lang wirksamen Bronchodilatator als Monotherapie bekommen und erst bei anhaltender Atemnot kann zusätzlich ein zweiter aus einer anderen Klasse in Erwägung gezogen werden. Die Therapie der Gruppe C beginnt mit einem lang wirksamen Bronchodilatator vorzugsweise LAMA⁶. Bei fortwährenden Exazerbationen empfiehlt es sich einen zweiten hinzuzunehmen (LABA⁷). Bei Gruppe D bewährt sich die Kombination aus LABA/LAMA. COPD Betroffene mit einer asthmatischen Komponente profitieren von einer zusätzlichen Kortisongabe. Sollten Patienten daraufhin immer noch unter Exazerbationen leiden, kann entweder zu einer Triple-Therapie mit LABA/LAMA/ICS⁸ übergegangen werden oder ein Wechsel zu einer Kombinationstherapie mit LABA/ICS erfolgen. Bei chronischer Bronchitis und bei einem FEV₁ < 50% des Solls wird Roflumilast in Betracht gezogen (Vogelmeier et al. 2018).

⁶ *Long-acting muscarinic antagonist*

⁷ *Long-acting Beta-2-agonist*

⁸ *Inhaled corticosteroid*

Medikamentöse Dauertherapie der COPD	
Symptome – Ausmaß der Lungenfunktions-einschränkungen berücksichtigen	Medikamentöse Therapie
wenig (z.B. CAT < 10) GOLD Gruppe A	- keine - SABA + SAMA (initial) - LABA oder LAMA
viel (z.B. CAT ≥ 10) GOLD Gruppe B	- LABA oder LAMA - LABA + LAMA
Exazerbationen > 1 oder Exazerbation mit Hospitalisierung GOLD Gruppen C und D	
nicht vorbehandelt	LAMA oder LAMA + LABA
Vorbehandelt	<pre> graph TD A[LABA + ICS] --> B[LAMA + LABA] B --> C[LAMA + LABA + ICS] B --> A C --> B </pre>
Eskalation/Wechsel	
	± Roflumilast (Phänotyp chronische Bronchitis)

Abkürzungen:

LAMA: Long acting muscarinic antagonist LABA: Long acting Beta-2-agonist ICS: Inhaled corticosteroid
 CAT: COPD Assessment Test SABA: Short acting Beta-2-agonist SAMA: Short acting muscarinic antagonist
 COPD: Chronic Obstructive Pulmonary Disease GOLD: Global Initiative for Obstructive Lung Disease

Abbildung 3: **Medikamentöse Versorgung nach dem ABCD-Schema** (modifiziert nach Vogelmeier et al. 2018, S. 273)

3 STELLENWERT VON REHABILITATION UND TRAINING

3.1 STELLENWERT VON REHABILITATION

Im Sozialgesetzbuch (SGB) Neuntes Buch (IX) ist die Rehabilitation und Teilhabe von behinderten und von Behinderung bedrohten Menschen geregelt. Leistungen zur medizinischen Rehabilitation und zur Teilhabe am Arbeitsleben sollen die Einschränkungen der Aktivitäten und der Erwerbsfähigkeit abwenden, beseitigen, mindern, ihre Verschlimmerung verhüten oder ihre Folgen mildern (§ 4 SGB IX). Die *American Thoracic Society* (ATS) und die *European Respiratory Society* (ERS) definieren die pneumologische Rehabilitation wie folgt:

„Pulmonary rehabilitation is a comprehensive intervention based on a thorough patient assessment followed by patient tailored therapies that include, but are not limited to, exercise training, education, and behavior change, designed to improve the physical and psychological condition of people with chronic respiratory disease and to promote the long-term adherence to health-enhancing behaviors“ (Spruit et al. 2013, e14).

Die Definition verdeutlicht, dass die Begründung einer Rehabilitationsmaßnahme nicht per se in den durch die Krankheit verursachten Schadensbildern zu finden ist, sondern eine umfassende Rehabilitation sich an den Funktionsstörungen und psychosozialen Beeinträchtigungen des Betroffenen zu orientieren hat (Vitacca et al. 2019). Da die COPD eine Atemwegs- und Lungenkrankheit ist, welche im fortgeschrittenen Stadium auch andere Organsysteme in Mitleidenschaft zieht (Schultz 2008), müssen umfassende Behandlungsmethoden angewandt werden, um mögliche Auswirkungen auf kardialer, ernährungsphysiologischer und psychosozialer Ebene zu reduzieren (Nici et al. 2006). Auf Basis des bio-psycho-sozialen Modells wurden *Guidelines* entwickelt (WHO 2001), die den Betroffenen eine individualisierte Therapie anbieten sollen. Die pneumologische Rehabilitation bietet sich als multidisziplinäre und umfassende Behandlungsmethode hierfür bestens an und ist in höchstem Grade evidenzbasiert (Fischer et al. 2007; Lichtenschopf 2015). Tabelle 2 führt die Effekte verschiedener Bausteine innerhalb der pneumologischen Rehabilitation auf.

Tabelle 2: **Gesicherte Effekte der pneumologischen Rehabilitation** (Vogelmeier et al. 2018, S. 277; s. auch Ries et al. 1997, S. 1365 und Halle et al. 2008, S. 2).

gesteigerte körperliche Leistungsfähigkeit
Abnahme der Atemnot
Steigerung der krankheitsspezifischen Lebensqualität
Reduktion der Anzahl und Dauer von Krankenhausaufenthalten
Abnahme von COPD assoziierter Angst und Depression
Verbesserung der Funktion der Arme durch Training von Kraft und Ausdauer der oberen Extremität
Persistenz der Trainingseffekte über die Trainingsperiode hinaus
Verbesserung der Prognose
positive Effekte des Atemmuskeltrainings, insbesondere mit allgemeinem körperlichem Training
bessere Erholung nach exazerbationsbedingtem Krankenhausaufenthalt

McCarthy et al. (2015) konnten in einem systematischen Review die Erkenntnisse bestätigen, dass die Rehabilitation von Lungenerkrankten zur Verbesserung der Lebensqualität beiträgt. Auch gibt es verlässliche Beweise aus einer anderen Cochrane-Studie, welche nach einer akuten Exazerbation moderate bis große positive Effekte auf die gesundheitsbezogene Lebensqualität (health-related quality of life – HRQoL) und die körperliche Leistungsfähigkeit belegen (Puhan et al. 2016).

Die aktive Einbeziehung der Patienten in das Management ihrer Erkrankung gehört zum Konzept der pneumologischen Rehabilitation dazu, welches daher folgende Komponenten beinhaltet (Nici et al. 2006; Abholz et al. 2007; Puelacher 2015):

- Medikamentöse Therapie
- Präventive Maßnahmen (Impfungen)
- Ausschalten von Risikofaktoren (Tabakentwöhnung)
- Management akuter Exazerbationen
- Atemphysiotherapie
- Ernährungsberatung
- Psychologische Betreuung
- Körperliches Training
- Nachsorge
- Apparative Hilfsmittel (z.B. Sauerstofftherapie)
- Operative Therapieoptionen

Die nachfolgende Abbildung (4) zeigt Inhalte eines Programms der pneumologischen Rehabilitation und dessen Effekte.

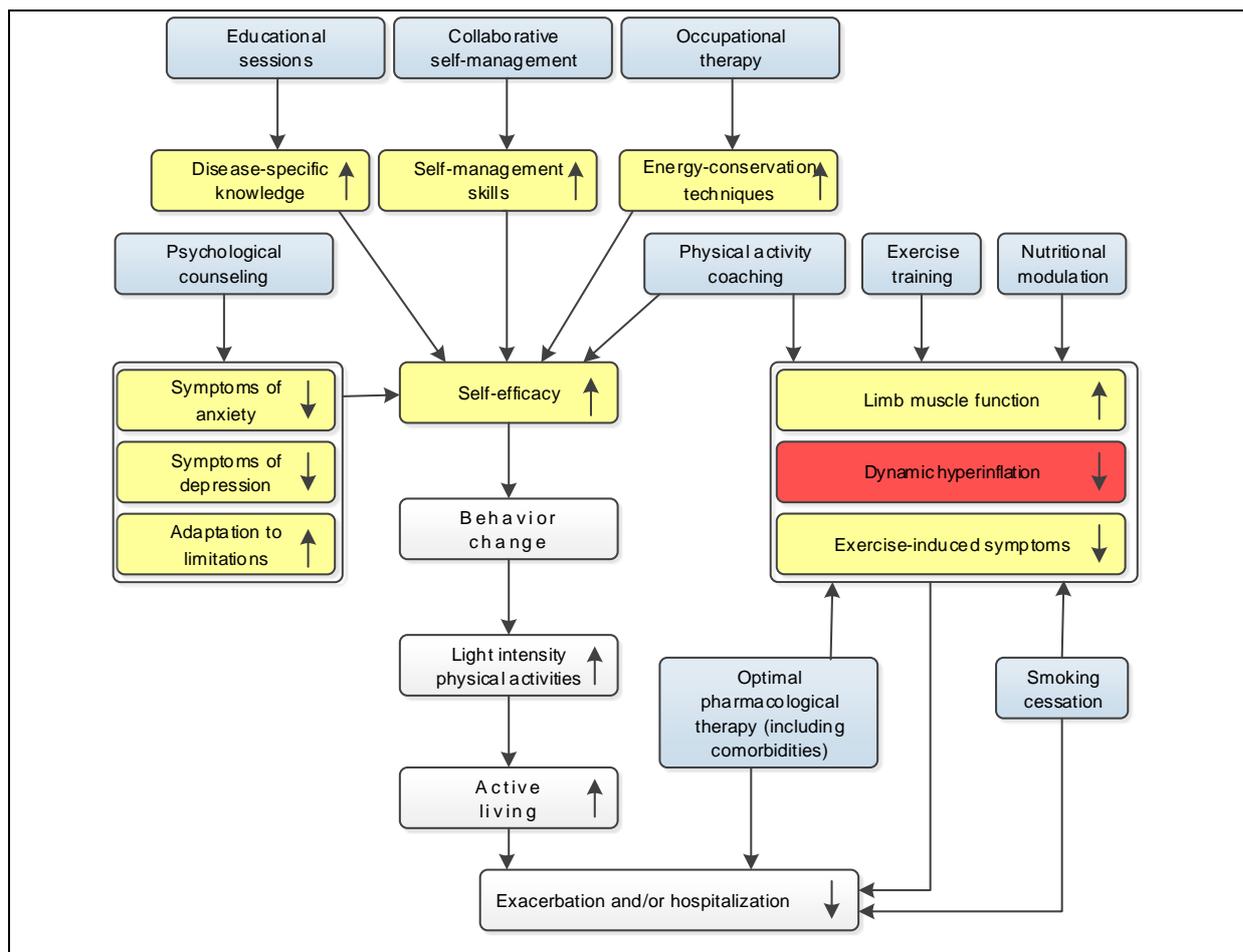


Abbildung 4: **Effekte eines pneumologischen Rehabilitationsprogramms** (Spruit et al. 2015, S. 927)

COBRA-Schulung

Unter COBRA ist das zu Beginn der Studie aktuelle Schulungsprogramm für Patienten mit chronisch-obstruktiver Bronchitis mit und ohne Lungenemphysem zu verstehen. Im Allgemeinen haben Schulungsprogramme das Ziel die Betroffenen über ihre Krankheit zu informieren und ihnen somit Handlungsspielraum zur Bewältigung der krankheitsbedingten Einschränkungen im Alltag zu geben. Eigenverantwortung und Selbstmanagement werden gefördert, um entsprechende Therapieoptionen auszuwählen, die maßgeblich Einfluss auf den Krankheitsverlauf haben. Die Schulungen fanden in den früheren Jahren im Rahmen von stationären Rehabilitationsaufenthalte statt, haben aber mittlerweile aufgrund ihres erhöhten Stellenwertes Einzug in den ambulanten Bereich genommen. Mit Einführung der *Disease-Management-Programme* (DMP) hat die Gesetzliche Krankenkasse die Schulung vor Ort ermöglicht (Bösch et al. 2006). Übergeordnete Ziele sind nach den Leitlinien die Verringerung der Anzahl an Krankenhausaufenthalte aufgrund Exazerbationen und die Verbesserung der Leistungsfähigkeit und der COPD-bezogenen Lebensqualität (Wittmann et al. 2007; GOLD 2016).

Der Umfang des Schulungsprogramms beträgt 6x 60 Minuten. Das Programm gehört zu den längsten und besten evaluierten Programmen in Deutschland. Diese Patientenschulung findet überwiegend in Arztpraxen statt, die über eine entsprechende Zertifizierung verfügen. Die Kosten werden bei Einschreibung ins DMP-Programm von der Gesetzlichen Krankenkasse übernommen. Die Inhalte sollen den Patienten dazu befähigen, sich aktiv durch Selbsthilfemaßnahmen und Selbstkontrolle an der Behandlung seiner Erkrankung zu beteiligen. Ziel ist der bessere Umgang mit der Krankheit und den krankheitsbedingten Beeinträchtigungen, die den Betroffenen ein Leben lang begleiten (Worth & Schacher 2008).

Die Struktur und die Inhalte des Schulungsprogramms sind vorgegeben. Die folgenden Themen werden interaktiv erarbeitet:

1. COPD: Definition, Ursachen, Folgen
2. Schädigende Einflüsse verringern: Rauchentwöhnung
3. Selbstkontrolle der Erkrankung: Peak-flow Meter, COPD-Tagebuch
4. Richtig inhalieren: Dosieraerosol, Düsenvernebler, Pulverinhalator
5. Therapie der COPD: Medikamente
6. Der Aktionsplan: ärztlich kontrollierte Selbstmedikation
7. Körperliche Aktivität und Atemphysiotherapie
8. Exazerbation und Bronchialinfekt
9. Der Notfall: akute Verschlechterung

(aus: Schulungsmaterial COBRA, ausgegeben durch die Deutsche Atemwegsliga e.V. 2011)

3.1.1 Lebensqualität

Die World Health Organization (WHO) hat in einem Positionspapier Lebensqualität wie folgt definiert:

Quality of Life is defined as an individual's perception of his/her position in life in the context of the culture and value systems in which they live and in relation to their goals, expectations, standards and concerns. It is a broad ranging concept affected in a complex way by the person's physical health, psychological state, level of independence, social relationships, and their relationship to salient features of their environment (WHO 1993, S. 153).

Außerdem beschreibt sie die Gesundheit als einen „Zustand des vollständigen körperlichen, geistigen und sozialen Wohlergehens und nicht nur das Fehlen von Krankheit oder Gebrechen“ (WHO 1946, 1 – s. Anhang S. 154). Somit konnte eine ausschließliche Betrachtung somatischer Aspekte im Patienten-Arzt-Verhältnis nicht mehr als ausreichend erachtet werden. Im Laufe der Zeit hat sich der Begriff der gesundheitsbezogenen Lebensqualität etabliert. Der Begriff beinhaltet ein psychologisches Konstrukt, welches die

körperlichen, psychischen, mentalen, sozialen und funktionalen Aspekte des Befindens und der Funktionsfähigkeit des Betroffenen aus seiner Sicht beschreibt.

Eine Quantifizierung der Lebensqualität ist nicht möglich, daher muss diese anhand von Indikatoren erschlossen werden. Zunehmende Verbreitung finden Lebensqualitätsindikatoren in der Gesundheitsökonomie. Hierbei werden die Kosten einer Behandlung deren Nutzen gegenübergestellt, ausgedrückt in einem quantitativen Gewinn an Lebensjahren und einem qualitativen Gewinn an Lebensqualität (vgl. quality adjusted life years)(Vasiliadis et al. 2005). In den letzten Jahren wurden zahlreiche Erhebungsinstrumente entwickelt, der Erfassung und Bewertung mit standardisierten Fragebögen kommt eine zunehmende Bedeutung bei (Bullinger et al. 2000).

Die gesundheitsbezogene Lebensqualität besteht nach Schumacher & Brähler (2004) aus mindestens vier Komponenten:

- Krankheitsbedingte körperliche Beschwerden, die von vielen Patienten als primäre Ursache für die Einschränkung der Lebensqualität betrachtet werden
- Psychische Verfassung im Sinne von emotionaler Befindlichkeit, allgemeinem Wohlbefinden und Lebenszufriedenheit
- Erkrankungsbedingte funktionale Einschränkungen in alltäglichen Lebensbereichen wie Beruf, Haushalt und Freizeit
- Ausgestaltung zwischenmenschlicher Beziehungen und sozialer Interaktionen sowie auch erkrankungsbedingte Beeinträchtigungen in diesem Bereich

Bei COPD-Patienten spielt also das Vorhandensein von Komorbiditäten, der Grad der Atemnot, die Einschränkungen in der ADL (*activity of daily living*) bzw. im beruflichen und sozialen Leben bei der Bewertung der Lebensqualität eine entscheidende Rolle.

Die in COPD-Studien am häufigsten verwendete Lebensqualitätsfragebögen sind der St. George's Respiratory Questionnaire (SGRQ), der Chronic Respiratory Questionnaire (CRQ) und der Quality-of-life for Respiratory Illness Questionnaire (Jones et al. 1991; Guyatt et al. 1987; Maillé et al. 1997). Andere Fragebögen, nicht spezifisch die COPD betreffend, aber ebenfalls häufig in diesen Studien zu finden, sind der Short Form (SF)-36, der Sickness Impact Profile, der Nottingham Health Profile und der Quality of well-being Scale (McHorney et al. 1993; Bergner et al. 1981; Hunt et al. 1985; Kaplan et al. 1984).

3.1.2 Dyspnoe

Die Dyspnoe ist ein Symptom, welches die Wahrnehmung eines anormalen oder belastenden Zustands beschreibt. So definiert die ATS (*American Thoracic Society*) in ihrem *Statement* Dyspnoe als

eine subjektive Erfahrung von Atemnot, die aus qualitativ unterschiedlichen Empfindungen besteht und in ihrer Intensität variiert. Das Erlebnis von Atemnot leitet sich aus dem interaktiven Zusammenwirken multipler physiologischer, psychologischer, sozialer und umweltbezogener Faktoren ab und kann weitere physiologische und verhaltensbezogene Reaktionen hervorrufen (frei übersetzt nach Parshall et al. 2012, S. 436f.).

Bei der Definition sollten Begrifflichkeiten wie schwieriges, mühsames oder schweres Atmen vermieden werden, da nur der Betroffene selbst seine Erfahrung zu einem Ereignis charakterisieren kann. Aus seinen Beschreibungen ableitend, kann auf die physiologischen Mechanismen zurückgegriffen werden, die den Atembeschwerden zugrunde liegen. „Bei den meisten Patienten mit Atemwegsbeschwerden beginnt die Dyspnoe mit einer physiologischen Beeinträchtigung, die zur Stimulation pulmonaler und extrapulmonaler afferenter Rezeptoren und zur Übertragung von afferenten Informationen an die Großhirnrinde führt, wo die Empfindung als unangenehm eingestuft wird“ (Parshall et al. 2012, S. 437). Abhängig von den Umständen unter denen die Atembeschwerden aufgetreten sind und der Wahrnehmung der Bedeutung in Zusammenhang mit den bisherigen Erfahrungen, kann Atemnot als Bedrohung aufgefasst werden. Dies führt zu Angstzuständen und Depressionen (Anzueto & Miravittles 2017).

Dyspnoe und Atmung können von psychologischen Faktoren beeinflusst sein. Die hohe Prävalenz von Angst und Depression trägt zum Grad der mit der Dyspnoe assoziierten Beeinträchtigung bei (Parshall et al. 2012). Aktivitäten, welche das Symptom auslösen werden vermieden, wodurch Immobilität und Dekonditionierung begünstigt werden (Iwakura et al. 2016). Je größer und schwerer die Atemnot, desto mehr ist die Leistungsfähigkeit und Lebensqualität des Betroffenen beeinträchtigt (Anzueto & Miravittles 2017). Dies bestätigt auch ein systematischer Review von Gimeno-Santos et al. (2014), in welchem Bewegungsaktivitäten in Zusammenhang mit Dyspnoe, Lebensqualität und Leistungsfähigkeit stehen.

Zur Quantifizierung einer Dyspnoe werden verschiedene Arten von Skalen eingesetzt. Klinische Skalen wie die *Breathlessness Scale* (Fletcher 1952⁹), *Baseline Dyspnoe Index* (BDI) und *Transitional Dyspnoe Index* (TDI) sammeln Informationen durch Befragung des Betroffenen (Mahler et al. 1984). Andere Skalen sind psychophysischer Art wie die *Category-*

⁹ Original von 1952 im Anhang S. 149

Ratio-Scale (Borg 2004) oder die visuelle Analogskala (Hayes & Patterson 1921), welche die Schwere der Dyspnoe als Reaktion auf einen Reiz bewerten.

Zu den Komponenten des COPD-Managements gehören verschiedene *Assessment-Verfahren*, deren Ziel die Beurteilung der Auswirkungen der Erkrankung auf den Gesundheitszustand und den Alltag ist. Um die Symptomlast zu beurteilen stehen nach den GOLD-Leitlinien (seit der 2011 Revision) zwei validierte Verfahren zur Auswahl. Die mMRC (*modified Medical Research Council scale for breathlessness*) und der *COPD Assessment Test* (Vestbo et al. 2012, S. 210). Die *Breathlessness Scale* von Fletcher wurde im Jahre 1959 von der *British Medical Research Council* als *MRC Dyspnoea Scale* mit einer Skala von 1-5 veröffentlicht (Fletcher 1960¹⁰). In den GOLD Leitlinien wird eine modifizierte Version des MRC (mMRC) empfohlen, deren Skala von 0-4 reicht und der Originalversion ähnelt (s. Tabelle 3). Jones et al. (2013) konnten einen eindeutigen Zusammenhang zwischen dem Grad der Atemnot und dem Gesundheitszustand bei COPD herstellen. Die mMRC Skala als einfache Messmethode korreliert auch gut mit der Lebensqualität und dem Mortalitätsrisiko (Hanania & Sharafkhaneh 2011). Beim *COPD Assessment Test* (Jones et al. 2009) werden sowohl die Symptome als auch die daraus resultierenden Beeinträchtigungen im Alltag abgefragt.

Tabelle 3: modifizierte **MRC Dyspnoe-Skala** (GOLD 2017, S. 31)

0	I only get breathless with strenuous exercise.
1	I get short of breath when hurrying on the level or walking up a slight hill.
2	I walk slower than people of the same age on the level because of breathlessness, or I have to stop for breath when walking on my own pace on the level.
3	I stop for breath after walking about 100 meters or after a few minutes on the level.
4	I am too breathless to leave the house or I am breathless when dressing or undressing.

Bei Belastungstests wie dem 6-Minuten-Gehtest oder der Spiroergometrie wird das Dyspnoe-Empfinden häufig anhand der modifizierten *Category-Ratio-Scale* (CR-10-Skala) oder auch BORG-Skala ermittelt (ATS 2002). Entwickelt von Gunnar Borg weist sie elf Unterscheidungen bei einer nichtlinearen Beziehung auf (Borg 2004; Büsching et al. 2009).

¹⁰ Original von 1959 im Anhang S. 150

Tabelle 4: **CR-10-Skala zur Erfassung des Dyspnoe-Empfindens** (ATS 2002, S. 113; nach Borg 1982)

0	Nothing at all
0.5	Very, very slight (just noticeable)
1	Very slight
2	Slight (light)
3	Moderate
4	Somewhat severe
5	Severe (heavy)
6	
7	Very severe
8	
9	
10	Very, very severe (maximal)

3.2 STELLENWERT VON TRAINING

Eine besondere Bedeutung kommt hier der Bewegungs- und Trainingstherapie, in Form von Ausdauer- und Krafttrainingsmethoden zu, die sich eine Leistungssteigerung des Herz-Kreislaufsystems und der Muskulatur zum Ziel gesetzt hat (Glöckl et al. 2013). Die Effektivität von körperlichem Training ist bei Patienten aller Schweregrade belegt, wenn 3-5 Übungseinheiten pro Woche absolviert werden (Puhan et al. 2005). Dabei werden die für die tägliche Verrichtung des Alltags wichtigen Muskelgruppen trainiert. Ein isoliertes Training der Arm- oder Beinmuskulatur wird insbesondere bei Patienten im fortgeschrittenen Krankheitsstadium bzw. mit schwerwiegenden Begleiterkrankungen durchgeführt. Bei diesen Patienten lässt sich eine verbesserte Belastbarkeit und höhere Lebensqualität nachweisen (Würtemberger & Bastian 2001; Spruit et al. 2002). Ein Training ausschließlich der oberen Extremität kann im Vergleich zu keinem Training die Leistungsfähigkeit verbessern und die Dyspnoe reduzieren (McKeough et al. 2016).

Um die gewonnenen Effekte zu stabilisieren, sollte nach einer ambulanten oder stationären Rehabilitationsmaßnahme weiter körperliches Training durchgeführt werden. Dies kann in einer Einrichtung oder als Heimprogramm in Form von Gymnastik (ohne/mit Kleingeräte) bzw. auf einem Heimtrainer erfolgen. Meist scheitern solche Langzeitmaßnahmen an der mangelnden Therapietreue des Betroffenen, am fehlenden Sportangebot vor Ort oder an den lückenhaften Informationen bezüglich der geeigneten Auswahl von Sportarten (Taube 2008; Alison und McKeough 2014; Ammenwerth et al. 2016).

Welche Maßnahme nach erfolgter Rehabilitation für jeden Einzelnen angemessen erscheint, hängt von vielen Faktoren ab, so z.B. der Mobilität, der Motivation und der finanziellen

Situation. Betroffene, denen für ein häusliches Training die Motivation fehlt oder die unter fachlicher Aufsicht den Austausch mit Gleichgesinnten suchen, sind häufig im Lungensport anzutreffen (Taube 2010).

3.2.1 Leistungsfähigkeit

Die Leistungsfähigkeit lässt sich in fünf motorische Hauptbeanspruchungsformen unterteilen, dazu gehören Ausdauer, Kraft, Schnelligkeit, Beweglichkeit und Koordination. Für die Trainingsgestaltung bei COPD gelten folgende Prinzipien (Weineck 2007; Morris et al. 2016):

- Prinzip des trainingswirksamen Reizes,
- Prinzip der individualisierten Belastung,
- Prinzip der ansteigenden Belastung,
- Prinzip der richtigen Belastungsfolge,
- Prinzip der wechselnden Belastung,
- Prinzip der Periodisierung,
- und Prinzip des optimalen Verhältnisses von Belastung und Erholung.

Aufgrund der Komplexität der COPD-Symptomatik hat sich in der pneumologischen Rehabilitation die Kombination von Ausdauer- und Krafttraining als Mittel der Wahl bewährt. Diese werden um die Komponenten Mobilisation, Koordination und ADL-spezifische Techniken ergänzt (Glöckl 2012a). Auf der respiratorischen und metabolischen Ebene ergeben sich für das Ausdauertraining folgende Veränderungen: Abnahme der dynamischen Lungenüberblähung mit Reduktion der Dyspnoe, Verbesserung der oxidativen Enzymaktivität der peripheren Muskulatur, erhöhter Laktatabbau durch verbesserte Kapillarisation der Muskulatur, Erhöhung der Mitochondrienanzahl und Zunahme des Anteils der roten Muskelfasern in der beanspruchten Muskulatur (Vogiatzis 2005; Müller & Jacob 2005, S. 58f.; Rühle & Feldmeyer 2008, S. 112f.; Haber 2010). Ein Ausdauertraining über mehrere Wochen führt durch oben genannte Veränderungen zu einer geringeren Laktatproduktion. Dadurch muss weniger Laktat mit Bicarbonat abgepuffert werden. Es entsteht weniger Kohlendioxid. Bei gleicher Leistung bedeutet dies eine reduzierte Atemarbeit, welches besonders bei Patienten mit einer Dyspnoe von Wichtigkeit ist (Rühle & Feldmeyer 2008, S. 113).

Grundlegend muss vor Aufnahme des Trainings das Anstrengungsempfinden geschult werden. Es bezeichnet den „subjektive[n] Eindruck einer Person über den Schweregrad einer durchgeführten Arbeit“ (Hollmann & Strüder 2009, S. 122). Das Einschätzen einer Anstrengung oder Belastung soll als Maß herangezogen werden. Die bekannteste und gut validierte Schätzsкала als Methode ist die *Ratings of Perceived Exertion* (RPE) nach Borg. Sie basiert auf psychophysikalischen und psychophysiologischen Prinzipien und reicht von 6-20.

Die Skala ist so konstruiert, dass sie linear mit der Leistung ansteigt. Routinemäßig wird die sog. Borg Skala heute in Diagnostik, Therapie und Rehabilitation eingesetzt (Borg 2004). Sie wird insbesondere zur Abschätzung einer Belastung beim Kraft- oder Ausdauertraining angewandt (s. Tabelle im Anhang S. 177).

3.2.2 Ausdauertraining

Das Hauptziel eines Ausdauertrainings bei COPD ist die Verbesserung der aeroben Leistungsfähigkeit. Sie hilft die Aufgaben des täglichen Lebens besser zu bewältigen (Glöckl et al. 2013).

Zur Leistungserfassung haben sich bei pulmonalen Erkrankungen mehrere Belastungsverfahren etabliert. Hierzu gehören die Fahrrad- und Laufbandergometrie mit oder ohne Spirometrie, die Gehstreckenmessung und funktionelle Belastungstests (Rühle & Feldmeyer 2008; Divo & Pinto-Plata 2012; Glöckl 2012a). Fahrradergometer und Laufbänder können sowohl für maximale als auch submaximale Tests benutzt werden. Vorteil des Laufbands besteht in der Simulation einer alltäglichen Bewegungsform. Außerdem können Betroffene mit eingeschränkter Hüft- und Kniebeweglichkeit diese Art der Fortbewegung eher absolvieren als auf dem Fahrradergometer (Rühle & Feldmeyer 2008). Die koordinative Anforderung, welche an das Laufband gestellt werden muss, entfällt dagegen beim bereits gut validierten 6-Minuten-Gehtest. Die Spiroergometrie gilt als Goldstandard in der Leistungsdiagnostik, da zusätzlich erhobene Parameter wichtige Informationen über die Leistungsfähigkeit geben und die Belastungssteuerung für das Training optimal gesetzt werden kann (Glöckl 2012a). Der 6-Minuten-Gehtest ist ein submaximaler Belastungstest, welcher sich auf die Gehfähigkeit des Testers bezieht und insbesondere bei COPD einen starken Alltagsbezug aufweist (Divo & Pinto-Plata 2012; Glöckl et al. 2013). Der Shuttle Walking Test hingegen ist ein maximaler Ausbelastungstest, bei dem die Gehgeschwindigkeit vorgegeben wird. Funktionelle Belastungstests messen die Leistungsfähigkeit bei Alltagsaufgaben wie der Treppensteigetest oder der sit-to-stand Test (Glöckl 2012a).

Trainingsempfehlungen sind in der Literatur inkonsistent und variieren stark zwischen den Autoren und den durchgeführten Studien. So empfiehlt Vogiatzis (2008) ein Training, welches bei 75% der maximalen Leistungsfähigkeit in der Dauermethode und bei 120% der maximalen Leistungsfähigkeit in der Intervallmethode liegt. Da nicht alle COPD-Patienten ein Training in dieser hohen Intensität über den geforderten Zeitraum von 30-40 Minuten durchhalten würden, könne zunächst das Training in der Dauermethode auch in einer moderaten Intensität von 50% der maximalen Leistungsfähigkeit absolviert werden. Die Trainingsintensität sei optimal gesetzt, wenn Dyspnoe und Beinermüdung zwischen 4 und 6 auf der CR-10-Skala liegen (Vogiatzis 2008).

Die *American Thoracic Society* (ATS) richtet sich dagegen bei ihren Empfehlungen an die Richtlinien des *American College of Sports Medicine*, welche die Häufigkeit von 3-5x pro Woche, bei einer Intensität über 60% der maximalen Leistungsfähigkeit für eine Dauer von 20-60 Minuten angibt, um deutliche physiologische Verbesserungen zu erzielen (Pescatello 2014). Die ATS betont allerdings auch, dass es für viele Atemwegsbetroffene nicht möglich ist diese Anforderung zu erreichen und daher Alternativen wie niedrigere Intensitäten oder das Intervalltraining anzustreben sind. Ein Intervalltraining führt bei COPD-Patienten zu geringer empfundener Atemnot bzw. Muskelermüdung und erlaubt so eine höhere Trainingsintensität (Vogiatzis et al. 2005; Spruit et al. 2013; Glöckl 2014). Studien und *Reviews* haben keinen signifikanten Unterschied zwischen einem Training in der Dauer- oder Intervallmethode hinsichtlich Leistungsfähigkeit, gesundheitsbezogene Lebensqualität und Veränderungen in der Skelettmuskulatur gefunden (Beauchamp et al. 2010; Vogiatzis et al. 2011; Zainuldin et al. 2011; Morris et al. 2016).

Verschiede Studien kamen zu dem Schluss, dass es keine ausreichenden Belege einer definitiven Empfehlung der Trainingsintensität gibt, aber alle Studien konnten bei einer Intensität über 60% der maximalen Leistungsfähigkeit (in Watt auf dem Fahrradergometer) nennenswerte Trainingseffekte nachweisen. Auch im Intervalltraining sind keine einheitlichen Vorgaben zur Gestaltung der Trainings- und Pausenzeiten festzustellen (Morris et al. 2016).

Die Atemphysiologie ist bei COPD-Patienten im Vergleich zum Gesunden verändert, was eine differenziertere Betrachtung allgemeiner Empfehlungen begründet. So bewirkt ein Ansteigen der Laktatkonzentration über die -elimination hinaus eine erhöhte Atemarbeit mit Zunahme der dynamischen Lungenüberblähung (Rühle & Feldmeyer 2008, S. 39; Spruit et al. 2013). Kann nicht genügend Kohlendioxid abgeatmet werden, kommt es zu einem baldigen Belastungsabbruch mit Anstrengungsdyspnoe (Ehrenberg 2001; Rothe 2012; Gagnon et al. 2014). Daher ist es für den Betroffenen wichtig, ausreichend Zeit zur Regeneration und damit zum Abtransport der angefallenen Stoffwechselprodukte zu erhalten. Beginnt man eine erneute Belastung zu früh, stellt sich relativ schnell eine Überlastung des Systems und ein zunehmender Leistungsabfall ein (Maltais et al. 2014).

Daher orientiert sich bei folgenden deutschen Autoren die Intensität am Belastungs- und Dyspnoeempfinden, zumal viele COPD-Patienten die aerob-anaerobe Schwelle nicht erreichen und somit die maximale Leistungsfähigkeit nicht genau ermittelt werden kann (Göhl 2010). Ist die Belastbarkeit deutlich reduziert, kann anstelle der Dauerethode in Intervallen trainiert werden (s. Tabelle 5). Dabei können die Pausen entweder nach Zeit, nach subjektiven Parametern wie Borg oder nach dem Sauerstoffsättigungsgrad genommen werden (Glöckl 2008; Glöckl et al. 2013; Göhl 2010). Ein hochintensives Intervalltraining führe bei individuell an den Patienten angemessenen Pausenzeiten zu einer geringeren Lungenüberblähung und somit zu einer geringer empfundenen Atemnot. Hierin läge in Studien bei schwerer COPD

auch die bessere Akzeptanz der Intervallmethode gegenüber der Dauermethode begründet (Glöckl 2014). Um den physiologischen Anforderungen des Alltags mit kurzen aber intensiven Reizen gerecht zu werden, ist ein Intervalltraining für ein Patientenkollektiv mit Einschränkungen in den ADLs sinnvoll.

Auch hat sich bei gering belastbaren Teilnehmern ein Training mit niedrigen Intensitäten als effektiv erwiesen (Hentschel et al. 2002; Nici et al. 2006). Sowohl die Leistungsfähigkeit als auch die Lebensqualität konnten verbessert werden. Höhere Trainingsintensitäten erzielen jedoch deutlichere Verbesserungen auf der metabolischen Ebene (Vogiatis 2008; Pescatello 2014; Morris et al. 2016).

Tabelle 5: **Training nach der Dauer- und Intervallmethode** (nach Gloeckl et al. 2013, S. 181)

	Dauermethode	Intervallmethode
Häufigkeit	~3 x/Woche	
Modus	Kontinuierliche Belastung	Intervall Modi: 30 Sek. aktiv - 30 Sek. Pause oder 20 Sek. aktiv - 40 Sek. Pause
Intensität	- anfänglich 60-70% der Watt _{max.} - Intensität wann möglich um 5-10% steigern	- anfänglich 100% der Watt _{max.} - Intensität wann möglich um 5-10% steigern
Dauer	- anfänglich 10-15 Min. in den ersten 3-4 Trainingseinheiten - nach und nach auf 20-30 Min. steigern	- anfänglich 15-20 Min. in den ersten 3-4 Trainingseinheiten - nach und nach auf 30-45 Min. steigern (inklusive der Pausenzeiten)
Anstrengungs-empfinden	möglichst zwischen 4-6 auf der Borg-Skala (0-10) anstreben	
Atemtechnik	Während des Trainings zur Lippenbremse anleiten oder PEP-Geräte verwenden (zur Reduktion der dynamischen Überblähung und Atemfrequenz)	
Min.=Minuten Sek.=Sekunden PEP=positive expiratory pressure Watt _{max} =maximale Leistung in Watt		

3.2.3 Krafttraining

Es wird die statische von der dynamischen Kraft unterschieden, wobei die Differenzierung in maximal statische Kraft, maximal dynamische Kraft, Schnellkraft, Reaktivkraft und Kraftausdauer erfolgt. Bei der Arbeitsweise der Muskulatur ergeben sich folgende Beanspruchungsformen (Hollmann & Strüder 2009, S. 165; Frey 2012, S. 27):

- Statisch oder isometrisch (Haltekraft; die Muskellänge bleibt konstant)
- Dynamisch-positiv oder konzentrisch (überwindende Kraft; Verkürzung der Muskellänge)
- Dynamisch-negativ oder exzentrisch (nachgebende Kraft; Muskelverlängerung)

Eine Abnahme der Kraft in den unteren Extremitäten kann bei COPD häufig in den fortgeschrittenen Krankheitsstadien beobachtet werden (MacIntyre 2006; Frey 2012; Alison & McKeough 2014). Auch eine Atrophie der Muskelfasern lässt sich nachweisen (Gosker et al. 2007; Glöckl 2011). Demzufolge ist die Muskelschwäche der unteren Extremität eine Begleiterscheinung der COPD, beruhend auf Veränderungen in der Muskelmorphologie und des Energiehaushalts, Dekonditionierung durch verminderte körperliche Aktivität und pathologische Einflüsse im lungenspezifischen System, wie Exazerbationen und Entzündungsprozesse in den Bronchiolen (Franssen et al. 2005). Die Funktion der Muskulatur kennt zwei Ausprägungen: Kraft, die Fähigkeit eine maximale Leistung zu erbringen und Ausdauer, die Fähigkeit eine submaximale Leistung möglichst lange aufrecht zu erhalten. Muskelschwäche beinhaltet folglich eine reduzierte Kraftentwicklung und/oder Ausdauerleistung (Gea et al. 2015). Um der Muskelschwäche entgegen zu wirken, ist Krafttraining die einzig wirksame Therapie. Sie soll die Muskelmasse erhöhen und der Atrophie entgegenwirken. Aus funktioneller Sicht sollten die Trainingseffekte zudem spürbare Auswirkungen auf den Alltag haben. Da es sich bei COPD-Patienten um ältere und minder belastbare Personen handelt, die zudem Defizite im Gleichgewicht aufweisen können, wären eine Vergrößerung des Muskelquerschnitts und die Zunahme der Maximal- und Explosivkraft wünschenswert. Eine Zunahme der Leistungsfähigkeit (z.B. Treppensteigen, Zunahme der Gehgeschwindigkeit und Gehstrecke, Bewältigung alltagsmotorischer Fertigkeiten) sowie eine Verbesserung der Lebensqualität und der körperlichen Aktivität konnten in diversen Studien nachgewiesen werden (Kongsgaard et al. 2004; Vonbank 2014; Hortobágyi et al. 2015; Beijersbergen et al. 2016). Weitere positive Nebeneffekte, die sich aus dem Krafttraining ergeben können, bedenkt man die Multimorbidität vieler Betroffenen, ist die Erhöhung der Knochendichte, die Reduktion evtl. vorhandener Rückenbeschwerden und eine antidepressive Wirkung (Glöckl 2011; Spruit et al. 2013; Vonbank 2014).

Ein Rückgang der Kraft hat bei COPD erhebliche Auswirkungen auf die Lebensqualität des Einzelnen, seines Gesundheitszustandes und der Mortalitätsrate (Glöckl et al. 2016a). Eine Reduktion der Muskelmasse bzw. des Muskelquerschnitts induziert eine zunehmende Belastungsintoleranz mit Abnahme der Leistungsfähigkeit, welches sich negativ auf die Selbstständigkeit und Alltagsbewältigung der Betroffenen auswirkt (MacIntyre 2006; Gagnon et al. 2014; Gea et al. 2015). Nicht nur das Krankheitsbild der chronisch obstruktiven Lungenerkrankung, sondern auch der Alterungsprozess führen zu einer Abnahme an Muskelkraft und Muskelmasse, wodurch sich das Aktivitätsniveau weiter reduziert. Gründe hierfür sind, die in zunehmendem Alter strukturellen und neuronalen Veränderungen, wie Abnahme der FT-Fasern, veränderte Reflexaktivität, Verlust motorischer Einheiten etc. (Jansenberger 2011).

Die Gewichtseinteilung erfolgt anhand der Maximalkraft. Die Maximalkraft wird nach dem Ein-Wiederholungs-Maximum oder dem sogenannten *one-repetition-maximum* (1RM) ermittelt, dabei entspricht jenes Gewicht der maximalen Kraft, welches gerade einmal angehoben werden kann (Vogiatis 2008; Spruit et al. 2013). Ein Krafttraining mit submaximalen Krafteinsätzen entspricht einer Intensität von 70-80% des 1RM. Diese Methode führt zu einer Vergrößerung des Muskelquerschnitts (Hypertrophie) und ist durch submaximale Lasten, kontinuierliche Kraftentfaltung und kurze Pausen gekennzeichnet. Nicht immer gelingt die Ermittlung der Maximalkraft, z.B. durch Fehlen entsprechender Geräte oder Komorbiditäten. Daher wird alternativ nach dem *try and error* Verfahren ein Gewicht gewählt, das gerade 8-15 Mal bewegt werden kann (Vonbank et al. 2012; Glöckl et al. 2013). Die Erholungsphase nach einer vorausgehenden Belastung kann je nach Belastungsart, Belastungsdauer und Schwere der Erkrankung variieren. Krafttraining kann dabei an entsprechenden Krafttrainingsmaschinen oder mit Hanteln, Gewichtsmanschetten bzw. Therabändern durchgeführt werden.

Die Muskelkraft hängt vom Muskelquerschnitt sowie der intermuskulären und der intramuskulären Koordination ab. Koordination ist das Zusammenwirken von Zentralnervensystem und Skelettmuskulatur innerhalb eines Bewegungsablaufes. Dabei beschreibt die intramuskuläre Koordination das Zusammenspiel innerhalb eines Muskels und die intermuskuläre Koordination das Zusammenspiel verschiedener Muskeln. Hierbei geht es um die Abstimmung der Aktivitäten von Agonist und Antagonist oder um synergistisch arbeitende Muskeln. Je besser die Koordination ist, desto ökonomischer laufen die Bewegungsabläufe ab. Energieaufwand und Sauerstoffbedarf reduzieren sich (Hollmann & Strüder 2009; Häfelinger & Schuba 2010)

Die *American Thoracic Society* stellt in ihrem *Statement* fest, dass es für ein optimales Krafttraining für Atemwegserkrankte noch keine eindeutigen Festlegungen bezüglich der Trainingsmodalitäten gibt. Grob könne man sich aber an die Empfehlungen des *American College of Sports Medicine* richten, die 1-3 Sätze von 8-12 Wiederholungen an zwei oder drei Tagen in der Woche vorschlagen. Dabei soll die anfängliche Trainingsintensität bei 60-70% des 1RM liegen bzw. die muskuläre Erschöpfung nach 8-12 Wiederholungen erreicht sein. Wichtig sei eine systematische Trainingsanpassung. Dies kann durch Veränderung folgender Faktoren erreicht werden: Verringerung der Pausenzeit, Erhöhung der Anzahl der Sätze oder der Wiederholungen in einem Satz und Erhöhung des Widerstands oder des Gewichts (Spruit et al. 2013; Pescatello 2014).

Vonbank et al. (2012) empfehlen für das Krafttraining bei COPD ein progressives systematisch durchgeführtes Hypertrophietraining, welches 2-3x pro Woche erfolgen sollte. Die Intensität setzen sie bei mind. 40% des 1RM an. Dabei sollten 8-15 Wiederholungen möglich sein.

Zudem ist eine effektive Atemtechnik unter Vermeidung der Pressatmung für eine langsame und korrekte Durchführung erforderlich (Vonbank 2010; 2012).

Bei Göhl (2013a) orientiert sich das Training an die Intensität, die im Allgemeinen so bemessen sein sollte, dass ein Kraftausdauertraining oder ein Hypertrophietraining das Ziel ist. Bei einem Kraftausdauertraining werden 3-4 Sätze à 15-20 Wiederholungen durchgeführt. Eine muskuläre Ausbelastung, d.h. die maximal letzte Wiederholung, braucht hier nicht erreicht werden. Bei einem Hypertrophietraining muss die muskuläre Erschöpfung innerhalb von 8-12 Wiederholungen erreicht sein, d.h. es ist in eigenständiger Ausführung keine weitere vollständige Wiederholung möglich (Göhl 2013a).

Bei Glöckl (2011) gestaltet sich das Programm eines unerfahrenen Teilnehmers kraftausdauerorientiert mit ein bis zwei Trainingseinheiten pro Woche. Bei leichter bis mittlerer Krankheitsausprägung wird je nach Ziel das Programm später auf ein Maximalkrafttraining mit 2-3 Einheiten geändert. Je mehr Komorbiditäten in den Vordergrund rücken, umso mehr sind Intensität und Umfang abzuwägen. Liegen relative Kontraindikationen für ein Krafttraining vor, muss dies in spezialisierten Zentren unter Beobachtung durchgeführt werden (Glöckl 2011). Selbst für multimorbide Betroffene kann so ein Krafttraining ohne Komplikationen erfolgen und dies mit einer guten *Compliance*.

In Studien konnte gezeigt werden, dass signifikante Verbesserungen sowohl der Lebensqualität als auch der Leistungsfähigkeit in einer Kombination aus Ausdauertraining und Krafttraining bestehen (Würtemberger & Bastian 2001; Ortega et al. 2002; Spruit et al. 2002; Mador et al. 2004; Vonbank et al. 2012). Jedoch hat O'Shea nach umfangreichen Analysen der bisherigen Forschungsarbeiten zum Thema Ausdauer- und Krafttraining die Vergleichbarkeit und Qualität der Daten bemängelt (O'Shea et al. 2004; O'Shea et al. 2009). Puhan et al. (2005) schließen sich in einem systematischen Review bezüglich der Trainingsmodalitäten und Intensitäten der Meinung von O'Shea an. Hier besteht also noch erheblicher Forschungsbedarf mit einem größeren Kollektiv und methodologisch besserer Qualität. Zusammenfassend ist jedoch festzustellen: Trainingseffekte im Krafttraining bilden sich nach Trainingsende schneller zurück, als die Effekte nach Ausdauertraining. COPD-Patienten mit einer geringen Ausprägung profitieren von einem Ausdauertraining, während fortgeschritten Erkrankte eher von einem Krafttraining Nutzen ziehen (Frey 2012).

Folgende Studien zeigen wie mittels Krafttraining entsprechende Effekte erzielt werden können. Bei Franssen et al. (2005) nahmen COPD-Betroffene an einem achtwöchigen ambulanten Rehabilitationsprogramm teil, welches 5x in der Woche ein Bewegungsangebot enthielt. Ein Gymnastikteil von 30 Minuten beinhaltete eine Kombination aus Kraft- und Ausdauertraining. Zusätzlich bekamen sie für die obere und untere Extremität ein dynamisches Krafttraining, wobei die Trainingsintensitäten auf jeden einzelnen abgestimmt

wurden. Am Ende des Programms ließ sich ein Kraftzuwachs der unteren Extremitäten von 20% nachweisen. In einer anderen Studie (Hoff et al. 2007) wurde ein hochintensives konzentrisches Krafttrainingsprogramm an der horizontalen Beinpresse mit vier Sätzen und fünf Wiederholungen absolviert. Das Gewicht betrug 85-90% des Ein-Wiederholungs-Maximums. Insgesamt waren die 24 Einheiten auf acht Wochen verteilt. Das Resultat bestand aus einem 32%igen Zuwachs der Maximalkraft. Eine Metaanalyse von O'Shea et al. (2009), in der 18 Studien untersucht wurden, zeigte eine Verbesserung der Kraftentwicklung der großen Muskelgruppen der unteren Extremität. 16 der genannten Studien bezogen sich auf ein systematisches Training an Krafttrainingsmaschinen. Lediglich zwei Studien benutzten Hanteln oder Therapiebänder. Bei diesen Studien waren die Effekte auf die Kraftentwicklung weniger ausgeprägt.

3.2.4 Gleichgewichtstraining

Die Gleichgewichtsfähigkeit gehört zu den sieben koordinativen Fähigkeiten¹¹, welche sich im Kindesalter rasant entwickeln und im Erwachsenenalter stagnieren bzw. rückläufig sind in Abhängigkeit von den koordinativ beanspruchten Tätigkeiten im täglichen Leben, der sportlichen Belastung in Art, Umfang und Intensität sowie vom fortschreitenden Alterungsprozess (Taube 2013, S. 55; Laube & Bertram 2008, S. 20). Laube sieht die Gleichgewichtsfähigkeit als Basisfähigkeit an, denn sie ist als Bestandteil des Willkürprogramms die Grundlage der Stützensomotorik (Laube & Bertram 2008, S. 21). Die Halte- oder Stützmotorik versucht den Körperschwerpunkt über der Unterstützungsfläche zu halten und gegen äußere Einflüsse zu verteidigen (Neumeier 2016, S. 38f.). Um entsprechende Ausgleichsbewegungen durchführen zu können, werden die Informationen der optischen, taktilen, propriozeptiven und vestibulären Analysatoren verarbeitet. Die schnellste Verarbeitung afferenter Informationen findet im Rückenmark statt. Beim Dehnreflex wird die von Muskelspindeln wahrgenommene Information über die Längenveränderung der Muskulatur über Ia-Afferenzen zum Rückenmark geleitet, wo eine Verschaltung auf das Alpha-Motoneuron des homonymen Muskels stattfindet (Taube 2013, S. 57; Laube 2009, S. 62). Das Ausmaß, mit dem periphere Anteile einen Einfluss auf den Aktivierungszustand der Muskulatur nehmen können, kann moduliert werden. Hintergrund dieser Modulation ist, dass Reflexbeiträge in bestimmten Phasen einer Bewegung nützlich sein können, während sie in anderen Phasen den Bewegungsablauf eher behindern (Bruhn 2003, S. 8f.; Taube 2013, S. 57). Daher werden bei komplexen Vorgängen wie Kontrolle von Haltung, Stellung, Bewegung und Gleichgewicht höhere Zentren zur Bewegungssteuerung miteinbezogen (Laube 2009, S. 67).

¹¹ Rhythmusfähigkeit, Orientierungsfähigkeit, Kopplungsfähigkeit, Reaktionsfähigkeit, Differenzierungsfähigkeit, Umstellungsfähigkeit, Gleichgewichtsfähigkeit

Bei chronischen Erkrankungen oder auch degenerativen Prozessen wird für die Aufrechterhaltung des Gleichgewichts mehr Aufmerksamkeit benötigt. Zusatzaufgaben oder auch die sogenannten „*dual-task*“-Aufgaben besitzen in diesem Zusammenhang eine hohe Alltagsrelevanz. Dabei muss während einer Gleichgewichtsaufgabe eine weitere Aufgabe motorischer oder kognitiver Art bewältigt werden. Dies kann zu einem Gleichgewichtsverlust führen, da sich diese Zusatzaufgaben leistungsmindernd auf die statische und dynamische Gleichgewichtsleistung auswirken (Kramer et al. 2013, S. 29). Studien, die sich mit dem Thema *dual-task*-Situationen im Gleichgewichtstraining befassen, existieren wenig. Ein Überblick findet sich bei Granacher et al. (2012).

Das Training der koordinativen Fähigkeiten erfolgt immer durch das Erlernen oder Stabilisieren konkreter Bewegungsfertigkeiten. So wird z.B. die Gleichgewichtsfähigkeit durch das Training des möglichst stabilen Stehens oder Gehens auf diversen stabilen bzw. instabilen Unterlagen mit oder ohne Störeinflüsse trainiert (Laube & Bertram 2008, S. 63). In der Praxis zeigen sich durch den Einsatz von Wackelbrettern, Weichbodenmatte etc. in Kombination mit spezifischen Aufgaben Veränderungen im sensomotorischen System, welche sich auf die Abläufe bestimmter Bewegungsmuster auswirken. Der motorische Lernprozess wird durch die Herausforderung des Systems in einer Art und Weise beeinflusst, die es dem Organismus ermöglicht Bewegungserfahrung zu sammeln, um in einer unerwarteten Bewegungssituation adäquat zu handeln. Um eine hohe Ausführungsqualität und ein bewusstes Auseinandersetzen mit der geforderten Aufgabe einschließlich Reflexion zu gewährleisten, darf keine mentale oder körperliche Ermüdung des Organismus auftreten. Richtwerte über die optimale Dauer, Intensität oder Wiederholungszahl existieren bislang nicht, da es keinen Referenzparameter gibt mit Hilfe dessen die optimale Kontrolle oder Dosierung der koordinativen Belastung erfolgen könnte (Kramer et al. 2013). Nach Laube & Bertram (2008, S. 74) lebt das methodische Grundprinzip des Gleichgewichtstrainings von den „Variationen und Kombinationen der Bewegungsaufgaben als auch von den Veränderungen der Umweltbedingungen, in und mit denen die Aufgaben erfüllt werden sollen, bis hin zu völlig neuen Bewegungen und Bewegungskombinationen“. Die Vielfältigkeit ergebe sich aus der Modifikation und Kombination „der Bewegungsparameter Bewegungsrichtung, Bewegungsgeschwindigkeit, Bewegungspräzision, Bewegungsrhythmus und Bewegungsamplitude“ (Laube & Bertram 2008, S. 74).

Das übergeordnete Ziel des Gleichgewichtstrainings bei COPD liegt auf den Aktivitäten des täglichen Lebens, der Sturzprophylaxe z.B. bei Osteoporose und der Haltungsverbesserung (Jansenberger 2011). Da es sich bei der COPD um eine systemische Erkrankung handelt, sind Begleiterkrankungen durch langjährige Medikamenteneinnahme nicht auszuschließen. Cortison führt bei längerem Verbrauch zu einem erhöhten Osteoporoserisiko, hinzu kommt die

verminderte Beanspruchung des muskulären und knöchernen Systems aufgrund Atemnot und Bewegungsmangel (Vonbank 2014).

Beauchamp et al. (2012) stellen fest, dass sich der Verlust an Muskelmasse in den unteren Extremitäten bei COPD Patienten nachteilig auf das Reaktionsvermögen auswirkt, da die Muskelkraft eine wichtige Voraussetzung auf schnelle Gleichgewichtsreaktionen durch externe Störfaktoren darstellt. Daher empfiehlt Haber (2010) neben dem Gleichgewicht für alltagspezifische Situationen auch die Kraft zu trainieren.

3.3 KRAFT UND GLEICHGEWICHT IM ALTER

Die Kraft im Allgemeinen steigt bei Frauen bis zum 20. und bei Männern bis zum 25. Lebensjahr an und nimmt in den folgenden Jahrzehnten ab. Während sich die Maximalkraft nur langsam reduziert, sind insbesondere die Explosiv- und Schnellkraft von einer größeren Abnahme betroffen (Jansenberger 2011). Dabei ist der Krafrückgang nicht linear, sondern unterschiedlich stark ausgeprägt. Der Verlust an Muskelmasse im Alter ist dabei in den unteren Extremitäten größer. Für die Abnahme der Kraft der Skelettmuskulatur sind zwei Faktoren ursächlich: Zum einen der Alterungsprozess und zum anderen die Verminderung der körperlichen Aktivität mit zunehmendem Alter (Baum et al. 2009). In der Physiologie des Alterungsprozesses spielen nach Wolfgang Laube (2009, S. 339) folgende Faktoren eine entscheidende Rolle: das Altern ist ein gesetzmäßiger und genetisch geregelt ablaufender irreversibler Vorgang, der nur durch gezielte Aktivität begrenzt aufschiebbar ist. Die Inaktivität ist Ursache der fortschreitenden Dekonditionierung. Degenerative oder chronische Erkrankungen aller Art stehen in Wechselbeziehung zur Inaktivität als Ursache oder Folge der Erkrankung (Laube 2009). Auffallend ist dabei der verstärkt einsetzende Kraftverlust und die Atrophie der Skelettmuskulatur, welches zu langsameren Bewegungsausführungen und Reduktion der Bewegungspräzision führt (Jansenberger 2011). Mit der altersbezogenen Reduktion der körperlichen Aktivität nimmt der Verlust an Selbständigkeit und Lebensqualität zu, da die Muskulatur der unteren Extremität überwiegend zur Verrichtung alltäglicher Aktivitäten wie Gehen und Treppensteigen benötigt wird (Granacher et al. 2008).

Altersbedingte degenerative Prozesse machen sich in einer verringerten Durchblutung des Gehirns, Einlagerung von Stoffwechselprodukten in die Hirnzellen, Reduktion der Ganglienzellen und Verschlechterung der Sauerstoffaufnahme bemerkbar. Dies wirkt sich auf die kognitiven und motorischen Funktionen aus, welche im Laufe der Zeit abnehmen (Granacher et al. 2014; Beurskens 2015). Ähnliche Vorgänge finden in den peripheren Nervenzellen statt. Dies zeigt sich in den Auswirkungen auf das neuromuskuläre System. So ist auch das Schnellkraftniveau reduziert, welches auf die Reduktion der Typ-II-Fasern und

der eingeschränkten Fähigkeit zur schnellen Rekrutierung motorischer Einheiten und deren Entladung zurückzuführen ist (Laube 2009; Granacher et al. 2013). Auch die Anzahl der Alpha-Motoneurone, insbesondere die Population der schnellen motorischen Einheiten nimmt ab. Der Verlust an Motoneuronen führt zu „einem Denervierungs- und Reinnervierungsprozess, in dessen Folge das Innervationsverhältnis ansteigt“ (Laube 2009, S. 359). Die motorischen Einheiten werden größer, da sie die Muskelfasern der untergegangenen Motoneurone durch *Sprouting* übernehmen. Im Alter können durch ein Maximalkrafttraining alle verbliebenen motorischen Einheiten innerviert werden. Somit stellt das Krafttraining eine hochwirksame Möglichkeit dar, dem strukturellen Verlust entgegenzuwirken, zumal diese Trainingsform im höheren Alter auch gut vertragen wird (Laube 2009, S. 360; Jansenberger 2011).

Das Gehen gehört zu den wichtigsten Aktivitäten des Alltags. Die normale Gehgeschwindigkeit nimmt mit dem Alter ab. Ursächlich hierfür sind, beginnend ab dem 60sten Lebensjahr, Veränderungen auf der knöchernen und neuromuskulären Ebene, welche in eine charakteristische und deutlich bemerkbare Verlangsamung der Gehgeschwindigkeit mündet. Die Geschwindigkeit reduziert sich dabei um 16% pro Lebensdekade. Eine Reduzierung der Gehgeschwindigkeit um mehr als 0.1m/s wird mit Schwierigkeiten in der Durchführung von Tätigkeiten des Alltags in Verbindung gebracht. Somit ist das Gangtempo ein umfassender Indikator der altersbedingten Veränderungen in der Mobilität (Beijersbergen et al. 2016). Ein wöchentlich systematisch durchgeführtes körperliches Training kann das Gangtempo des Älteren um bis zu 53% steigern (Granacher et al. 2011). Eine Meta-Analyse von 42 Studien ergab, dass ein Training der Kraft oder der Koordination das Gangtempo sowohl funktionell als auch statistisch signifikant verbessern kann (Hortobagy et al. 2015). Persch et al. (2009) untersuchten in ihrer Studie die Effekte eines Krafttrainingsprogramms auf die Muskelkraft der Beine, die Gelenkbewegungen in Sprunggelenk, Knie und Hüfte und das Schrittmuster. Sie kamen zu einem Ergebnis, welches die These untermauert, dass die Kraft der Beinstrecker als wichtigster Indikator für Verbesserungen in der Schrittlänge und im Gangrhythmus gilt.

Im Alter spielt der Verlust der Maximalkraft und der Explosivkraft im Zusammenhang mit einem verminderten Potential zur Regeneration und Reinnervation von Muskelfasern eine entscheidende Rolle. So ist eine Sturzgefährdung eng mit reduzierten Krafftfähigkeiten des M. quadrizeps femoris und der Plantarflexoren verbunden (Persch et al. 2009; Beurskens 2015). Die Bewegungswahrnehmung über Propriozeptoren spielt eine besondere Rolle in der Regulation der posturalen und dynamischen Kontrolle. Biologische Alterungsprozesse führen zu morphologischen Veränderungen an den Muskelspindeln und damit zu einer eingeschränkten sensorischen Bewegungswahrnehmung (Bruhn 2001; Granacher et al. 2008). Hierdurch sind reflektorische Vorgänge verlangsamt, die Reaktionszeiten einer Antwort auf Störreize verlängert und das Sturzrisiko steigt. Ein Gleichgewichtstraining bezieht das

vestibuläre System in den Regulationsprozess mit ein und konstatiert auch eine verbesserte neuronale Aktivität auf Störreize.

Nach Granacher et al. (2014) sind Faktoren, die das Sturzrisiko erhöhen, extrinsischer und intrinsischer Art wie das Vorhandensein von Treppenstufen, schlechte Lichtverhältnisse, Gangunsicherheiten, Einschränkungen in der kognitiven bzw. sensorischen Wahrnehmung sowie Muskelschwäche der unteren Extremitäten. Zu bemerken ist außerdem, dass sich Gangunsicherheiten in unmittelbarer Verbindung mit Zusatzaufgaben erhöhen (z.B. Treppenstufen hinaufgehen mit einem Wäschekorb in den Händen). Zusatzaufgaben oder *multi-task* Situationen sind im Alltag allgegenwärtig, auch unvorhersehbare Ereignisse, die das Gleichgewicht beeinflussen (z.B. das plötzliche Anfahren eines Busses) gehören dazu. Ziel eines entsprechenden Trainings-Programmes sollte die Verbesserung des Gangmusters sowie die posturale und dynamische Kontrolle mit alltagspraktischen Zusatzaufgaben sein (Laube 2009; Granacher et al. 2010).

3.4 REHABILITATIONSSPORT (LUNGENSPIEL)

Die medizinische Rehabilitation stand vor einigen Jahren fast ausschließlich stationär zur Verfügung, änderte sich aber nach den Vorgaben des Gesetzgebers, der eine ambulante Maßnahme vor einer stationären Maßnahme forderte. Der Aufbau ambulanter Versorgungseinrichtungen hatte eine Reduktion der Gesamtausgaben für eine Erkrankung zum Ziel, bot für den Patienten den Vorteil im häuslichen Umfeld bleiben zu können und damit die gewonnenen Ziele direkt in den Alltag zu integrieren. Bis dato gibt es nur sehr wenige ambulante rehabilitative Einrichtungen für Atemwegserkrankte. Auch eine intensivierete Reha-Nachsorge, wie sie für andere Erkrankungen bereits angeboten wird, existiert in Deutschland nicht (Tauben 2012). Um die Trainingseffekte einer pneumologischen stationären Rehabilitationsmaßnahme aufrecht zu erhalten, ist die Weiterführung der körperlichen Aktivität unbedingt indiziert. Augenblicklich gibt es bei Atemwegserkrankungen in Deutschland nur den Rehabilitationssport als ergänzende Leistung.

Ziel des Rehabilitationssports ist, Ausdauer und Kraft zu stärken, Koordination und Flexibilität zu verbessern, das Selbstbewusstsein [...] zu stärken und Hilfe zur Selbsthilfe zu bieten. Hilfe zur Selbsthilfe hat zum Ziel Selbsthilfepotentiale zu aktivieren, die eigene Verantwortlichkeit des [...] Menschen für seine Gesundheit zu stärken sowie ihn zu motivieren und in die Lage zu versetzen, langfristig selbstständig und eigenverantwortlich Bewegungstraining durchzuführen [...] (BAR¹² 2011, S. 11).

¹² Bundesarbeitsgemeinschaft für Rehabilitation

Gesetzlich ist der Rehabilitationssport in § 44 Abs. 1 Nr. 3 SGB IX in Verbindung mit § 43 SGB V verankert. Dabei bewilligen die Kostenträger (GKV¹³) bei Lungenerkrankungen 120 Übungseinheiten innerhalb von 36 Monaten. Bei der Rentenversicherung (RV) werden sechs Monate gewährt. Die Bewilligung erfolgt budgetunabhängig durch einen Arzt über das Formular 56 (GKV) oder über das Formular G850 (RV) ‚Antrag auf Kostenübernahme für Rehabilitationssport‘ und wird pro Einheit mit 5,25 € vergütet (Taubе 2010; BAR 2011). Rehabilitationssport können alle Institutionen anbieten, die über den RehaSport Deutschland e.V. (RSD) oder über den Deutschen Behindertensportverband (DBS) bzw. über dessen Landessportverbände anerkannt sind. Die entsprechenden Lehrgänge zur Aus- und Weiterbildung bzw. zur Vergabe der notwendigen Fachübungsleiterlizenzen obliegt jenen Verbänden.

Rehabilitationssport beinhaltet ein- bis zweimal in der Woche zu festgesetzten Zeiten Übungen in der Gruppe unter Anleitung eines fachkundigen Übungsleiters. Die Dauer einer Übungseinheit beträgt mind. 45 Minuten und soll die Anzahl von 15 Teilnehmern nicht überschreiten (BAR 2011). Die Inhalte des Lungensports umfassen die motorischen Hauptbeanspruchungsformen Kraft, Ausdauer, Koordination und Flexibilität. Diese werden mit oder ohne Kleingeräte durchgeführt und orientieren sich an der individuellen Leistungsfähigkeit jedes Einzelnen. Ausgeschlossen sind „Übungen an technischen Geräten, die zum Muskelaufbau oder zur Ausdauersteigerung dienen“ (BAR 2011, S. 15). Der Eintritt eines Teilnehmers in den Rehabilitationssport ist bei freien Kapazitäten jederzeit möglich. Die BAR hat in ihrer Rahmenvereinbarung keine Angaben zu den Inhalten festgelegt. Auch die methodische Vorgehensweise innerhalb einer Kurseinheit bzw. ein systematischer Aufbau mehrerer Einheiten gibt es nicht. Etabliert haben sich in den ambulanten Lungensportgruppen die Inhalte aus Tabelle 6.

Tabelle 6: **Inhalte des ambulanten Lungensports** (modifiziert nach Göhl 2004, S. 68ff.; Spielmanns et al. 2015, S. 1003)

Form	Inhalte
Kraft	Training mit Geräten: Hanteln, Theraband, Pezziball etc. Training ohne Gerät in verschiedenen Modalitäten Übungen orientiert an den Aktivitäten des täglichen Lebens (ADL)
Ausdauer	Gehen mit und ohne Stöcke, Tanz, Aerobic, Bewegungsformen im Wasser ADL-orientiertes Ausdauertraining; Treppensteigen (Kraftausdauer!)
Beweglichkeit	Dehnübungen, Übungen zur Mobilisation wie Brustkorbmobilisation
Koordination	Übungen zur Schulung der koordinativen Fähigkeiten mit und ohne Zusatzgeräte. Spiele, Spiel- und Übungsformen mit koordinativen Aspekten, Elemente der Rückenschule

¹³ Gesetzliche Krankenversicherung

Krankheits-spezifische Techniken	ADL, Atemtechniken bei verschiedenen Belastungsformen, Selbsthilfetechniken bei Atemnot (z.B. atemerleichternde Körperstellungen, Lippenbremse), Hustentechniken, Körperwahrnehmung, Benutzen verschiedener Hilfsmittel zur Sekretmobilisation (z.B. Flutter oder Cornet) oder zur Feuchtinhalation
Theorie	Erläutern von Bewegungsabläufen / Techniken (z.B. Walking, Dehnübungen), Wissensvermittlung, Elemente der Patientenschulung, krankheitsspezifische Belastungsreaktionen

Die Voraussetzungen zur Teilnahme am Lungensport haben sich in den letzten Jahren geändert. Die Empfehlungen der Deutschen Atemwegsliga im Überblick zeigt Tabelle 7.

Tabelle 7: **Teilnahmevoraussetzungen am ambulanten Lungensport**

Jahr 2000 (Quelle: Worth et al. 2000, S. 62)	Jahr 2015 (Quelle: Spielmanns et al. 2015, S. 1002)
1. Mindestbelastbarkeit von 50 Watt (> 0,7 Watt/kg KG) über 3 min im steady state von Herzfrequenz und Atmung (30 min nach Inhalation von 2 Hüben eines kurz wirksamen Beta ₂ -Sympathomimetikums)	1. Mindestbelastbarkeit von 25 Watt über 3 Minuten im steady state von Herzfrequenz und Atmung (≥ 30 Minuten nach Bronchodilatation) oder 6-Minuten-Gehstrecke > 200 m
2. FEV ₁ > 60 Soll % (nach Bronchospasmyolyse)*	2. Sauerstoffsättigung (SaO ₂) unter Belastung (25 Watt) > 90% (ggf. unter O ₂ -Gabe)
3. Arterieller pO ₂ > 55 mm Hg unter Belastung (50 Watt)	3. Systolischer Blutdruck < 220 mm Hg, diastolischer Blutdruck < 120 mm Hg unter Belastung
4. Systolischer Blutdruck < 220 mm Hg, diastolischer Blutdruck < 120 mm Hg unter Belastung	4. Keine Ischämiezeichen oder bedrohliche Rhythmusstörungen im Belastungs-EKG
5. Keine Ischämiezeichen oder bedrohliche Rhythmusstörungen während der Belastung	Beim Lungensport ist die Anwesenheit eines Arztes nicht erforderlich
*Bei FEV ₁ -Werten zwischen 40% und 60% des Sollwertes ist die Anwesenheit eines Arztes beim Lungensport erforderlich	

kg=Kilogramm KG=Körpergewicht min=Minuten m=Meter FEV₁=forciertes expiratorisches Volumen in einer Sekunde SaO₂= arterielle Sauerstoffsättigung pO₂=Partialdruck mmHg=Milliliter Quecksilber EKG=Elektrokardiogramm

Die in der einschlägigen Literatur erwähnten Zahlen der Lungensportgruppen stammen alle von der Arbeitsgemeinschaft Lungensport. Dort ist die Eintragung in das Lungensportregister freiwillig. Bei den jeweiligen Verbänden wie RSD und DBS gibt es hierzu keine Statistik.

Wissenschaftliche Artikel und Studien zum wohnortnahen Rehabilitationssport existieren in der Literatur nur sehr wenige. So untersuchten Göhl et al. (2006) in einer Pilotstudie die Effekte eines multimodularen Programms bestehend aus Lungensport, Heimtraining und Training in einer Gesundheitseinrichtung. 34 Teilnehmer wurden randomisiert und der Interventionsgruppe bzw. Kontrollgruppe, die kein Training bekam, zugeordnet. Das Programm dauerte 12 Monate, beinhaltete 2-3 Einheiten pro Woche und schloss Patienten mit mittlerer und schwerer COPD ein. Das Programm durchlief unterschiedliche Phasen mit verschiedenen Schwerpunkten. Phase 1 (Lungensport: Woche 1-12) bestand aus Atem- und

Dehntechniken, ADL, Wahrnehmungsschulung, Krafttraining mit Kleingeräten und verschiedenen Spielformen. Phase 2 (Woche 9-25) beschäftigte sich mit der Umsetzung des Krafttrainings in der Gesundheitseinrichtung. Phase 3 war so aufgebaut, dass zunächst der Einstieg in das Thema Ausdauer mit einem Gehtraining erfolgte. Daraufhin wurde in Form des Heimprogramms auf einem Fahrradergometer die Dauermethode später die Intervallmethode (Phase 4) angewandt. Die Interventionsgruppe konnte in allen Dimensionen der Leistungsfähigkeit signifikante Verbesserungen erzielen. So nahm die Handkraft um 30% und die Beinkraft um 20% zu. Die Verbesserung im 6-Minuten-Gehtest betrug 79 Meter und die maximale Sauerstoffaufnahme sowie die maximale Leistung in Watt auf dem Ergometer stiegen signifikant an. Auch in den Lebensqualitätsfragebögen des *Short Form-36* (SF) und des *St. George's Respiratory Questionnaire* (SGRQ) ergaben sich signifikante Verbesserungen im Gesamtscore.

Das Ziel der multizentrischen Studie bei Baumann et al. (2012) war die Evaluation eines 60minütigen einmal pro Woche stattfindenden Lungensportprogramms mit einer Dauer von 26 Wochen. Die Gruppen bestanden aus je 6-10 Teilnehmern und führten ein klassisches Sportprogramm mit Hilfe einfacher Kleingeräte wie Hanteln, Therabänder und Stäbe durch. Ausdauer wurde in Form der Kraftausdauer oder als Gehtraining bzw. auf einem Stepper praktiziert. Atemtechniken und progressive Muskelrelaxation waren im Sportprogramm inkludiert. Zusätzlich wurde allen Teilnehmern eine COBRA Schulung und Beratungen zu Themen wie Ernährung, soziale und psychosoziale Aspekte der Erkrankung angeboten. Die Ergebnisse der Studie zeigen, trotz niedriger Frequenz und Intensität, klinisch signifikante Verbesserungen in der Leistungsfähigkeit und in der Lebensqualität. So stieg nach 26 Wochen die 6-Minuten-Gehstrecke um 59 Meter und die maximal erreichte Leistung in Watt geringfügig um ca. 8 Watt. Der Summenscore im *St. George's Respiratory Questionnaire* sank um -5 Punkte und erreichte damit die *minimal clinically important difference*.

Greulich et al. (2014) randomisierten 61 Teilnehmer in eine klassische Lungensportgruppe oder in ein individuell auf den Teilnehmer abgestimmtes Gymnastikprogramm. Beide Gruppen fanden über 12 Wochen einmal wöchentlich statt, die Einheit dauerte 60 Minuten. Das Gymnastikprogramm beinhaltete alle Trainingskomponenten nach den Vorgaben der ACCP/AACVPR¹⁴ (s. Ries et al. 2007). Dabei erhielt jeder Teilnehmer des Gymnastikprogramms einen individuellen Trainingsplan, welcher sich an die erreichten Werte im Belastungstest orientierte. Die Lungengruppe führte in der Gemeinschaft zunächst ein zehnminütiges Aufwärmprogramm durch, dann umfasste der Hauptteil ein Training mit Therabändern und Hanteln ergänzt um Ballspiele und Aerobic-Übungen auf dem Stepper. Den Abschluss bildete eine zehnminütige Entspannungsperiode. Von 31 Teilnehmern in der

¹⁴ American College of Chest Physicians/American Association of Cardiovascular and Pulmonary Rehabilitation

individuellen Gymnastikgruppe und von 30 Teilnehmern in der klassischen Lungengruppe schlossen 20 bzw. 14 die Studie ab. Die Abbruchrate betrug 44,3%. Signifikante Effekte ließen sich nur in der Gymnastikgruppe im Bereich der Leistungsfähigkeit, jedoch nicht in der Lebensqualität nachweisen. So nahm die 6-Minuten-Gehstrecke um 32 Meter zu und die Querschnittsfläche des M. rectus femoris stieg von 6,66 cm² auf 7,23 cm² an. Die Werte im *St. George's Respiratory Questionnaire* und im *COPD Assessment Test* veränderten sich nicht.

4 METHODIK

4.1 DARSTELLUNG DER DURCHGEFÜHRTEN UNTERSUCHUNGEN UND TESTS

Im Folgenden werden die im Ergebnisteil analysierten Parameter der Lungenfunktionsprüfung und Blutgasanalyse sowie deren Erhebungsmethode vorgestellt. Die zugehörige Theorie findet sich bereits in Kapitel 2. Anschließend erfolgen Erklärungen zum Verfahren der Spiroergometrie und der abgehandelten Tests sowie die Darlegung der erhobenen Parameter. Es wird sowohl der Hintergrund als auch der Ablauf dargestellt.

4.1.1 Pneumologische Untersuchungen

Alle diagnostischen Untersuchungen der Lunge wurden in der pneumologischen Facharztpraxis (MVZ¹⁵ Lungenzentrum Aachen) des Ärztehauses am Luisenhospital durchgeführt. Die Spiroergometrie fand in der Abteilung der Inneren Medizin im Haupthaus des Luisenhospitals statt.

4.1.1.1 Spirometrie

Die Lungenfunktionsparameter wurden standardisiert mittels Ganzkörperplethysmographie (MasterScreen Body der Firma JAEGER, Vertrieb durch CareFusion, Höchberg, Deutschland) ermittelt. Der Studienteilnehmer saß bei dieser Messung in einer luftdicht verschlossenen und volumenkonstanten Kabine und führte durch ein Mundstück verschiedene Atemmanöver durch. Die Nase war mittels Nasenklemme verschlossen. Bei dieser Messung wird der Grad der Atemwegsobstruktion in Form des Atemwegswiderstandes während forcierter Ausatmung bestimmt. Verwendet wurden für die Studie folgende Werte:

- FEV₁ in % des Solls, zur Schweregradeinteilung nach GOLD
- FEV₁ in Liter, zur Ermittlung des BODE-Index
- FEV₁/FVC¹⁶ in %, zur Feststellung des Vorliegens einer Obstruktion

Es wurden zwei Spirometrien durchgeführt. Die erhobenen Parameter der ersten Messung dienten zur Feststellung einer Obstruktion und wurden später als Referenzwert für die zweite Messung herangezogen. Nach Gabe eines Bronchodilatators (400µg Salbutamol) erfolgte ca. 15 Minuten später eine erneute Messung. Beide Messungen wurden graphisch und tabellarisch als pre und post Test dargestellt.

¹⁵ Medizinisches Versorgungszentrum

¹⁶ Forcierte Vitalkapazität

4.1.1.2 Blutgasanalyse

Alle Blutgaswerte wurden als kapilläre Blutgasanalysen am hyperämisierten Ohrläppchen genommen. Dies erfolgt durch Stich mit einer Nadel und anschließender Aufnahme des austretenden Blutes mit einem feinen Röhrchen. Das Röhrchen wird anschließend direkt in das Blutgasanalysegerät gegeben. Die Auswertung erfolgte mit Hilfe des ABL 90 Flex von der Firma Radiometer, Willich, Deutschland. Normwerte und Problematik finden sich in Kapitel 2.6.4.

4.1.1.3 Spiroergometrie

Hintergrund

Mit zunehmender körperlicher Belastung steigt die Sauerstoffaufnahme und die Kohlendioxidabgabe. Demnach sind sie wichtige Kenngrößen zur Beurteilung der maximalen Leistungsfähigkeit (Rühle & Feldmeyer 2008). Für diese Studie wurde die Spiroergometrie als Verfahren zur Erfassung der körperlichen Leistungsfähigkeit ausgewählt. Ein zweites Verfahren, welches ebenfalls Anwendung fand, wird in Kapitel 4.3.2 beschrieben. Die Empfehlungen der American Thoracic Society/American College of Chest Physicians (ATS/ACCP 2003) zum Ablauf der Spiroergometrie gliedern sich in vier Phasen: Ruhephase (3 Min.), Aufwärmphase (3 Min.), ansteigende Belastungsphase (Dauer abhängig von der Wahl des Protokolls und dem Erreichen der „maximalen Ausbelastung“), Erholungsphase (3 Min.). Während die ATS/ACCP eine optimale Belastungsdauer von 8-12 Minuten empfiehlt, konnten Studien von Benzo et al. (2007) jedoch zeigen, dass bei schwerer COPD die maximale Sauerstoffaufnahme bereits früher erreicht wird und somit die Belastungsdauer kürzer ausfallen kann. Nach Durchsicht der Literatur sind in der pneumologischen Rehabilitation und bei klinischen Fragestellungen progressive Rampenprotokolle mit kontinuierlicher Steigerung der Belastung die erste Wahl (American Thoracic Society/American College of Chest Physicians 2003; Benzo et al. 2007; Balady et al. 2010; Meyer et al. 2013).

Ablauf

Die Teilnahme an der Spiroergometrie stand den Beteiligten frei. Die fahrradspiroergometrische Belastungsuntersuchung erfolgte auf einem drehzahlunabhängigen Fahrradergometer der Firma Ergoline (GE Medical Ergoline GmbH, Bitz, Deutschland) in sitzender Position ohne zusätzliche Sauerstoffgabe. Ein Arzthelfer führte den Belastungstest nach den Angaben der ATS/ACCP (2003) durch. Zu Beginn saß der Teilnehmer ruhig auf dem Fahrrad, um eine Atemgashomöostase zu gewährleisten. Danach begann die dreiminütige Aufwärmphase mit einer Anfangsstufe von 0 Watt (Treten ohne Last). Dabei wurden die Teilnehmer gebeten, bei einer Umdrehungszahl von 60-70 pro Minute zu treten. Die Belastungsphase erfolgte schließlich mit ansteigender Intensität bis zum Erreichen der

definierten Abbruchkriterien (symptomlimitierter Abbruch, elektrokardiographische Veränderungen, erhöhter Blutdruck, Ausbelastung). Sämtliche Parameter, wie Atemgase, Herzfrequenz, arterieller Blutdruck etc. wurden während der Ruhe- und Belastungsphase erhoben. Die Auswahl des Belastungsprotokolls richtete sich nach dem Schweregrad der Erkrankung und der Dyspnoe. Die Wahl fiel auf ein Rampenprotokoll mit einem Anstiegswinkel von 5 oder 10 Watt pro Minute. Während der Spirometrie wurden die Parameter der maximalen Sauerstoffaufnahme und Kohlendioxidabgabe aufgezeichnet. Der Wert der relativen Sauerstoffaufnahme und der respiratorische Quotient wurden zeitgleich errechnet und festgehalten. Die maximal erreichte Leistung in Watt (W) und die maximal erreichte Sauerstoffaufnahme (VO_2) in ml/min. flossen in den Ergebnisteil ein.

4.1.2 Fragebögen

Der *COPD Assessment Test* wurde in der vorliegenden Arbeit zur Feststellung von Veränderungen in der Symptomlast eingesetzt. Der *St. George's Respiratory Questionnaire*-Fragebogen (SGRQ) dagegen bezieht sich auf die krankheitsbezogenen Einschränkungen von COPD-Erkrankten. Er beinhaltet Fragen anhand derer das Maß der Einschränkung abgeschätzt und damit der negative Einfluss auf die Dimensionen der Lebensqualität beurteilt werden soll. Durch die Befragung zu verschiedenen Zeitpunkten wurde untersucht, inwieweit die Studie Auswirkungen auf die Lebensqualität zeigt. Die Fragebögen (s. Anhang S. 171-176) wurden somit vor und nach der Intervention ausgefüllt. Die *minimal clinically important difference* (MCID) ist der kleinste klinisch noch relevante Unterschied, den ein Patient, Arzt o.ä. gerade noch als wichtige Veränderung wahrnehmen kann. Diese Werte werden in Studien für jeden einzelnen Parameter festgelegt (Gillissen et al. 2008). Die MCID wird zur Bewertung einer klinischen Relevanz der Studienergebnisse verwendet, d.h. sie besitzt praktische Bedeutung, indem sie für den Betroffenen (durch die Intervention) eine spürbare Veränderung mit sich bringt (Lange 1999; Baulig et al. 2008; Bernstein & Mauger 2016).

4.1.2.1 CAT (COPD Assessment Test)

Der *COPD Assessment Test* von Jones et al. (2009) ist ein einfaches und sehr praktikables Instrument, welches häufig in Arztpraxen, pneumologischen Kliniken und Studien Anwendung findet. Der Fragebogen wird gerne zur Evaluation von Verbesserungspotentiale in der Behandlung der Exazerbationen eingesetzt. Es wird empfohlen den CAT-Fragebogen zusammen mit einem weiteren validierten Fragebogen zur COPD anzuwenden, um für den Betroffenen die optimale Therapie festzulegen. Der CAT korreliert sehr gut mit dem SGRQ und ist ausführlich in vielen Publikationen dokumentiert (Kardos 2009; Chetta & Olivieri 2012; Kon et al. 2014; Candemir et al. 2015).

Hierbei soll der COPD-Patient in acht validierten Fragen seinen Gesundheitszustand anhand aktueller Symptome mit deren Auswirkungen auf den Alltag beurteilen. Der Summenscore kann zwischen 0 und 40 Punkte liegen. Je niedriger der Summenscore ist, desto besser ist der Gesundheitszustand. Die MCID für den *COPD Assessment Test* liegt bei -2 Punkte (Kon et al. 2014).

4.1.2.2 SGRQ (St. George's Respiratory Questionnaire)

Die Konstruktion des *St. George's Respiratory Questionnaire* ist darauf ausgelegt, als Instrument zur Erfassung von krankheitsspezifischen Beeinträchtigungen der Lebensqualität zu dienen. Er soll gleichermaßen für Routine- und Forschungszwecke genutzt werden. Er wurde in Großbritannien für Asthma- und COPD-Patienten entwickelt und versucht die unterschiedlich starken Beeinträchtigungen der Krankheitsbilder bzw. Schweregrade abzubilden (Jones et al. 1991). Die Testgütekriterien für den SGRQ sind gut (Gillissen et al. 2008; Büsching et al. 2009). Er gehört mit dem CRQ (*Chronic Respiratory Questionnaire*) zum am häufigsten eingesetzten Lebensqualitätsfragebogen bei Atemwegserkrankungen.

Dabei gliedern sich die seit 1998 in deutscher Version vorliegenden 50 Fragen in drei verschiedene Kategorien: Symptome, körperliche Aktivität und Auswirkung. Der zu Befragte kreuzt die entsprechenden Felder an, welche am ehesten seinen Gesundheitszustand beschreiben. In der Originalversion liegt das Zeitfenster für den ‚aktuellen‘ Gesundheitszustand bei drei Monaten. Für die vorliegende Intervention wurde ein Zeitfenster von einem Monat verwandt. Die Scores reichen von 0 bis 100 Punkte und werden für jede einzelne Kategorie und in der Summe gebildet. Je höher die Scores, desto größer die Beeinträchtigungen in der Lebensqualität (Gillissen et al. 2008; Büsching et al. 2009). Die MCID beträgt -4 Punkte im Summenscore (Jones 2005). Die Berechnung des SGRQ in der Summe als auch in seinen einzelnen Kategorien erfolgte softwarebasiert anhand des mitgelieferten Programms.

4.1.3 Motorische Tests

Die folgenden motorischen Tests finden in Studien seit längerer Zeit Anwendung, so dass ihre Testgütekriterien bereits überprüft sind. Oftmals existieren Protokolle, welche das erforderliche Equipment, die genauen Abläufe, Sicherheitsbestimmungen und Interpretationshilfen beinhalten. Diese Protokolle dienen zur Sicherstellung eines standardisierten Ablaufes, um die Ergebnisse reproduzierbar zu machen und somit eine Basis zur Vergleichbarkeit von Studien zu schaffen (American Thoracic Society 2002).

Auch in den motorischen Tests sind MCIDs existent, die für einzelne Parameter festgelegt wurden.

In dieser Studie wurden alle Tests vom selben Untersucher jeweils an einem Tag in den Räumen der Physiotherapie des Luisenhospitals durchgeführt (s. auch Kapitel 4.2.1 Studienablauf). Nötige Hilfsmittel waren erlaubt und wurden entsprechend vermerkt. Die Protokolle befinden sich im Anhang ab S. 161.

4.1.3.1 5 STST (five-time sit-to-stand Test)

Hintergrund

Der *five-time sit-to-stand* Test (5 STST) besitzt herausragende Testgütekriterien und korreliert gut mit dem 6 MWT (Whitney et al. 2005; Jones et al. 2013; Puhan et al. 2013). Außerdem stellt er eine geeignete Methode dar, um den funktionellen Status von COPD-Betroffenen abzubilden. Auch die posturale Balance kann mit diesem Test gut eingeschätzt werden (Janssens et al. 2014). Das Aufstehen von einem Stuhl ist eine alltägliche Aktivität, die Muskelkraft in den Beinen voraussetzt. Daher wird dieser Test oft in COPD-Studien angewandt. Der STST ist einfach in der Ausführung und ein guter Prädiktor für Veränderungen in der Leistungsfähigkeit bzw. ein *Screeninginstrument* zur Aufdeckung eines schlechten körperlichen Zustandes.

Ablauf

Hier sollte der Proband mit vor der Brust verschränkten Armen fünf Mal so schnell als möglich von einem Stuhl (Sitzhöhe: 45cm; Sitztiefe: 43cm) aufstehen und sich wieder hinsetzen. Dieser Test wurde zu drei Zeitpunkten durchgeführt. Die MCID beträgt -1,7 Sekunden (Jones et al. 2013).

4.1.3.2 6 MWT (six minute walk Test)

Hintergrund

Der 6-Minuten-Gehtest wird zur Messung der submaximalen Leistungsfähigkeit insbesondere bei Atemwegserkrankungen herangezogen. Er ist in der Ausführung sicher, kostengünstig und praktikabel und korreliert gut mit dem Mortalitätsrisiko (Casanova et al. 2011; Polkey et al. 2013). Die Mortalitätsrate steigt deutlich unter einer Gehleistung von 350 Metern (Spruit et al. 2012). Ein doppelter 6-Minuten-Gehtest, wie er zur Minimierung von Lerneffekten gefordert wird, ist nach den Studien an Asthmatikern von Wingart et al. (2014) nicht mehr erforderlich, da die Unterschiede nur minimal ausfallen. Auch die neueste Studie von Schneeberger et al. (2017) kann dies bei COPD bestätigen.

Ablauf

Die Messung erfolgte nach den ATS-Richtlinien (ATS 2002) und wurde zu drei Zeitpunkten durchgeführt. Dabei sollte der Proband sechs Minuten lang so schnell als möglich eine Strecke von 30 Metern hin und her gehen. Folgende Parameter wurden ermittelt: Gehstrecke in Meter,

Sauerstoffsättigung in Prozent durch Verwendung eines tragbaren Pulsoximeters (PO-200, Pulox, Novidion GmbH, Köln, Deutschland), Dyspnoe und Beinermüdung mittels der CR-10-Skala. Die Messung der Sauerstoffsättigung führt zu einer zuverlässigen Erkennung einer belastungsinduzierten Entsättigung. Während die MCID im Jahre 1997 noch -54 Meter betrug, liegt sie zurzeit bei schwer betroffenen Patienten bei -26 Metern und bei leicht bis schwer betroffenen bei -30 Metern (Redelmeier et al. 1997; Puhan et al. 2008; Puhan et al. 2011; Polkey et al. 2013).

4.1.3.3 SCT (stair climb Test)

Bean et al. (2007) und seine Kollegen konnten in einer Studie den SCT als Messinstrument für die Kraft der unteren Extremität festlegen. In der Praxis hat sich dieser Test seitdem bewährt, da er einfach, kostengünstig und sowohl für Mobilitätseingeschränkte als auch für Atemwegserkrankte geeignet ist, da insbesondere letztgenannte die Treppenstufen aufgrund Atemnot meiden (Roig et al. 2010). In der Literatur existieren verschiedene Testvarianten. So kann zwischen einer vorgegebenen Zeit oder einer definierten Anzahl von Stufen unterschieden werden. Die Stufen sind entweder nur aufwärts oder auch abwärts zu gehen (Bennell et al. 2011; Canavan et al. 2015; Chung-Hoon et al. 2016).

In der vorliegenden Arbeit waren an zwei Zeitpunkten 10 Stufen mit einer Höhe von 18 cm so schnell wie möglich auf- und abwärts zu bewältigen. Eine MCID liegt für den Test nicht vor.

4.1.3.4 BBS (Berg Balance Scale) und FAB (Fullerton Advanced Balance Scale)

Hintergrund

Die BBS und FAB sollen die Gleichgewichtsfähigkeit von Senioren dahingehend überprüfen, ob sie ein erhöhtes Sturzrisiko aufweisen. Die BBS kann zum einen zur Verlaufsdokumentation bezogen auf das Gleichgewicht herangezogen werden, als auch zur Abschätzung eines Sturzrisikos. Sie kann bei gebrechlichen und in der Mobilität stark eingeschränkten Personen gut angewandt werden, bei aktiveren Senioren jedoch hat der Test eine geringere Aussagekraft. Bei diesen Personen zeigen sich Deckeneffekte, d.h. sie erreichen fast alle die maximale Punktzahl (Hernandez & Rose 2008). Daher haben Rose et al. (2006) einen Gleichgewichtstest (FAB) entwickelt, der auch geringfügige Veränderungen in den unterschiedlichen Dimensionen des Gleichgewichts bei aktiveren Senioren identifiziert (Schott 2011). Auch dieser Test ist preiswert und einfach durchzuführen. Die Testgütekriterien wurden ebenfalls überprüft und für hervorragend befunden (Rose et al. 2006).

Ablauf

Bei der Durchführung des BBS werden Aktivitäten des täglichen Lebens abgefragt, wie Aufstehen und Hinsetzen, Transfers, Stehen mit offenen und geschlossenen Augen, nach einem Gegenstand greifen, sich umdrehen und Stand auf einem Bein (Beauchamp et al.

2010). Dabei handelt es sich um eine Testbatterie von 14 Aufgaben mit 5-Punkte-Skala. Die Vergabe von 0 bis 4 Punkten ist abhängig von der Fähigkeit der Person die Aufgabe ohne Unterstützung auszuführen (Schott 2011). Die Maximalpunktzahl beträgt 56, während ein Cut-off-Wert von 46 angenommen wird. Der Cut-off-Wert markiert die Grenze mit der von großer Wahrscheinlichkeit ausgegangen werden kann, dass diejenigen, die unterhalb des Wertes liegen, in naher Zukunft stürzen (Martínez-López et al. 2014). Die MCID beträgt vier Punkte. Dies gilt bei Senioren mit einer Score zwischen 45 und 56 Punkten (Beauchamp et al. 2010). Die FAB besitzt 10 Testaufgaben mit einer 5-Punkte-Ordinalskala und einem Maximalwert von 40. Der Cut-off-Wert für die FAB beträgt 25 Punkte. Dabei muss der Teilnehmer mit geschlossenen Füßen und Augen stehen bleiben (Aufgabe 1), nach einem Objekt greifen (Aufgabe 2), sich im Kreis drehen (Aufgabe 3), eine Stufe auf und ab steigen (Aufgabe 4), 10 Schritte auf einer Linie gehen (Aufgabe 5), auf einem Bein stehen (Aufgabe 6), auf zwei Airex-Matten mit geschlossenen Augen stehen (Aufgabe 7), einen zweibeinigen Weitsprung durchführen (Aufgabe 8), Gehen mit gleichzeitiger Kopfdrehung (Aufgabe 9) und das Gleichgewicht auf einen Störfaktor zu stabilisieren (Aufgabe 10). Jede einzelne Aufgabe ist mit einem Bewertungsschema verknüpft, an welches sich der Tester bei der Punktevergabe orientieren kann, z.B. 0 Punkte, wenn die Aufgabe nicht durchführbar ist, 4 Punkte, wenn die Aufgabe ohne Probleme gelöst wird (Hernandez & Rose 2008; Schott 2011). Eine MCID existiert aktuell nicht.

Beide Tests wurden vor und nach der Intervention durchgeführt. Die Tests befinden sich in deutscher Ausgabe im Anhang S. 168-170.

4.1.3.5 Isometrische Kraftmessung (Drehmoment)

Hintergrund

Die Testung der Muskelkraft der Beine kann auf verschiedene Wege erfolgen. In dieser Studie wurde ein Assessment der isometrischen Maximalkrafttestung des M. Quadriceps ausgewählt, um dem Anspruch der Einhaltung der Testgütekriterien gerecht zu werden (Maltais et al. 2014; Vaidya et al. 2018).

Ablauf

Bei der oben erwähnten Testung befand sich der Studienteilnehmer auf einem Stuhl in einer standardisierten Sitzposition. Der Hüftwinkel betrug dabei 100 Grad, der Kniewinkel lag bei 90 Grad. Der Hebelarm wurde ausgehend von den Femurkondylen bis zum Mittelpunkt des Kraftaufnehmers in Zentimetern gemessen. Die Manschette, welche am Kraftaufnehmer befestigt ist, befindet sich vier Zentimeter oberhalb des Knöchels. Rumpf und Oberschenkel sind mittels Schlaufen zur Stabilisierung des Körpers fixiert. Der Teilnehmer soll nun mit aller Kraft fünf Sekunden lang gegen die Manschette nach vorne drücken. Die Hände sind vor dem Oberkörper fixiert. Es werden pro Bein drei Versuche mit entsprechender Pause dazwischen

durchgeführt. Der höchste Wert geht in die weiteren Berechnungen ein. Die gemessene Einheit ist das Newtonmeter. Die verbalen standardisierten Anweisungen sind auf ein Minimum reduziert (Mathur 2004; Francis et al. 2016). Auch hier erfolgte die Messung vor und nach der Intervention. Vaidya et al. (2018) schlugen aufgrund den Ergebnissen in ihrer Studie eine MCID von 7,5 Newtonmeter vor. Als Testinstrument kam der BIODEX System 3 der Firma *Biodex Medical Systems Inc.* (New York, USA) vertrieben durch proxomed (Alzenau, Deutschland) zum Einsatz.

4.1.3.6 BODE-INDEX

Beim BODE-Index¹⁷ (s. Tabelle 8) wird das Ausmaß der Obstruktion, die Dyspnoe, die körperliche Belastbarkeit und der Body-Mass-Index berücksichtigt (Celli et al. 2004). Die Obstruktion wird mittels des FEV₁, die Dyspnoe mittels des modifizierten MRC und die Belastbarkeit anhand der 6-Minuten-Gehstrecke gemessen. Durch Addition der einzelnen Punkte ergibt sich der BODE-Score, welcher in vier Quartile eingeteilt ist (0-2,3-4,5-6,7-10 Punkte). Der BODE-Score korreliert mit der Gesamtmortalität besser als die FEV₁ (Hanania & Sharafkhaneh 2011; Marin et al. 2011; Divo & Pinto-Plata 2012). Auch die funktionelle Einschränkung sowie die Exazerbations- und Hospitalisationsrate korrelieren mit dem BODE-Index (Kroegel & Costabel 2013, S. 103).

Tabelle 8: **BODE-Index** (nach Celli et al. 2004, S. 1007)

Parameter	Punkte auf der BODE Skala			
	0	1	2	3
FEV ₁ (% Soll)	≥ 65	50-64	36-49	≥ 35
6-Minuten-Gehtest (in Metern)	> 350	250-349	150-249	≤ 149
mMRC Dyspnoe (Stufe)	0-1	2	3	4
Body-Mass-Index (kg/m ²)	> 21	≤ 21		
FEV ₁ : Forciertes expiratorisches Volumen in der ersten Sekunde Research Council		kg: Kilogramm	m: Meter	mMRC: modifizierte Medical

¹⁷ **B**ody-mass index, **o**airflow **o**bstruction, **d**yspnea, **e**xercise capacity

4.2 DURCHFÜHRUNG

Diese prospektive Vergleichsstudie wurde im Luisenhospital in Aachen durchgeführt. Das Studienprotokoll mit der Nummer 78/2015 wurde von der Ethikkommission der Deutschen Sporthochschule Köln genehmigt. Im Deutschen Register für Klinische Studien (DRKS) läuft diese Intervention unter der Nummer DRKS 00 00 87 63.

Die erste Studiengruppe begann im September 2015, die letzten Teilnehmer konnten im Oktober 2017 die Abschlussmessungen durchführen. Die Gruppen fanden während der 12-wöchigen Trainingsphase an den festgelegten Tagen immer zur selben Zeit statt. Die Messungen und die Durchführung der Studiengruppen oblag dem Studienleiter. Die Messungen fanden das ganze Jahr über verteilt statt, so dass jahreszeitliche Schwankungen des Gesundheitszustandes (Infekthäufigkeit Herbst/Winter bzw. grippale Infekte im Frühjahr) mitberücksichtigt wurden. Die Teilnehmer wurden gebeten sich frühzeitig in den Trainingsräumen einzufinden, zum einen um genügend Zeit für das Umziehen zu haben und zum anderen um sich in die Teilnehmerliste einzutragen und die Peakflow Messungen durchzuführen. Sauerstoffpflichtige und minder belastbare Teilnehmer sind oftmals durch das Zurücklegen der Wegstrecke zu den Trainingsräumen und durch das Umkleiden kurzatmig und benötigen etwas Zeit sich zu regenerieren, bevor sie mit den Trainingseinheiten beginnen können.

Die Einheiten aller Gruppen dauerten 60 Minuten. Die theoretischen Inhalte gemäß der COBRA-Schulung umfassten je nach Gesprächsbedarf rund 15 Minuten. Gemeinsam hatten alle Gruppen ein Heft mit den theoretischen Inhalten zum Nachlesen, nur die Interventionsgruppen bekamen zusätzlich ein Heimprogramm, bestehend aus Trainingsplan und Tagebuch. Alle Übungen hierin waren bildlich und schriftlich festgehalten, auf Fragen konnte am Ende der Stunde eingegangen werden bzw. bestand die Möglichkeit den Studienleiter telefonisch zu erreichen.

4.2.1 Studienablauf

Die Rekrutierung der Studienteilnehmer erfolgte größtenteils über Zeitungsannoncen (Aachener Nachrichten / Aachener Zeitung und Super Sonntag) im Aachener Raum und Umland. Nach Kontaktaufnahme, Klärung der Studienbedingungen und bestehendem Interesse erfolgte die postalische Versendung der Studieninformation mitsamt Einverständniserklärung (s. Anhang S. 157-160). Studienbedingungen waren eine COPD, regelmäßige Teilnahme zwei Mal pro Woche an den festgelegten Terminen und Durchführung des Heimprogramms. Daran anschließend wurden zumeist drei Termine vergeben: Lungenfacharzt zur Messung der lungenspezifischen Parameter und Prüfung der Ein- und

Ausschlusskriterien, Spiroergometrie und Eingangstestung der motorischen Tests mit Abhandeln der Fragebögen.

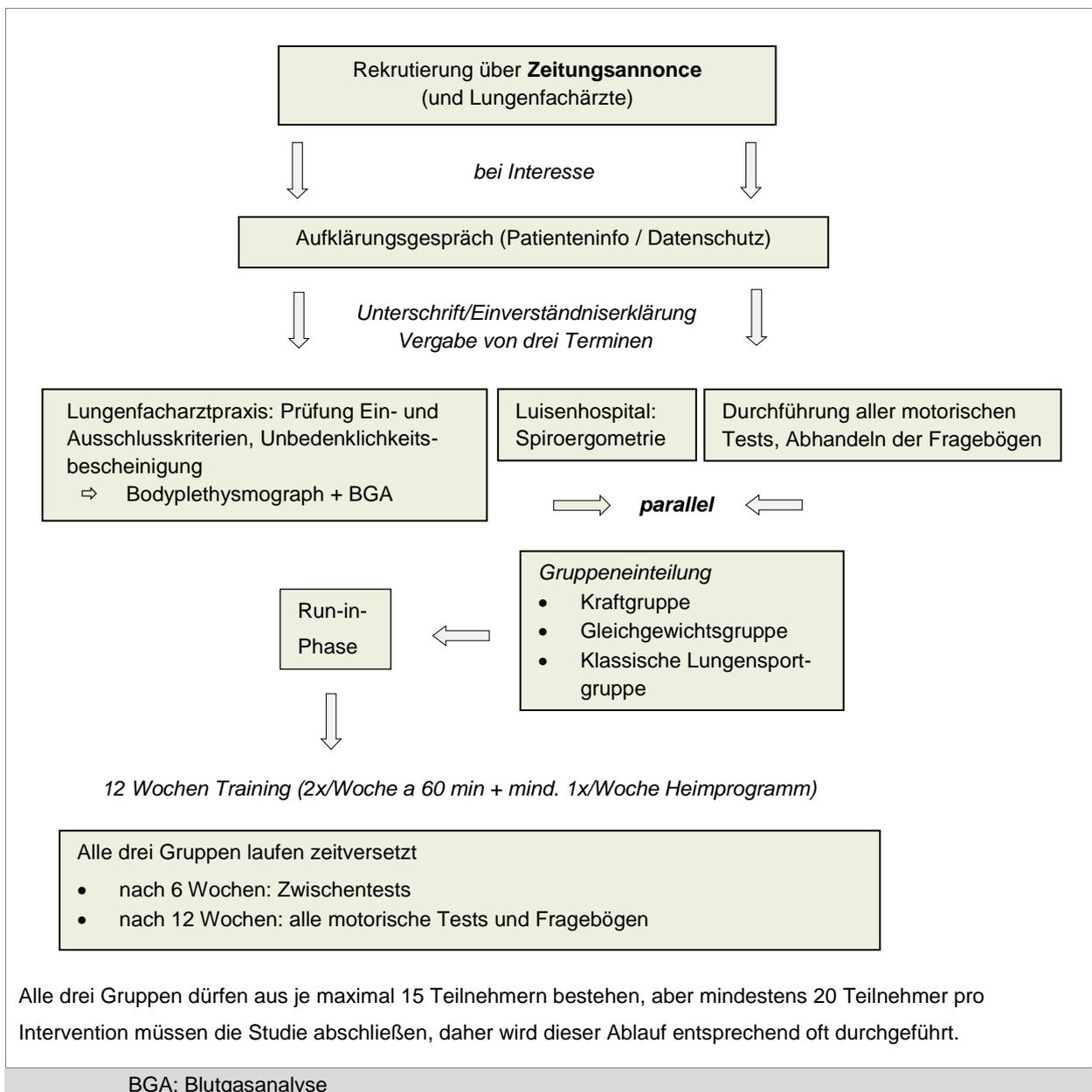


Abbildung 5: **Ablaufprozedere**

Am Untersuchungstermin beim Lungenfacharzt überprüft dieser die Ein- und Ausschlusskriterien und führt die notwendigen Untersuchungen zur Ermittlung der lungenspezifischen Parameter durch.

Ein- und Ausschlusskriterien der Studienteilnehmer

1. Einschlusskriterien

- COPD Stadium 1-4 nach GOLD mit/ohne Emphysem
- Motivation und Bereitschaft an der Studie regelmäßig 2x pro Woche teilzunehmen

- Raucher oder Ex-Raucher
 - Asthmatiker mit COPD Komponente
2. Ausschlusskriterien
- andere Atemwegserkrankungen
 - schwergradige Exazerbation in den letzten zwei Wochen (Eintritt in die Studie zu einem späteren Zeitpunkt möglich)
 - klinische Zeichen einer manifesten Rechtsherzinsuffizienz
 - akutes Koronarsyndrom
 - dekompensierte Linksherzinsuffizienz
 - schwerwiegende neurologische oder orthopädische Erkrankung, die eine Durchführung des Trainings erschweren
 - instabile Komorbiditäten
 - kognitive Einschränkungen, die ein Umsetzen der Trainingsinhalte gefährden

Um weitere Parameter zur Beschreibung der Studienteilnehmer zu erhalten, wurden zu einem weiteren Termin mittels Spiroergometrie die maximal erreichte Leistung in Watt sowie die maximal erreichte Sauerstoffaufnahme erhoben. Die Eingangsmessungen (T1) umfassten neben den motorischen Tests und den Fragebögen zur Erfassung des Gesundheitszustandes und der krankheitsspezifischen Beeinträchtigungen auch Angaben zur Anamnese wie Größe, Gewicht, Alter, Begleiterkrankungen etc. Nach der Zuordnung des Teilnehmers zu einer Studiengruppe, die er frei wählen konnte, startete die Run-in-Phase (eine Einheit), in der die Teilnehmer mit dem Trainingsplan, Pulsoximeter und Peak-flow-Messgerät vertraut gemacht wurden. Neben den Formalitäten zum Rehabilitationssport lernten sie auch die Trainingsinhalte kennen und konnten sich für die weitere Teilnahme in der Studie entscheiden (s. Abbildung 5). Alle drei Programme fanden im Rahmen des Rehabilitationssports zweimal in der Woche à 60 Minuten in den Räumen des Gesundheitszentrums Treffpunkt Luise im Luisenhospital statt, beinhalteten spezifische Übungen, Atemtechniken und die COBRA-Schulung. Zu Beginn und am Ende jeder Stunde trugen alle Teilnehmer ihre Peakflow-Werte in ein eigens für die Studie entwickeltes Heft¹⁸ ein. Auch sollten die Betroffenen mit bekannt niedrigem Sauerstoffsättigungswert diesen mittels Pulsoximeter während den Übungen überprüfen (Vogelmeier et al. 2007). Sobald die Fortführung der Einheiten und die Durchführung des Heimprogramms nicht mehr gewährleistet waren bzw. der Teilnehmer mehr als vier Einheiten fehlte, wurde er von der Studie ausgeschlossen. Nach sechs Wochen Anwesenheit erfolgten die Zwischenmessungen (T2) und nach 12 Wochen die Abschlussmessungen (T3). Dann begann die Rekrutierung neuer Gruppen wieder von vorne.

¹⁸ s. Anhang S. 178-183

Diese Sequenz wiederholte sich solange, bis mindestens 20 Studienteilnehmer je Gruppe erfolgreich abschlossen.

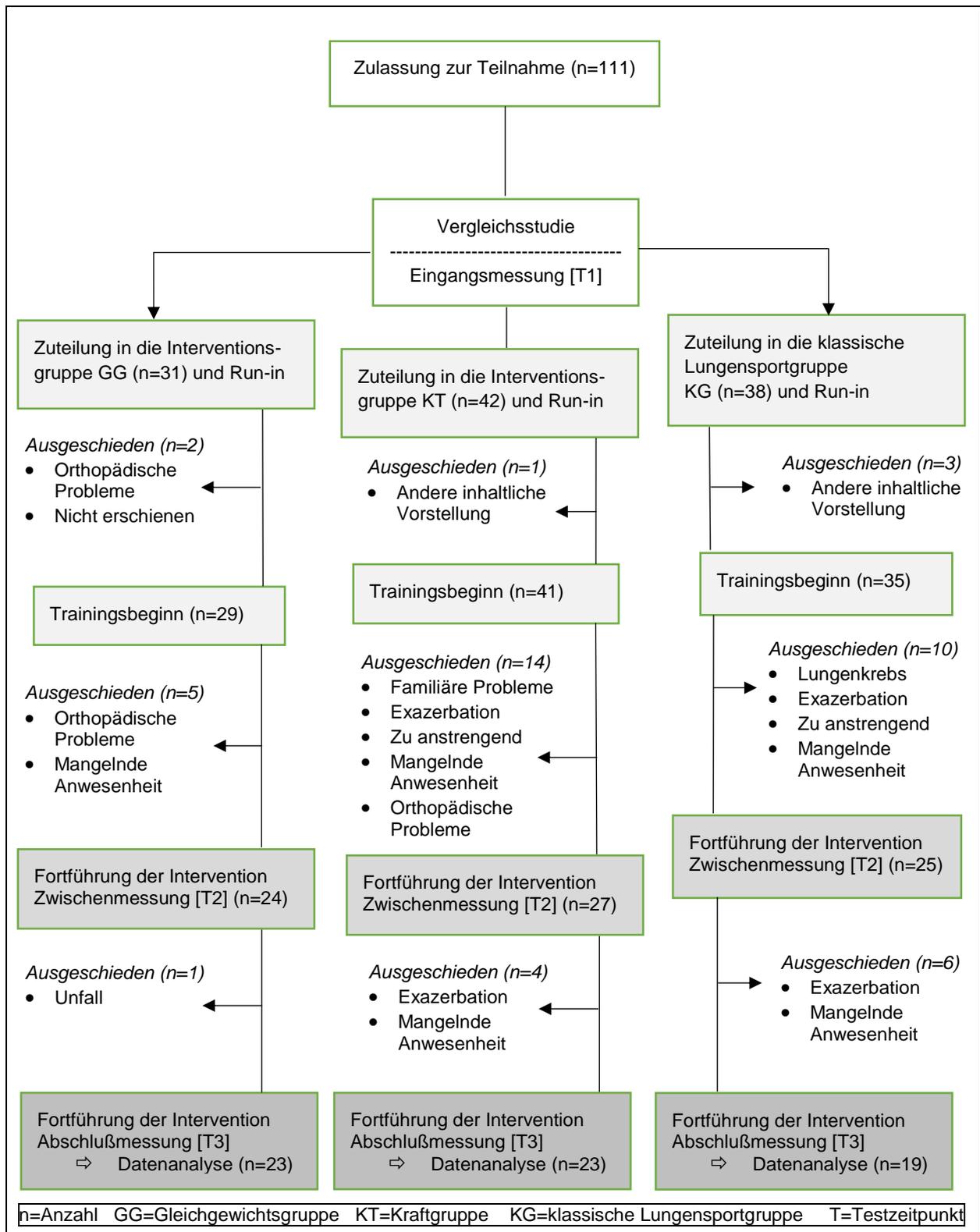


Abbildung 6: Anzahl der Teilnehmer im Verlauf der Studie sowie Abbruchgründe

An der Studie nahmen 111 Interessierte teil, von denen 65 die Abschlusstestung absolvierten. Die Rekrutierung und Durchführung fand in drei Blöcken statt. Ein Block umfasste den Zeitraum des Rekrutierungsbeginns per Zeitungsannonce bis zur letzten Abschlussmessung aller drei Gruppen. Im Flow-Chart ist für den ganzen Zeitraum der Studie die Anzahl der Teilnehmer (TN) im Verlauf in den einzelnen Gruppen zu erkennen. Die Abbruchgründe sind ab Beginn der Zulassung bis zur Abschlussmessung dokumentiert (s. Abbildung 6).

4.2.2 Charakteristika aller Studienteilnehmer zum Zeitpunkt T1

Tabelle 9: **Gruppencharakteristika aller Teilnehmer zum Zeitpunkt T1**

(GG=Gleichgewichtsgruppe, KT=Kraftgruppe, KG=Klassische Lungensportgruppe, BMI=Body-Mass-Index, FEV₁= forciertes expiratorisches Volumen in der ersten Sekunde, mMRC= modifizierter Medical Research Council, BODE=BMI,Obstruktion,Dyspnoe,Exercise, COPD=chronic obstructive pulmonary disease, VO₂=Sauerstoffvolumen, ml=Milliliter, min.=Minute, max.=Maximum, min=Minimum, TN=Teilnehmer, paO₂(CO₂)=arterieller Partialdruck für Sauerstoff (Kohlendioxid))

	GG	KT	KG	Gesamt
Anzahl	31	42	38	111
Geschlecht ♂/♀	14/17	22/20	14/24	50/61
Alter (in Jahren)	64,5 ± 6,7	63,3 ± 8,8	66,6 ± 7,9	64,8 ± 8,0
Größe (in Zentimeter)	171 ± 8,8	171 ± 9,3	167 ± 8,0	169 ± 8,9
Gewicht (in Kilogramm)	73,9 ± 17,1	80,6 ± 17,7	78,0 ± 19,2	77,9 ± 18,1
BMI	25,0 ± 4,1	27,6 ± 5,4	27,9 ± 6,1	27,0 ± 5,5
Sauerstoffpflichtig				11
- paO ₂ (min – max.)	0	5	6	63,3 (52,3 - 83,5)
- paCO ₂ (min – max.)				44,0 (31,0 - 55,9)
FEV ₁ (%)	57,4 ± 17,6	55,2 ± 18,5	53,3 ± 17,0	55,1 ± 17,7
FEV ₁ in Liter	1,61 ± 0,60	1,55 ± 0,52	1,32 ± 0,42	1,49 ± 0,52
BODE (0-2/3-4/5-6/7-10)	23/7/1/0	27/10/2/3	25/7/6/0	75/26/9/3
COPD-Grad (1/2/3/4)	4/17/9/1	4/17/17/4	2/23/7/6	10/57/33/11
Unterteilung (A/B/C/D)	16/5/7/3	17/6/9/10	16/9/7/6	49/20/23/19
Anzahl TN Spiroergometrie	18	21	12	51
- Leistung in Watt	61,11 ± 29,17	59,86 ± 24,77	55,58 ± 25,86	59,29 ± 26,20
- VO ₂ in ml/min.	1208,2 ± 356,1	1196,1 ± 315,5	1008,6 ± 132,9	1156,2 ± 306,1

Die Gruppencharakteristika sind in den Parametern Alter, BODE-Index, COPD-Grad und Unterteilung annähernd gleich verteilt. In allen anderen Parametern unterscheiden sich die Gruppen. Über die Hälfte der Teilnehmer in den Interventionsgruppen nahmen an der Spiroergometrie teil, wobei die Gleichgewichtsgruppe sowohl in der Leistung in Watt als auch in der maximalen Sauerstoffaufnahme höhere Werte erzielte.

Die in der Spiroergometrie erhobenen Daten (Leistung in Watt) ergaben zum Zeitpunkt T1 in allen drei Gruppen jeweils einen Wert, der sich deutlich von den anderen Werten unterschied (s. Abbildung 7). Bei der maximalen Sauerstoffaufnahme (hier: relative Werte) hatten nur die Interventionsgruppen KT und GG jeweils zwei Werte, welche sich von den anderen Werten abhoben (s. Abbildung 8).

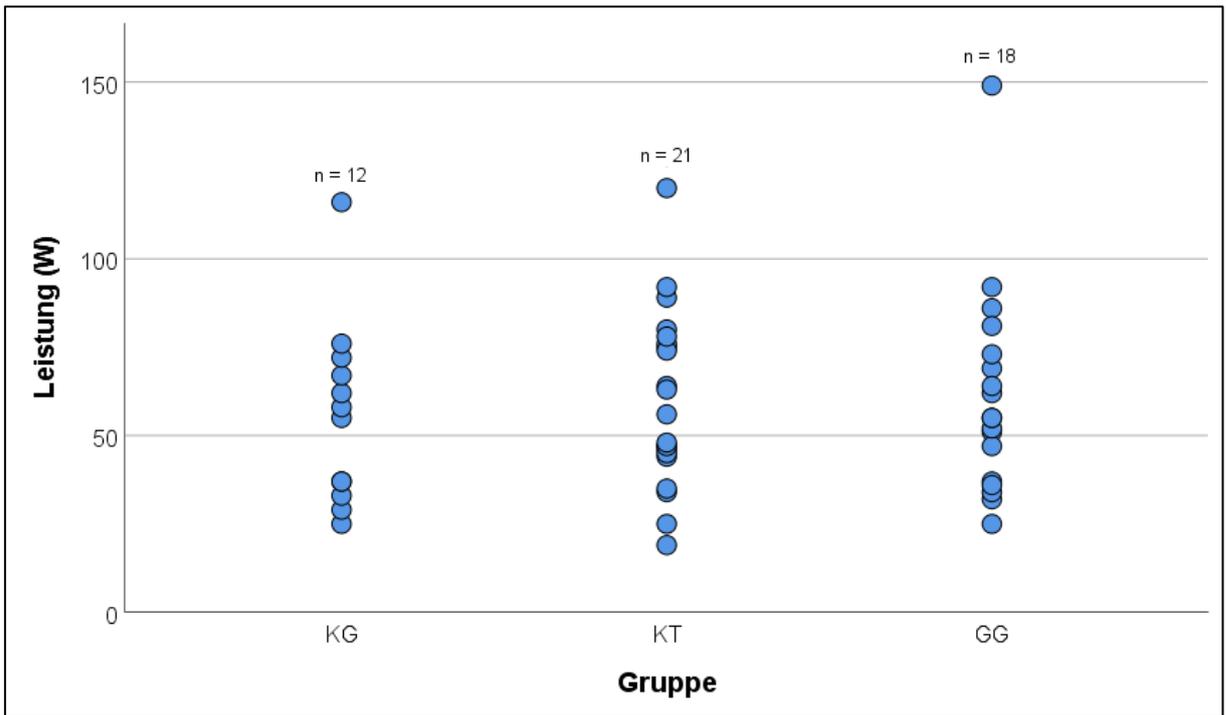


Abbildung 7: **Maximale Leistung in Watt aufgeteilt nach Gruppe zum Zeitpunkt T1**
 (GG=Gleichgewichtsgruppe, KT=Kraftgruppe, KG=Klassische Lungensportgruppe, W=Watt, n=Anzahl)

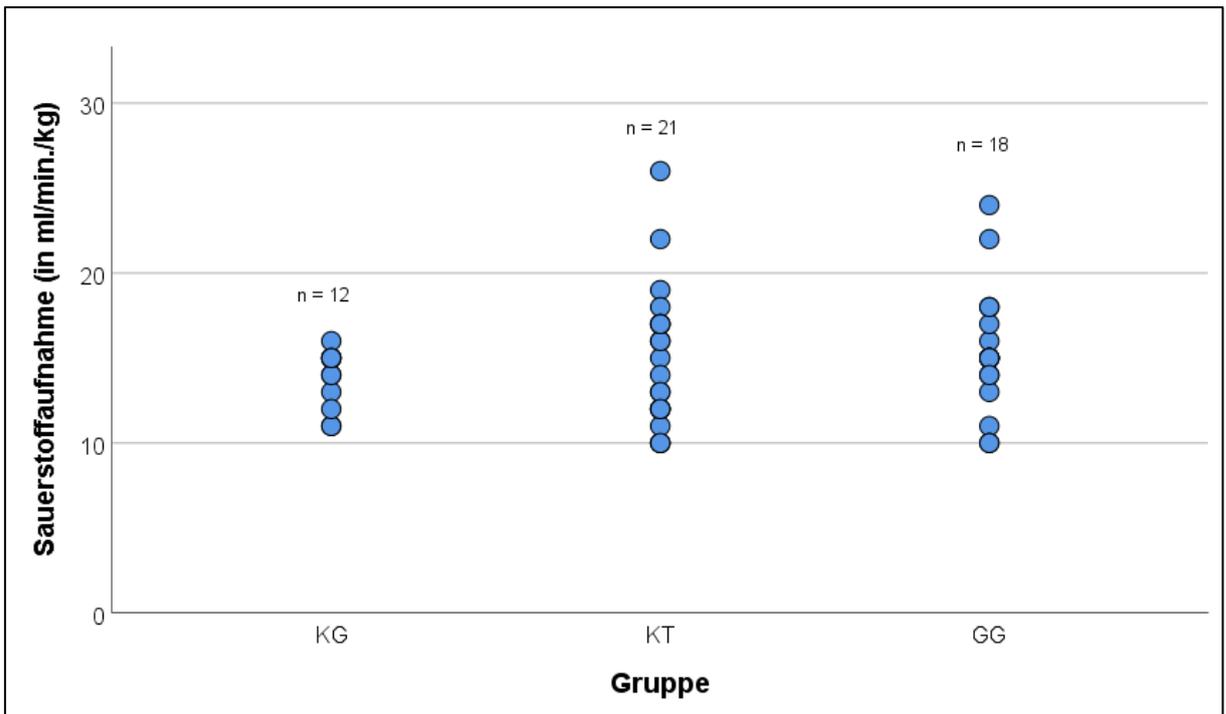


Abbildung 8: **Maximale Sauerstoffaufnahme in ml/min./kg nach Gruppe zum Zeitpunkt T1**
 (GG=Gleichgewichtsgruppe, KT=Kraftgruppe, KG=Klassische Lungensportgruppe, ml=Milliliter, min.=Minute, kg=Kilogramm, n=Anzahl)

4.2.3 Studienmodifikation

Der ursprüngliche Studienablauf sah eine Randomisierung vor. Dies ließ sich aus folgendem Grund nicht durchführen: Viele Teilnehmer hatten persönliche Verpflichtungen bzw. standen noch im Berufsleben und konnten daher nur zu bestimmten Terminen den Lungensport wahrnehmen. Deshalb wurde die Studie als offene Vergleichsstudie durchgeführt, bei der die Studienteilnehmer ihre Gruppenzugehörigkeit wählen konnten.

Auch sah der ursprüngliche Studienablauf eine Fehlzeit von höchstens zwei Einheiten vor. Da sich ein Schwund von Teilnehmern in den einzelnen Gruppen durch Witterungsverhältnisse, Exazerbation und jahreszeitliche Infekte beobachten lies und insbesondere schwer erkrankte Teilnehmer hiervon betroffen waren, konnten mehr als zwei fehlende Einheiten an den regulären Abschlusstermin angehängt werden. Allerdings mussten mehr als 80% der Teilnahme bis zur 15. Woche erfüllt sein. Gab es einen Termin, den der Teilnehmer absagen musste, bestand die Möglichkeit eines Ausweichtermins in eine Gruppe vergleichbaren Niveaus. Möglichst vielen Interessierten, welche die Zulassungsvoraussetzungen erfüllten, die Teilnahme an der Studie zu gewähren, insbesondere schwer Betroffene nicht zu benachteiligen und den Zeitraum der Studie so kurz wie möglich zu halten, waren die wichtigsten Gründe für diese Modifikationen.

4.2.4 Einflussfaktoren

Um die Reliabilität der Tests auf einem hohen Niveau zu halten und mögliche Variablen auszuschließen, die die Ergebnisse beeinflussen können, müssen sorgfältige Planungen im Vorfeld der Studie getroffen werden. Trotz aller Sorgfalt gelingt dies nicht immer, daher müssen diese Faktoren in der Bewertung der Ergebnisse Berücksichtigung finden. Hierzu gehören folgende Einflussfaktoren:

6-Minuten-Gehtest

Der formelle Ablauf und die Richtlinien nach der ATS wurden streng eingehalten. Die Uhrzeiten der Testungen beliefen sich auf 12 Uhr Mittag oder dem späten Nachmittag, wenn der Flur zur Gehstreckenmessung nicht von anderen Personen frequentiert wurde. Die Testzeitpunkte für den Zwischen- und Abschlusstest waren bei derselben Person identisch mit dem Eingangstest. Alle Tests wurden ausschließlich vom Studienleiter durchgeführt. Die zeitaufwändige Schulung anderer Mitarbeiter konnte so entfallen. Alle Tests wurden bei jeder Person nach der gleichen Reihenfolge durchgeführt.

5 STST und SCT

Der sit-to-stand Test wurde immer auf demselben Stuhl mit derselben Stoppuhr durchgeführt. Mögliche Zeitunterschiede, die einen Effekt auf das Ergebnis haben könnten, liegen in der

Auge-Hand-Koordination des Testers begründet, der die Zeit stoppen muss, wenn sich der Teilnehmer nach dem fünften Aufstehen wieder hinsetzt. Die MCID bei diesem Test beträgt lediglich -1,7 Sekunden. Auch beim SCT ist der Zeitpunkt des Anhaltens der ablaufenden Zeit mit dem Aufsetzen beider Füße auf den Boden erreicht, so dass hier ebenfalls eine leichte Variabilität in der Zeitspanne zu vermuten ist.

CR-10-Skala

Die Angabe der Belastungsdyspnoe und der muskulären Beinermüdung nach dem 6-Minuten-Gehtest erfolgte anhand der CR-10-Skala. Die Teilnehmer wurden zu Beginn des Tests über die Handhabung und Interpretation der Skala aufgeklärt.

Isometrischer Krafttest

Die Angaben der Sitz- und Adaptoreinstellungen wurden genau dokumentiert, so dass im Retest dieselben Bedingungen vorherrschten. Zum Verständnis der Aufgabe konnte jeder Teilnehmer vor der eigentlichen Messung ein Probetest durchführen. Es gab keine verbalen Anfeuerungen des Studienleiters während des Tests. Die Aufgabe wurde immer zuerst mit dem rechten Bein, danach mit dem linken Bein durchgeführt.

Gleichgewichtstests

Alle Aufgaben wurden in derselben Reihenfolge durchgeführt. Die Aufgaben, die in ihrer verbalen Äußerung missverstanden werden konnten, wurden vom Studienleiter einmal vorgezeigt. Bei einigen Teilnehmern konnte es im BBS Test zu sogenannten Deckeneffekten kommen. Eine nennenswerte Verbesserung, geschweige das Erreichen der MCID war dann nicht möglich. Da bereits im Vorfeld der Studie dies in Erwägung gezogen wurde, kam der FAB Test als zusätzlicher Test zum Einsatz.

Fragebogen (CAT und SGRQ)

Generell kann die Richtigkeit der Angaben in Fragebögen in Frage gestellt werden. So ist durchaus davon auszugehen, dass nicht alle Angaben richtig angegeben wurden. Gründe hierfür sind vielfältiger Art, dies kann mangelndes Verständnis für die Situation, übertriebene Selbsteinschätzung, depressive Verstimmungen mit tendenziell schlechterer Einschätzung der eigenen Person oder unbegründeter Scham sein. Bei Unklarheiten zum inhaltlichen Verständnis der Fragen, gab es die Möglichkeit den Studienleiter zu kontaktieren und dies zu klären. Nach Rückgabe der Fragebögen untersuchte der Studienleiter alle Fragen auf fehlende Werte.

Trainingspläne

Die Trainingspläne beinhalteten Variationsmöglichkeiten zur Steigerung des Schwierigkeitsgrades oder der Intensität. Dies wurde ausführlich in den Trainingseinheiten vermittelt. Dies soll die großen Unterschiede in der Leistungsfähigkeit der COPD-Betroffenen in den einzelnen Gruppen berücksichtigen, indem jeder einzelne in individueller Absprache mit dem Studienleiter die Schwierigkeitsstufe bzw. Intensität zugewiesen bekam, welche für ihn angemessen erschien. So kann eine ausreichende Belastung jedes Studienteilnehmers erfolgen mit dem Ziel möglichst große Auswirkungen auf die Verbesserung in der Leistungsfähigkeit zu erhalten.

4.3 BESCHREIBUNG DER GRUPPEN

4.3.1 Klassische Lungensportgruppe (KG)

Die Inhalte des Programms der klassischen Lungensportgruppe bestanden aus Atemtechnik, Mobilisierung des Brustkorbes sowie Kräftigung und Dehnung der Rumpfmuskulatur und der Arme. Dieses Programm wurde auf eine minder belastbare Gruppe von Lungensportteilnehmern zugeschnitten. Zusätzlich kamen Haltungsübungen zur Stärkung der Rückenmuskulatur im Sitzen und Stehen dazu. Kleingeräte wie Tubes, Hanteln, Stäbe und Bälle kamen ebenso zum Einsatz wie Pezzibälle und Flexibar, wobei mind. 80% der Übungen im Sitzen auf einem Hocker durchgeführt wurden. Sauerstoffsättigungswerte, Peakflow-Werte, besondere Ereignisse, die Einfluss auf die Befindlichkeit hatten und Aktivitäten auf freiwilliger Basis konnten in eine Tabelle, die jeder Teilnehmer am Lungensport bekam, eingetragen werden (s. Anhang S. 178). Die Teilnehmer trafen sich 2x pro Woche für 60 Minuten.

4.3.2 Kraftgruppe (Krafttraining = KT)

Hier waren zwei Trainingseinheiten pro Woche à 60 Min. (mit 35 Min. effektive Trainingszeit) als strukturiertes Krafttraining für die unteren Extremitäten vorgesehen. Die Übungen waren so ausgewählt, dass sie mit dem eigenen Körpergewicht oder Zuhilfenahme von kleinen, preiswerten Übungsgeräten (Hanteln, Theraband, Gewichtsmanschetten etc.) durchgeführt wurden. So bestanden die Übungen auch aus Squats in unterschiedlichen Ausführungen, zuerst ohne Gewichte, dynamisch und zweibeinig, später dann mit Gewichten, statisch und einbeinig. Die Intensität während des Trainings wurde durch die RPE-Skala und der Dyspnoe bestimmt. Daher wurde in den ersten Einheiten ein besonderes Augenmerk auf die Schulung der subjektiven Wahrnehmung und des Belastungsempfindens durch den Übungsleiter gelegt.

Die muskuläre Beanspruchung sollte bei den letzten Wiederholungen einer Übung bei 13 auf der RPE-Skala liegen. Hierbei richtete sich der Übungsleiter bei den Inhalten des Krafttrainings nach den Empfehlungen von Gschwind et al. (s. Tabelle 10). Eine Übung wurde außerdem immer dann abgebrochen, wenn entweder die Schmerzen in den betreffenden Gelenken zu groß oder die Dyspnoe zu stark waren. Die progressive Steigerung der Belastung erfolgte mittels Übungsvariation (eingelenkig – mehrgelenkig, konzentrisch – isometrisch – exzentrisch, Veränderung Hebellänge und Bewegungsgeschwindigkeit), Zusatzgewichte und Erhöhung der Zugspannung. Als ideales Material für das Training in der Gruppe und im häuslichen Bereich haben sich die überall einsetzbaren elastischen Bänder, sog. Therabänder bewährt (Baumann et al. 2012; Ramos et al. 2014; Bertolini et al. 2016). Je nach Trainingszustand und Muskelgruppe kamen dabei unterschiedliche Stärken zum Einsatz. Jeder Teilnehmer der Kraftgruppe erhielt für die Übungen zu Hause (mind. 1x pro Woche) ein Theraband und einen Trainingsplan, in welchem sich neben den wöchentlichen Übungen auch das Tagebuch zum Eintragen aller relevanten Parameter befand (s. Anhang S. 179/180).

Tabelle 10: **Richtlinien für Krafttraining** (modifiziert nach Gschwind et al. 2013, S. 7)

Übungsparameter	Empfehlung
Intensität	Definiert durch den Schwierigkeitsgrad, Ermüdung (BORG, Atmung, Sauerstoffsättigung) und Wiederholungszahl Anfänger: 12-13 Fortgeschrittene: 14-16
Qualität	Technisch korrekte Ausführung, Maximale ROM ¹⁹
Bewegungsgeschwindigkeit	Konzentrisch - Exzentrisch 1:1 oder 1:2 (weniger Atemarbeit) Isometrie mindestens 5 Sekunden
Sätze	2-3 (zu Hause 3 Sätze)
Häufigkeit	3 Trainingseinheiten pro Woche (2x in Gruppe, 1x in Eigenregie)
Wiederholungszahl	Anfänger: 10-15 (mittlerer Widerstand bis zur lokalen Muskelermüdung) Fortgeschrittene: 8-12 (hoher Widerstand bis zur lokalen Muskelermüdung)
Pause	2 min. zwischen den Sätzen

Zur Verminderung der dynamischen Überblähung erwies sich die Kopplung der Atmung an die Bewegung als vorteilhaft. Dabei wurde in der belastenden Bewegungsphase verlängert ausgeatmet und die kardiale sowie pulmonale Belastung so auf ein Minimum reduziert. Jeder Teilnehmer wurde angehalten das Atemmuster an die Bewegungen anzupassen. Der Übungsleiter wies immer wieder auf einen permanenten Atemfluss hin, da Pressatmung und

¹⁹ Range of motion = Bewegungsausmaß

forcierte Ausatmung unter Einsatz der Bauchmuskulatur unbedingt zu vermeiden waren (Müller & Jacob 2005; Göhl 2013b).

4.3.3 Gleichgewichtsgruppe (GG)

Äquivalent zur Kraftgruppe wurden zwei Übungseinheiten à 60 Min. (mit effektiver Trainingszeit von 35 Min.) als strukturiertes Gleichgewichtstraining absolviert. Die Einheiten waren so aufgebaut, dass zunächst eine Wahrnehmungsschulung mit daran anschließendem Gleichgewichtstraining erfolgte. Die Gleichgewichtsübungen richteten sich nach den Vorschlägen von Gschwind et al. (2013), wobei zuerst das statische Gleichgewicht mit verschiedenen Untergründen, Sinnesreizeinflüsse, Tempi, etc. geschult wurde. Im Anschluss daran sind die Übungsparameter auf das dynamische Gleichgewicht übertragen worden (s. Tabellen 11 und 12).

Die Progredienz bzw. die Übungsvariation gestaltete sich wie folgt:

- von einer großen zu einer geringen Unterstützungsfläche
- vom bipedalen zum monopedalen Stand
- vom stabilen zum instabilen Untergrund
- Ausschalten von Sinnesreizen (Augen und Ohren)
- Zusatzaufgaben
- reaktive Übungen

Tabelle 11: **Richtlinien für statische, reaktive und proaktive Gleichgewichtsübungen** (modifiziert nach Gschwind et al. 2013, S. 8)

Gleichgewicht (statisch)	Übungsparameter	Empfehlung
Gleichgewichtszustand	Unterstützungsfläche	Stabil nach labil: Zweibeinstand – Schrittstellung – Füße hintereinander – Einbeinstand
	Fußposition	Innen- oder Außenrotation, Ferse oder Ballen
	Oberfläche	weich/hart (z.B. Schaumstoffmatte)
	Sinnesreiz	Sehen oder Hören
	Zusatzaufgaben	Zusätzliche motorische und/oder kognitive Aufgabe
Reaktiv	Ausstattung	Verwendung von Hanteln, elastische Bänder, Bälle, etc.
	Kontrollierte Störungen	Reaktion auf einen externen Reiz (Ziehen oder Drücken) variierbar in Geschwindigkeit, Bewegungsumfang und Richtung an Hüfte, Rumpf oder Schulter
Proaktiv	ADL	Kombination von Gleichgewichtsaufgaben mit Alltagsbewegungen

Tabelle 12: **Richtlinien für dynamische, reaktive und proaktive Gleichgewichtsübungen**
(modifiziert nach Gschwind et al. 2013, S. 8)

Gleichgewicht (dynamisch)	Übungsparameter	Empfehlung
Gleichgewichtszustand	Unterstützungsfläche	Stabil nach labil: Gang normal – eng – überlappend – Füße voreinander (s. Abbildung 9)
	Fußposition	Innen- oder Außenrotation, Ferse oder Ballen
	Oberfläche	weich/hart (z.B. Schaumstoffmatte)
	Sinnesreiz	Sehen oder Hören
	Zusatzaufgaben	Zusätzliche motorische und/oder kognitive Aufgabe
	Bewegungsgeschwindigkeit	Verlangsamung oder Beschleunigung der Ausführungsgeschwindigkeit
	Ausstattung	Verwendung von Hanteln, elastische Bänder, Bälle, etc.
	Richtung	vorwärts – rückwärts – nach links oder rechts - diagonal
	Rhythmus	langsam – schnell – wechselnd langsam oder schnell
Reaktiv	Kontrollierte Störungen	Reaktion auf einen externen Reiz (Ziehen oder Drücken) variierbar in Geschwindigkeit, Bewegungsumfang und Richtung an Hüfte, Rumpf oder Schulter
Proaktiv	ADL	Kombination von Gleichgewichtsaufgaben mit Alltagsbewegungen

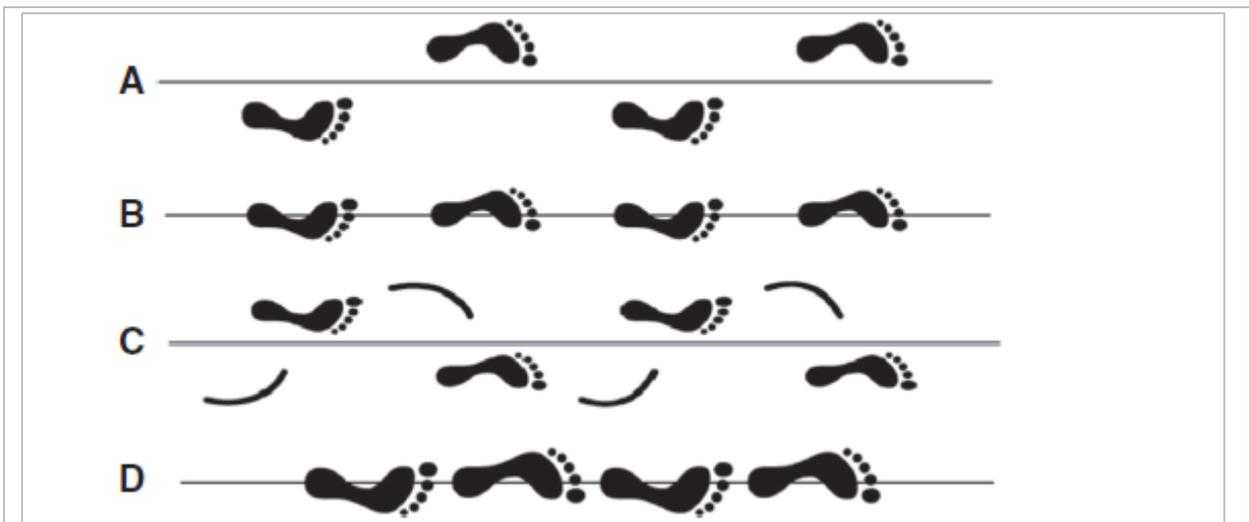


Abbildung 9: **Unterstützungsfläche bei verschiedenen Gangbildern** (Gschwind et al. 2013, 10)
A: normaler Gang B: enger Gang C: überlappender Gang D: Tandem Gang

Im Übungsheft sind die Wochen in statisches und dynamisches Gleichgewicht sowie reaktive Übungen und Multitasking eingeteilt. Der Anstrengungsgrad und die Dyspnoe der einzelnen Übungen waren am Ende der häuslichen Übungseinheit nach der CR-10-Skala zu bewerten. Die Übungseinheit gliederte sich in einen Aufwärm-, Haupt- und Abschlussteil, wobei die Interventionsgruppen einen identischen Aufwärm- und Abschlussteil hatten (s. Anhang S. 181-183).

4.4 STUDIEN-HYPOTHESEN

Als primärer Endpunkt wurde die Änderung im *five-time sit-to-stand* Test (5 STST) im Vergleich von T1 (Eingangstest zu Beginn der Studie) zu T3 (Abschlusstest am Ende der Studie) im Intragruppenvergleich genommen. Sekundäre Endpunkte waren im 5 STST der Intergruppenvergleich und die Unterschiede im 6-Minuten-Gehtest, im *stair climb* Test, in der isometrischen Kraftmessung und in den Gleichgewichtstests BBS und FAB. Des Weiteren wurden die Veränderungen in den Kategorien des *St. George's Respiratory Questionnaire* untersucht und auch der Gesamt-Score des COPD *Assessment* Test betrachtet.

Primärer Endpunkt

Der STST ist ein funktioneller Test, welcher die Leistungsfähigkeit in Bezug auf Alltagsaktivitäten misst (Glöckl 2012a). Zudem gestaltet er sich einfach in seiner Durchführung und benötigt nur minimales Equipment. Bei älteren Personen wird der Test auch gerne zur Messung der Gleichgewichtsfähigkeit, insbesondere der posturalen Balance (s. auch Kapitel 3.3) herangezogen (Annweiler et al. 2011). Eine Zeitdauer von mehr als 15 Sekunden ist mit einem erhöhten Sturzrisiko assoziiert (Ejupi et al. 2015). Da es sich bei COPD-Betroffene um deconditionierte Teilnehmer handelt, ist nicht nur deren Gleichgewichtsfähigkeit, sondern auch die Kraft in der unteren Extremität reduziert (Butcher et al. 2004; Kim et al. 2008; Smith et al. 2010; Gea et al. 2015).

Sekundäre Endpunkte

Bean et al. (2007) konnten bei älteren Personen den *stair climb* Test als relevantes Messinstrument zum Aufdecken von Beeinträchtigungen in der Bein kraft nachweisen. Bei COPD nimmt die Dyspnoe als Leitsymptom bei körperlicher Belastung, so auch beim Treppensteigen zu (Hering 2015). Der 6-Minuten-Gehtest ist nicht nur ein Prädiktor für die Mortalität bei COPD, sondern er wird auch als einfach durchzuführender Test für die Messung der submaximalen Leistungsfähigkeit herangezogen (Pinto-Plata et al. 2004; Puhan et al. 2011). Außerdem gehört das Gehen zu den wichtigsten Aktivitäten im Alltag (Beijersbergen et al. 2016). Die Gleichgewichtstests BBS und FAB sowie die isometrische Maximalkrafttestung sollen die Effektivität der Trainingsmethoden (Gleichgewicht und Kraft) überprüfen. Ein wichtiges Kriterium für den Erfolg einer Intervention ist die Zunahme der Lebensqualität insbesondere bei denjenigen, die in ihren Alltagsaktivitäten stark eingeschränkt sind. Daher werden die *Items* von zwei COPD-spezifischen Fragebögen auf ihre Veränderung hin untersucht.

Hypothesen

1. In allen drei Gruppen wird im 5 STST überprüft, ob sich innerhalb der Gruppen signifikante Veränderungen ergeben haben oder nicht (Intragruppenvergleich). Es gelten folgende Hypothesen:

$$H_0: \mu T1 = \mu T3$$

$$H_1: \mu T1 \neq \mu T3$$

(μ = Mittelwerte; T = Testzeitpunkt)

- ⇒ Da die Gruppe KG Übungen in überwiegend sitzender Form durchführt, ist keine Veränderung von T1 nach T3 zu erwarten. H_0 wird vermutet. Bei den Interventionsgruppen ist im Gegensatz dazu eine Verbesserung von T1 nach T3 mit H_1 zu vermuten.
- ⇒ Die Alternativhypothese wird außerdem spezifiziert, indem weiterhin angenommen wird, dass die Interventionsgruppen signifikante Verbesserungen erzielen, welche die MCID überschreiten. H_1 mit $MCID \geq 1,7$ wird vermutet.

2. Im 5 STST werden die Verbesserungen in der klassischen Lungensportgruppe mit den Verbesserungen in den Interventionsgruppen verglichen (Intergruppenvergleich). Es gelten folgende Hypothesen:

$$H_0: \Delta KG = \Delta KT = \Delta GG$$

$$H_1: \Delta KG \neq \Delta KT \text{ oder } \Delta GG$$

(H_0 = Nullhypothese; H_1 = Alternativhypothese; Δ = Differenz zu allen Messzeitpunkten)

- ⇒ Da die Interventionsgruppen zweimal pro Woche eine Intervention mit insgesamt höherer Intensität gegenüber der Gruppe KG erhalten, ist davon auszugehen, dass beide Gruppen (KT+GG) im STST signifikante Verbesserungen erfahren würden. Die Werte, um die sich die Gruppen verbessern, werden nur geringfügig voneinander abweichen, so dass zwischen den Gruppen kein Unterschied bestehen sollte. H_0 wird zwischen KT und GG vermutet.
- ⇒ Da die Gruppe KG viele Übungen im Sitzen mit den oberen Extremitäten durchführt, bleibt sie in ihrer Intensität in den unteren Extremitäten deutlich unterhalb der Interventionsgruppen. Daher ist zwischen den Gruppen KG und KT bzw. KG und GG ein Unterschied zu vermuten. Hier wird H_1 angenommen.

3. In den anderen Parametern wird untersucht, ob die Interventionsgruppen größere Veränderungen gegenüber der klassischen Lungensportgruppe erzielen oder nicht (Intragruppenvergleich). Es gelten folgende Hypothesen:

$$H_0: \Delta \mu KT = \Delta \mu GG = \Delta \mu KG$$

- $H_1: \Delta\mu_{KT} > \Delta\mu_{KG}$ oder $\Delta\mu_{GG} > \Delta\mu_{KG}$
- ⇒ Ein Training mit spezifischen und mit aufeinander aufbauenden Inhalten sollte größere Effekte bewirken als ein unspezifisches Training. Ebenso sollte eine mit höheren Intensitäten arbeitende Gruppe auch größere Veränderungen in den motorischen Parametern erzielen. Diese Auswirkungen sollten sich auch in den Scores der Lebensqualitätsfragebögen bemerkbar machen. H_1 wird vermutet.
4. In den Interventionsgruppen werden spezifische Effekte untersucht. So soll die Kraftgruppe in den Ergebnissen der isometrischen Kraftmessung signifikant höhere und die Gleichgewichtsgruppe in den Gleichgewichtstests signifikant bessere Werte erzielen. Hypothesen sind wie folgt:
- $H_0: \Delta\mu_{KT} = \Delta\mu_{GG}$ (Krafttraining)
 $H_1: \Delta\mu_{KT} > \Delta\mu_{GG}$
 $H_0: \Delta\mu_{GG} = \Delta\mu_{KT}$ (Gleichgewichtstraining)
 $H_1: \Delta\mu_{GG} > \Delta\mu_{KT}$
- ⇒ Da die Interventionsgruppen ein auf sie zugeschnittenes Programm erhalten, ist davon auszugehen, dass ein Krafttraining die Kraft und ein Gleichgewichtstraining das Gleichgewicht verbessert. H_1 wird in beiden Fällen vermutet.
5. Unabhängig von der Gruppenzugehörigkeit werden die Effekte innerhalb der COPD-Grade untersucht. Dabei wird die Anzahl der signifikanten Verbesserungen und der erreichten MCIDs verglichen (Intragruppenvergleich). Hypothesen sind wie folgt:
- $H_0: \Delta\mu_{COPD\ 1+2} = \Delta\mu_{COPD\ 3+4}$
 $H_1: \Delta\mu_{COPD\ 3+4} > \Delta\mu_{COPD\ 1+2}$
 $H_0: n \text{ erreichte MCID (COPD 3+4)} = n \text{ erreichte MCID (COPD 1+2)}$
 $H_1: n \text{ erreichte MCID (COPD 3+4)} > n \text{ erreichte MCID (COPD 1+2)}$
(n = Anzahl)
- ⇒ Untrainierte bzw. leistungsschwächere Personen haben ein größeres Potenzial gegenüber gut Trainierte ihre Leistungsfähigkeit zu verbessern und somit signifikante Veränderungen (über die MCID hinausgehend) in den motorischen Tests zu erreichen. Die Hypothese fußt daher auf der Annahme, dass die Schweregrade 3 und 4 leistungsschwächer als die Schweregrade 1 und 2 sind. Die Gruppen 3 und 4 sollten deshalb der Anzahl nach mehr signifikante Veränderungen erzielen und öfter die MCID erreichen. H_1 wird vermutet.

4.5 STATISTIK UND FALLZAHLPLANUNG

Bei Studien soll unter Betrachtung der Wirksamkeit einer Behandlung bei der Stichprobe eine Aussage des Studienergebnisses auf die Grundgesamtheit gemacht werden. Auf Basis der in der Studie gewonnenen Daten wird ein Wirksamkeitstest (Signifikanztest) durchgeführt, um einen Effekt festzustellen. Ist ein Effekt vorhanden, kann dieser entweder zufällig aufgetreten sein, mit der Grundgesamtheit übereinstimmen oder einer systematischen Verzerrung unterliegen. Da in dieser Studie die Größe aller Gruppen auf 15 Teilnehmer begrenzt werden musste, wurde das Verfahren der Blockverteilung angewandt (Schulz & Grimes 2007a, 2007b).

Für die Planung der Fallzahl sind folgende Faktoren festzulegen: „die Studienfrage, das Studiendesign, die primäre Zielgröße, der klinisch relevante Therapieeffekt und seine vermutliche Variabilität, sowie das Signifikanzniveau und die Power“ (Held 2014, S. 2198). In klinischen Studien wird eine Fallzahlplanung vorausgesetzt, um zum einen aussagekräftige Ergebnisse zu erhalten und zum anderen Zeit, Kosten und Personal zu sparen (Röhrig et al. 2010). Für die Berechnung der Fallzahlen sind normalerweise folgende Elemente erforderlich: Fehler der 1. und 2. Art sowie die erwartete Ereignisrate in der Kontroll- und Interventionsgruppe. Ist keine Effektgröße aus ähnlichen Studien aus der Literatur bekannt, empfiehlt sich eine Orientierung an die von Cohen 1988 ermittelten Zahlen (Rasch et al. 2014). Da das Studiendesign drei Messzeitpunkte und drei Gruppen vorsah, eignete sich die ANOVA (*Analysis of Variance*) am besten zur Fallzahlplanung. Nach Durchsicht verschiedener Literaturquellen (Jones et al. 2013; Spielmanns et al. 2017) mit dem primären Studienendpunkt 5 STST, aber einem anderen Studiendesign wurde ein Mittelwert mit Standardabweichung von $1,6 \pm 3,0$ angenommen und r mit 0,8 festgesetzt. Die Effektstärke nach Cohen betrug somit $f = 0,42$ und eine Gesamtfallzahl von 60 war erforderlich. Sind die Voraussetzungen einer ANOVA nicht erfüllt, z.B. bei Verletzung der Normalverteilung und Varianzhomogenität, muss die Überprüfung mit nichtparametrischen Verfahren erfolgen. Hier stehen im Programm G*Power zwei Tests zur Auswahl: Wilcoxon und Wilcoxon-Mann-Whitney. Beide Verfahren treffen allerdings das Studiendesign nicht, da sie lediglich von ein oder zwei Gruppen ausgehen und auch keine Messwiederholungen berücksichtigen. Die Fallzahl läge bei einer Hochrechnung auf drei Gruppen zwischen 66 und 68.

Da im Vorfeld die Bedingungen für die Teilnahme an der Studie (Ein- und Ausschlusskriterien, Teilnahme über 12 Wochen mit zweimaliger Anwesenheit in der Woche und Übungsprogramm für die Gruppe KT und GG in Eigenregie) bekannt waren und mit einer Abbruchquote von ca. 50% (Göhl et al. 2006; Ries et al. 2007; Greulich et al. 2014) gerechnet wurde, musste die doppelte Anzahl an Teilnehmern rekrutiert werden, um auf die erforderliche Fallzahl zum Abschluss der Studie zu gelangen.

Die Darstellung der Ergebnisse erfolgt bei metrischen Daten als Mittelwert (\pm Standardabweichung), bei ordinalskalierten und nominalen Daten als Häufigkeit. Werden Veränderungen in den einzelnen Parametern untersucht und miteinander verglichen sind bei metrischen Daten Mittelwerte und Standardabweichung, bei ordinalskalierten Daten Median und Interquartilsabstand (IQR) angegeben. Signifikante Ergebnisse mit einem p-Wert kleiner dem Signifikanzniveau von $\alpha = 5\%$ werden mit einem „*“ markiert.

Die Prüfung der Grunddaten der Studienteilnehmer auf Normalverteilung erfolgt mit dem Shapiro-Wilk-Test. Eine Normalverteilung liegt vor, wenn der p-Wert größer ist als das Signifikanzniveau. Bei normalverteilten Daten und Varianzhomogenität (Levene-Test) werden beim Gruppenvergleich Veränderungen zwischen zwei Gruppen mit dem t-Test und zwischen drei Gruppen mit der Varianzanalyse (ANOVA) ermittelt. Sind die Daten nicht normalverteilt kommen bei zwei Gruppen der Mann-Whitney-U-Test und bei drei Gruppen der Kruskal-Wallis-H-Test zum Einsatz. Häufigkeiten werden mittels Chi²-Test untersucht.

Die Tests BBS und FAB sowie die Fragebögen erscheinen als Median mit IQR. Hierbei handelt es sich um ordinalskalierte Daten. Ein Intra- oder Intergruppenvergleich mit ordinalen Daten erfolgt immer nichtparametrisch. Der 5 STST und der 6 MWT mit drei Testzeitpunkten werden bei Normalverteilung mit der Varianzanalyse mit Messwiederholung und bei nicht normal verteilten Daten mit dem Friedman-Test (Varianzanalyse nach Rang) auf Gleichheit des Lageparameters geprüft, alle anderen Tests mit metrischen Daten entweder mit dem t-Test oder dem Wilcoxon-Vorzeichen-Test. Die Signifikanzprüfung zwischen den Gruppen wird mittels t-Test oder Mann-Whitney-U-Test durchgeführt. Die graphische Darstellung mittels Boxplot ist nach Tukey definiert, bei der die Länge der Whisker auf maximal das 1,5fache des Interquartilsabstands (IQR) beschränkt ist. Milde Ausreißer liegen zwischen dem 1,5 und 3fachen IQR und sind mit einem Kreis, extreme Ausreißer mit Werten über dem 3fachen IQR mit einem Stern gekennzeichnet.

Der Friedman-Test oder die Varianzanalyse mit Messwiederholung, welche bei mehr als zwei Messzeitpunkten angewandt werden, führt bei signifikanten Ergebnissen einen paarweisen Vergleich durch. Hierbei werden zu jedem Messzeitpunkt entweder die Ränge oder die Mittelwerte der Stichproben miteinander verglichen. Die Anpassung der hier ermittelten Signifikanzwerte beruht auf einem Post-Hoc-Test (hier nach der Bonferroni-Korrektur).

Um die Korrelation verschiedener Variablen zu überprüfen, wird bei fehlender Normalverteilung ein Korrelationskoeffizient (r) nach Spearman-Rho berechnet (bei normal verteilten Daten nach Pearson). Bei bestehender Signifikanz erfolgt nach Betrag des Korrelationskoeffizienten die folgende Interpretation: $r \leq 0,5$ - mäßiger Zusammenhang, $0,5 < r \leq 0,8$ - mittlerer Zusammenhang, $r > 0,8$ - hoher Zusammenhang. Alle Tests werden 2-seitig durchgeführt und ein Signifikanzniveau von 5% angenommen.

Beim Vergleich der COPD-Grade 1-4 in Kapitel 5.4 werden auch die einzelnen COPD-Grade untersucht. In der Statistik kommen für den Gruppenvergleich (COPD-Grad 1-4) vier Tests zum Einsatz, der Mann-Whitney-U-Test bzw. der Kruskal-Wallis-H-Test (nonparametrische Verfahren) und der t-Test bzw. die Varianzanalyse (parametrische Tests), welche die Veränderungen zwischen den COPD-Graden feststellen sollen. Danach findet zur Überprüfung der Hypothese (die COPD-Grade 3+4 erreichen mehr signifikante Veränderungen und erzielen öfters die MCID) ein Intragruppenvergleich mittels des Wilcoxon-Vorzeichen-Test oder t-Test Anwendung.

Die Auswertung der Daten erfolgt mit dem Statistikprogramm *IBM SPSS²⁰ Statistics 26* (IBM, USA).

²⁰ International Business Machines Corporation Statistical Package for the Social Science

5 ERGEBNISSE

Per Zeitungsannonce und Vermittlung über die Lungenfacharztpraxen meldeten sich 157 Interessenten, von denen 111 den Ein- und Ausschlusskriterien entsprachen. In der Run-in-Phase schieden 6 Teilnehmer aus (Bruch Mittelfußgelenk, andere inhaltliche Vorstellung und nicht erschienen), somit konnten 105 Teilnehmer mit dem Training beginnen. Die Studie wurde regulär von 65 Teilnehmern beendet. 40 Teilnehmer schieden im Rahmen der Trainingsphase aus. Die Gründe hierfür sind in Tabelle 13 zusammengefasst.

Tabelle 13: **Gründe für den Abbruch der Studie**

(GG=Gleichgewichtsgruppe, KT=Kraftgruppe, KG=Klassische Lungensportgruppe)

Abbruchgründe	GG (8)	KT (19)	KG (19)
Orthopädische Probleme / Unfall	3	2	0
Lungenkrebs	0	0	2
Exazerbation	0	3	3
Mangelnde Anwesenheit / Schlechte Wetterbedingungen / Nicht erschienen	5	8	9
Zu anstrengend	0	3	2
Tod eines Angehörigen	0	2	0
andere inhaltliche Vorstellung	0	1	3

Es werden die Gründe der einzelnen Teilnehmer betrachtet, die aus der Studie ausgeschieden sind (s. Tabelle 13). Auffällig ist die mangelnde Anwesenheit aufgrund geringer Motivation regelmäßig an den Gruppenübungen teilzunehmen. Einige wenige, überwiegend schwerer Betroffene, hatten mit Luftnot im Allgemeinen oder mit den Wetterbedingungen zu kämpfen. Aufgrund akuter Exazerbation schieden sechs Teilnehmer aus der Studie aus. Weitere fünf kämpften mit Beschwerden in den Gelenken oder Sehnen und Bänder der unteren Extremität, die eine Fortführung der Teilnahme nicht ermöglichte. Bei zwei Teilnehmerinnen wurde während der Studie Lungenkrebs diagnostiziert. Fünf Teilnehmer, zumeist Sauerstoffpflichtige, waren mit der Intensität und Frequenz der Trainingseinheiten überfordert und wollten die Studie nicht weiter fortführen. Weitere vier gaben eine andere Vorstellung vom Lungensport an.

5.1 CHARAKTERISTIKA DER TEILNEHMER

Von den 65 Teilnehmern, welche die Studie abschlossen, sind je 23 in der Gruppe GG bzw. Gruppe KT verblieben. Die klassische Lungensportgruppe hatte 19 Teilnehmer. Während das Geschlecht in der KG gleichmäßig verteilt war, besaßen die Interventionsgruppen einen höheren Anteil an Männern. Die Anzahl der Sauerstoffpflichtigen in den einzelnen Gruppen unterschied sich. Während das Alter und die FEV₁ (%) gleich verteilt waren, gab es leichte Unterschiede in der Größe, im Gewicht, im BMI, in der FEV₁/FVC (%) und in der FEV₁ in Litern. Am häufigsten kamen der BODE-Index 0-2, der COPD-Grad 2, die Unterteilung A und der mMRC 1 vor (Tabelle 14).

Tabelle 14: **Gruppencharakteristika der Teilnehmer zum Zeitpunkt T1**

(GG=Gleichgewichtsgruppe, KT=Kraftgruppe, KG=klassische Lungensportgruppe, BMI=Body-Mass-Index, FEV₁=forciertes expiratorisches Volumen in der ersten Sekunde, FVC=forcierte Vitalkapazität, mMRC=modifizierter Medical Research Council, ml=Milliliter, min.=Minute, VO₂=Sauerstoffvolumen BODE=BMI,Obstruktion,Dyspnoe,Exercise, COPD=chronic obstructive pulmonary disease, TN=Teilnehmer, max.=Maximal)

	GG	KT	KG	Gesamt
Anzahl	23	23	19	65
Geschlecht ♂/♀	13/10	13/10	10/9	36/29
Alter (in Jahren)	65,2 ± 6,9	65,8 ± 6,2	66,8 ± 8,0	65,9 ± 6,9
Größe (in Zentimeter)	172 ± 8,2	171 ± 9,0	168 ± 9,8	171 ± 9,0
Gewicht (in Kilogramm)	76,6 ± 17,4	81,6 ± 13,1	76,1 ± 17,5	78,2 ± 16,0
BMI	25,5 ± 4,3	27,9 ± 4,5	26,8 ± 4,7	26,7 ± 4,5
Sauerstoffpflichtig	0	2	1	3
FEV ₁ (%)	58,3 ± 19,2	59,5 ± 17,8	55,2 ± 18,2	57,8 ± 18,2
FEV ₁ in Liter	1,71 ± 0,14	1,65 ± 0,10	1,40 ± 0,10	1,60 ± 0,56
FEV ₁ /FVC (%)	54,74 ± 13,65	57,0 ± 15,91	60,67 ± 20,64	57,22 ± 16,56
BODE (0-2/3-4/5-6/7-10)	17/5/1/0	18/3/2/0	14/3/2/0	49/11/5/0
COPD-Grad (1/2/3/4)	4/11/7/1	2/11/9/1	2/12/3/2	8/34/19/4
Unterteilung (A/B/C/D)	14/2/5/2	13/3/4/3	10/4/3/2	37/9/12/7
mMRC (0/1/2/3/4)	2/17/3/1/0	1/17/4/1/0	0/15/2/2/0	3/49/9/4/0
Anzahl TN Spiroergometrie	16	17	11	44
- Leistung in Watt (max.)	61,31 ± 31,00	62,88 ± 25,43	54,09 ± 26,58	60,11 ± 27,44
- VO ₂ in ml/min. (max.)	1223 ± 376	1217 ± 334	986 ± 113	1162 ± 323

In der Anamnese zur Eingangstestung wurden nicht nur Daten der Größe und des Gewichts abgefragt, sondern auch Begleiterkrankungen erfasst, die in folgender Tabelle für die einzelnen Gruppen dargestellt werden (s. Tabelle 15).

Bei der Angabe der Begleiterkrankungen trat der Bluthochdruck (Hypertonie) am häufigsten auf, gefolgt von der Diabetes mellitus Typ 2 und der Herzerkrankung. Aufgrund der Altersstruktur der Teilnehmer waren auch arthritische Veränderungen in den Gelenken nicht selten auszumachen. Zu den „Sonstigen“ Erkrankungen gehörten Fehlfunktionen der Schilddrüse, Fettstoffwechselstörungen und Haut- bzw. Muskelbeschwerden.

Tabelle 15: **Begleiterkrankungen der TN, welche die Studie regulär beendeten (n=65)**
(GG=Gleichgewichtsgruppe, KT=Kraftgruppe, KG=klassische Lungensportgruppe)

Komorbiditäten	GG	KT	KG	Gesamt (in % ²¹)
Bluthochdruck	7	8	7	22 (34%)
Herzerkrankung	2	3	6	11 (20%)
Krebserkrankung	0	0	2	2 (3%)
Schlafapnoe	0	0	1	1 (1,5%)
Diabetes mellitus Typ 2	4	2	3	9 (14%)
Arthrose	3	3	2	8 (12%)
Osteoporose	1	1	3	5 (8%)
Depression	1	0	1	2 (3%)
Sonstiges	8	2	4	14 (22%)

5.2 VERGLEICHBARKEIT DER GRUPPEN

5.2.1 Basis-Daten und Anthropometrie

Die Normalverteilungsprüfung der Daten der Teilnehmer, welche regulär die Studie beendeten, ergab zum Messzeitpunkt T1 nur beim Body-Mass-Index eine Verletzung mit $p = 0,030$. Ansonsten ergaben sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den drei Gruppen (s. Tabelle 16).

Tabelle 16: **Normalverteilungs- und Signifikanzprüfung der Basis-Daten**
(BMI=Body-Mass-Index)

	Prüfung auf Normalverteilung	Prüfung auf Signifikanz		Prüfung auf Normalverteilung	Prüfung auf Signifikanz
Alter	0,201	0,907	Gewicht	0,762	0,652
Größe	0,290	0,408	BMI	0,030*	0,270

* der p-Wert ist kleiner als das Signifikanzniveau mit $\alpha = 5\%$

5.2.2 Lungenspezifische Parameter

Bei der statistischen Überprüfung der lungenspezifischen Parameter ergab sich bei zweien eine Verletzung der Normalverteilung: FEV₁ in Liter ($p = 0,026$) und die maximale Sauerstoffaufnahme in ml/min. ($p = 0,003$). Alle erhobenen Daten konnten jedoch keinen signifikanten Unterschied zwischen den drei Gruppen ausmachen. Auch die ordinalskalierten Daten wie der mMRC, Bode-Index und COPD-Grad zeigten bei der Signifikanzprüfung keine Unterschiede zwischen den Gruppen (s. Tabelle 17).

²¹ Prozentzahlen gerundet

Tabelle 17: **Normalverteilungs- und Signifikanzprüfung der lungenspezifischen Parameter** (FEV₁= forciertes expiratorisches Volumen, FVC=forcierte Vitalkapazität, mMRC= modifizierter Medical Research Council, BODE=BMI,Obstruktion,Dyspnoe,Exercise, COPD=chronic obstructive pulmonary disease, n.b.=nicht berechenbar)

	Prüfung auf Normalverteilung	Prüfung auf Signifikanz		Prüfung auf Normalverteilung	Prüfung auf Signifikanz
FEV ₁ (%)	0,813	0,618	COPD-Grad	n.b.	0,647
FEV ₁ in Liter	0,026*	0,179	mMRC	n.b.	0,689
FEV ₁ /FVC (%)	0,105	0,995	BODE-Index	n.b.	0,377
Leistung in Watt (#)	0,072	0,703	Sauerstoffaufnahme (#)	0,003*	0,161

* der p-Wert ist kleiner als das Signifikanzniveau mit $\alpha = 5\%$
 (#) n=44

5.2.3 Motorische Tests

Die Darstellung der Ergebnisse der motorischen Tests erfolgte getrennt nach Gruppen. Die Werte der metrischen Daten sind als Mittelwert und Standardabweichung, die Scores der Ordinaldaten als Median und Interquartilsabstand angegeben. Es fällt auf, dass die Gruppe KG insgesamt schlechtere Werte als die Interventionsgruppen aufweist (s. Tabelle 18).

Tabelle 18: **Ergebnisse motorische Tests zum Zeitpunkt T1 nach Gruppe**

(GG=Gleichgewichtsgruppe, KT=Kraftgruppe, KG=Klassische Lungensportgruppe, n=Anzahl, 5STST=sit-to-stand Test, SCT=stair-climb Test, 6MWT=6 Minuten Gehstest, Nm=Newtonmeter, Sek.=Sekunden, R=rechts, L=links, BBS=Berg Balance Score, FAB=Fullerton Advanced Balance)

	GG (n=23)	KT (n=23)	KG (n=19)	Gesamt (n=65)
5STST (in Sek.)	13,09 ± 3,05	12,50 ± 3,03	14,31 ± 3,61	13,24 ± 3,25
SCT (in Sek.)	10,60 ± 2,18	11,63 ± 3,85	12,52 ± 2,62	11,53 ± 3,04
6MWT (in Metern)	466,00 ± 80,96	455,00 ± 89,55	414,95 ± 75,52	447,18 ± 84,09
Isometrie – R (Nm)	135,52 ± 54,70	136,45 ± 55,23	113,58 ± 47,79	129,33 ± 53,11
Isometrie – L (Nm)	132,35 ± 47,84	128,09 ± 44,12	112,00 ± 50,04	124,84 ± 47,32
BBS (Score)	55,00 [3,00]	55,00 [2,00]	54,00 [4,00]	54,00 [3,00]
FAB (Score)	34,00 [6,00]	32,00 [7,00]	31,00 [9,00]	32,00 [8,00]

Von sieben Parametern ist in zwei zum Zeitpunkt der Eingangstestung (T1) der p-Wert kleiner als das Signifikanzniveau. Damit ist im SCT ($p = 0,002$) und in der Isometrie rechtes Bein in Newtonmeter ($p = 0,002$) keine Normalverteilung festzustellen. Die Gleichgewichtstests des BBS und FAB besitzen Scores und sind somit ordinalskaliert. Die Prüfung auf Normalverteilung mit Ordinaldaten ist nicht möglich. Bei der Überprüfung, ob die drei Gruppen sich voneinander unterscheiden und ob die Unterschiede signifikant sind, wurden bei der isometrischen Kraftmessung (Isometrie) auch die relativen Werte für das rechte (R) und linke (L) Bein verwandt. Nur im BBS ($p = 0,044$) gab es signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen (s. Tabelle 19).

Tabelle 19: **Normalverteilungsprüfung und Gruppenvergleich der motorischen Tests (T1)**
 (5STST=sit-to-stand Test, SCT=stair-climb Test, 6MWT=6 Minuten Gehstest,
 Nm/kg=Newtonmeter/Kilogramm, Sek.=Sekunden, R=rechts, L=links, BBS=Berg Balance Score,
 FAB=Fullerton Advanced Balance, n.b.=nicht berechenbar)

	Prüfung auf Normalverteilung	Prüfung auf Signifikanz		Prüfung auf Normalverteilung	Prüfung auf Signifikanz
5STST (in Sek.)	0,157	0,135	Isometrie R - Nm - Nm/kg	0,002*	0,486
SCT (in Sek.)	0,002*	0,092		0,290	0,195
6MWT (in Metern)	0,180	0,089	Isometrie L - Nm - Nm/kg	0,158	0,359
BBS	n.b.	0,044*		0,280	0,149
FAB	n.b.	0,095			

* der p-Wert ist kleiner als das Signifikanzniveau mit $\alpha = 5\%$

5.2.4 Fragebögen

Daten sind ordinalskaliert und als Median und Interquartilsabstand (IQR) angegeben. Bei den Fragebögen ist zu erkennen, dass die Gruppe GG bessere Werte gegenüber den anderen beiden Gruppen aufweist (s. Tabelle 20). Ein Vergleich zwischen den Gruppen konnte allerdings keinen Unterschied bestätigen.

Tabelle 20: **Ergebnisse und Gruppenvergleich Fragebögen zum Zeitpunkt T1**
 (GG=Gleichgewichtsgruppe, KT=Kraftgruppe, KG=Klassische Lungensportgruppe, n=Anzahl,
 SGRQ=St. George's Respiratory Questionnaire, CAT=COPD Assessment Test)

	GG (n=23)	KT (n=23)	KG (n=19)	Signifikanztest
SGRQ Summe	39,41 [20,782]	43,41 [30,30]	47,89 [21,04]	0,427
- Symptome	51,73 [24,16]	53,56 [16,87]	52,68 [22,59]	0,922
- Aktivität	54,54 [24,54]	60,27 [25,55]	60,25 [13,36]	0,133
- Auswirkungen	26,06 [25,65]	30,48 [30,43]	36,52 [24,46]	0,285
CAT	16,00 [10,00]	19,00 [7,00]	21,00 [10,00]	0,115

* der p-Wert ist kleiner als das Signifikanzniveau mit $\alpha = 5\%$

5.3 VERÄNDERUNGEN INNERHALB DER GRUPPEN

Im Folgenden ist ein Überblick über die Veränderungen in allen Parametern innerhalb der Gruppen, die regulär die Studie beendeten, zum Zeitpunkt des Eingangstests (T1) und zum Zeitpunkt des Abschlusstests (T3) dargestellt. Metrische Daten sind als Mittelwert und Standardabweichung, ordinale Daten als Median mit IQR angegeben.

Die klassische Lungensportgruppe (s. Tabelle 21) hat sich in den Parametern 6 MWT ($p = 0,042$), Isometrie linkes Bein ($p = 0,016$), BBS ($p = 0,005$) und FAB ($p = 0,023$) signifikant verbessert. Insgesamt haben sich vier Parameter in der Kontrollgruppe verbessert.

Tabelle 21: Darstellung der Veränderung aller Parameter innerhalb der Gruppe KG
(KG=Klassische Lungensportgruppe, T=Testzeitpunkt, p=Signifikanz, Δ=Differenz, 5STST=sit-to-stand Test, SCT=stair-climb Test, 6MWT=6 Minuten Gehetest, R=rechts, L=links, BBS=Berg Balance Score, FAB=Fullerton Advanced Balance, SGRQ= St. George’s Respiratory Questionnaire, CAT=COPD Assessment Test, n=Anzahl)

KG (n=19)				
	T1	T3	T3-T1 (Δ2)	p-Wert
5STST	14,32 ± 3,61	13,12 ± 5,51	-1,19 ± 3,20	0,122
6MWT	414,95 ± 75,52	432,68 ± 75,95	17,74 ± 35,32	0,042*
- Beiner Müdung	3,00 [2,00]	3,00 [2,00]	0,00 [2,00]	0,771
- Dyspnoe	4,00 [2,00]	4,00 [2,00]	-1,00 [2,00]	0,300
- Sauerstoffsättigung	93,00 ± 4,06	91,32 ± 6,02	-1,68 ± 4,32	0,107
SCT	12,52 ± 2,62	13,92 ± 10,33	1,41 ± 9,50	0,527
Isometrie - R	113,58 ± 47,79	114,42 ± 49,77	0,84 ± 11,79	0,717
Isometrie - L	112,00 ± 50,04	117,53 ± 50,96	5,53 ± 9,07	0,016*
BBS	54,00 [4,00]	54,00 [3,00]	1,00 [2,00]	0,005*
FAB	31,00 [9,00]	32,00 [9,00]	1,00 [2,00]	0,023*
SGRQ Summe	47,89 [21,04]	41,16 [17,34]	-1,60 [7,09]	0,205
- Symptome	52,68 [22,59]	56,33 [26,03]	-5,16 [26,97]	0,286
- Aktivität	60,25 [13,36]	59,63 [24,88]	0,00 [11,34]	0,998
- Auswirkungen	36,52 [24,46]	31,10 [24,88]	-2,00 [12,16]	0,263
CAT	21,00 [10,00]	19,00 [7,00]	0,00 [5,00]	0,815

* der p-Wert ist kleiner als das Signifikanzniveau mit $\alpha = 5\%$

Die Gruppe KT (s. Tabelle 22) hat sich im SCT ($p = 0,002$), Isometrie linkes Bein ($p = 0,010$), BBS ($p = 0,005$), FAB ($p = 0,020$) und in der Unterkategorie Aktivität des SGRQ ($p = 0,013$) signifikant verbessert. Hoch signifikante Veränderungen ($p \leq 0,001$) sind im 5 STST und im 6 MWT auszumachen. Dabei wurde die MCID von +30 Metern im 6 MWT knapp verfehlt. Sieben Parameter haben in dieser Gruppe eine Verbesserung erfahren.

Tabelle 22: Darstellung der Veränderung aller Parameter innerhalb der Gruppe KT
(KT=Kraftgruppe, T=Testzeitpunkt, p=Signifikanz, Δ=Differenz, 5STST=sit-to-stand Test, SCT=stair-climb Test, 6MWT=6 Minuten Gehetest, R=rechts, L=links, BBS=Berg Balance Score, FAB=Fullerton Advanced Balance, SGRQ= St. George’s Respiratory Questionnaire, CAT=COPD Assessment Test, n=Anzahl)

KT (n=23)				
	T1	T3	T3-T1 (Δ2)	p-Wert
5STST	12,50 ± 3,03	11,10 ± 2,93	-1,40 ± 1,62	0,001*
6MWT	455,00 ± 89,55	484,13 ± 81,25	29,13 ± 37,63	0,001*
- Beiner Müdung	3,00 [4,00]	2,00 [2,00]	0,00 [3,00]	0,387
- Dyspnoe	4,00 [2,00]	4,00 [1,00]	0,00 [2,00]	0,314
- Sauerstoffsättigung	91,91 ± 5,49	93,17 ± 3,49	1,26 ± 4,19	0,259
SCT	11,64 ± 3,85	10,20 ± 3,54	-1,43 ± 1,64	0,002*
Isometrie - R	136,45 ± 55,23	143,50 ± 46,59	7,05 ± 21,96	0,147

Isometrie - L	128,09 ± 44,17	141,18 ± 44,68	13,09 ± 21,73	0,010*
BBS	55,00 [2,00]	55,00 [1,00]	0,00 [2,00]	0,005*
FAB	32,00 [7,00]	35,00 [6,00]	1,00 [4,00]	0,020*
SGRQ Summe	43,41 [30,30]	43,37 [19,94]	-2,64 [12,88]	0,207
- Symptome	53,56 [16,87]	48,81 [40,90]	-2,29 [20,59]	0,738
- Aktivität	60,27 [25,55]	59,46 [18,85]	-5,93 [13,01]	0,013*
- Auswirkungen	30,48 [30,43]	33,05 [26,69]	-1,43 [13,64]	0,355
CAT	19,00 [7,00]	19,00 [11,00]	-1,00 [6,00]	0,858

* der p-Wert ist kleiner als das Signifikanzniveau mit $\alpha = 5\%$

Die Gleichgewichtsgruppe (s. Tabelle 23) hat sich insgesamt in neun Parametern verbessert. Lediglich im BBS, im CAT und in der Subkategorie Auswirkungen des SGRQs konnten keine Verbesserungen festgestellt werden. Die Verbesserungen des 6 MWT ($p \leq 0,001$) und des Gesamtscores im SGRQ ($p = 0,012$) haben die erforderliche klinische Schwelle um +30 Meter und -4 Punkte übertroffen.

Tabelle 23: **Darstellung der Veränderung aller Parameter innerhalb der Gruppe GG**

(GG=Gleichgewichtsgruppe, T=Testzeitpunkt, p=Signifikanz, Δ =Differenz, 5STST=sit-to-stand Test, SCT=stair-climb Test, 6MWT=6 Minuten Gehstest, R=rechts, L=links, BBS=Berg Balance Score, FAB=Fullerton Advanced Balance, SGRQ= St. George’s Respiratory Questionnaire, CAT=COPD Assessment Test)

GG (n=23)				
	T1	T3	T3-T1 (Δ)	p-Wert
5STST	13,09 ± 2,20	11,56 ± 2,66	-1,54 ± 2,33	0,014*
6MWT	466,00 ± 80,96	499,04 ± 69,67	33,04 ± 36,26	0,001*
- Beiner müdung	2,00 [2,00]	1,00 [2,00]	0,00 [2,00]	0,954
- Dyspnoe	3,00 [1,00]	3,00 [3,00]	-1,00 [2,00]	0,816
- Sauerstoffsättigung	93,52 ± 4,02	90,43 ± 4,85	-3,09 ± 3,93	0,001*
SCT	10,60 ± 2,18	9,83 ± 2,35	-0,76 ± 1,39	0,015*
Isometrie - R	135,52 ± 54,70	142,91 ± 59,48	7,39 ± 14,91	0,027*
Isometrie - L	132,35 ± 47,84	142,57 ± 53,38	10,22 ± 16,55	0,007*
BBS	55,00 [3,00]	55,00 [2,00]	1,00 [2,00]	0,096
FAB	34,00 [6,00]	36,00 [5,00]	2,00 [3,00]	0,001*
SGRQ Summe	39,41 [20,78]	35,12 [24,56]	-6,58 [13,88]	0,012*
- Symptome	51,73 [24,16]	48,95 [44,62]	-10,48 [25,34]	0,021*
- Aktivität	54,54 [24,54]	47,24 [30,00]	-6,63 [13,63]	0,007*
- Auswirkungen	26,06 [25,65]	18,57 [27,64]	-3,14 [12,58]	0,054
CAT	16,00 [10,00]	13,00 [13,00]	-1,00 [9,00]	0,120

* der p-Wert ist kleiner als das Signifikanzniveau mit $\alpha = 5\%$

5.3.1 Sit-to-stand-Test (5 STST)

Der 5 STST wurde an drei Messzeitpunkten (T1, T2 und T3) gemessen. Ziel war die Zeitdauer in Sekunden zu verkürzen. Angegeben sind in Tabelle 25 Mittelwerte mit Standardabweichung

und zugehörige Differenzen sowie Signifikanzwerte. Die Interventionsgruppen KT und GG konnten sich von T1 nach T3 deutlich verbessern. Die Gruppe KT erreichte sowohl zum zweiten als auch zum dritten Messzeitpunkt signifikante Werte ($p < 0,05$ und $p \leq 0,001$). Die klassische Lungensportgruppe verbesserte sich von T1 nach T2, aber nicht von T1 nach T3. Bei der Gruppe GG lag der Fall genau entgegengesetzt. Die aufgestellte Hypothese (1.), dass die Gruppen KT und GG signifikante Veränderungen erfahren, wird hiermit bestätigt. Für die Gruppe KG muss die Nullhypothese (1.) ebenfalls angenommen werden. Die Verbesserung hat bei keiner Gruppe die MCID von -1,7 Sekunden übertroffen. Die Gruppe GG lag in ihrer Zeit knapp (GG: -1,54) darunter. Die näher spezifizierte Hypothese, dass die beiden Interventionsgruppen die MCID erreichen, ist nicht annehmbar. Im Intergruppenvergleich gab es keine signifikanten Veränderungen. Die Hypothese (1.) trifft zwischen den Gruppen KT und GG zu, zwischen KG und KT bzw. KG und GG muss sie abgelehnt werden.

Tabelle 24: Intra- und Intergruppenvergleich des 5 STST

(KG=Klassische Lungensportgruppe, KT=Kraftgruppe, GG=Gleichgewichtsgruppe, T=Testzeitpunkt, p=Signifikanz, Δ=Differenz)

Intragruppenvergleich							
	Messzeitpunkt			Differenz		p-Wert	
	T1	T2	T3	T2-T1 (Δ1)	T3-T1 (Δ2)	Δ1	Δ2
KG	14,32 ± 3,61	13,14 ± 3,98	13,13 ± 5,51	-1,18 ± 1,67	-1,19 ± 3,20	0,006*	0,122
KT	12,50 ± 3,03	11,56 ± 2,67	11,10 ± 2,93	-0,95 ± 1,18	-1,40 ± 1,62	0,003*	0,001*
GG	13,09 ± 3,05	12,25 ± 2,20	11,56 ± 2,66	-0,84 ± 1,85	-1,54 ± 2,33	0,122	0,014*

Intergruppenvergleich							
	Messzeitpunkt			Differenz		p-Wert	
	T1	T2	T3	T2-T1 (Δ1)	T3-T1 (Δ2)	Δ1	Δ2
KG-KT	13,33 ± 3,39	12,27 ± 3,38	12,01 ± 4,36	-1,05 ± 1,41	-1,31 ± 2,43	0,594	0,782
KG-GG	13,64 ± 3,33	12,65 ± 3,12	12,27 ± 4,21	-0,99 ± 1,76	-1,38 ± 2,73	0,534	0,687
KT-GG	12,79 ± 3,02	11,91 ± 2,45	11,33 ± 2,76	-0,89 ± 1,53	-1,47 ± 1,99	0,814	0,822

* der p-Wert ist kleiner als das Signifikanzniveau mit $\alpha = 5\%$

In der Graphik (Abbildung 10) kann man den Abstand der Gruppe KG zu den Interventionsgruppen erkennen. Während zum zweiten Messzeitpunkt die Leistungssteigerung in der Gruppe KG höher ausfällt im Vergleich zu den anderen Gruppen, stagniert sie zum dritten Messzeitpunkt. Die Verbesserungen in den Interventionsgruppen waren von Messzeitpunkt zu Messzeitpunkt konstant.

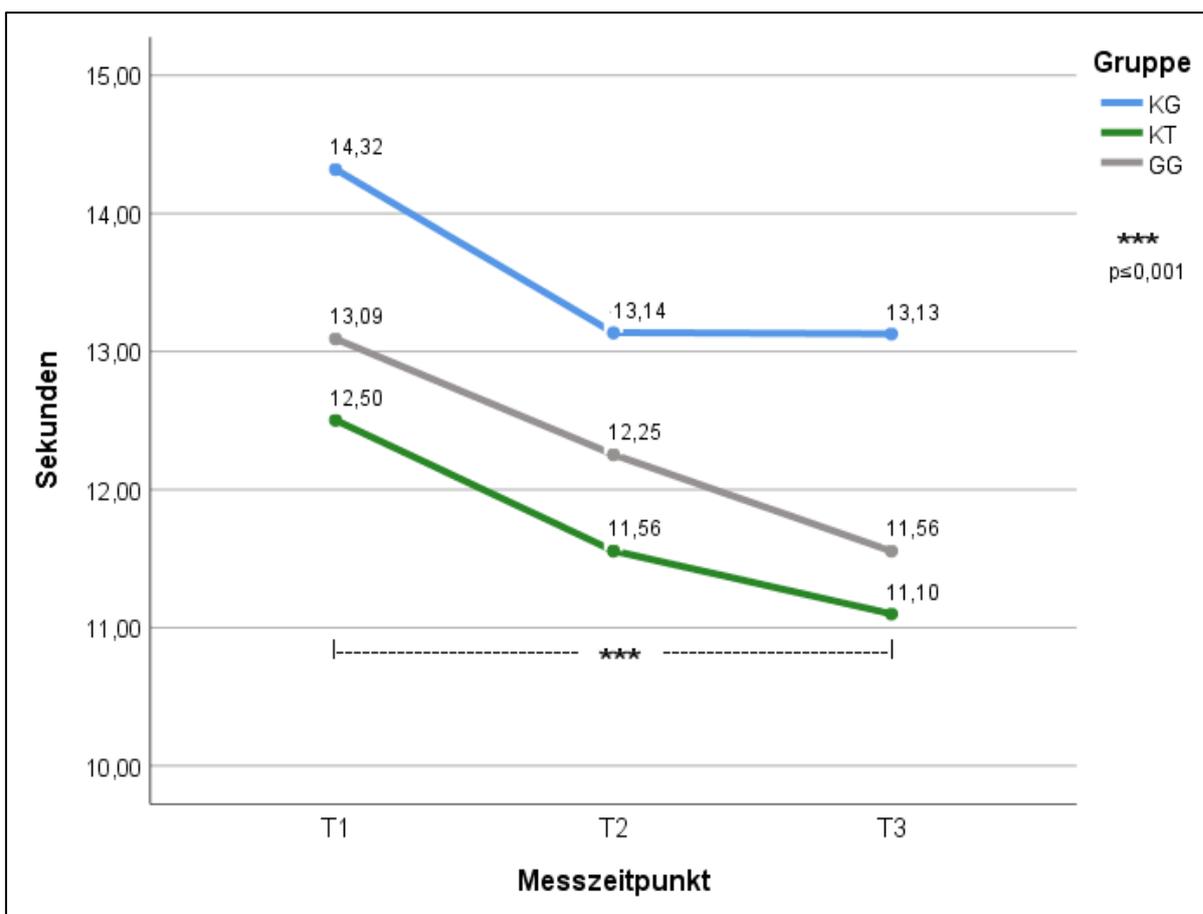


Abbildung 10: Veränderungen im 5STST (KG=Klassische Lungensportgruppe, KT=Kraftgruppe, GG=Gleichgewichtsgruppe, T=Testzeitpunkt, p=Signifikanz)

5.3.2 Sechs-Minuten-Gehtest (6 MWT)

Gehstrecke

Der 6 MWT wurde ebenfalls an drei Messzeitpunkten gemessen. Angegeben sind in Tabelle 25 Mittelwerte und Standardabweichung mit zugehörigen Differenzen der Gehstrecke in Metern und Signifikanz. Im Intragruppenvergleich konnten sich alle Gruppen in ihren Werten von T1 nach T3 verbessern. Die Differenz der Gruppe GG war gegenüber den anderen Gruppen am größten und betrug 33,04 Meter. Die ermittelten Ergebnisse waren bei allen Trainingsgruppen von T1 nach T3 hoch signifikant. Somit konnte die Hypothese (3.) der signifikanten Veränderungen in den Interventionsgruppen in einem Parameter des sekundären Endpunkts bestätigt werden. Im Intergruppenvergleich waren die Ergebnisse nicht signifikant.

Tabelle 25: **Intra- und Intergruppenvergleich des 6 MWT**

(KG=Klassische Lungensportgruppe, KT=Kraftgruppe, GG=Gleichgewichtsgruppe, T=Testzeitpunkt, Δ=Differenz)

Intragruppenvergleich				
	Messzeitpunkt		Differenz	p-Wert
	T1	T2	T2-T1 (Δ1)	(Δ1)
KG	414,95 ± 75,52	419,79 ± 78,05	4,84 ± 40,46	0,608
KT	455,00 ± 89,55	474,78 ± 74,61	19,78 ± 28,22	0,030*
GG	466,00 ± 80,96	489,87 ± 72,59	23,87 ± 31,12	0,004*
	T1	T3	T3-T1 (Δ2)	(Δ2)
KG	414,95 ± 75,52	432,68 ± 75,95	17,74 ± 35,32	0,042*
KT	455,00 ± 89,55	484,13 ± 81,25	29,13 ± 37,63	0,001*
GG	466,00 ± 80,96	499,04 ± 69,67	33,04 ± 36,26	0,001*

Intergruppenvergleich				
	Messzeitpunkt		Differenz	p-Wert
	T1	T2	T2-T1 (Δ1)	(Δ1)
KG-KT	436,88 ± 84,93	449,90 ± 80,18	13,02 ± 34,68	0,201
KG-GG	442,90 ± 81,75	458,17 ± 82,14	15,26 ± 36,47	0,093
KT-GG	460,50 ± 84,59	482,33 ± 73,18	21,83 ± 29,44	0,725
	T1	T3	T3-T1 (Δ2)	(Δ2)
KG-KT	436,88 ± 84,93	460,86 ± 82,14	23,98 ± 36,61	0,495
KG-GG	442,90 ± 81,75	469,02 ± 79,08	26,12 ± 36,23	0,176
KT-GG	460,50 ± 84,59	491,59 ± 75,21	31,09 ± 36,59	0,605

* der p-Wert ist kleiner als das Signifikanzniveau mit α = 5%

In Abbildung 11 ist für jede Gruppe der Mittelwertunterschied im 6 MWT mit Standardabweichung graphisch dargestellt. Die Gruppe KT hat im Gegensatz zur Gruppe GG die MCID von +30 Metern knapp verfehlt.

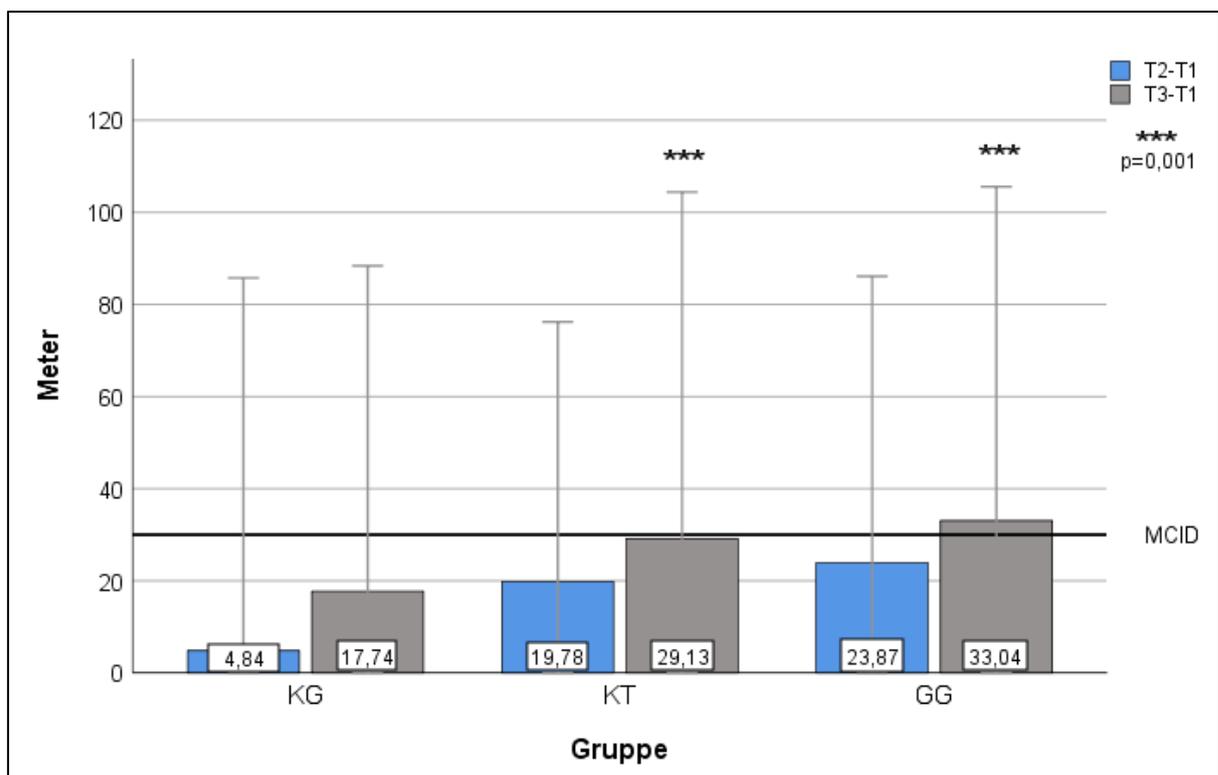


Abbildung 11: **Mittelwertdifferenzen im 6 MWT**

(KG=Klassische Lungensportgruppe, KT=Kraftgruppe, GG=Gleichgewichtsgruppe, T=Testzeitpunkt, p=Signifikanz, MCID=minimal clinically important difference)

Bei der Überprüfung eines Zusammenhangs zwischen dem Gehtest und drei weiteren Parametern (sit-to-stand-Test, maximale Leistung in Watt bzw. maximale Sauerstoffaufnahme) ergaben sich hoch signifikante ($p \leq 0,001$) Korrelationen. Dabei waren die Zusammenhänge zwischen den beiden Variablen 6 MWT und Wmax deutlicher ausgeprägt ($r > 0,6$) als zwischen den Variablen 6 MWT und 5 STST bzw. 6 MWT und VO₂max ($r < 0,6$).

Tabelle 26: **Zusammenhänge zwischen zwei Variablen**

(6MWT=6-Minuten Gehtest, Wmax=maximale Leistung in Watt, VO₂max=Maximale Sauerstoffaufnahme, p=Signifikanz, r=Korrelationskoeffizient, STST=sit-to-stand Test

Variablen	Korrelationskoeffizient r	p-Wert
6MWT - 5STST	-0,546	0,000*
6MWT - Wmax	0,665	0,000*
6MWT - VO ₂ max	0,588	0,000*

* die Korrelation ist auf dem 0,01 Niveau signifikant

Belastungsempfinden (Ermüdung Beine)

Nach jedem 6 MWT wurde anhand der CR-10-Skala die Ermüdung der Beinmuskulatur abgefragt. Daten sind zum Zeitpunkt T1 und T3 dargestellt und erscheinen aufgrund der Ordinalskalierung als Median und Interquartilsabstand. Im Intra- und Intergruppenvergleich ergaben sich keine signifikanten Veränderungen.

Tabelle 27: **Ergebnisse Belastungsempfinden sowie Intra- und Intergruppenvergleich**

(KG=Klassische Lungensportgruppe, KT=Kraftgruppe, GG=Gleichgewichtsgruppe, T=Testzeitpunkt, Δ=Differenz, p=Signifikanz)

	Intragruppenvergleich				Intergruppenvergleich	
	T1	T3	T3-T1 (Δ2)	p-Wert Δ2		p-Wert Δ2
KG	3,00 [2,00]	3,00 [2,00]	0,00 [2,00]	0,771	KG-KT	0,315
KT	3,00 [4,00]	2,00 [2,00]	0,00 [3,00]	0,387	KG-GG	0,495
GG	2,00 [2,00]	1,00 [2,00]	0,00 [2,00]	0,954	KT-GG	0,710

* der p-Wert ist kleiner als das Signifikanzniveau mit $\alpha = 5\%$

Anstrengungsempfinden (Dyspnoe)

Die Ermittlung und Datenaufbereitung erfolgte analog zum Belastungsempfinden. Signifikante Unterschiede waren im Intra- und Intergruppenvergleich nicht festzustellen.

Tabelle 28: **Ergebnisse Anstrengungsempfinden sowie Intra- und Intergruppenvergleich**

(KG=Klassische Lungensportgruppe, KT=Kraftgruppe, GG=Gleichgewichtsgruppe, T=Testzeitpunkt, Δ=Differenz, p=Signifikanz)

	Intragruppenvergleich				Intergruppenvergleich	
	T1	T3	T3-T1 (Δ2)	p-Wert Δ2		p-Wert Δ2
KG	4,00 [2,00]	4,00 [2,00]	-1,00 [2,00]	0,300	KG-KT	0,223
KT	4,00 [2,00]	4,00 [1,00]	0,00 [2,00]	0,314	KG-GG	0,647
GG	3,00 [1,00]	3,00 [3,00]	-1,00 [2,00]	0,816	KT-GG	0,396

* der p-Wert ist kleiner als das Signifikanzniveau mit $\alpha = 5\%$

Sauerstoffsättigung

Die Sauerstoffsättigungswerte der Gruppen KG und GG haben sich im 6 MWT verschlechtert. In der Gruppe GG hoch signifikant ($p = 0,001$). Dies macht sich auch im Intergruppenvergleich zwischen den Gruppen KG und KT ($p = 0,048$) und KT und GG ($p = 0,001$) bemerkbar.

Tabelle 29: **Ergebnisse Sauerstoffsättigung sowie Intra- und Intergruppenvergleich** (KG=Klassische Lungengruppe, KT=Kraftgruppe, GG=Gleichgewichtsgruppe, T=Testzeitpunkt, Δ =Differenz, p =Signifikanz)

	Intragruppenvergleich				Intergruppenvergleich	
	T1	T3	T3-T1 (Δ 2)	p-Wert Δ 2		p-Wert Δ 2
KG	93,00 \pm 4,06	91,32 \pm 6,02	-1,68 \pm 4,32	0,107	KG-KT	0,048*
KT	91,91 \pm 5,50	93,17 \pm 3,49	1,26 \pm 4,19	0,163	KG-GG	0,219
GG	93,52 \pm 4,02	90,43 \pm 4,85	-3,08 \pm 3,93	0,001*	KT-GG	0,001*

* der p-Wert ist kleiner als das Signifikanzniveau mit $\alpha = 5\%$

5.3.3 SCT

Die Daten der Testzeitpunkte und zugehörige Differenz sind in Sekunden angegeben. Einzig die Gruppe KG hat sich in ihrem Wert verschlechtert. Bei den Interventionsgruppen sind signifikante Verbesserungen auszumachen. Die Hypothese (3.) im sekundären Endpunkt wird damit bestätigt. Im Intergruppenvergleich gibt es keine Unterschiede. Für den SCT gibt es auch keine MCID.

Tabelle 30: **Intra- und Intergruppenvergleich im SCT** (KG=Klassische Lungensportgruppe, KT=Kraftgruppe, GG=Gleichgewichtsgruppe, T=Testzeitpunkt, Δ =Differenz, p =Signifikanz)

	Intragruppenvergleich			
	Messzeitpunkt		Differenz	p-Wert
	T1	T3	T3-T1 (Δ 2)	
KG	12,52 \pm 2,62	13,92 \pm 10,33	1,40 \pm 9,50	0,527
KT	11,64 \pm 3,85	10,20 \pm 3,54	-1,44 \pm 1,64	0,002*
GG	10,60 \pm 2,18	9,83 \pm 2,35	-0,77 \pm 1,39	0,015*

	Intergruppenvergleich			
	Messzeitpunkt		Differenz	p-Wert
	T1	T3	T3-T1 (Δ 2)	
KG-KT	12,04 \pm 3,34	11,89 \pm 7,55	-0,15 \pm 6,57	0,133
KG-GG	11,47 \pm 2,55	11,68 \pm 7,35	0,21 \pm 6,47	0,285
KT-GG	11,12 \pm 3,14	10,02 \pm 2,98	-1,10 \pm 1,54	0,231

* der p-Wert ist kleiner als das Signifikanzniveau mit $\alpha = 5\%$

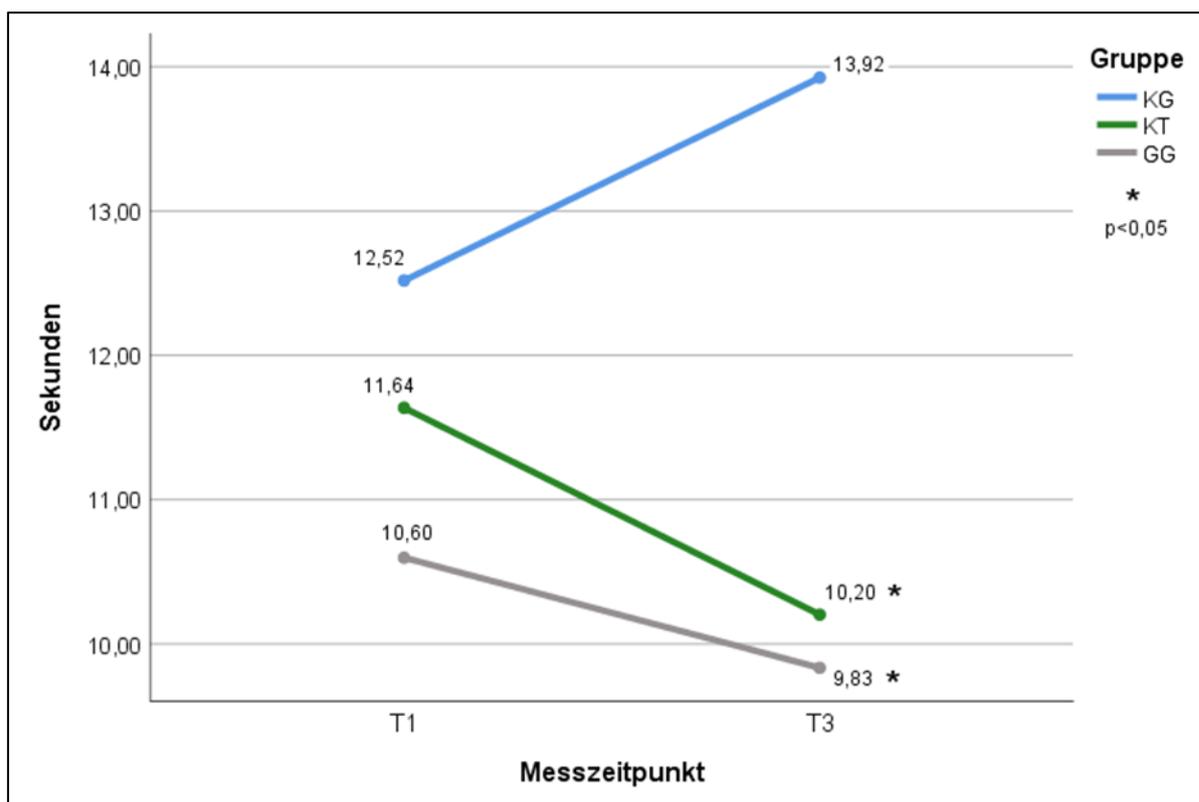


Abbildung 12: **Veränderungen im SCT**

(KG=Klassische Lungensportgruppe, KT=Kraftgruppe, GG=Gleichgewichtsgruppe, T=Testzeitpunkt, p=Signifikanz)

5.3.4 Isometrische Kraftmessung (Drehmoment)

In Tabelle 31 sind die Angaben der Mittelwerte und Standardabweichung in Newtonmeter angegeben. Dabei gelten im Intragruppenvergleich die absoluten Werte, im Intergruppenvergleich die relativen Werte. Die Gruppe GG erreichte in der Messung sowohl auf der rechten als auch auf der linken Seite signifikante Werte ($p = 0,027$ und $0,007$). Die Kraftgruppe konnte nur auf der linken Seite deutliche Verbesserungen erzielen, die aber gegenüber der Gleichgewichtsgruppe in ihrem Wert ($KT = 13,09$ Nm gegenüber $GG = 10,22$ Nm) höher ausfiel. Die aufgestellte Hypothese (4.) muss abgelehnt werden. Im sekundären Endpunkt trifft die Hypothese (3.) für die Gruppe GG zu, für die Gruppe KT nur für das linke Bein. Zwischen den Gruppen gab es nur auf der linken Beinseite einen Unterschied ($p = 0,049$) von KG zu KT und KG zu GG.

Die Differenz der Mittelwerte ist in Abbildung 13 dargestellt. Die MCID von 7,5 Newtonmeter wurde von der Gleichgewichtsgruppe und der Kraftgruppe auf der linken Beinseite erreicht.

Tabelle 31: **Intra- und Intergruppenvergleich rechtes und linkes Bein**

(KG=Klassische Lungensportgruppe, KT=Kraftgruppe, GG=Gleichgewichtsgruppe, T=Testzeitpunkt, Δ=Differenz, p=Signifikanz)

Intragruppenvergleich					
		Messzeitpunkt		Differenz	p-Wert
		T1	T3	T3-T1 (Δ2)	
KG	R	113,58 ± 47,79	114,42 ± 49,77	0,84 ± 11,79	0,717
	L	112,00 ± 50,04	117,53 ± 50,96	5,53 ± 9,07	0,016*
KT	R	136,45 ± 55,23	143,50 ± 46,59	7,05 ± 21,96	0,147
	L	128,09 ± 44,17	141,18 ± 44,68	13,09 ± 21,73	0,010*
GG	R	135,52 ± 54,70	142,91 ± 59,48	7,39 ± 14,91	0,027*
	L	132,35 ± 47,84	142,57 ± 53,38	10,22 ± 16,55	0,007*

Intergruppenvergleich					
		Messzeitpunkt		Differenz	p-Wert
		T1	T3	T3-T1 (Δ2)	
KG-KT	R	1,59 ± 0,59	1,61 ± 0,58	0,02 ± 0,22	0,310
	L	1,52 ± 0,50	1,61 ± 0,54	0,09 ± 0,29	0,049*
KG-GG	R	1,63 ± 0,49	1,68 ± 0,62	0,05 ± 0,22	0,098
	L	1,61 ± 0,50	1,69 ± 0,59	0,08 ± 0,28	0,049*
KT-GG	R	1,73 ± 0,61	1,84 ± 0,62	0,09 ± 0,26	0,565
	L	1,67 ± 0,54	1,83 ± 0,59	0,16 ± 0,24	0,898

* der p-Wert ist kleiner als das Signifikanzniveau mit α = 5%

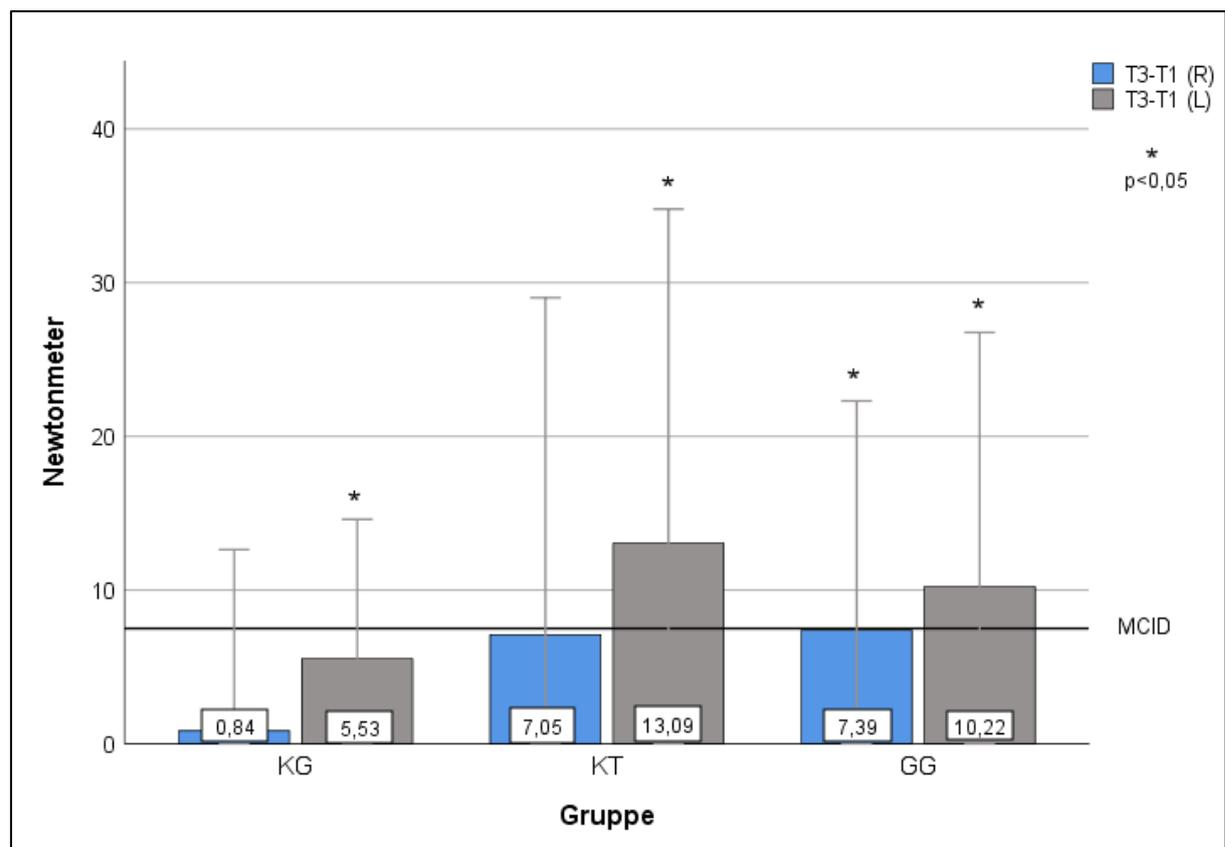


Abbildung 13: **Mittelwertdifferenzen in der isometrischen Kraftmessung**

(KG=Klassische Lungensportgruppe, KT=Kraftgruppe, GG=Gleichgewichtsgruppe, T=Testzeitpunkt, p=Signifikanz, R=rechts, L=links, MCID=minimal clinically important difference)

5.3.5 Gleichgewichtstests BBS und FAB

Die Ergebnisse aus den Gleichgewichtstests wurden in Punkte ausgegeben und sind daher ordinalskaliert. Demzufolge beinhalten die Angaben in Tabelle 32 den Median mit Interquartilsabstand. Ein p-Wert kleiner 0,05 wird hier so interpretiert, dass sich der Medianwert mindestens einer der Gruppen signifikant von dem der anderen Gruppen unterscheidet. Erhebliche Unterschiede hinsichtlich der Verteilung können jedoch bei vergleichbarer Lage ebenfalls zu einem signifikanten p-Wert führen.

Die Unterschiede innerhalb der Gruppen waren bei den Gruppen KG und KT sowohl im BBS als auch im FAB signifikant. Die Gruppe GG konnte nur im BBS keinen signifikanten Unterschied erzielen. Im FAB hatte die Gleichgewichtsgruppe einen hoch signifikanten Wert ($p = 0,001$). Die hypothetisch angenommene größere Verbesserung der Gruppe GG in den Gleichgewichtstests muss für den BBS abgelehnt, jedoch für den FAB angenommen werden (4. Hypothese). Im sekundären Endpunkt konnten die Interventionsgruppen in der FAB größere Veränderungen erzielen als die Gruppe KG (3. Hypothese für FAB angenommen). Für den BBS trifft dies allerdings nicht zu (3. Hypothese für BBS abgelehnt). Zwischen den Gruppen (Intergruppenvergleich) gab es keinen signifikanten Unterschied (Tab. 32 und 33).

Die MCID, welche auf Mittelwertdifferenzen beruht und im BBS Test 4 Punkte beträgt, wurde in allen drei Gruppen nicht erreicht (-). Für den FAB existiert aktuell keine MCID (s. Tabelle 35).

Tabelle 32: **Intra- und Intergruppenvergleich BBS**

(KG=Klassische Lungensportgruppe, KT=Kraftgruppe, GG=Gleichgewichtsgruppe, T=Testzeitpunkt, Δ=Differenz, p=Signifikanz, BBS=Berg Balance Scale)

	Intragruppenvergleich				Intergruppenvergleich	
	T1	T3	T3-T1 (Δ2)	p-Wert	p-Wert	
KG BBS	54,00 [4,00]	54,00 [3,00]	1,00 [2,00]	0,005*	KG-KT	0,726
KT BBS	55,00 [2,00]	55,00 [1,00]	0,00 [2,00]	0,005*	KG-GG	0,375
GG BBS	55,00 [3,00]	55,00 [2,00]	0,00 [2,00]	0,096	KT-GG	0,567

* der p-Wert ist kleiner als das Signifikanzniveau mit $\alpha = 5\%$

Tabelle 33: **Intra- und Intergruppenvergleich FAB**

(KG=Klassische Lungensportgruppe, KT=Kraftgruppe, GG=Gleichgewichtsgruppe, T=Testzeitpunkt, Δ=Differenz, p=Signifikanz, FAB=Fullerton Advanced Balance)

	Intragruppenvergleich				Intergruppenvergleich	
	T1	T3	T3-T1 (Δ2)	p-Wert	p-Wert	
KG FAB	31,00 [9,00]	32,00 [9,00]	1,00 [2,00]	0,023*	KG-KT	0,929
KT FAB	32,00 [7,00]	35,00 [6,00]	1,00 [4,00]	0,020*	KG-GG	0,264
GG FAB	34,00 [6,00]	36,00 [5,00]	2,00 [3,00]	0,001*	KT-GG	0,375

* der p-Wert ist kleiner als das Signifikanzniveau mit $\alpha = 5\%$

Tabelle 34: **Differenz der Mittelwerte zur Ermittlung des Erreichens der MCID**
 (KG=Klassische Lungensportgruppe, KT=Kraftgruppe, GG=Gleichgewichtsgruppe, BBS=Berg Balance Score, FAB=Fullerton Advanced Balance, MCID= minimal clinically important difference)

	KG	KT	GG
BBS	1,00 ± 1,20	0,91 ± 1,31	0,65 ± 1,97
FAB	1,05 ± 1,84	1,43 ± 2,68	1,83 ± 2,25
MCID BBS	-	-	-

In Abbildung 14 sind die Daten des BBS, in Abbildung 15 die Daten des FAB eingezeichnet. Statistische Ausreißer sind mit einem Kreis (o) bzw. mit einem Stern (*) gekennzeichnet. Beim BBS sind die Deckeneffekte, die alle drei Gruppen erzielt haben, gut zu erkennen. Beim FAB gelang dies nur den Interventionsgruppen. Eine Verbesserung ist in beiden Abbildungen an einer Verkürzung der Länge der Whisker, an der Reduktion des Interquartilsabstands und der Verschiebung des Medians zu erkennen. Im BBS konnten die Gruppen KG und KT signifikante Unterschiede zum Ein- und Abschlusszeitpunkt erzielen. Im FAB erreichte die Interventionsgruppe GG einen hoch signifikanten Unterschied von $p = 0,001$.

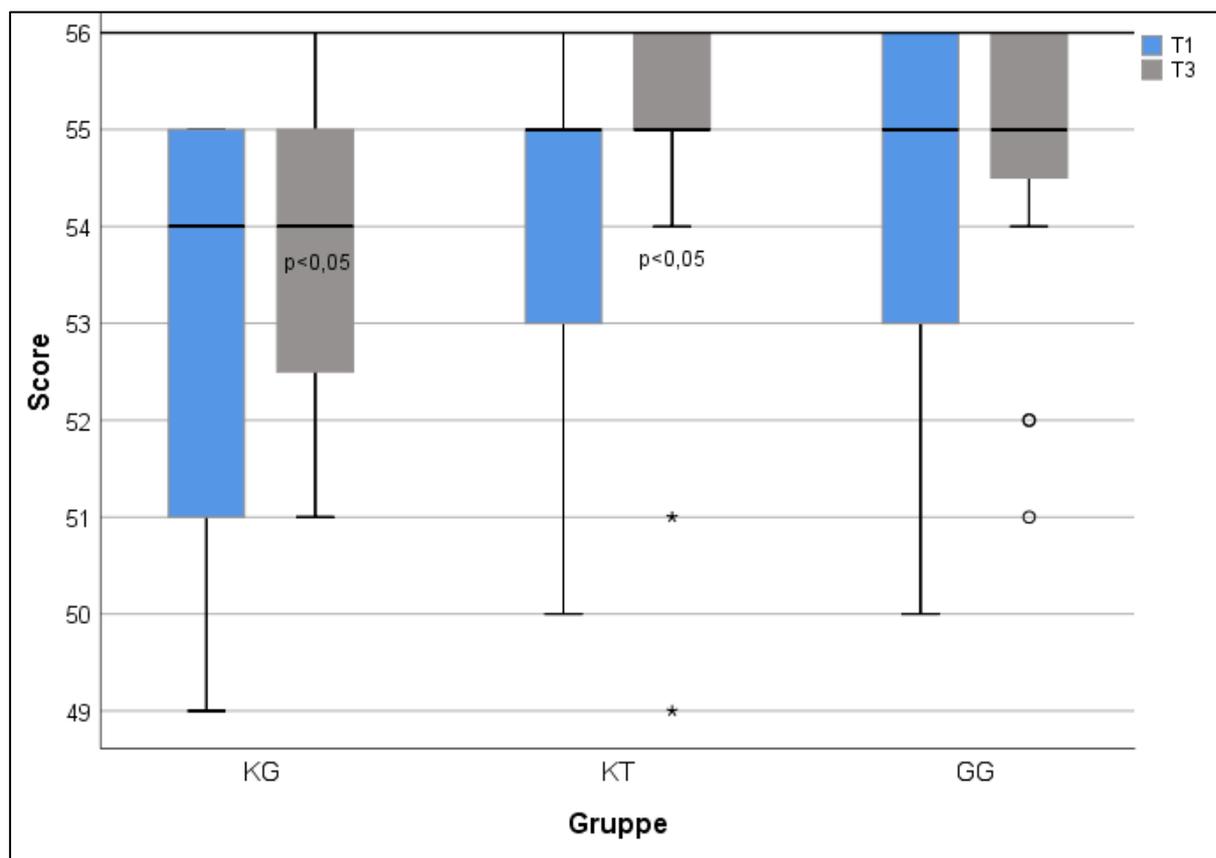


Abbildung 14: **Darstellung der Ergebnisse des BBS**
 (KG=Klassische Lungensportgruppe, KT=Kraftgruppe, GG=Gleichgewichtsgruppe, BBS=Berg Balance Score, T=Testzeitpunkt, p=Signifikanz)

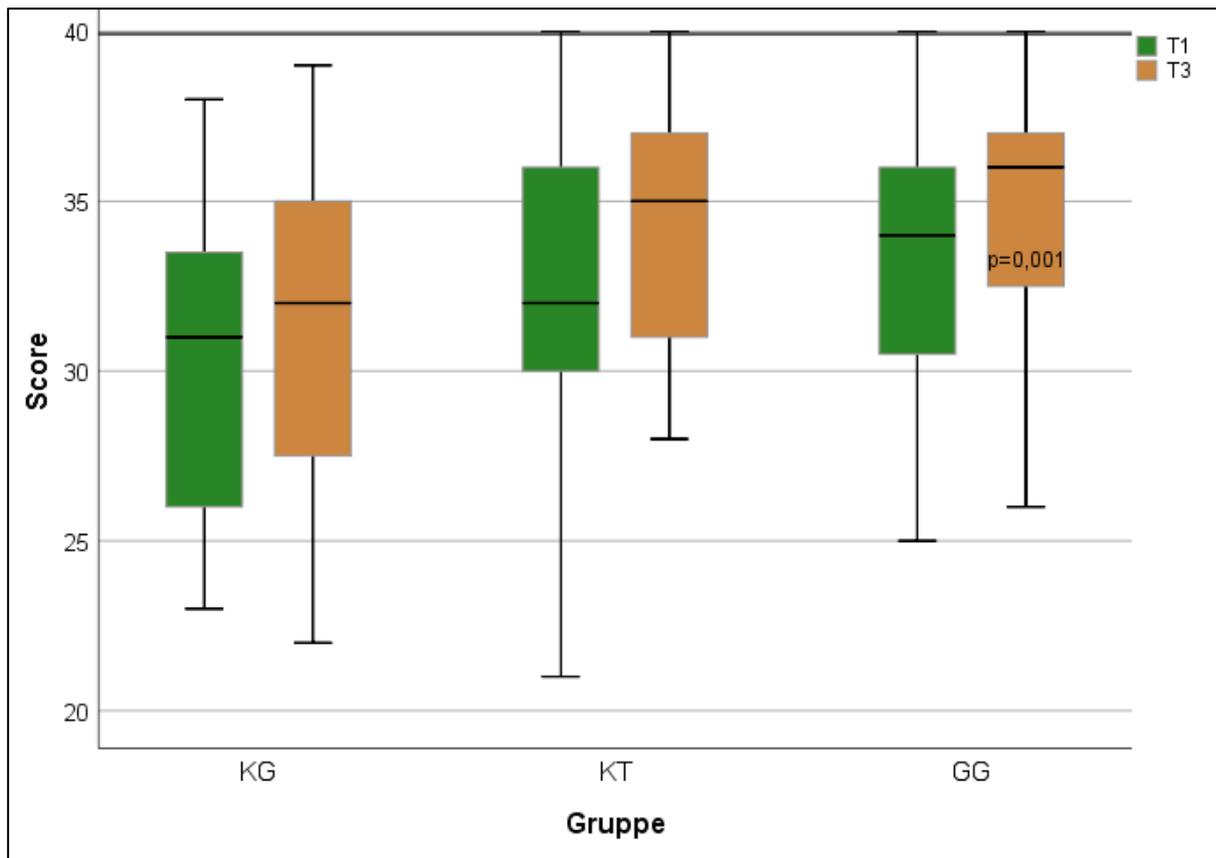


Abbildung 15: Darstellung der Ergebnisse des FAB

(KG=Klassische Lungensportgruppe, KT=Kraftgruppe, GG=Gleichgewichtsgruppe, FAB=Fullerton Advanced Balance, T=Testzeitpunkt, p=Signifikanz)

5.3.6 Fragebögen

Die Fragebögen besitzen Punktwerte, denen eine Ordinalskalierung zugrunde liegt. Tabelle 35 beinhaltet demzufolge den Median mit Interquartilsabstand.

Die Gleichgewichtsgruppe konnte in fast allen Parametern des SGRQ signifikante Unterschiede (außer in der Kategorie „Auswirkungen“) und auch die MCID in der Summe erreichen (-6,58). Allerdings erzielte auch die Gruppe KT in der Aktivität einen signifikanten Wert von $p = 0,013$. Im CAT gab es in allen Gruppen keine signifikanten Verbesserungen. Die Unterschiede zwischen den Gruppen waren sowohl in SGRQ als auch im CAT nicht signifikant. Im sekundären Endpunkt konnten die Interventionsgruppen gegenüber der klassischen Lungensportgruppe im Score des CAT keine Verbesserung nachweisen, daher muss hier die Alternativhypothese (3.) abgelehnt werden.

Tabelle 35: **Intra- und Intergruppenvergleich im SGRQ**

(KG=Klassische Lungensportgruppe, KT=Kraftgruppe, GG=Gleichgewichtsgruppe, T=Testzeitpunkt, p=Signifikanz, Δ=Differenz, SGRQ=St. George’s Respiratory Questionnaire)

		Intragruppenvergleich				Intergruppenvergleich	
		T1	T3	T3-T1 (Δ2)	p-Wert	p-Wert	
KG	SGRQ Summe	44,93 [21,04]	41,16 [17,34]	-1,60 [7,09]	0,286	KG-KT	0,752
	- Symptome	52,68 [22,59]	56,33 [26,03]	-5,16 [26,97]	0,472		0,640
	- Aktivität	60,25 [13,36]	59,63 [24,88]	0,00 [11,34]	0,221		0,248
	- Auswirkungen	36,52 [24,46]	31,11 [24,88]	-2,00 [12,16]	1,000		0,686
KT	SGRQ Summe	43,41 [30,30]	43,37 [19,94]	-2,64 [12,88]	0,207	KG-GG	0,103
	- Symptome	53,56 [16,87]	48,81 [40,90]	-2,29 [20,59]	0,738		0,306
	- Aktivität	60,27 [25,55]	59,46 [18,85]	-5,93 [13,01]	0,013*		0,108
	- Auswirkungen	30,48 [30,43]	33,05 [26,69]	-0,33 [9,82]	0,355		0,211
GG	SGRQ Summe	39,41 [20,78]	35,12 [24,56]	-6,58 [13,88]	0,012*	KT-GG	0,249
	- Symptome	51,73 [24,16]	48,95 [44,62]	-10,48 [25,34]	0,021*		0,127
	- Aktivität	54,54 [24,54]	47,24 [30,00]	-6,63 [13,63]	0,007*		0,317
	- Auswirkungen	26,06 [25,65]	18,57 [27,64]	-3,88 [10,96]	0,054		0,538

* der p-Wert ist kleiner als das Signifikanzniveau mit α = 5%

Tabelle 36: **Intra- und Intergruppenvergleich im CAT**

(KG=Klassische Lungensportgruppe, KT=Kraftgruppe, GG=Gleichgewichtsgruppe, T=Testzeitpunkt, p=Signifikanz, Δ=Differenz, CAT=COPD Assessment Test)

		Intragruppenvergleich				Intergruppenvergleich	
		T1	T3	T3-T1 (Δ2)	p-Wert	p-Wert	
KG	21,00 [10,00]	19,00 [7,00]	0,00 [5,00]	0,815	KG-KT	0,929	
KT	19,00 [7,00]	19,00 [11,00]	-1,00 [6,00]	0,858	KG-GG	0,439	
GG	16,00 [10,00]	13,00 [5,00]	-1,00 [9,00]	0,120	KT-GG	0,316	

Da die MCID im SGRQ auf Mittelwertdifferenzen beruht und -4 Punkte im Summenscore beträgt, wurden in Tabelle 38 entsprechende Berechnungen durchgeführt. Das gleiche Prinzip gilt auch für den CAT. Dort beträgt die MCID -2 Punkte. Eine Verbesserung im SGRQ über die MCID von -4 Punkten wurde von der Gruppe GG erreicht. Im CAT wurde die MCID von keiner Gruppe erreicht (-).

Tabelle 37: **Differenz der Mittelwerte zur Ermittlung des Erreichens der MCID**

(KG=Klassische Lungensportgruppe, KT=Kraftgruppe, GG=Gleichgewichtsgruppe, SGRQ=St. George’s Respiratory Questionnaire, CAT=COPD Assessment Test, MCID=minimal clinically important difference)

	KG	KT	GG
Summe	-2,15 ± 7,25	-0,43 ± 7,22	-7,08 ± 10,71
Symptome	-3,07 ± 15,68	-0,16 ± 16,98	-7,87 ± 14,85
Aktivität	-3,34 ± 9,00	-4,68 ± 8,38	-7,78 ± 12,07
Auswirkungen	-0,33 ± 9,34	-1,27 ± 12,10	-5,43 ± 12,27
MCID SGRQ	-	-	+
CAT	-0,05 ± 5,94	-0,00 ± 4,26	-1,52 ± 4,54
MCID CAT	-	-	-

Die Darstellung der Mittelwertunterschiede für den SGRQ zeigt Abbildung 16. Die MCID ist bei -4 Punkten angegeben. Die Gruppe KT hat in der Kategorie Aktivität die MCID mit einer

Signifikanz von $p < 0,05$ erreicht. Gut erkennbar ist die Verbesserung der Lebensqualität in der Gruppe GG, die in allen Kategorien die MCID deutlich übertrifft. Auch die Überprüfung der Werte mit dem Signifikanztest ergab in fast allen Bereichen ein klares Ergebnis mit $p < 0,05$. Bei den Interventionsgruppen konnte sich im sekundären Endpunkt nur die Gruppe GG gegenüber der Gruppe KG im Summenscore verbessern. Die Alternativhypothese (3.) trifft somit für die Gruppe GG zu, für die Kraftgruppe muss sie abgelehnt werden.

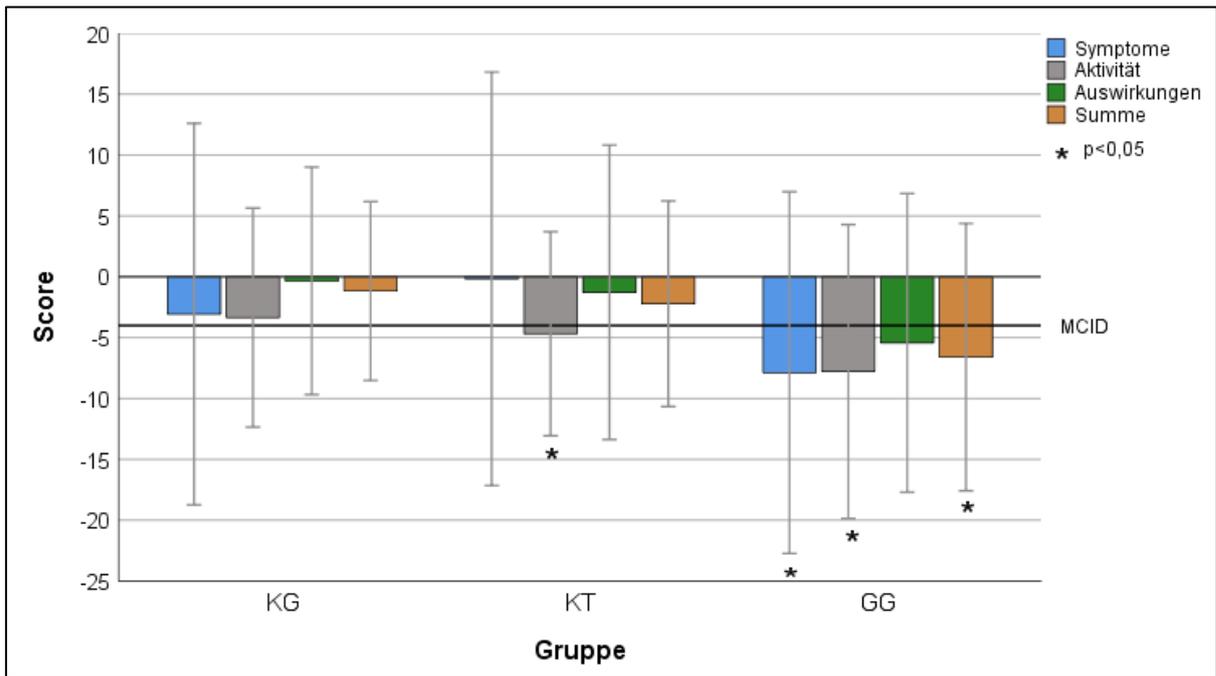


Abbildung 16: **Darstellung der Mittelwertunterschiede nach Gruppe im SGRQ** (GG=Gleichgewichtsgruppe, KT=Kraftgruppe, KG=Klassische Lungensportgruppe, p=Signifikanz, MCID=minimal clinically important difference)

5.3.7 MCID für alle Parameter

Die folgende Tabelle zeigt die Anzahl der Teilnehmer in der jeweiligen Gruppe an, welche eine MCID erreicht hat. So konnte sich die Hälfte der Studienteilnehmer im 5 STST über die MCID hinaus verbessern, dabei lagen die Gruppen gleich in der Anzahl. Auch im 6 MWT hat die Hälfte der Teilnehmer die 30 Meter Schwelle erreicht, wobei hier die Verbesserungen in der Gehstrecke auf die Gruppe KT fällt. In die Wertung der isometrischen Maximalkrafttestung gingen 64 Teilnehmer ein, nicht ganz die Hälfte erreichte die MCID. Verbesserungen haben sich vor allem in den Interventionsgruppen ergeben. Hier lag die Kraftgruppe mit dem linken Bein vorn. Erste Zahl gilt für das rechte Bein, zweite Zahl für das linke. Verbesserungen im BBS waren aufgrund Deckeneffekte nur schwer zu erreichen. Auffallend ist jedoch die höhere Anzahl in der Gruppe GG im SGRQ, die eine deutliche Verbesserung der Punkte im Lebensqualitätsfragebogen erzielten. Im *COPD Assessment Test* ist wieder eine

Gleichmäßigkeit in der Verteilung festzustellen, wobei knapp die Hälfte aller Teilnehmer die MCID von -2 Punkten erreichte (s. Tabelle 38).

Tabelle 38: **Anzahl der Teilnehmer mit erreichter MCID**

(KG=Klassische Lungensportgruppe, KT=Kraftgruppe, GG=Gleichgewichtsgruppe, 5STST=sit-to-stand Test, 6MWT=6 Minuten Gehstest, BBS=Berg Balance Score, Sek.=Sekunden, MCID=minimal clinically important difference, Nm=Newtonmeter, SGRQ= St. George’s Respiratory Questionnaire, CAT=COPD Assessment Test)

MCID	KG	KT	GG	Gesamt (65)
5STST (-1,7 Sek.)	10	10	10	30
6MWT (+30 Meter)	9	14	12	35
Isometrie (+7,5 Nm)	4/8	13/12	12/11	29/31
BBS (+4 Punkte)	1	2	3	6
SGRQ (-4 Punkte)	7	10	12	29
CAT (-2 Punkte)	11	10	11	32

5.4 VERÄNDERUNGEN ZWISCHEN UND INNERHALB DER COPD-GRADE

In allen motorischen Tests konnte zum Zeitpunkt T1 kein signifikanter Gruppenunterschied zwischen den COPD-Graden 1-4 (n = 65) festgestellt werden. Folgende Tabelle zeigt die Signifikanzprüfung durch die einfaktorielle ANOVA (bei normalverteilten Parametern) oder den Kruskal-Wallis-H-Test (bei nicht normalverteilten Parametern) an (s. Tabelle 39).

Tabelle 39: **Signifikanzprüfung Motorik zwischen den COPD-Graden**

(5STST=sit-to-stand Test, SCT=stair-climb Test, 6MWT=6 Minuten Gehstest, R=rechts, L=links, BBS=Berg Balance Score, FAB=Fullerton Advanced Balance, Nm=Newtonmeter, kg=Kilogramm)

COPD-Grade	5STST	6MWT	SCT	Isometrie – R (Nm/kg)	Isometrie – L (Nm/kg)	BBS	FAB
1-4	0,478	0,100	0,656	0,117	0,075	0,739	0,882

Für Tabelle 40 wurden sowohl die Daten der COPD-Grade 1+2 (n=42) als auch der COPD-Grade 3+4 (n=23) zusammengenommen und ein Intragruppenvergleich von T1 nach T3 zur Überprüfung der Hypothese (die COPD-Grade 3+4 erreichen mehr signifikante Veränderungen und erzielen öfters die MCID) durchgeführt. Daten erscheinen als Mittelwert und Standardabweichung. Sowohl die Grade 1+2 als auch 3+4 konnten die gleiche Anzahl an Signifikanzen erzielen. Während die Anzahl der Signifikanzen in beiden Gruppen gleich blieb, erreichten die COPD-Grade 3+4 öfters die MCID. Die Alternativhypothese wird daher als Ganzes angenommen.

Tabelle 40: **Signifikanz und MCID der motorischen Tests in den COPD-Graden**

(T=Testzeitpunkt, p=Signifikanz, Δ=Differenz, 5STST=sit-to-stand Test, SCT=stair-climb Test, 6MWT=6 Minuten Gehstest, R=rechts, L=links, BBS=Berg Balance Score, FAB=Fullerton Advanced Balance, COPD=chronic obstructive pulmonary disease, MCID=minimal clinically important difference)

	COPD-Grade 1+2			COPD-Grade 3+4		
	T3-T1 (Δ2)	p-Wert Δ2	MCID	T3-T1 (Δ2)	p-Wert Δ2	MCID
5STST	-1,43 ± 2,05	0,001***	-	-1,32 ± 2,94	0,043*	-
6MWT	18,86 ± 24,94	0,000***	-	42,39 ± 48,33	0,001***	+
SCT	-0,76 ± 1,36	0,002*		0,36 ± 8,84	0,012*	
Isometrie – R	3,79 ± 15,66	0,111	-	8,31 ± 19,15	0,056	+
Isometrie – L	10,12 ± 17,95	0,007*	+	9,18 ± 15,10	0,010*	+
BBS	0,83 ± 1,27	0,000***	-	0,87 ± 1,96	0,029*	-
FAB	1,33 ± 2,18	0,000***		1,70 ± 2,51	0,004*	

der p-Wert ist kleiner als das Signifikanzniveau mit α = 5% (*) bzw. mit α = 0,1% (***)

Im Folgenden werden für alle COPD-Grade die Abbildungen des 5 STST, 6 MWT, Isometrie und FAB sowie der Fragebögen dargestellt und näher erläutert. Danach erfolgt die Statistik mit Signifikanzprüfung für alle Parameter.

Sit-to-stand-Test

Beim *sit-to-stand* Test in Abbildung 17 ergaben sich erhebliche Unterschiede zwischen den COPD-Graden. Ein Abstand von Grad 4 gegenüber den anderen COPD-Graden ist erkennbar. Alle Grade konnten sich zum zweiten Messzeitpunkt verbessern, danach verschlechterte sich das Ergebnis bei Grad 4 und Grad 1. Die Verbesserungen von Grad 2 und 3 sind hoch signifikant (p < 0,001).

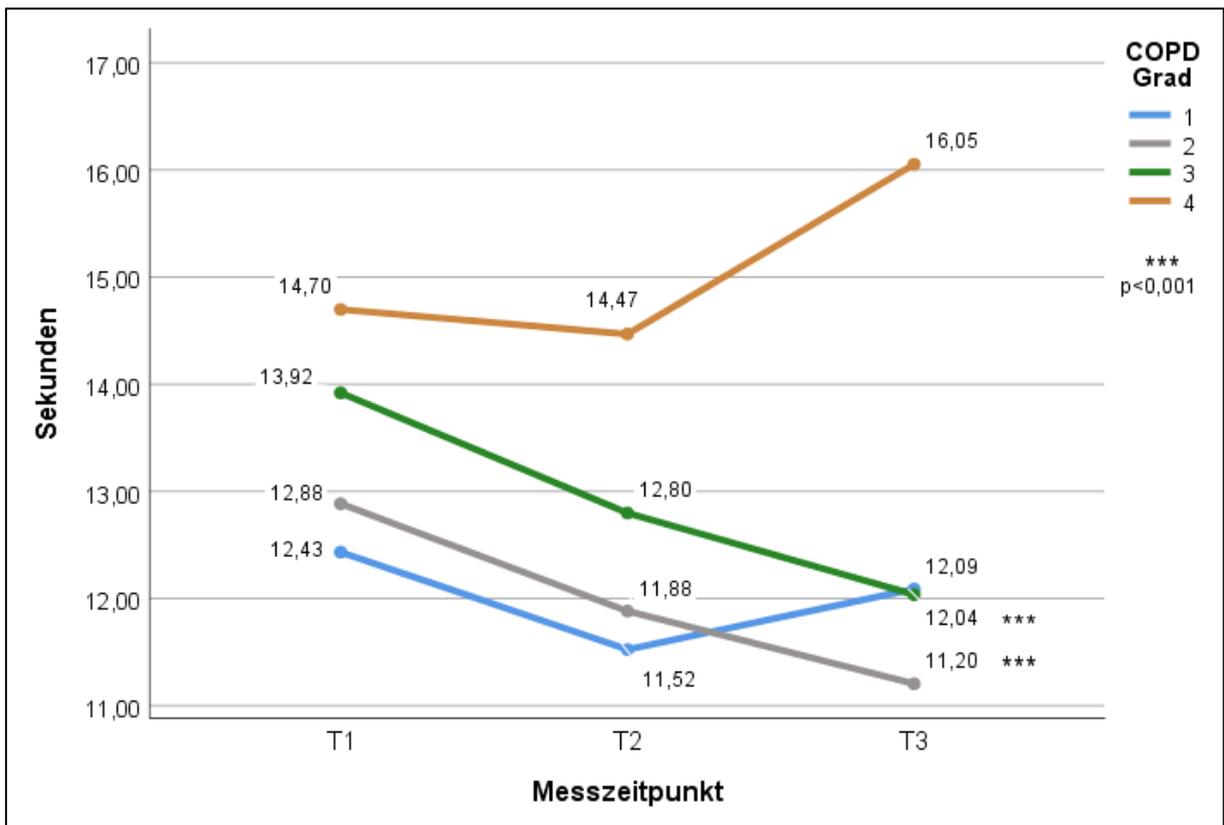


Abbildung 17: **Veränderungen im 5 STST nach COPD-Grade**
 (T=Testzeitpunkt, p=Signifikanz, COPD=chronic obstructive pulmonary disease)

6-Minuten-Gehtest

Beim Gehtest ist die Verteilung der COPD-Grade ähnlich der Verteilung im STST. Alle Grade konnten sich zum zweiten Messzeitpunkt verbessern. Danach jedoch verschlechterte sich das Ergebnis vom Zwischentest zum Abschlusstest bei Grad 1 (s. Abbildung 18). Bei Grad 2 und 3 sind die Verbesserungen signifikant ($p < 0,05$).

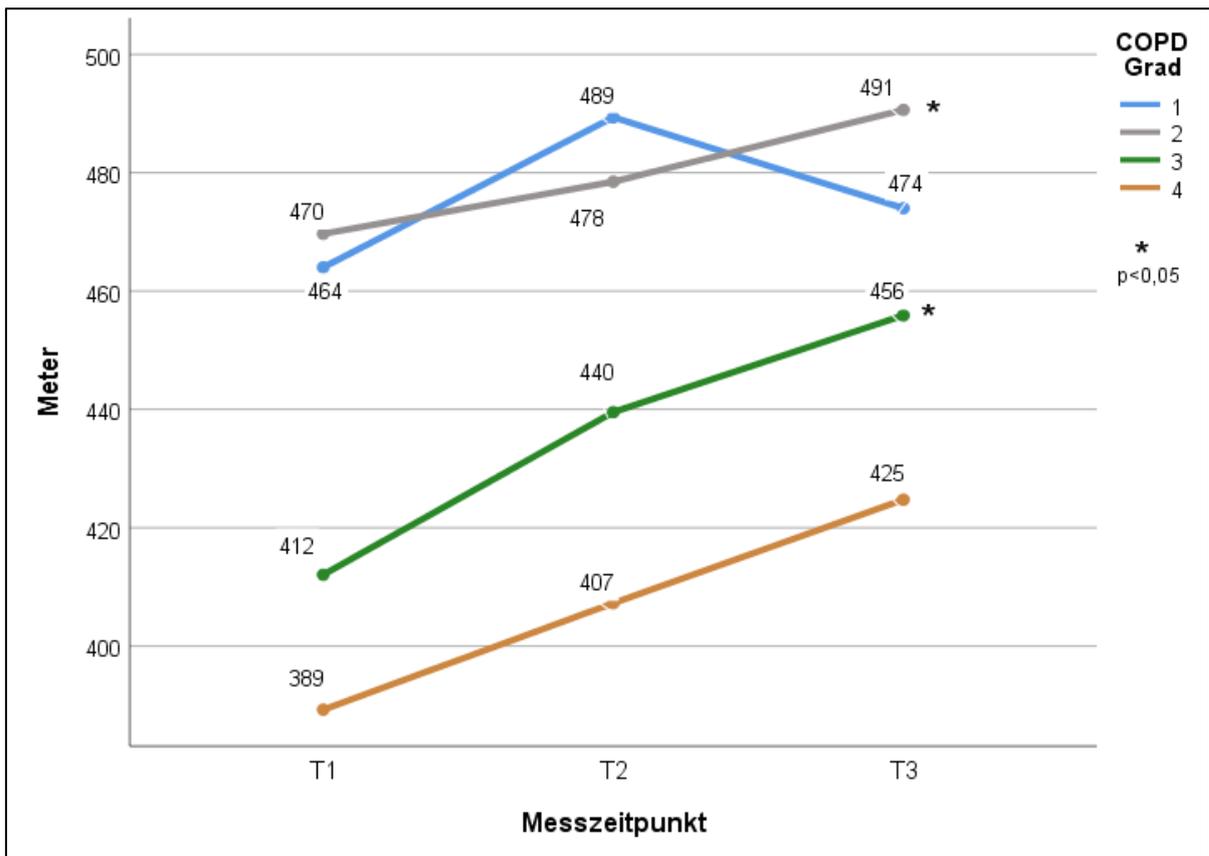


Abbildung 18: **Veränderungen im 6 MWT nach COPD-Grade**
 (T=Testzeitpunkt, p=Signifikanz, COPD=chronic obstructive pulmonary disease)

Messung des Drehmoments

Die Verteilung der COPD-Grade gestaltet sich in der isometrischen Messung (hier: absolute Werte) wie folgt: aus den nachfolgenden Graphiken entnommen, liegen die Werte für das rechte und linke Bein bei den COPD-Graden 3 und 4 deutlich höher, als für die COPD-Grade 1 und 2. COPD-Grad 3 erreicht zum dritten Messzeitpunkt zudem noch erheblich höhere Kraftwerte gegenüber Grad 4. Grad 2 und 3 konnten sich auf der linken Beinseite signifikant ($p < 0,05$) verbessern (s. Abbildung 19 für das rechte Bein und Abbildung 20 für das linke Bein).

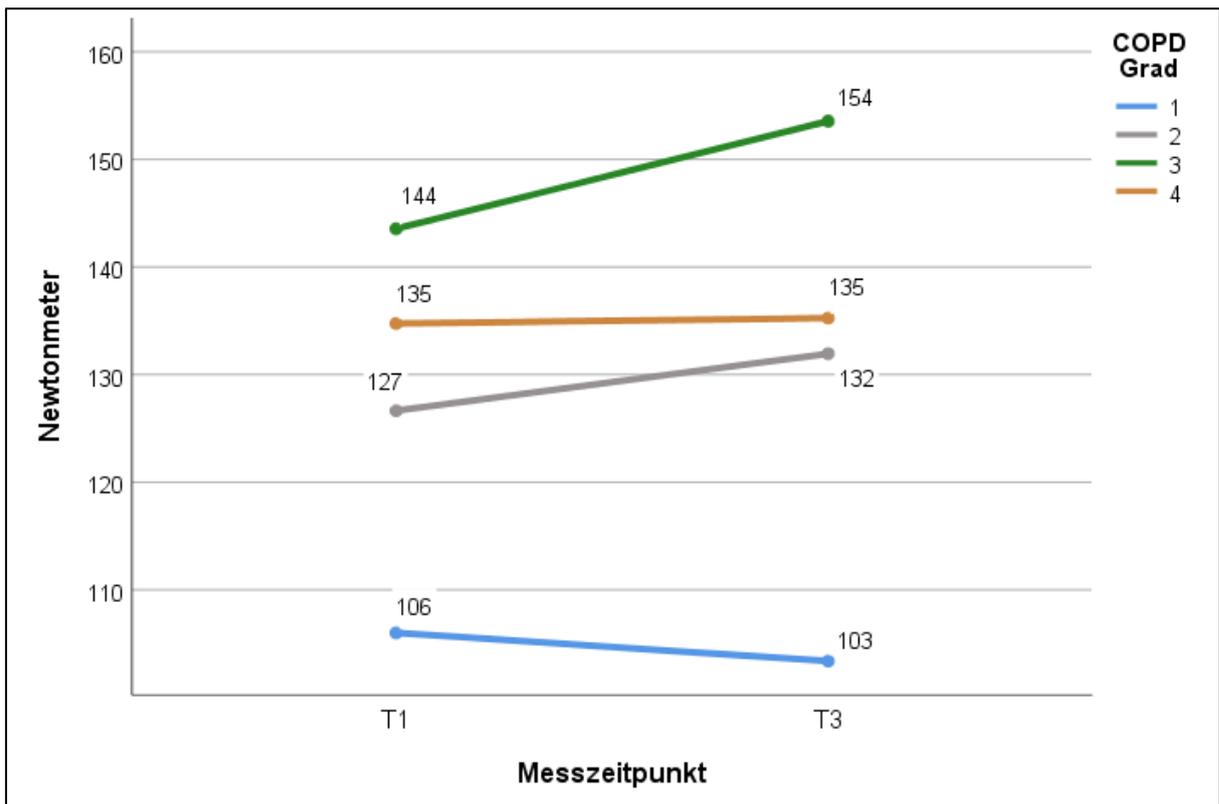


Abbildung 19: **Veränderungen der Kraftwerte des rechten Beins nach COPD-Grade** (T=Testzeitpunkt, COPD=chronic obstructive pulmonary disease)

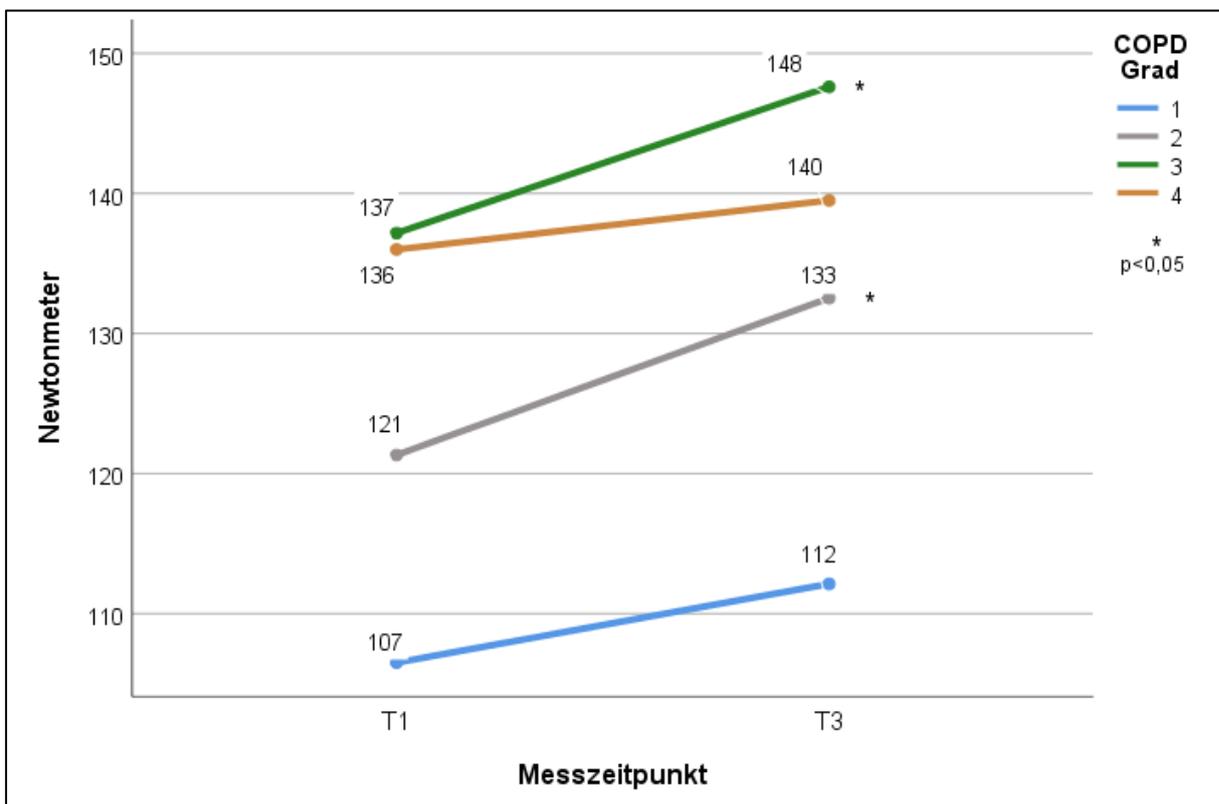


Abbildung 20: **Veränderungen der Kraftwerte des linken Beins nach COPD-Grade** (T=Testzeitpunkt, p=Signifikanz, COPD=chronic obstructive pulmonary disease)

FAB

Grad 4 liegt mit dem Anfangs- und Endwert deutlich über halb den Werten der anderen. Alle Grade konnten sich annähernd gleich konstant verbessern (s. Abbildung 21). Grad 2 und 3 können signifikante Veränderungen mit $p < 0,05$ nachweisen.

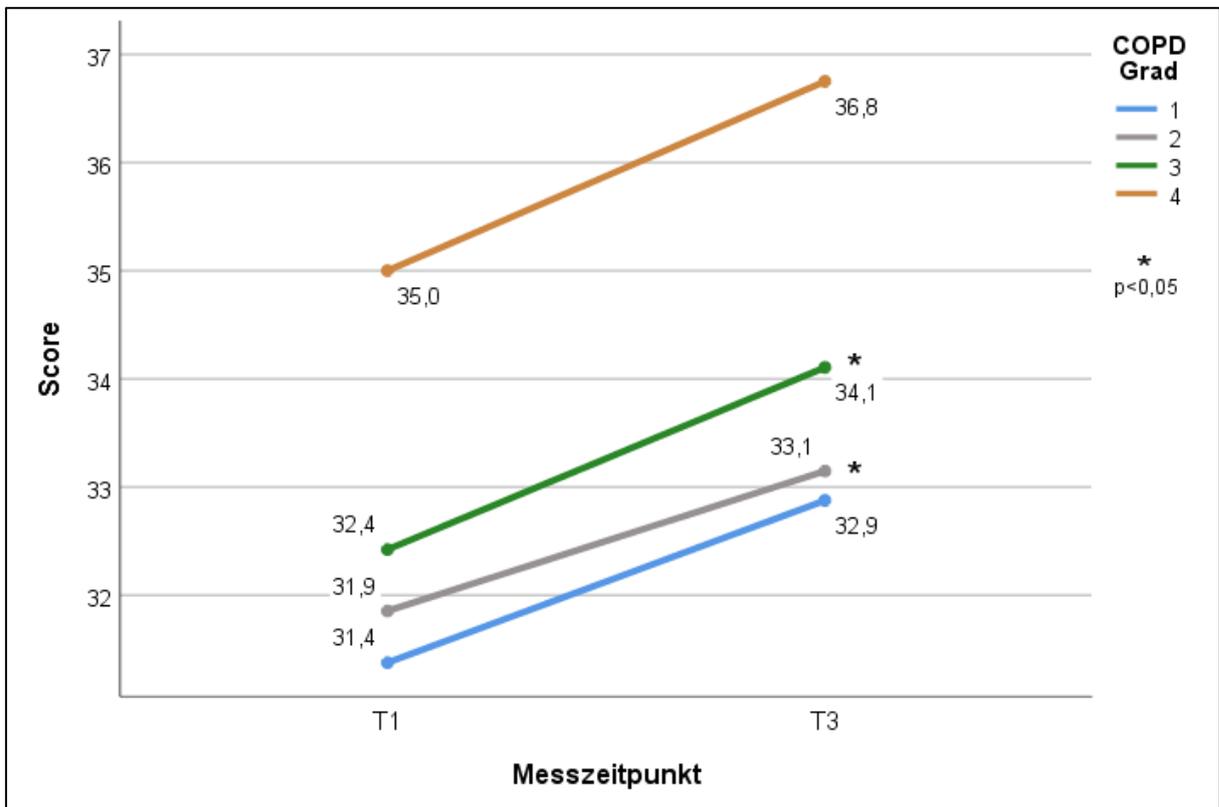


Abbildung 21: **Veränderungen im FAB nach COPD-Grade**
 (T=Testzeitpunkt, p=Signifikanz, COPD=chronic obstructive pulmonary disease)

SGRQ

Es fällt auf, dass die COPD-Grade 3 und 4 öfters die MCID erreichen als die COPD-Grade 1 und 2 (s. Abbildung 22). Grad 2 erreichte in der Kategorie Aktivität eine Signifikanz von $p = 0,011$ und Grad 3 von $p = 0,015$.

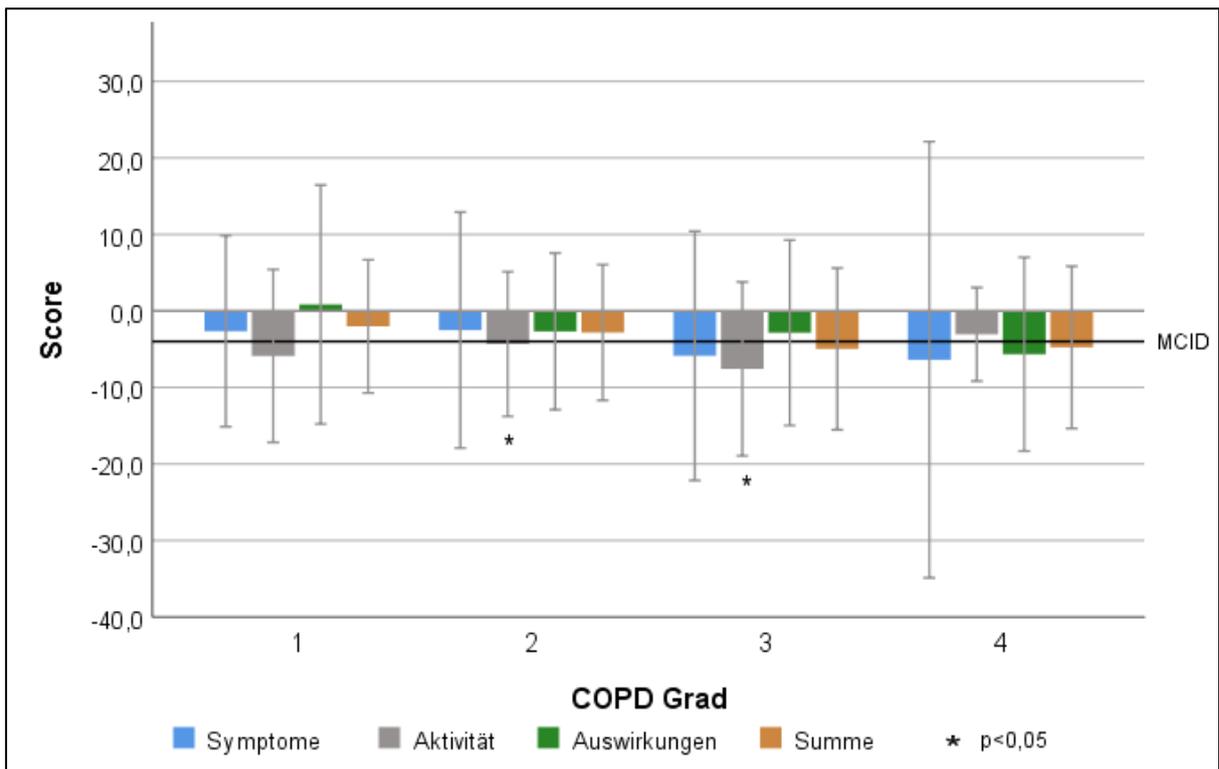


Abbildung 22: **Darstellung der Mittelwertunterschiede im SGRQ nach COPD-Grade** (p=Signifikanz, MCID=minimal clinically important difference, COPD=chronic obstructive pulmonary disease)

CAT

Die Symptomlast ist zum ersten Messzeitpunkt bei COPD-Grad 1 am niedrigsten, bei COPD-Grad 3 am höchsten. Erkennbar in Abbildung 23 ist die sehr gute Verbesserung von Grad 4 zum Abschluss der Studie (T3) im Ergebnis des CAT Fragebogens. Alle anderen Ergebnisse veränderten sich geringfügig.

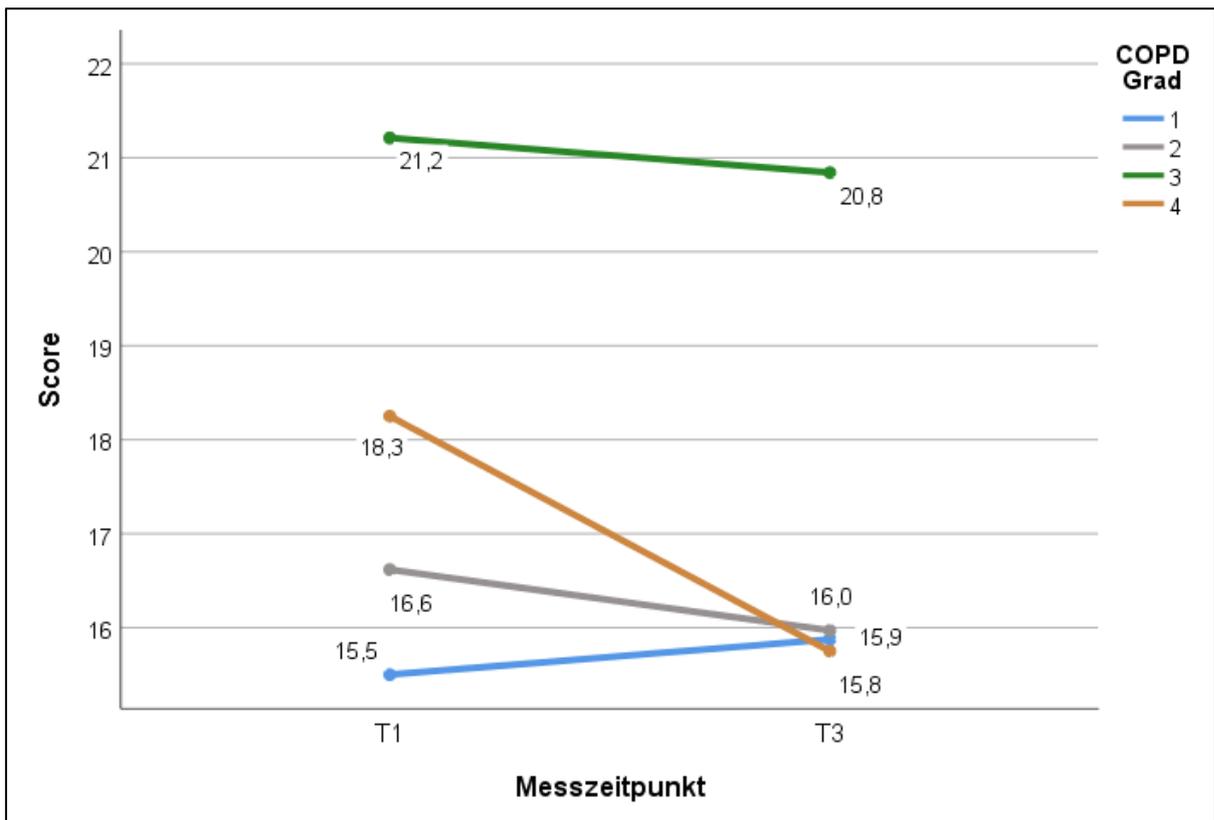


Abbildung 23: **Veränderungen im CAT nach COPD-Grade**
 (T=Testzeitpunkt, COPD=chronic obstructive pulmonary disease)

In den folgenden Tabellen sind alle Daten als Mittelwertunterschiede mit Standardabweichung, bei den Gleichgewichtstests und Fragebögen zusätzlich als Median mit Interquartilsabstand (*Kursivschrift*) angegeben.

5.4.1 COPD-Grad 1 (n=8)

Der Friedman-Test ergab im 5 STST und 6 MWT keine signifikanten Unterschiede zwischen den Testzeitpunkten, daher gibt es keine Mehrfachvergleiche. Alle anderen motorischen Tests ergaben keine signifikanten Unterschiede, auch die MCID wurde nicht erreicht. Im SGRQ konnte in der Kategorie Aktivität die MCID erreicht werden, der Unterschied war jedoch nicht signifikant.

Tabelle 41: **Mittelwertunterschiede und Signifikanzen für alle Tests bei COPD-Grad 1**
 (T=Testzeitpunkt, p=Signifikanz, Δ=Differenz, MCID=minimal clinically important difference, 5STST=sit-to-stand Test, SCT=stair-climb Test, 6MWT=6 Minuten Gehstest, R=rechts, L=links, BBS=Berg Balance Score, FAB=Fullerton Advanced Balance, SGRQ= St. George’s Respiratory Questionnaire, CAT=COPD Assessment Test)

	T2-T1 (Δ1)	T3-T1 (Δ2)	p-Wert Δ1	p-Wert Δ2	MCID
5STST	-0,91 ± 1,12	-0,35 ± 2,30	0,325		-
6MWT	25,38 ± 28,98	10,00 ± 42,52	0,197		-
	T3-T1 (Δ2)		p-Wert Δ2		
SCT	-0,67 ± 1,68		0,298		
Isometrie - R	-2,63 ± 17,47		0,684		-
Isometrie - L	5,62 ± 14,49		0,309		-
BBS	1,50 ± 1,85 0,50 [4,00]		0,066		-
FAB	1,50 ± 1,93 1,50 [3,00]		0,058		
SGRQ Summe	-2,01 ± 8,70 ,305 [9,23]		0,327		-
- Symptome	-2,64 ± 12,49 3,11 [23,18]		0,674		-
- Aktivität	-5,88 ± 11,30 -2,60 [22,10]		0,208		+
- Auswirkungen	0,84 ± 15,61 -0,82 [13,89]		1,000		-
CAT	0,38 ± 6,59 -2,00 [7,00]		0,670		-

* der p-Wert ist kleiner als das Signifikanzniveau mit α = 5%

5.4.2 COPD-Grad 2 (n=34)

Die einfaktorielle ANOVA ergab im 5 STST signifikante (p = 0,002) und hoch signifikante (p < 0,001) Unterschiede. Die MCID von -1,7 Sekunden wurde knapp verfehlt. Auch im 6 MWT konnten hoch signifikante Veränderungen zum dritten Messzeitpunkt wahrgenommen werden, die jedoch die MCID nicht überschritten. Der Wilcoxon-Rangsummentest bzw. der t-Test hat in den weiteren motorischen Tests ebenfalls signifikante Ergebnisse erzielt. In den Fragebögen konnte die Unterkategorie Aktivität des SGRQs eine nennenswerte Veränderung (p = 0,011) mit Überschreiten der MCID erreichen (s. Tabelle 42). Es ergaben sich Veränderungen in sechs motorischen Parametern und die MCID wurde insgesamt in zwei Parametern erreicht.

Tabelle 42: **Mittelwertunterschiede und Signifikanzen für alle Tests bei COPD-Grad 2**
 (T=Testzeitpunkt, p=Signifikanz, Δ=Differenz, MCID=minimal clinically important difference, 5STST=sit-to-stand Test, SCT=stair-climb Test, 6MWT=6 Minuten Gehstest, R=rechts, L=links, BBS=Berg Balance Score, FAB=Fullerton Advanced Balance, SGRQ=St. George’s Respiratory Questionnaire, CAT=COPD Assessment Test)

	T2-T1 (Δ1)	T3-T1 (Δ2)	p-Wert Δ1	p-Wert Δ2	MCID
5STST	-1,00 ± 1,57	-1,68 ± 1,93	0,002*	0,000*	-
6MWT	8,79 ± 21,60	20,94 ± 19,12	0,071	0,000*	-
	T3-T1 (Δ2)		p-Wert Δ2		
SCT	-0,78 ± 1,31		0,001*		
Isometrie – R	5,29 ± 15,08		0,058		-
Isometrie – L	11,18 ± 18,70		0,001*		+
BBS	0,68 ± 1,07 0,00 [1,00]		0,001*		-
FAB	1,29 ± 2,26 1,00 [2,00]		0,003*		
SGRQ Summe	-2,81 ± 8,87 -2,93 [10,37]		0,078		-
- Symptome	-2,50 ± 15,42 -2,53 [23,94]		0,367		-
- Aktivität	-4,32 ± 9,46 -5,80 [11,99]		0,011*		+
- Auswirkungen	-2,66 ± 10,24 -2,14 [8,82]		0,126		-
CAT	-0,65 ± 5,02 0,00 [6,00]		0,448		-

* der p-Wert ist kleiner als das Signifikanzniveau mit α = 5%

5.4.3 COPD-Grad 3 (n=19)

Die einfaktorielle ANOVA ergab im 5 STST im Mehrfachvergleich einen hoch signifikanten Unterschied (p < 0,001). Die MCID von -1,7 Sekunden wurde übertroffen. Auch im 6 MWT konnte eine signifikante Veränderung zum dritten Messzeitpunkt ermittelt werden, die sogar die MCID von +30 Metern deutlich übertraf (43,84 Meter). In den weiteren motorischen Tests sind bis auf den BBS und der isometrischen Testung des rechten Beins Unterschiede zwischen den Messzeitpunkten auszumachen. In den Fragebögen erreichte nur die Aktivität ein signifikantes (p = 0,015) Ergebnis. Die MCID im Gesamtergebnis des SGRQ wurde auf Basis der Mittelwertunterschiede erreicht, war jedoch nicht signifikant (s. Tabelle 44). Es ergaben sich Veränderungen in fünf motorischen Parametern und die MCID wurde viermal übertroffen (5 STST, 6 MWT und Isometrie rechts und links). Nimmt man die Fragebögen hinzu, wurde die MCID sieben Mal übertroffen.

Tabelle 43: **Mittelwertunterschiede und Signifikanzen für alle Tests bei COPD-Grad 3**
 (T=Testzeitpunkt, p=Signifikanz, Δ=Differenz, MCID=minimal clinically important difference, 5STST=sit-to-stand Test, SCT=stair-climb Test, 6MWT=6 Minuten Gehstest, R=rechts, L=links, BBS=Berg Balance Score, FAB=Fullerton Advanced Balance, SGRQ= St. George’s Respiratory Questionnaire, CAT=COPD Assessment Test)

	T2-T1 (Δ1)	T3-T1 (Δ2)	p-Wert Δ1	p-Wert Δ2	MCID
5STST	-1,12 ± 1,51	-1,88 ± 1,67	0,014*	0,000*	+
6MWT	27,47 ± 42,78	43,84 ± 45,26	0,036*	0,002*	+
	T3-T1 (Δ2)		p-Wert Δ2		
SCT	-1,33 ± 1,72		0,010*		
Isometrie – R	10,00 ± 20,83		0,058		+
Isometrie – L	10,44 ± 15,97		0,013*		+
BBS	0,84 ± 2,09 1,00 [2,00]		0,062		-
FAB	1,68 ± 2,61 1,00 [3,00]		0,011*		
SGRQ Summe	-4,97 ± 10,57 -2,26 [14,03]		0,073		+
- Symptome	-5,87 ± 16,28 -8,04 [17,15]		0,064		+
- Aktivität	-7,57 ± 11,36 -6,13 [13,62]		0,015*		+
- Auswirkungen	-2,85 ± 12,11 -0,25 [14,69]		0,546		-
CAT	-0,37 ± 4,43 0,00 [9,00]		0,710		-

* der p-Wert ist kleiner als das Signifikanzniveau mit α = 5%

5.4.4 COPD-Grad 4 (n=4)

Der Friedman-Tests ergab im 5 STST und im 6 MWT keinen signifikanten Unterschied, so dass keine Mehrfachvergleiche durchgeführt wurden. Die MCID von +30 Metern wurde zum dritten Testzeitpunkt im 6 MWT erreicht. Die MCID im CAT ist mit einer Differenz von zwei Punkten erreicht worden. In der Kategorie Symptome und Auswirkungen des SGRQs wurde die MCID von -4 übertroffen (s. Tabelle 44). Auch der Summenscore des SGRQs erreichte die MCID.

Tabelle 44: **Mittelwertunterschiede und Signifikanzen für alle Tests bei COPD-Grad 4**
 (T=Testzeitpunkt, p=Signifikanz, Δ=Differenz, MCID=minimal clinically important difference, 5STST=sit-to-stand Test, SCT=stair-climb Test, 6MWT=6 Minuten Gehstest, R=rechts, L=links, BBS=Berg Balance Score, FAB=Fullerton Advanced Balance, SGRQ= St. George’s Respiratory Questionnaire, CAT=COPD Assessment Test)

	T2-T1 (Δ1)	T3-T1 (Δ2)	p-Wert Δ1	p-Wert Δ2	MCID
5STST	-0,23 ± 2,74	1,35 ± 5,94	0,655		-
6MWT	18,00 ± 66,32	35,50 ± 69,00	0,174		+
	T3-T1 (Δ2)		p-Wert Δ2		
SCT	8,37 ± 21,27		0,489		
Isometrie - R	0,50 ± 4,43		0,836		-
Isometrie - L	3,50 ± 9,95		0,532		-
BBS	1,00 ± 1,41 0,50 [3,00]		0,180		-
FAB	1,75 ± 2,36 1,00 [4,00]		0,180		
SGRQ Summe	-4,76 ± 10,60 -4,54 [18,95]		0,465		+
- Symptome	-6,37 ± 28,50 -12,22 [52,15]		0,465		+
- Aktivität	-3,06 ± 6,11 0,00 [9,17]		0,317		-
- Auswirkungen	-5,66 ± 12,67 -7,39 [24,19]		0,273		+
CAT	-2,50 ± 1,92 -2,00 [4,00]		0,066		+

* der p-Wert ist kleiner als das Signifikanzniveau mit α = 5%

6 DISKUSSION

6.1 DISKUSSION DER ERGEBNISSE

6.1.1 Körperliche Leistungsfähigkeit

Sit-to-stand Test

Als primärer Endpunkt wurde die Verbesserung im Sit-to-Stand Test im Intragruppenvergleich festgelegt. Es wurde hypothetisch angenommen, dass die Interventionsgruppen durch ihr spezifischeres Training insbesondere in den unteren Extremitäten mehr Effekte erreichen, d.h. in den motorischen Parametern größere Verbesserungen zeigen. Die MCID von 1,7 Sekunden sollte von den Interventionsgruppen im STST übertroffen werden. Die Ergebnisse aus Kapitel 5 konnten dies jedoch nicht bestätigen, somit wurde die eingangs aufgestellte Hypothese im primären Endpunkt verworfen. Nun müssen die im Intragruppenvergleich gewonnenen Ergebnisse differenziert betrachtet werden, da mehrere Faktoren für das Zustandekommen des Ergebnisses verantwortlich sind. Im Intergruppenvergleich waren die Differenzen so minimal, dass sich daraus keine signifikanten Werte ergaben.

In der Eingangstestung hatten die Interventionsgruppen zur Bewegungsdurchführung des 5 STST weniger Zeit gegenüber der klassischen Lungensportgruppe benötigt. Die Ausführung des Aufstehens und Hinsetzens ist eine alltägliche Bewegung, welche eine gewisse Muskelkraft in den Beinen voraussetzt (Whitney et al. 2005). Der Ausführende muss in der Lage sein, sein Körpergewicht ohne Armeinsatz anzuheben. Auch Annweiler und Jones bestätigen, dass beim STST eine lange Ausführungszeit mit geringerer Muskelkraft in den unteren Extremitäten und mangelnder Balancefähigkeit assoziiert ist (Annweiler et al. 2011; Jones et al. 2013). Da die Gruppe KG in der Durchführung länger benötigte, ist eine geringere Muskelkraft zum Eingangszeitpunkt zu vermuten. Die Verbesserung der klassischen Lungensportgruppe lag unter denen der Interventionsgruppen. Die geringfügigere Verbesserung der Gruppe KG im STST im Vergleich zu den Interventionsgruppen, die größere Verbesserungen erzielen konnten, ist möglicherweise darauf zurückzuführen, dass diese Gruppe keine spezifischen Übungen zur Kräftigung der Beinmuskulatur durchgeführt hat und auch kein zusätzliches Heimprogramm absolvierte. Betrachtet man sich die Muskelkraft, gemessen mittels isometrischer Testung, der klassischen Lungensportgruppe zum Eingangszeitpunkt liegt dieser Wert bei ca. 113 Newtonmeter und ist damit tatsächlich geringer im Vergleich zu den Interventionsgruppen mit ca. 133 Newtonmeter. Der Kraftzuwachs der Kontrollgruppe vom Eingangszeitpunkt (T1) zum Abschlusszeitpunkt (T3)

liegt deutlich unterhalb jener der Interventionsgruppen, womit sich hier die geringere Kraft der Beinmuskulatur der klassischen Lungensportgruppe während der ganzen Studie erklärt.

Die Balancefähigkeit spielt, insbesondere bei zunehmendem Alter eine Rolle (Mourey et al. 1998; Janssen et al. 2002; Ejupi et al. 2015). Bei einem kinematischen Vergleich der Bewegungsausführung des STST zwischen jüngeren und älteren Teilnehmern, konnten Mourey und Kollegen (1998) feststellen, dass die maximale Winkelgeschwindigkeit bei der Rumpfflexion bei den Älteren konstant bleibt, während sie bei den Jüngeren zunimmt. Grund hierfür soll eine Vermeidung des Gleichgewichtsverlusts bei schnellen Körperschwerpunktverlagerungen sein. Die Ausführungszeit der beiden Phasen ist unterschiedlich, sie dauert beim Hinsetzen länger und erfordert eine gute statische Gleichgewichtskontrolle im letzten Abschnitt der Bewegungsausführung. Ältere Personen benötigen in der Abwärtsbewegung mehr Zeit zum kontrollierten Abbremsen ihrer Bewegungsgeschwindigkeit und um sicher auf dem Stuhl Platz zu nehmen (Mourey et al. 1998). Da die Altersstruktur zwischen und innerhalb der Gruppen zum Eingangszeitpunkt ähnlich war, es gab keine signifikanten Unterschiede, kann der Aspekt eines möglichen höheren Alters in der klassischen Lungensportgruppe vernachlässigt werden. Die Parameter in den Gleichgewichtstests BBS und FAB hatten sich zwar in der klassischen Lungensportgruppe signifikant verbessert, lagen aber insbesondere im Bereich des FAB niedriger als in der Gruppe GG.

Es ist zusammenfassend zu vermuten, dass die Interventionsgruppen durch einen höheren Kraftzuwachs in der Beinmuskulatur, verbesserte Werte in den Gleichgewichtstest und durch ein spezifisches Übungsprogramm inklusive Heimtraining im STST bessere Werte im Abschlusstest gegenüber der klassischen Lungensportgruppe erreichte.

Beim Vergleich der COPD-Grade fällt der deutliche Abstand von COPD-Grad 4 zu den anderen Schweregraden auf. Da es sich nur um eine kleine Population von vier Teilnehmern handelte und ein statistischer Ausreißer mit Werten von 24,13 Sekunden zum Eingangszeitpunkt und 34,21 Sekunden zum Abschlusszeitpunkt mit in die Berechnung einbezogen werden musste, machte sich dies in der Darstellung der Graphik deutlich bemerkbar. Die größten Verbesserungen konnten die Schweregrade 2 und 3 erzielen, die im Vergleich zu den anderen Gruppen im STST die MCID erreichten (Grad 2 nur knapp mit -1,68 Sekunden) und signifikante Veränderungen bewirkten. Grad 3 verbesserte sich insgesamt etwas mehr als Grad 2. Hier profitierte ein höherer Schweregrad von der Studie. Grad 1 konnte möglicherweise aufgrund der schon guten Ausgangswerte und der zunächst deutlichen Verbesserung zum zweiten Messzeitpunkt keine Steigerung zum dritten Messzeitpunkt erzielen.

6-Minuten-Gehtest

Die Gruppen konnten ihre Gehleistung zum Abschlusszeitpunkt signifikant verbessern. Die Zuwachsraten lagen zwischen 18 und 33 Metern. Die Trainingsgruppen zeigten dabei die größeren Verbesserungen. Auch beim Vergleich der COPD-Grade liegen die Verbesserungen mit 21 Metern als Minimum bei COPD-Grad 2 und 44 Metern als Maximum bei COPD-Grad 3 im Bereich der MCID. Es muss darauf verwiesen werden, dass statistisch signifikante Veränderungen der Distanz während des Gehtests nicht unbedingt mit einer subjektiv wahrgenommenen Änderung des individuellen Leistungsvermögens einhergehen. Es ist eine Minstdifferenz notwendig, um subjektive oder klinisch relevante Veränderungen hervorzurufen. In dieser Untersuchung liegt die „Schwelle“ bei 30 Metern. Dieser Zuwachs wurde teilweise erreicht, befindet sich aber deutlich unter der Gehstreckenleistung, die in einer Vielzahl von Literaturquellen angegeben sind: Göhl et al. (2006) mit 79 m, Baumann et al. (2012) mit 59 m, Greulich et al. (2014) mit 59 m, Spielmanns et al. (2014) mit 52 m. Die überwiegende Anzahl der in der Literatur erwähnten Studien entstammen einer pneumologischen Rehabilitation, in welcher Ausdauertraining zu den Therapiebausteinen gehört. Die vorliegende Studie beinhaltete kein Ausdauertraining, daher waren die Veränderungen nur geringfügig. Es stellt sich trotzdem die Frage, warum die Trainingsgruppen im 6 MWT ein besseres Ergebnis als die klassische Lungensportgruppe vorweisen können. Die Begründungen hierfür sind vielfältiger Art und werden im Folgenden erläutert.

Bei Spruit et al. (2002) und Iepsen et al. (2016) ergab ein Krafttraining signifikante Verbesserungen im 6 MWT, auch O'Shea (2009) konnte in ihrer Metaanalyse von 18 kontrolliert klinischen Studien Zusammenhänge in verbesserter Muskelkraft durch Krafttraining auf alltägliche Ausführungen erkennen. Ein Vergleich von Teilnehmern einer klassischen pulmonalen Rehabilitation mit Teilnehmern, die zusätzlich ein Krafttrainingsprogramm zu Hause mit Therapiebändern durchführten, bewirkte eine deutliche Differenz in der Gehstrecke zugunsten des Zusatzprogramms (Chen et al. 2018). Die brasilianischen Autoren um Ramos führten eine Studie durch, welche ein konventionelles Krafttraining an Krafttrainingsmaschinen einem Training mit *Tubes* (ähnlich der Therapiebänder nur in tubenähnlicher Form) gegenüberstellte und in beiden Gruppen hoch signifikante Verbesserungen ($p < 0,001$) im 6 MWT mit Überlegenheit des *Tubes*-Trainings feststellten (73 m gegenüber 42 m). Ähnliche Verbesserungen ließen sich auch im Bereich der Lebensqualität statistisch belegen (Ramos et al. 2014). Dies ist insofern bemerkenswert, da Glöckl und andere Autoren (2016) der Ansicht sind, ein Krafttraining mit Kleingeräten sei einem konventionellen Training an Kraftmaschinen unterlegen. Kleingeräte haben aber gegenüber den Krafttrainingsmaschinen den Vorteil, dass sie einfacher zu handhaben, kostengünstiger zu erwerben und für eine größere Schicht an Patienten verfügbar sind. Zudem können diese Geräte im Hausgebrauch jederzeit eingesetzt werden.

Granacher et al. (2007) konnten in ihren Studien durch ein sensomotorisches Training bei älteren Personen eine Verbesserung in der Maximal- und Explosivkraft feststellen. Grund für diese Kraftentwicklung sei auch eine verbesserte intramuskuläre Koordination, welche in Zusammenhang mit dem Vollzug von Alltagsaktivitäten (z.B. Gehen) steht (Granacher et al. 2007; Granacher et al. 2009). Bei Spielmanns et al. (2017) erzielte die Kraft- und Gleichgewichtsgruppe signifikante Verbesserungen im 6 MWT, wobei die Gleichgewichtsgruppe deutlich bessere Ergebnisse vorweisen konnte. Harrison, Marques und Mkacher wiesen nach Implementierung eines Gleichgewichtstrainings in die pneumologische Rehabilitation eine Zunahme im 6 MWT nach (Harrison et al. 2015; Marques et al. 2015; Mkacher et al. 2015). Auch profitierten 84%, einer Umfrage unter den Teilnehmenden zufolge, in der Ausübung ihrer Alltagsaktivitäten vom Gleichgewichtstraining (Harrison et al. 2015). Hortobágyi zeigte einer Meta-Analyse zufolge, dass Interventionen, die ein Koordinationstraining beinhalten, Verbesserungen in der Gehgeschwindigkeit, insbesondere im schnellen Gehen, wie bei einem 6 MWT, hervorrufen (Hortobágyi et al. 2015). Oben genannte Autoren bleiben in ihren Begründungen sehr allgemein und führen eine Verbesserung im 6 MWT auf eine verbesserte Balance bzw. Muskelkraft zurück. Daher ist aufgrund der Komplexität und des Zusammenspiels des sensomotorischen Systems ein primärer Nachweis des Faktors, ursächlich für die Verbesserungen im 6 MWT, schwierig zu konkretisieren.

Die Unterschiede in der erreichten Länge der Gehstrecke sind zum einen vom Ausgangswert und zum anderen vom Alter der Teilnehmer abhängig. Teilnehmer, die älter als 65 Jahre und einen Anfangswert über 350 Meter haben, zeigen weniger Veränderungen im 6 MWT (Holland et al. 2010). Eine absolute 6-Minuten-Gehteststrecke unterhalb des Bereiches von 300 bis 350 Meter ist bei COPD mit einem signifikant erhöhten Mortalitätsrisiko assoziiert (Casanova et al. 2007; Singh et al. 2014). In dieser Studie gab es 13 Teilnehmer, die zu Beginn eine Länge der Gehstrecke von unter 350 Metern zeigten. Davon gehörten sechs dem COPD-Grad 3 und vier dem COPD-Grad 4 an. Diese COPD-Grade konnten sich im 6 MWT zum zweiten Messzeitpunkt deutlich verbessern. Daher profitierten Betroffene mit höherem COPD-Grad und geringerer Ausgangsleistung von der Intervention und haben damit die eingangs aufgestellte Hypothese bestätigt.

Das Atemnotempfinden unter Belastung nahm im Gesamtkollektiv gleich stark zu. Weber et al. (2006, S. 226) stellten in ihrer Untersuchung fest, dass die Zunahme des Atemnotempfindens unter Raumluft nicht signifikant stärker ausgeprägt ist als unter Sauerstoffgabe. Somit konnte auch unter Sauerstoff im Vergleich zu Raumluft keine stärkere Abnahme der Dyspnoe nach Belastungsende festgestellt werden (Weber et al. 2006, S. 226).

Signifikante Zusammenhänge von Veränderungen der Dyspnoe und des Belastungsempfindens im 6 MWT konnten in dieser Untersuchung nicht nachgewiesen werden. Trotzdem berichteten einige Studienteilnehmer von einer Abnahme der Dyspnoe in ihren alltäglichen Abläufen bzw. einem besseren Umgang mit belastungsinduzierter Atemnot. Dies ist möglicherweise auf eine gesteigerte Kraft der Atemhilfsmuskulatur oder einer verbesserten intermuskulären Koordination der an der Ventilation und der Bewegungsabläufe beteiligten Muskulatur zurückzuführen (Göhl et al. 2016). Für die Therapie der COPD ergibt sich hieraus die Notwendigkeit der Bewusstmachung und Koordination von Atmung in Zusammenhang mit Bewegung (Göhl 2013b).

In den Ergebnissen ihrer Untersuchung hielten Weber et al. (2006) zudem noch fest, dass bei einem signifikanten Abfall der SaO_2 bei Belastungsbeginn dieser in den letzten drei Minuten der Belastungsphase nicht mehr wesentlich zunimmt. In einer Studie von Marek et al. (2008) zur Objektivierung der körperlichen Leistungsfähigkeit betrug die Sauerstoffsättigung vor dem 6 MWT im Schnitt 93% und fiel während der Belastung um 2% ab. Dabei war der Abfall in den Gruppen mit geringerer Wegstrecke größer. Die Ergebnisse von Marek et al. (2008) decken sich mit den Erkenntnissen aus dieser Studie. Auch hier war der Abfall bei den Studienteilnehmern mit geringerer Wegstrecke größer. Trotz einer Sauerstoffzufuhr von zwei bis sechs Liter pro Minute trat bei den sauerstoffpflichtigen Patienten ein Abfall der Sauerstoffsättigung auf Werte unter 90% ein.

Diverse Autoren (Novak 2009; Göhl et al. 2016) sprechen von einem Zusammenhang zwischen der fahrradspiroergometrisch gemessenen maximalen Sauerstoffaufnahme und der zurückgelegten Wegstrecke. Es ist jedoch zu bemerken, dass dieser Zusammenhang nur dann gilt, wenn sich der Betroffene bei der Ausführung des 6 MWT ausbelastet. Daher werden nur schwer betroffene COPD-Patienten bei stark ausgeprägter Obstruktion in Reichweite ihrer maximalen Sauerstoffkapazität kommen (Pichurko 2012). In dieser Arbeit gab es trotz signifikantem Ergebnis keinen eindeutigen Zusammenhang zwischen den gemessenen Parametern.

Messung des Drehmoments (Isometrie)

Kraftdefizite sind eine weit verbreitete Begleiterscheinung der COPD (Frey 2014b; Gea et al. 2015; Boccia et al. 2016). COPD-Betroffene besitzen im Vergleich zu gesunden Personen eine reduzierte Krafftähigkeit, wobei sich der Kraftverlust in den unteren Extremitäten insbesondere auf den M. quadriceps auswirkt (Franssen et al. 2005; Gosker et al. 2007; Swallow et al. 2007; Glöckl et al. 2016b). Verschiedene Studien belegen einen Zusammenhang zwischen der Erkrankung COPD und Muskelschwäche im Bereich der Oberschenkel. Gemessen wurde in diesen Studien anhand eines isokinetischen Gerätes die Schnellkraft, die isometrische

Maximalkraft, die Exzentrik und Konzentrik der Muskulatur des Oberschenkels. Alle Werte waren bei an COPD-Erkrankten niedriger im Vergleich zu gleichaltrigen Gesunden (Mathur 2004; Franssen et al. 2005; Seymour et al. 2010; Boccia et al. 2016). In dieser Untersuchung besitzt die klassische Lungensportgruppe sowohl zu Beginn als auch am Ende der Intervention eine schwächere Beinkraft verglichen mit den Interventionsgruppen. Da die Nutzung der Beinmuskulatur während der Studie auf alltagsmotorische Aktivitäten, wie Aufstehen-Hinsetzen und Kniebeugen in Schrittstellung (Aufheben eines gedachten heruntergefallenen Gegenstandes) beschränkt war, fiel der Kraftzuwachs in der klassischen Lungensportgruppe geringer aus als in den Interventionsgruppen, die deutlich mehr Übungen mit den Beinen absolvierten. Ein spezifisches Training der Beinmuskulatur führt also zu deutlich mehr Effekten. Die Effektivität eines Beintrainings zeigt sich in der Verbesserung der funktionellen Leistungsfähigkeit, hier am 6 MWT, in der die klassische Lungensportgruppe mit 17 Metern zum dritten Messzeitpunkt niedriger liegt als die Kraft- und Gleichgewichtsgruppe. Da der 6 MWT hauptsächlich eine Beanspruchung der Beinmuskulatur darstellt, die den Interventionsgruppen in einer längeren Dauer der Anspannung und höheren Intensität vorbehalten blieb (auch aufgrund der Bereitstellung eines Heimprogramms), liegen ihre Werte zum Abschlusszeitpunkt mit 29 und 33 Metern höher.

Die Gleichgewichtsgruppe hat nicht nur signifikante Veränderungen, sondern auch die MCID von 7,5 Newtonmeter überschritten. Ein Gleichgewichtstraining führte hier zu einer Verbesserung der Maximalkraft. Dieses Ergebnis deckt sich mit den Ausführungen von Granacher und Studien an älteren Menschen, worin ein Gleichgewichtstraining die Maximal- und Explosivkraft verbessern kann (Granacher et al. 2007; Beurskens et al. 2015).

Die Kraftgruppe besaß zum ersten Messzeitpunkt im linken Bein eine deutliche Kraftminderung im Vergleich zum rechten, welches sich am Ende der Studie amortisierte und sogar signifikante Verbesserungen und das Überschreiten der MCID hervorbrachte. Ein Krafttraining der unteren Extremitäten mit einfachen Geräten für den Gebrauch zu Hause führt bei COPD-Betroffenen mit muskulären Dysfunktionen zu Kraftzuwachsen in der Knieextension (Chen et al. 2018). Dennoch ist der beobachtete Kraftzuwachs in der Kraftgruppe kleiner, liegt beim linken Bein nur bei 10%, als derjenige welcher bei O'Shea (2009) angegeben wurde. Sie fand in einer Meta-Analyse Steigerungsraten der großen Muskelgruppen von 16-28%. Andere Studien wiederum berichten von Zuwachsraten zwischen 20 und 53% (Ortega et al. 2002; Vonbank et al. 2012). Diese Resultate können nur eingeschränkt mit den vorliegenden Ergebnissen verglichen werden, da sie mit anderen Messverfahren und Trainingsmethoden gewonnen wurden. So betrug die Trainingsintensität in den genannten Studien gemäß den Leitlinien der ATS/ERS 70-85% des 1-RM bis zur vollen Erschöpfung (Nici et al. 2006). In der vorliegenden Studie wurden mittels elastischen Bändern und eigenem Körpergewicht schätzungsweise 50-70% des 1-RM ohne Ausbelastung erreicht. In einer ähnlichen Studie bei

einer Frequenz von zwei Einheiten Krafttraining pro Woche über einen Zeitraum von 12 Wochen kamen die Autoren zum Schluss, dass ein Training mit moderater Intensität ähnliche Effekte als ein hochintensives Training erzielt, wenn die Intensität progressiv gesteigert wird (Zamboni-Ferraresi et al. 2015). An Krafttrainingsmaschinen kann die Intensität, Wiederholungszahl und Pausenzeit individuell an den Teilnehmer und seiner momentanen Verfassung angepasst werden, welches sich mit Kleingeräten in Gruppenform mit entsprechender Gruppendynamik weniger gut steuern lässt. Das selektive Training einzelner Muskelgruppen und die Dosierung der Gewichte sind nur ein paar Vorteile von Gerätetraining an Krafttrainingsmaschinen. Sie können allerdings ursächlich für den höheren Kraftzuwachs verglichen zu anderen Trainingsformen sein (Glöckl et al. 2016b).

Stair climb Test

Bean et al. (2007) konnten in ihrer Studie den SCT als relevantes Messinstrument für die Schwäche der Beinkraft nachweisen. Dabei stellten sie auch einen Bezug zwischen der Beinkraft und dem SPPB (*Short Physical Performance Battery*) Test her. Dieser Test misst Gleichgewicht, Geschwindigkeit und Beinkraft. Mit dem Ergebnis lässt sich u.a. voraussagen, ob eine ältere Person ihren Alltag bald nicht mehr alleine bewältigen kann (Büsching et al. 2009). Eine Studie von Roig et al. (2010) stellte die Hypothese auf, dass die Ergebnisse des SCT eng mit den Ergebnissen des an isokinetischen Apparaturen gemessenen Kraftwerten übereinstimmen. Tatsächlich zeigten Menschen mit COPD niedrigere Werte gegenüber gesunden Personen und zwar um 28% im SCT und um 32% in den isokinetischen Messungen. Allerdings bestand nur eine moderate Korrelation zwischen den beiden Faktoren SCT und Beinkraft, womit die Autoren der genannten Studie zu dem Ergebnis kamen, dass der SCT nicht als einfacher Messinstrumentenersatz für Muskelkraft genutzt werden kann (Roig et al. 2010). Demzufolge müssen hier die Ergebnisse des *stair climb* Test im Kontext zu den anderen Ergebnissen gesehen werden. Die Interventionsgruppen verbesserten sich in den SCT Werten zum zweiten Messzeitpunkt signifikant, die klassische Lungensportgruppe nicht. Bezieht man dieses Ergebnis auf alle Messungen bzw. Übungen, die sich auf die Kraft der Beine bezieht, fällt auf, dass die Interventionsgruppen besser abschnitten, weil sie deutlich mehr Übungen für die Beinkraft absolvierten, als die Gruppe KG. Bei den Ergebnissen der isometrischen Maximalkraft, des 6 MWT und des Gleichgewichtstests FAB lagen die Werte der Interventionsgruppen zum ersten und zweiten Messzeitpunkt auch über den Werten der klassischen Lungensportgruppe.

Gleichgewichtstests

Da das neuromuskuläre System strukturell und funktionell Alterungsprozessen unterliegt, ist eine generelle Verlangsamung der neuromuskulären Leistungsfähigkeit nicht aufzuhalten.

Auch das Sturzrisiko steigt mit zunehmendem Alter. Granacher et al. (2007) führen die Sturzneigung von Senioren auf die Abnahme der Maximal- und Schnellkraft zurück. Deren Auswirkungen, wie sie nicht nur im Alter sondern auch bei COPD zu finden sind (Kongsgaard et al. 2004; Granacher et al. 2007 und 2008; Laube 2009; Boccia et al. 2016), werden in der Regel erst bemerkt, wenn alltägliche Bewegungen nur noch mit Mühe erfolgen. Auch die zunehmenden Defizite im sensomotorischen System werden für die Sturzhäufigkeit verantwortlich gemacht (Granacher et al. 2007). Ihren Studien und Literaturrecherchen zufolge bewirkt ein sensomotorisches Training eine Verbesserung in der Maximal- und Explosivkraft. Auch die Ausführung der alltagsmotorischen Aktivitäten soll von einem Gleichgewichtstraining profitieren (Granacher et al. 2007).

Zählt man zu den alltagsmotorischen Aktivitäten das Aufstehen von einem Stuhl, das Auf- und Abgehen eines Treppenabsatzes und das Gehen in der Ebene dazu, dann haben sich die Teilnehmer der Gleichgewichtsgruppe auch in all diesen Parametern verbessert, so dass man hier durchaus von einem Effekt des Gleichgewichtstrainings auf die alltagsmotorischen Aktivitäten sprechen und sich den Ergebnissen der Recherchen von Granacher et al. (2007) anschließen kann.

In weiteren Studien (Butcher et al. 2004; Castro et al. 2016) wurden Zusammenhänge zwischen dem Gleichgewichtsvermögen (statische Balance) und Schweregrad der Erkrankung untersucht. Hierfür hatten die Autoren in ihrer Studie COPD-Patienten auf eine frei schwingende Messplattform gestellt und dabei das Ausmaß der Schwankungen abseits der Körpermitte registriert. Die Gruppen um Castro et al. (2016), aus Gesunden und COPD-Erkrankten bestehend, standen einbeinig für 30 Sekunden auf der Plattform. Von drei Versuchen ging der durchschnittliche Wert in die Analyse ein. Dabei wurden sowohl die Schwankungen nach lateral als auch nach anterior-posterior aufgezeichnet und ausgewertet. Die Autoren um Castro konnten hinsichtlich des COPD-Grades gemessen mittels des FEV₁ keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen feststellen. Bei Butcher et al. (2004) standen die Teilnehmer (Gesund, COPD, sauerstoffpflichtige COPD) beidbeinig auf der Messplattform. Die Schwankungen wurden sowohl bei geöffneten als auch bei geschlossenen Augen registriert und von zwei Versuchen ging der beste Wert in die Analyse ein. Bei einem weiteren Test wurde wieder bei geöffneten als auch bei geschlossenen Augen zusätzlich die Messplatte nach anterior-posterior bewegt. Die Autoren um Butcher stellten dabei eine signifikante Korrelation zwischen der statischen Balance und dem Schweregrad der Erkrankung fest, wobei die sauerstoffpflichtigen Patienten besonders schlecht in ihren Werten abschnitten.

Vergleicht man in dieser Studie die Ausgangswerte der COPD-Grade in den Gleichgewichtstests, fallen die Unterschiede im BBS und FAB von COPD-Grad 4 zu den

anderen Schweregraden auf. Im FAB waren die Werte von COPD-Grad 4 im Vergleich zu den anderen Schweregraden deutlich besser als im BBS. Obwohl hier nur sehr wenige Studienteilnehmer mitwirkten und die Zugehörigkeit zum COPD-Grad nicht genügend Aussagekraft über die Leistungsfähigkeit des Einzelnen hat, wird in einigen motorischen Tests (STST, SCT) das schlechtere Abschneiden des COPD-Grad 4 ersichtlich, welches in einem späteren Kapitel noch näher erläutert wird. Die schlechten Lungenfunktionswerte scheinen erhebliche Leistungseinbußen mit sich zu bringen, so dass hier von einer Korrelation des FEV₁-Wertes mit der Leistungsfähigkeit gesprochen werden kann.

Beauchamp implementierte ein Gleichgewichtstraining in die pneumologische Rehabilitation und konnte in diversen Gleichgewichtstests Verbesserungen zugunsten der Gleichgewichtsgruppe feststellen. Ein großer Teil der Patienten berichteten von deutlichen Verbesserungen in der Balance nach der Intervention (Beauchamp et al. 2013). Sämtliche Autoren sprechen sich dafür aus, das Gleichgewichtstraining in die *Guidelines* für PR aufzunehmen (Beauchamp et al. 2010; Harrison et al. 2015; Marques et al. 2015). Da der Zusammenhang zwischen Muskelschwäche und Gleichgewichtsproblemen bei älteren Personen bekannt ist, wird auch postuliert, dass ein Krafttraining die Alltagsaktivitäten verbessern kann. Daraus wird der Schluss gezogen, dass Krafttraining das Gleichgewicht verbessert und die Sturzhäufigkeit verringert (O'Shea et al. 2009; Orr 2010). Beurskens merkt allerdings an, dass die Effekte von Krafttraining auf Gleichgewicht und Alltagsmotorik kontrovers in der Literatur diskutiert werden und ist der Meinung ein Krafttraining isoliert durchgeführt, würde nur die Muskulatur aufbauen, aber nicht den sturzverursachenden Risikofaktoren entgegenwirken (Beurskens 2015). Für Jansenberger (2011) stellt ein sensomotorisches Training eine Verknüpfung aus Bestandteilen des Koordinationstrainings und Krafttrainings dar. Es werden also die Muskulatur direkt kräftigende Elemente und die inter- sowie intramuskuläre Koordination angesprochen. Primäres Ziel des sensomotorischen Trainings sei das Zusammenspiel der Muskeln, die Ansteuerung zwischen Zentralnervensystem und Muskulatur und die Umsetzung von Muskelkraft in alltägliche Bewegungen (Jansenberger 2011).

In dieser Studie haben alle drei Gruppen signifikante Verbesserungen in den Gleichgewichtstests erfahren, wobei die Interventionsgruppen im FAB größere Unterschiede erzielten, als die klassische Lungensportgruppe. Obwohl sich die Gleichgewichtsgruppe in ihren Werten im FAB deutlicher verbesserte als die Kraftgruppe, kann aus dieser Studie kein Zugewinn an Gleichgewicht in der Gleichgewichtsgruppe geschlossen werden, da die vermutete MCID aufgrund Deckeneffekte nicht erreicht werden konnte. Viele Autoren belegen in ihren Untersuchungen jedoch anhand unterschiedlicher Tests einen Einfluss von Gleichgewichtstraining auf das Gleichgewicht (Beauchamp et al. 2010; Beauchamp et al.

2013; Beurskens 2015; Mkacher et al. 2015). Zwar gab es in dieser Untersuchung einen hoch signifikanten Einfluss von Gleichgewichtstraining auf das Gleichgewicht im FAB in der Gleichgewichtsgruppe, dies kann jedoch auf die bereits guten Ausgangswerte in den Tests BBS und FAB zurückzuführen sein. Durch die bereits guten Werte war eine weitere Steigerung nur geringfügig möglich, was sich auch an den Deckeneffekten im BBS zeigte. Hier musste die eingangs aufgestellte Hypothese abgelehnt werden.

Nach Jansenberger (2011) soll ein koordinatives Training die Lebensqualität älterer Menschen verbessern. In dieser Studie ergab sich eine deutliche Verbesserung der Lebensqualität hinsichtlich des SGRQs. Die Gleichgewichtsgruppe erreichte in allen Dimensionen signifikante Ergebnisse und konnte die MCID (zwischen -5 und -8) weit übertreffen. Demnach scheint ein Gleichgewichtstraining die Lebensqualität nicht nur bei älteren Menschen, sondern auch bei COPD anzuheben.

Eine internationale Studie um Beauchamp führt zurzeit eine Untersuchung durch, in der COPD-Patienten mit einer Sturzneigung während einer pneumologischen Rehabilitation ein Gleichgewichtstraining zur Vermeidung von Stürzen erhalten. Der Fokus dieser Studie ist auf die Langzeiteffekte des Gleichgewichtsprogramms gerichtet. Primärer Endpunkt ist die Sturzhäufigkeit innerhalb von 12 Monaten nach Abschluss der Rehabilitation (Beauchamp et al. 2017).

6.1.2 Lebensqualität

In dieser Arbeit steht die Leistungsfähigkeit und deren Veränderung durch ein Kraft- und Gleichgewichtstraining im Vordergrund. Die Ergebnisse der Lebensqualität dürfen wie auch bei allen anderen sekundären Endpunkten nicht überinterpretiert werden. Wünschenswert in Studien ist, wenn Verbesserungen in der Leistungsfähigkeit auch Verbesserungen in der Lebensqualität mit sich bringen. Interventionen vorliegender Art werden daher immer auch deren Auswirkung auf die Lebensqualität untersuchen. Hier wurden zwei COPD-spezifische Fragebögen, der SGRQ und der CAT, eingesetzt mit deren Hilfe ein Beitrag auf die Auswirkung von Verbesserungen in der Leistungsfähigkeit auf die Lebensqualität geleistet werden soll. Statistisch messbare Veränderungen, also diejenigen die ein bestimmtes Maß an Signifikanz erreicht haben, spielen für die Lebensqualität eine untergeordnete Rolle.

Das Ergebnis dieser Intervention ist eindeutig. Nur die Gleichgewichtsgruppe konnte in allen Parametern (in der Kategorie Aktivität signifikantes Ergebnis nur knapp verfehlt) des SGRQ sowohl statistisch signifikante als auch klinisch bedeutsame Veränderungen erzielen. Die Mittelwertdifferenzen lagen in den einzelnen Kategorien zwischen -5 und -8 Punkte. Die

Kraftgruppe erreichte nur in der Kategorie Aktivität signifikante Veränderungen, welche auch die MCID übertraf. Die Interventionsgruppen konnten in der Kategorie Aktivität gegenüber der klassischen Lungensportgruppe bessere Ergebnisse vorweisen. Das mag an der höheren Intensität inklusive des Heimprogramms gelegen haben oder aber die Erfahrung mit Bewegung hat positive Emotionen erzeugt, so dass ein vermehrt aktiver Lebensstil praktiziert wurde. Außerdem könnten Informationen, wie sie in Schulungen vermittelt werden, oder gruppendedynamische Effekte eine nicht unerhebliche Rolle spielen. Nach Schumacher und Brähler (2004) ist die Lebensqualität u.a. durch das Ausmaß der Dyspnoe und den Einschränkungen in den Alltagsaktivitäten gekennzeichnet, welches unter anderem im CAT-Fragebogen abgefragt wird. Zwar lagen die Werte im CAT bei der Gleichgewichtsgruppe gegenüber den anderen zwei Gruppen niedriger, jedoch erzielte auch nur die Gruppe GG Verbesserungen. Offenbar übte das Gleichgewichtstraining auf die Lebensqualität einen höheren Einfluss als das Krafttraining aus. Somit scheint ein Gleichgewichtstraining eher zu Verbesserungen in den alltagspraktischen Aktivitäten zu führen als ein Krafttraining. Damit würde diese Studie den Autoren zum Thema Gleichgewicht (Beaucamp et al. 2010, 2013, 2017; Castro et al. 2016; Harrison et al. 2015; Iwakura et al. 2016; Marques et al. 2015; Mkacher et al. 2015; Oliveira et al. 2015) Rechnung tragen, die eine Implementierung von Gleichgewichtstraining in die pneumologische Rehabilitation fordern.

Im Vergleich der COPD-Grade fällt die Verbesserung des CAT in Grad 4 auf. Auch die MCID wurde erreicht. Grad 3 und 4 besaßen zu Beginn der Studie den höchsten CAT-Score, welcher somit die Auswirkungen der Erkrankung auf den Gesundheitsstatus widerspiegelt. Auch die Symptome im SGRQ verbesserten sich über die MCID hinaus. Da sich keiner der motorischen Parameter nennenswert veränderte, lediglich der 6 MWT zum zweiten Testzeitpunkt, und da sich nur vier Personen in dieser Gruppe befanden, könnte die Verbesserung auf jahreszeitliche Schwankungen der FEV₁-Werte (Göhl 2013b) oder Effekte der COBRA-Schulung zurückzuführen sein. COPD-Grad 3 hat in allen Bereichen des SGRQ, außer in der Kategorie Auswirkungen, die MCID erreicht. Jedoch haben die Bereiche Summe und Symptome den p-Wert kleiner 0,05 knapp verfehlt. Da die Signifikanz nur minimal nicht erreicht wurde, aber die Mittelwertunterschiede in der Kategorie Symptome und in der Summe deutlich über der MCID liegen, ist bei den meisten Teilnehmern von einer merkbaren Verbesserung auszugehen, zumal sich auch die motorischen Parameter des 6 MWT, des 5 STST und der Kraft veränderten. Bei COPD-Grad 2 verhält es sich genau umgekehrt. Dort wurden zwar, abgesehen vom Bereich der Symptome, die Signifikanzen erreicht, dies führte aber zu keinen spürbaren Veränderungen bei den Studienteilnehmern.

Können Programme, die ohne oder nur mit dem Einsatz von einfachen Gerätschaften durchgeführt werden, einen Einfluss auf die Lebensqualität von COPD-Betroffenen bewirken? Hierzu untersuchte Alison in ihrem Artikel die Effektivität von Trainingsprogrammen mit

Kleingeräten auf die gesundheitsbezogene Lebensqualität und fand in den Interventionsgruppen ein Mittelwertunterschied von -7 für den SGRQ (Alison & McKeough 2014). Auch bei Chen konnte ein Beinkrafttraining mit eigenem Körpergewicht und elastischen Bändern die Parameter der Leistungsfähigkeit und Lebensqualität gemessen mittels des CAT verbessern (Chen et al. 2018). Holland wies anhand eines Kraft- und Ausdauertraining in Eigenregie Effekte auf verschiedene Parameter der Lebensqualität nach (Holland et al. 2017). Sowohl Ramos als auch Nyberg führten ein Krafttraining mit Tubes bzw. Bändern durch und bescheinigten dem CRQ, vergleichbar mit dem SGRQ, Verbesserungen in den einzelnen Kategorien (Ramos et al. 2014; Nyberg et al. 2015).

Äquivalent zu den oben genannten Vertretern des Krafttrainings haben auch die Autoren zum Thema Gleichgewichtstraining Verbesserungen in der gesundheitsbezogenen Lebensqualität nachzuweisen. So wurde bei Marques ein Gleichgewichtstraining in den Ablauf einer pneumologischen Rehabilitation integriert mit dem Ergebnis einer deutlichen Verbesserung des Summenscores (-12,2) in der Kategorie Symptome. Auch der Gesamtscore des SGRQ erreichte mit -4,3 Punkten eine klinische Bedeutung, war jedoch statistisch nicht signifikant (Marques et al. 2015). Harrison fand nach Implementierung eines Gleichgewichtstrainings in die Rehabilitation Lungenerkrankter hoch signifikante Veränderungen in allen Kategorien des Lebensqualitätsfragebogens CRQ. Die Verbesserungen reichten von 1,6 bis 1,9 Punkte, wobei die MCID für den CRQ bei 0,5 Punkte liegt (Harrison et al. 2015). Spielmanns untersuchte die Auswirkungen eines Kraft- und Gleichgewichtstrainings im Rahmen einer pneumologischen Rehabilitation auf verschiedene motorische und psychologische Parameter. Die Lebensqualität wurde mit dem SGRQ und dem CAT abgefragt. Die Gleichgewichtsgruppe konnte sich im CAT minimal, im SGRQ im Gesamtscore jedoch stark (-5,4 Punkte) verbessern. In allen Kategorien des SGRQ waren die Ergebnisse signifikant (Spielmanns et al. 2017).

In diversen Leitlinien (Vogelmeier et al. 2007; BAEK, KBV, AWMF 2012; GOLD 2017; Vogelmeier et al. 2018) ist die Patientenschulung ein Teil der Behandlung der COPD. Sie wird im Rahmen von Rehabilitationsleistungen und DMP angeboten. Umfassende Informationen und praktische Umsetzbarkeit unterschiedlicher Techniken sollen den Betroffenen dazu befähigen, Einfluss auf sein Krankheitsgeschehen zu nehmen. Ziel ist die Verbesserung der COPD-bezogenen Lebensqualität (Bösch et al. 2006). So hat Wittmann in einer prospektiven, extern randomisierten, kontrollierten Studie mit einem 12-monatigen *Follow-up* die Effekte einer Patientenschulung untersucht mit dem Ergebnis, dass die geschulten Teilnehmer selbst nach einem Jahr noch im Mittel Verbesserungen in der krankheitsspezifischen Lebensqualität, gemessen mit dem SGRQ, aufweisen konnten. Insbesondere die Unterkategorie Symptome zeigte deutliche Veränderungen (Wittmann et al. 2007). Auch in einer Meta-Analyse von Colado et al. (2016), in der die Effekte von Interventionen zum Thema Selbstmanagement (der

Erkrankung) auf die Lebensqualität untersucht wurden, verbesserten sich bei Verwendung des SGRQs alle Subkategorien.

In dieser Studie führten alle Gruppen das strukturierte Schulungsprogramm in Anlehnung an die Vorgaben der Deutschen Atemwegsliga durch (s. auch Kapitel 3.1). Das Interesse und die Akzeptanz waren erfreulicherweise sehr hoch. Es ergaben sich rege Diskussionen, Tipps und Ratschläge, die zum Nachdenken ermutigten und sicherlich bei dem ein oder anderen zu einer Veränderung der Verhaltensweise führte. Das kann sich in einer vermehrten Aktivität, besseren *Compliance* bei der Medikation bzw. Inhalation, Umsetzen verschiedener Atemtechniken etc. äußern. Auswirkungen des Schulungsprogramms auf die Parameter des SGRQs können daraus nicht geschlossen werden, könnten aber möglicherweise einen geringfügigen Effekt gehabt haben.

6.1.3 Erreichte MCID

Relativ vielen Teilnehmern gelang es in den motorischen Parametern und in den Lebensqualitätsfragebögen die MCID zu erreichen. Im BBS ergaben sich Deckeneffekte, womit dieser Test für die meiste Anzahl der Studienteilnehmer ungeeignet war. Die Studie übte eindeutig mehr Einfluss auf die Interventionsgruppen aus, welches sich sowohl in der Anzahl als auch in der Höhe der Verbesserungen zeigte. So scheint sich ein spezifisches Training, welches primär die untere Extremität miteinbezieht bzw. ein Training mit höherer Gesamtbelastung effektiver auf die Leistungsfähigkeit und Lebensqualität auszuwirken. Höhere Intensitäten erzielen demnach größere physiologische Veränderungen und bewirken einen klinisch bedeutsameren Nutzen für den Betroffenen (Nici et al. 2006; Ries et al. 2007). Bezüglich der motorischen Parameter liegt die Kraftgruppe im Erreichen der MCID leicht vorn, dafür konnte die Gleichgewichtsgruppe in der Lebensqualität mehr Punkte vorweisen.

Ein Vergleich der COPD-Grade untereinander zeigt, dass sich die COPD-Grade 1 und 4 gegenüber den beiden anderen Schweregrade weniger in der Signifikanz und in der MCID veränderten. Bei Grad 4 zeichnete sich eine deutliche Verbesserung in der Lebensqualität ab, während die motorischen Parameter sich nicht nennenswert veränderten. Hier muss aufgrund des fortgeschrittenen Stadiums der Erkrankung mit einer höheren Komplikationsrate wie Verschlechterungen der Lungenfunktionswerte, Begleiterkrankungen, Sensationen von Atemnot, rezidivierende bronchopulmonale Infekte etc. gerechnet werden (Maltais et al. 2014). Diese können die positiven Effekte eines Trainings überlagern und die regelmäßige Anwesenheit deutlich beeinträchtigen. Grad 1 besaß bereits zum Zeitpunkt der Eingangstestung sehr gute Werte in den Lebensqualitätsfragebögen und in den motorischen Tests SCT, 5 STST und 6 MWT, so dass sich weitere Verbesserungen in Grenzen hielten. Auffallend waren jedoch die schlechten Eingangswerte in den Gleichgewichtstests und in den

Kraftwerten des rechten und linken Beins. Dies legt den Schluss einer Beeinträchtigung des Gleichgewichts bereits im Anfangsstadium einer COPD nahe und deckt sich mit den Erfahrungen anderer Autoren (Butcher et al. 2004; Rocco et al. 2011; Castro et al. 2016). Inwieweit allerdings der Schweregrad bzw. der Score des BODE-Index in Abhängigkeit zum Maß der Balancefähigkeit stehen, ist in den Studien uneinheitlich. Dies liegt an der unterschiedlichen Auswahl der Tests zur Messung der Balancefähigkeit innerhalb der Autoren. In dieser Studie schnitt der COPD-Grad 1 relativ schlecht in den Gleichgewichtstests gegenüber den anderen COPD-Graden ab. Dies kann jedoch nicht verallgemeinert werden, da der Anteil des COPD-Grad 1 gemessen an der Gesamtzahl relativ niedrig war, so dass vorliegende Interpretationen nur eingeschränkt gelten.

Insbesondere von dieser Intervention profitieren, konnten die COPD-Grade 2 und 3 mit einem Vorteil für Grad 3, da dieser öfters die MCID erreichte. Insofern haben schwerer Betroffene mehr Nutzen aus der Intervention gezogen. Vor dem Hintergrund der zunehmenden muskulären Schwäche bedingt durch den beständig inaktiven Lebensstil von COPD-Erkrankten und die daraus resultierenden Folgen, ist es umso dringender die Lungenpatienten im fortgeschrittenen Stadium zu erreichen (Seymour et al. 2010; Waschki et al. 2015). Dass sich die Leistungsfähigkeit, Dyspnoe und Lebensqualität auch bei schwerer COPD verbessern lässt, ist durch viele Studien bereits belegt worden (Nici et al. 2006; Glöckl 2012b; Kenn et al. 2015; Spielmanns et al. 2015). Allerdings finden sich in der Literatur nur sehr wenige Studien, welche die motorischen Parameter der Ausdauer oder Kraft in Abhängigkeit der COPD-Schweregrade untersuchten (Gosker et al. 2007; Seymour et al. 2010; Tödt et al. 2014; Kharbanda et al. 2015). Lediglich eine Studie, die sich mit der statischen Balance beschäftigte, analysierte die Ergebnisse auch im Hinblick auf die einzelnen COPD-Grade (Castro et al. 2016). Hier existiert also noch ein erheblicher Forschungsbedarf.

Die Interpretation für die COPD Grade 2 und 3 bezüglich der Uneinheitlichkeit zwischen Signifikanz und MCID ist schwierig zu formulieren. Die Definition eines bedeutsamen Unterschieds der erhobenen Parameter gelingt nicht immer, da eine große Streubreite in der Festlegung der Grenzen besteht. Bei einigen Parametern z.B. SCT und FAB existieren keine MCIDs, denn manchmal ist es nicht möglich die Bedeutsamkeit eines Unterschiedes für einen Patienten einstufen zu können. Auch muss ein statistisch signifikanter Unterschied zwischen oder innerhalb der Gruppen nicht notwendigerweise auch eine Relevanz in der Praxis aufweisen (Baulig et al. 2008; Gillissen et al. 2008).

6.1.4 Analyse der vorzeitigen Studienabbrüche

Eine Abbruchquote von ca. 50% ist in Interventionsstudien abseits der pneumologischen Rehabilitation nicht ungewöhnlich (Ries et al. 2007; Bertolini et al. 2016). In dieser Studie beträgt die Abbruchquote zwischen 50% (Gruppe KG) und 26% (Gruppe GG). Die Abbruchgründe lassen sich in mehrere Kategorien einteilen, die unterschiedlich zu bewerten und zu analysieren sind. Daraus ergeben sich dann entsprechende Schlussfolgerungen für den Aufbau von Lungensportgruppen bzw. Lösungsansätze, um die Teilnahme auf einem regelmäßigen Niveau zu halten. Teilnehmer, die aufgrund von Exazerbationen und Wetter-Konstellationen (z.B. andauernde Hitzeperiode), plötzlichen Ereignissen wie Tod eines Angehörigen oder Diagnose von Lungenkrebs ausscheiden, entziehen sich dem Einfluss des Studienleiters oder des Anbieters von Lungensportgruppen. In diesen Fällen von externen Ereignissen kann keine regulatorische Maßnahme greifen. Dagegen ist die Unzufriedenheit einiger Teilnehmer mit der Gruppenzuteilung (oder auch Randomisierung) ein kalkulierbares Maß, welches erwartungsgemäß in jeder Studie dieser Art auftritt (Greulich et al. 2014). Einer möglichen Überforderung oder auch Unterforderung von Studienteilnehmern kann durch Variation und Differenzierung der Übungsaufgaben entgegengewirkt werden. Jedoch übt die Gruppendynamik einen erheblichen Einfluss auf die nötige Pausenzeit schwer Betroffener aus, die in der Regel mit der neuen Übungsausführung zu früh anfangen und die Dyspnoe damit weiter forcieren (Bastian 2009; Göhl 2013b). Hier liegt es am Studien- oder Übungsleiter diese Teilnehmer in ihrer Einsicht und Wahrnehmung entsprechend zu schulen. Für den Aufbau von Lungensportgruppen ergibt sich hieraus die Notwendigkeit einer Einteilung der Gruppen in verschiedene Intensitätsstufen, sofern mehrere Gruppen angeboten werden (Bastian 2009). Hierdurch wird die Abbruchquote auf einem niedrigen Niveau gehalten und die Teilnehmer können entsprechend nach ihren Möglichkeiten gefordert werden. Fitte Teilnehmer können auch bei Vorhandensein einer Trainings-Herzsportgruppe dieser zugeordnet werden. Gegen die mangelnde Anwesenheit oder fehlende Motivation helfen in regelmäßigen Abständen Tests zur Überprüfung der Leistungsfähigkeit und die Benennung der Ziele des Rehabilitationssports, welche nur bei kontinuierlicher Mitwirkung erreicht werden. Auch kleine Spiele zur Förderung der Gruppendynamik und des Gruppenzugehörigkeitsgefühls können die Motivation verbessern (Göhl et al. 2006).

6.1.5 Vergleichbarkeit der Gruppen

Die statistische Auswertung der Daten erfolgte nur bei demjenigen Studienkollektiv, welches die Studie unter den zuvor genannten und später modifizierten Bedingungen (s. Kapitel 4.2.3)

abschloss. Die hier durchgeführte Strategie der Auswertung ergab sich auf Basis des Per-Protocol-Kollektivs. In diesem Fall werden nur Teilnehmer in die Auswertung eingeschlossen, bei denen die Bedingungen erfüllt waren. Bei einer Vergleichsstudie ist eine Strukturgleichheit, wie sie bei einer Randomisierung hergestellt wird, nicht gewährleistet (Kabisch et al. 2011). Es fällt daher bei genauerer Betrachtung der Basis-Daten aus Kapitel 5 ein höheres Alter, niedrigere Werte in den Lungenfunktionsparametern (FEV_1 in Prozent und FEV_1 in Litern) und eine geringere Leistungsfähigkeit (in Watt) bei der klassischen Lungensportgruppe auf. Die Ergebnisse der motorischen Tests zum Zeitpunkt T1 ergaben deutlich niedrigere Werte in der Gruppe KG. Dies legt die Schlussfolgerung einer geringeren Leistungsfähigkeit der klassischen Lungensportgruppe gegenüber den Interventionsgruppen nahe. Zwischen den Interventionsgruppen gibt es keine Unterschiede, sie sind in allen Parametern miteinander vergleichbar. Das Ungleichgewicht zwischen den Gruppen lässt sich nur mit der Gruppeneinteilung und den Abbruchgründen erklären. Da das Intensitätsniveau in der Gruppe KG am niedrigsten war, kann eine Überforderung der Studienteilnehmer als Ursache ausgeschlossen werden. Tatsächlich aber fühlten sich leistungsstärkere Personen in dieser Gruppe nicht genügend beansprucht. Auch Leistungsschwache und schwer betroffene COPD-Teilnehmer fühlten sich teilweise in den Interventionsgruppen überfordert oder sahen sich nicht imstande das Heimprogramm und die zweimalige Anwesenheit regelmäßig über einen längeren Zeitraum durchzuführen. Die Konsequenz für das Ergebnis ist naheliegend. Es muss bei schwer betroffenen Patienten im Laufe der Studie mit einer höheren Abbruchrate gerechnet werden. Entweder wird in zukünftigen Studien dies miteinkalkuliert oder der Fokus liegt bei schwer betroffenen Teilnehmern darin die Bedingungen so zu gestalten, dass möglichst viele von diesen die Studie erfolgreich abschließen. Das kann z.B. eine einmalige Anwesenheit mit Heimprogramm, dann über einen längeren Zeitraum sein oder eine zusätzliche Einheit pro Woche als Online-Rehabilitationskurs.

In dieser Studie hatte insbesondere diese schwer betroffene Personengruppe mit Infekten, Atemnot und Exazerbationen zu kämpfen, was die Teilnahme an den Trainingseinheiten reduzierte. Daher wurden die Studienbedingungen so angepasst, dass jene die Möglichkeit erhielten versäumte Einheiten nachzuholen oder die Studie zeitlich zu verlängern. Zukünftig werden mehr verlässliche Daten mit schwer betroffenen Patienten benötigt (Sauerstoffpflichtige bzw. COPD Grad 4). Sie sind in der Literatur noch unterrepräsentiert.

In dieser Vergleichsstudie ergab sich nach Abschluss folgendes Bild: die Gruppen selektierten sich von selbst; die schwächeren Teilnehmer befanden sich in der klassischen Lungensportgruppe, die leistungsstärkeren in den Interventionsgruppen. Hätte eine Randomisierung stattgefunden, wäre dieses Bild noch ausgeprägter gewesen und die Abbruchrate höher.

6.2 DISKUSSION DER ASSESSMENTS

Die Lungenfunktionsprüfung wurde nur am Anfang durchgeführt, da die Daten zur Ermittlung des BODE-Indexes und zur Feststellung des Schweregrades und somit zur Überprüfung der Hypothese benötigt wurden. Eine Verbesserung der Lungenfunktion ist auch im Rahmen einer mehrmonatigen Intervention nicht zu erwarten (Nici et al. 2010). Veränderungen zeigen sich nur in einer instabilen Krankheitsphase, z.B. bei einer Exazerbation oder bei mangelnder Therapietreue hinsichtlich der Medikamenteneinnahme. Für eine gesicherte Diagnose der COPD ist die Erhebung der Parameter der Lungenfunktionsprüfung, der Diffusionskapazitätsmessung und der Blutgasanalyse unerlässlich (Hanania & Sharafkaneh 2011; Köhler et al. 2015; Vogelmeier et al. 2018). Die BGA gibt Hinweise auf die Schweregradeinteilung und die Überprüfung der Teilnehmer während des Trainings auf Sauerstoffentsättigung durch die Pulsoximetrie (Vestbo et al. 2013; Vogelmeier et al. 2018). Somit wurde in dieser Arbeit, auch im Hinblick auf Ressourcenschonung, auf eine weitere Erhebung der entsprechenden Parameter verzichtet.

In dieser Untersuchung dienten die anfangs erhobenen Daten der Spiroergometrie zum einen zur Vergleichbarkeit der Gruppen (s. Kapitel 5.2) und zum anderen der Überprüfung eines Zusammenhangs zwischen dem Gehtest und der maximalen Leistung in Watt bzw. der maximal erreichten Sauerstoffaufnahme (s. Tabelle 27). Das Design der Studie war auf die Untersuchung der Effekte eines Kraft- und Gleichgewichtstraining ausgelegt. Die Verbesserung der aeroben Leistungsfähigkeit, welche mit der Spiroergometrie gemessen werden kann, war nicht Gegenstand dieser Studie. Daher wurde auch keine zweite Messreihe durchgeführt. Außerdem kann durch die Erfassung spezifischer Funktionstests, wie z.B. einem Belastungstest auf dem Fahrradergometer, schwerlich eine Aussage über die Quantität und Qualität der Durchführung alltagsnaher Aktivitäten getroffen werden. Das Gehen in der Ebene, im Gegensatz zum Fahrradfahren, entspricht für einen Großteil der COPD-Betroffenen eher einer alltagsnahen Betätigung. Aus diesem Grund hat sich der 6-Minuten-Gehtest bei Atemwegserkrankungen als valider Belastungstest erwiesen. Zudem sind Gehtests leichter durchführbar und erfordern einen geringeren Aufwand verschiedener Ressourcen (Büsching et al. 2009; Meyer et al. 2013).

Die *European Respiratory Society* hat Erkenntnisse über die gesundheitlichen Gefahren der Luftverschmutzung zusammengetragen und stellte fest, dass sich die Auswirkungen der Verbrennung fossiler Energieträger zu Zeiten der Industrialisierung noch Jahrzehnte später in einem erhöhten Mortalitätsrisiko von Atemwegserkrankungen niederschlug (Schumacher 2016). Heutzutage spielen in den Industrienationen die Belastungen durch fossile Brennstoffe aufgrund gesetzlicher Regelungen (Einbau von Filter) eine untergeordnete Rolle. Problematisch hat sich jedoch die zunehmende Feinstaubkonzentration für COPD-Erkrankte

erwiesen, die hierdurch nachweislich mehr respiratorische Symptome und schlechtere Lungenfunktionswerte aufweisen (Schumacher 2016). Unbestritten ist dadurch auch, dass witterungsbedingte Verhältnisse in Verbindung mit Feinstaubbelastung einen bedeutenden Einfluss auf die Dyspnoe und damit auf die Leistungsfähigkeit COPD-Betroffener ausüben. Auch in der eigenen Studie gaben die Teilnehmer je nach Wetterlage erhebliche Einschränkungen bezüglich ihrer momentanen physischen Verfassung an, welches sich insbesondere im 6 MWT auswirkte, indem die Gehstrecke gegenüber den anderen Messzeitpunkten deutlich verkürzt war.

Die *Hospital Anxiety and Depression Scale* (HADS) ist ein Selbstbeurteilungsfragebogen zur Erfassung von Angst und Depression. Psychische Faktoren haben einen bedeutenden Einfluss auf die Rehabilitation des Betroffenen und müssen in der Behandlung berücksichtigt werden. Bei der COPD spielen mit zunehmendem Schweregrad die Krankheitsverarbeitung, soziale Isolation und Angst vor Atemnot eine wichtige Rolle (Fischer et al. 2007; Büsching et al. 2009; Kühl et al. 2012). Für die Wirksamkeit der Studie, in der die Effekte eines Kraft- und Gleichgewichtstraining im Vordergrund standen, sind die Auswirkungen der Veränderungen in den physischen Parametern (und in den Fragebögen) auf die psychischen Komponenten durchaus interessant. Da diese Untersuchung v.a. im Rahmen der COBRA-Schulungen auch Krankheitsbewältigung, *Coping*-Strategien und Austausch mit Gleichgesinnten beinhaltete, wäre eine Abfrage mittels HADS-Fragebogen sinnvoll gewesen.

Die Gründe für den Einsatz des 6 MWT sind vielfältiger Art. So spielen seine einfache und praktische Anwendung, seine Alltagsrelevanz, und seine Sensibilität in der Erfassung von Veränderungen in der Leistungsfähigkeit nach Interventionen eine wichtige Rolle (Büsching et al. 2009).

Standardisierte Instrumente zur Messung der entsprechenden *Outcomeparameter* fehlen im Krafttrainingsbereich, so dass Vergleiche von Studien und deren Ergebnisse streng genommen nicht möglich sind. Die Maximalkraft kann entweder über das Prinzip der einmaligen maximalen Kraftleistung oder über das Prinzip der ermüdungsbedingten letzten Wiederholung ermittelt werden (Weineck 2007; Hollmann & Strüder 2009). Die internationalen Empfehlungen der Belastungsvorgabe richten sich nach dem Ein-Wiederholungs-Maximum (1-RM), welches bei Vorliegen von Komorbiditäten und belastungsinduzierter Atemnot nicht ausgetestet werden kann (Nici et al. 2006; Frey 2012). Glöckl (2011) spricht von einem mangelnden Zusammenhang zwischen Wiederholungszahl und prozentualer Intensität aufgrund interindividueller Unterschiede. Er ist der Ansicht, dass die Ableitung der Trainingsintensität vom 1-RM „zu einer falschen Objektivität“ und „zu einer trügerischen Sicherheit bei der Trainingssteuerung“ führt (Glöckl 2011, 21). Eine Standardisierung der Assessments und der Trainingsmodalitäten, welche die Effekte des Krafttrainings spezifischer

messen, stehen noch aus und beschreiben den erheblichen Forschungsbedarf in diesem Bereich.

6.3 DISKUSSION DER INTERVENTION

In den letzten Jahren konzentrierten sich die Forschungsfelder zum Thema COPD auf Kraft- und Ausdauertraining, vornehmlich im stationären Setting in welchem verschiedene Trainingsmethoden an technischen Geräten durchgeführt wurden (Ortega et al. 2002; Spruit et al. 2002; Mador et al. 2004; Zambom-Ferraresi et al. 2015; Iepsen et al. 2016; Berry et al. 2018). Demzufolge sind Effekte des Krafttrainings auf Atemnot, körperliche Leistungsfähigkeit und Lebensqualität belegt (Hoff et al. 2007; Greulich et al. 2014; Beurskens et al. 2015; Beijersbergen et al. 2016). Studien zu nachweisbaren Effekten abseits von Krafttrainingsmaschinen sind hingegen ein neueres Forschungsfeld (Ramos et al. 2014; Bertolini et al. 2016; Holland et al. 2017) und lassen sich in das Konzept des Lungensports sehr gut implementieren. Für den Einsatz eines Krafttrainings mit Kleingeräten oder körpereigenem Gewicht spricht die gute Akzeptanz, denn auch weniger belastbare Betroffene vertragen diese Trainingsform gut, da es während des Trainings nur zu geringer Atemnot kommt (Glöckl et al. 2013; Kofod et al. 2017). Der Trainingsschwerpunkt der Krafttrainingsgruppe auf die untere Extremität begründete sich im Gebrauch eben dieser Muskelgruppen, die in den alltagsbezogenen Bewegungsformen wie Gehen, Treppensteigen und Aufstehen von einem Stuhl zum Einsatz kommen. Zudem ist die untere Extremität vom krankheits- und altersbedingten Kraftrückgang stärker betroffen als die obere Extremität (Seymour et al. 2010; Rabinovich & Vilaro 2010; Granacher et al. 2014).

Ein weiteres junges Betätigungsfeld in der Forschung bei COPD betrifft das Gleichgewicht. Von Gleichgewichtsproblemen betroffen sind insbesondere Ältere, denn die im zentralen und peripheren Nervensystem ablaufenden altersbedingten Veränderungen haben einen bedeutenden Einfluss auf das Sturzrisiko. Eine reduzierte körperliche Aktivität und Muskelschwäche in den Beinen, wie sie bei einer COPD vorhanden sind, erhöhen zusätzlich die Sturzneigung (Chang et al. 2008; Beauchamp et al. 2013). Ein Training der Gleichgewichtsfähigkeit, welches mit Kleingeräten durchgeführt werden kann, bot sich insofern für das Konzept des Lungensports an. Auch das spezielle Klientel (überwiegend ältere COPD-Betroffene) und eine heterogene Gruppenzusammensetzung (unterschiedliche Schweregrade) sind mit einem Gleichgewichtstraining vereinbar. Jeder kann durch entsprechende Übungsvariationen gefordert und gefördert werden. Nach Granacher et al. (2007) ergeben sich durch das Gleichgewichtstraining Verbesserungen in der Maximal- und Explosivkraft der Beinstecker. Ebenso kommt es zu verkürzten Latenzzeiten und erhöhten Reflexaktivitäten in den Muskeln, welche auf Störungen von außen, z.B. beim Ausrutschen auf

einer glatten Oberfläche, reagieren müssen. Somit besitzt ein Gleichgewichtstraining auch eine alltagspraktische Relevanz, welche insbesondere bei COPD von Bedeutung ist. In einer Meta-Analyse kamen Sherrington et al. (2008) zu dem Schluss: nur ein Gleichgewichtstraining kann die Sturzfrequenz reduzieren, daher müssen Bewegungsprogramme ein Training der Gleichgewichtsfähigkeit einbeziehen. Auch Autoren neuerer Studien bestätigen, dass Interventionen, die auf eine Verbesserung der Gleichgewichtsfähigkeit ausgerichtet sind, größere Effekte auf die posturale Balance und das Sturzrisiko erzielen, als allgemeine Bewegungsübungen (Beauchamp et al. 2010; Beurskens 2015).

Stationäre oder ambulante pneumologische Rehabilitationsprogramme beinhalten keine Übungen zur Verbesserung der Gleichgewichtsfähigkeit bzw. zur Sturzprävention. Auch in den internationalen Leitlinien ist der Fokus ausschließlich auf ein Kraft- und Ausdauertraining der oberen und unteren Extremitäten ausgerichtet, die Gleichgewichtskomponente ist nicht vorgesehen (Harrison et al. 2015; Marques et al. 2015). Eine Implementierung dieser Bewegungsform in die Praxis ist umsetzbar wie diese und diverse andere Studien zeigen (Beauchamp et al. 2013; Beurskens et al. 2015; Harrison et al. 2015; Marques et al. 2015; Spielmanns et al. 2017).

6.4 LIMITATION

Dieser Studie mag das Fehlen einer Kontrollgruppe (ohne sportliche Betätigung) angelastet werden. Ziel der Studie war es allerdings, die Effektivität spezifischer ausgewählter Trainingsprogramme auf unterschiedlich schwer betroffene Patienten mit COPD zu überprüfen. Diesem Auftrag wird das Studiendesign gerecht. In diesem Kapitel sollen unter anderem auch Vor- und Nachteile von Interventionsstudien randomisierter und nicht-randomisierter Art dargelegt werden. Die Intention dieser Studie bestand zu Beginn in einer Randomisierung der Teilnehmer, von der aber bereits nach der ersten Rekrutierung aus nachfolgenden Gründen abgesehen wurde. Es zeichnete sich schon zu Beginn der Studie ab, dass zwar das Interesse an der Studie groß war, aber Voraussetzungen wie zweimalige Teilnahme pro Woche, konstante Anwesenheit über einen Zeitraum von mindestens 12 Wochen und konsequente Durchführung des Heimprogramms eine Hemmschwelle darstellten, welche die Schwierigkeit in sich barg, genügend Teilnehmer zum Abschluss der Studie zu erhalten. Eine nicht randomisierte Studie, in der die Teilnehmer die Gruppe und mit ihr auch den vorgegebenen Tag und die Uhrzeit frei wählen können, schließt mehr Teilnehmer in die Studie ein, die ansonsten aufgrund Berufstätigkeit, Familienverpflichtungen etc. ausgeschlossen hätten werden müssen. Hohe Kosten und lange Studiendauer, um die nötige Fallzahlen zu erhalten sind ein weiterer Nachteil, welcher mit der Wahl der Nicht-Randomisierung minimiert wurde. Die randomisiert kontrollierte Studie ist der Goldstandard in

der klinischen Forschung und eine Nicht-Randomisierung kann zu zahlreichen unbewussten Verfälschungen führen, welche die Ergebnisse verzerren (Schulz & Grimes 2006). Die *Cochrane Collaboration* jedoch konnte in einer groß angelegten Studie mit vierzehn methodologischen systematischen *Reviews* nachweisen, dass gut angelegte Studien im Vergleich zu randomisiert kontrollierten Studien gut abschneiden und keinen signifikanten Unterschied aufweisen (Anglemyer et al. 2014).

Nach Einteilung zu einer Studiengruppe ist jeder im Verlauf der Studie auftretender Schwund zu vermeiden, da sonst Verzerrungen der Therapievergleiche entstehen. Da aber schwer Betroffene mit einem höheren COPD-Grad mit Infekten zu kämpfen hatten, die eine fortlaufend regelmäßige Teilnahme erschwerte, wurden fehlende Einheiten an den regulären Abschlusstermin angehängt, damit zum einen die Benachteiligung dieser Patientengruppe nicht zu groß war und zum anderen die Teilnehmerzahl nicht zu sehr schwand.

Die Drop-out-Quote lag erwartungsgemäß bei 50%. Allerdings war sie ungleichmäßig verteilt. Durch die unterschiedlichen Belastungsanforderungen in den Gruppen kam es zu einer indirekten Selektion. So hielten schwer Betroffene den gestiegenen Anforderungen nicht stand und brachen die Studie ab.

Die Methode der einfachen Verteilung mit Generierung ungleicher Gruppengrößen, wie sie in der Wissenschaft gefordert wird (Schulz & Grimes 2007), wich aufgrund der begrenzten Zahl an Studienteilnehmern in den einzelnen Blöcken und aus organisatorischen Gründen dem eingeschränkten Verfahren (Blockverteilung).

Die Intensität in den Gruppen war, wie in Kapitel 3 erläutert, folgendermaßen verteilt: Die klassische Lungensportgruppe führte überwiegend im Sitzen ein Training der oberen Rumpfmuskulatur durch. Hinzu kamen alltagspraktische Übungen wie Aufstehen und Bücken. Bei der Kraftgruppe wechselten sich Übungen im Sitzen und Stehen ab, wobei ein intensives Beintraining im Vordergrund stand. Die Gleichgewichtsgruppe war geprägt von koordinativen Aufgaben im Stehen und in Bewegung. Die Gesamtbelastung (muskuläre Anstrengung und Dyspnoe) stieg von Gruppe zu Gruppe an. Daher gab es auf der einen Seite Teilnehmer, denen die Übungseinheiten aufgrund der Gruppeneinteilung zu anstrengend waren und die sich demzufolge in der Gruppe überfordert sahen. Auf der anderen Seite standen körperlich relativ leistungsfähige Studieninteressierte, die sich in der klassischen Lungensportgruppe nicht genügend beansprucht fühlten, so dass diese auf eigenen Wunsch ausschieden. Die Belastungsanforderung ist daher auf den Einzelnen abzustimmen. Nicht jeder ist für jedes Training geeignet.

Vor allem diejenigen, die stark unter der Dyspnoe litten oder einem höheren COPD-Grad angehörten und daher besonders von der körperlichen Bewegung profitieren würden, waren häufig von Exazerbationen und Wetterumschwüngen betroffen. Aufgrund dieser Gegebenheit lag die Fehlzeit dann über dem festgesetzten Wert. Hier mussten vergleichsweise viele Teilnehmer die Studie abbrechen.

7 ZUSAMMENFASSUNG UND SCHLUSSFOLGERUNG

Der Lungensport ist bis dato ein in Deutschland einzigartiges langfristig angelegtes Trainingsprogramm für Betroffene mit Lungenkrankheiten, welches seitens der Kostenträger und dem Gesetzgeber unterstützt wird und sich zunehmenden Zuspruchs auf Seiten der Patienten erfreut (BAR 2011; Spielmanns et al. 2015). Dies spiegelt sich auch in der steigenden Anzahl an Lungensportgruppen wieder (Halle et al. 2008). Ein regelmäßiges körperliches Training von COPD-Patienten gilt als wichtiger Therapiebaustein in der nicht-medikamentösen Therapie der Erkrankung (Ries et al. 2007; Spruit et al. 2013) und wirkt der zunehmenden physischen Dekonditionierung der Betroffenen entgegen (Maltais et al. 2014; Berry et al. 2018). Die Skelettmuskelmasse insbesondere in den unteren Extremitäten unterliegt aufgrund einer multifaktoriellen Genese morphologischen Umbauprozessen (Gea et al. 2015). Daher sind Kraft, Leistungsfähigkeit, Mobilität und Balance reduziert (Nici et al. 2006; Roig et al. 2011; Mkacher et al. 2015; Castro et al. 2016). Ein Krafttraining soll zu einer Verbesserung der Muskelkraft bzw. einer Erhöhung der Muskelmasse beitragen, ebenso wie ein Training der Gleichgewichtsfähigkeiten zu einer Verbesserung der posturalen Kontrolle führen kann.

Die vorliegende Studie vergleicht ein entsprechendes, speziell konzipiertes Gleichgewichtstraining mit dem bisher üblichen Training und einem nicht-gerätegestützten Krafttraining im Rahmen des ambulanten Lungensports. Dabei sollen Effekte auf die Leistungsfähigkeit und Lebensqualität untersucht werden.

Insgesamt wurden 111 Patienten mit chronisch obstruktiver Atemwegserkrankung in drei verschiedene 12 Wochen andauernde Trainingsprogramme randomisiert: Klassische Lungensportgruppe (KG: n = 38), Kraftgruppe (KT: n = 42) und Gleichgewichtsgruppe (GG: n = 31). Die Programme umfassten zwei Trainingseinheiten à 60 Minuten pro Woche und beinhalteten theoretische Abhandlungen zum Thema Lunge sowie praktische Übungen zur Verbesserung der Beinkraft (KT) und des Gleichgewichts (GG). Die KG erhielt neben der Theorie ein überwiegendes Training der Muskulatur des Oberkörpers und erlernte verschiedene Atemtechniken. Die Einheiten wurden mit Kleingeräten verschiedener Art durchgeführt. Die Interventionsgruppen (KT und GG) bekamen zusätzlich ein Heimprogramm. Zu Beginn und nach drei Monaten wurden Fragebögen zur Beurteilung der Lebensqualität (SGRQ) und der Symptomlast (CAT) sowie Tests zur Beurteilung motorischer Parameter analysiert. Hierzu gehörten der *stair climb* Test, der isometrische Maximalkrafttest und die Gleichgewichtstests *Berg-Balance-Scale* (BBS) und *Fullerton-Advanced-Balance-Scale* (FAB). An jeweils drei Messzeitpunkten (Beginn, sechs Wochen und 12 Wochen) wurden der sit-to-stand-Test (5 STST) als primärer Endpunkt und der 6-Minuten-Gehtest (6 MWT) durchgeführt, wobei die CR-10-Skala die Erfassung des subjektiven Empfindens der Dyspnoe nach Belastungsende des 6 MWT erlaubte.

Die Ergebnisse von 65 Teilnehmern (KG: n = 19, KT: n = 23, GG: n = 23) konnten zur abschließenden Analyse verwendet werden. Im primären Endpunkt konnte keine Gruppe sich um mehr als -1,7 Sekunden verbessern. Signifikante Ergebnisse ließen sich jedoch in den Gruppen KT und GG feststellen ($p < 0,05$). Im 6-Minuten-Gehtest verbesserten sich die Interventionsgruppen hoch signifikant ($p = 0,001$), wobei die Gruppe KT 29,13 Meter und die Gruppe GG 33,04 Meter (MCID) zurücklegten. In den Ergebnissen der isometrischen Testung profitierten die Gruppen KT und GG von der Intervention, da sie beide Zuwächse in der Beinkraft erzielten und die MCID mit 7,5 Newtonmeter (Nm) auf der linken Beinseite übertrafen (KT = 13,09 Nm und GG = 10,22 Nm). In den Gleichgewichtstests gab es nur bei der Gruppe GG im BBS keine signifikanten Veränderungen. Gruppenunterschiede konnten in den motorischen Tests nicht festgestellt werden. Bei der Analyse des Lebensqualitätsfragebogens SGRQ erreichte die Gruppe GG einzig in allen Dimensionen signifikante und klinisch relevante Werte ($p < 0,05$ und MCID > -4).

Die Studie belegt die Effizienz von Lungensport in der Therapie der COPD, wobei gezeigt werden konnte, dass eine höhere Belastungsanforderung zu größeren Veränderungen in der Leistungsfähigkeit führt und die Lebensqualität sich deutlich verbessert. Eine wichtige Voraussetzung für die Effizienz ist die regelmäßige Anwesenheit und die Fortführung der Übungen zu Hause. Insbesondere schwer Betroffene müssen mit dieser Maßnahme erreicht werden, um neben der medizinischen Relevanz auch einen gesundheitspolitischen Beitrag zu leisten.

Aus den Erkenntnissen dieser Studie und Literaturrecherchen zum Thema lassen sich Empfehlungen für den Aufbau und Inhalt des Lungensports ableiten. In dieser Studie betrug die Altersstruktur der Teilnehmer zwischen 63 und 65 Jahren. Der ambulante Lungensport stellt damit eine Klientel dar, welche überwiegend, bis auf einzelne Ausnahmen, aus Teilnehmern älteren Jahrgangs besteht. Nachweislich lassen sich für das zunehmende Auftreten von Stürzen im Alltag der Vorgang des Alterns und die damit bedingten Funktionseinschränkungen ausmachen (Granacher et al. 2007, 2009; Oliveira et al. 2015). In dieser Studie konnte zwar keine Korrelation zwischen dem Alter und den maximal erreichten Werten in den Gleichgewichtstests BBS und FAB hergestellt werden, jedoch äußerten viele ältere und auch jüngere Teilnehmer Probleme in der Gleichgewichtsfähigkeit zu haben. Auch werden Defizite in der Balance als Folgeerkrankung bei COPD diskutiert (Butcher et al. 2004; Beauchamp et al. 2013; Marques et al. 2015; Castro et al. 2016). Daher sollte ein Schwerpunkt der Trainingsinhalte sich auf Übungen zur Schulung der Gleichgewichtsfähigkeit konzentrieren (Mühlbauer et al. 2012; Beurskens 2015; Harrison et al. 2015). Hinsichtlich der evidenzbasierten Erkenntnisse zur Bedeutung von Kraft und Gleichgewicht richten sich die Empfehlungen eines interdisziplinären Expertengremiums auf die Kombination von Kraft- und Gleichgewichtstraining. Inhalte sollten Übungen zur Verbesserung der statischen und

dynamischen Balance bzw. Übungen zur Verbesserung der Bein- und Rumpfkraft sein (O'Shea et al. 2009; Taube 2013; Granacher et al. 2014; Martínez-López et al. 2014; Vonbank 2014). Die Empfehlungen decken sich mit den Beobachtungen aus der Studie, in der die Kraft- und Gleichgewichtsgruppe am meisten von der Intervention profitierten.

Neben den motorischen Hauptbeanspruchungsformen gehört die Informationsphase (Göhl et al. 2006; Göhl 2013b) zu den wichtigen Inhaltsbausteinen des Lungensports. Sie spricht als wesentliches Element krankheits- und gesundheitsrelevante Themen an, lehrt atemerleichternde Körperhaltungen einzunehmen und zeigt den Umgang mit Medikamenten (Bastian 2009). Diese Theorieeinheiten wurden im Verlauf der Studie je nach Wahl der Thematik an den Stundenanfang oder das Stundenende gesetzt. Es zeigte sich reges Interesse mit großem Gesprächsbedarf neben einer praktischen Relevanz für den Alltag (z.B. Handhabung Peakflow-Meter, Interpretation Sauerstoffsättigungswerte). Daher sollte für die Abhandlung solcher Gesprächsinhalte genügend Zeit eingeplant werden.

Die Studie zeigte signifikante Effekte für das Krafttraining bei COPD im Lungensport. Sie belegte auch die Durchführbarkeit eines Krafttrainings bei minder belastbaren Teilnehmern. Zu diesem Personenkreis gehörten in der Gruppe KT drei dem COPD-Grad 4 und sieben dem COPD-Grad 3 an. In den beiden anderen Gruppen befanden sich weniger Betroffene mit COPD-Grad 3 und 4. Auch in der Literatur finden sich Hinweise darauf, dass bei schwach belastbaren Betroffenen das Krafttraining im Vordergrund stehen sollte, da die Dyspnoe früh zu einer Limitation des Atemflusses führt (Glöckl et al. 2013; Kofod et al. 2017). Bei COPD-Betroffenen mit einer geringeren Krankheitsausprägung wird ein Ausdauertraining empfohlen (Nici et al. 2006; Frey 2012). Hier wäre es im Hinblick auf die Neugründung oder Neuorganisation von Lungensportgruppen denkbar, die Gruppen in Intensitätsstufen einzuteilen, damit Einzelne entsprechend ihren Möglichkeiten gefordert werden. Auch bietet sich bei bestehendem Angebot an, diese Personen in eine Herzsportgruppe zuzuweisen, da in diesen Gruppen das Leistungsniveau höher liegt als in einer Lungensportgruppe. Außerdem liegt der Stundenschwerpunkt einer Herzsportgruppe in der Verbesserung der kardiopulmonalen Ausdauerleistungsfähigkeit.

Um ausreichend Effekte auf die Leistungsfähigkeit und Lebensqualität zu erzielen, liegt es in der Notwendigkeit des Übungsleiters seinen Teilnehmern neben dem Lungensport, der in der Regel 1-2x pro Woche stattfindet, ein Heimprogramm mit Kraft-, Gleichgewicht- und Ausdauerseinheiten anzubieten. Für das Heimtraining sollten im Alltag vorhandene Geräte genutzt werden, z.B. ein Stab zur Rumpfmobilisation, Wasserflaschen für Oberkörpertraining, Treppenstufen zur Beinkräftigung und Therabänder zur Kräftigung von Arme, Rumpf und Beine. Das Gleichgewichtstraining kann ohne Hilfsmittel im Alltag durchgeführt werden, z.B. Zehenstand, Einbeinstand oder Tandemstand mit Vorwärts- und Rückwärtsgehen jeweils mit geöffneten oder geschlossenen Augen. Das Ausdauertraining erfolgt in der Regel im Freien in

Form von Radfahren oder Gehen. Nur wenige haben die Möglichkeit mittels eines Ergometers die Ausdauereinheiten unabhängig von der Wetterlage im Hause durchzuführen. Übungsanleitungen bzw. Broschüren sind in der Geschäftsstelle der Krankenkasse und bei der Bundeszentrale für gesundheitliche Aufklärung erhältlich oder bei den entsprechenden Institutionen zu bestellen (siehe Arbeitsgemeinschaft Lungensport oder auf der Internetseite www.stuerze.bfu.ch). Diese können in gedruckter oder in elektronischer Form vorliegen. Auch im Buchhandel oder in der Bibliothek finden sich Materialien zur Atemtechnik, Beinkräftigung und zum Gleichgewichtstraining.

8 LITERATURVERZEICHNIS

- Abholz, H.-H.; Thalau, F.; Gillissen, A.; Magnussen, H.; Schott, G.; Schultz, K. et al. (2007): Diagnostik, Therapie und Rehabilitation der COPD - am Beispiel der Nationalen Versorgungsleitlinie „COPD“ dargestellt. In: *Zeitschrift für Allgemeine Medizin* 83 (7), S. 292–307. DOI: 10.1055/s-2007-984467.
- Alison, J. A.; McKeough, Z. J. (2014): Pulmonary rehabilitation for COPD: are programs with minimal exercise equipment effective? In: *Journal of thoracic disease* 6 (11), S. 1606–1614. DOI: 10.3978/j.issn.2072-1439.2014.07.45.
- Allaire, J.; Maltais, F.; Doyon, J.F.; Noel, M.; LeBlanc, P.; Carrier, G.; Simard, C.; Jobin, J. (2004): Peripheral muscle endurance and the oxidative profile of the quadriceps in patients with COPD. In: *Thorax* 59 (8), S. 673-678. DOI: 10.1136/thx.2003.020636.
- American College of Sports Medicine (2014): ACSM's guidelines for exercise testing and prescription. 9. Aufl.: LWW.
- American Thoracic Society (2002): ATS Statement: Guidelines for the Six-Minute Walk Test. In: *American journal of respiratory and critical care medicine* 166 (1), S. 111–117. DOI: 10.1164/ajrccm.166.1.at1102.
- American Thoracic Society/American College of Chest Physicians (2003): Statement on cardiopulmonary exercise testing. In: *American journal of respiratory and critical care medicine* 167 (2), S. 211–277. DOI: 10.1164/rccm.167.2.211.
- Ammenwerth, W.; Crolow, C.; Wurps, H.; Schultz, Th.; Krull, M.; Ukas, K. et al. (2016): Pneumology and Sports: An Outpatient Endurance Training with Sports Medical Guidance as an Effective Non-pharmacological Therapy in Pneumology - a Feasibility Study. In: *Pneumologie (Stuttgart, Germany)* 70 (5), S. 314–319. DOI: 10.1055/s-0042-102299.
- Anglemyer, A.; Horvath, H.T.; Bero, L. (2014): Healthcare outcomes assessed with observational study designs compared with those assessed in randomized trials. In: *Cochrane Database of Systematic Review* (4). DOI: 10.1002/14651858.MR000034.pub2
- Annweiler, C.; Schott, A-M; van Abellan Kan, G.; Rolland, Y.; Blain, H.; Fantino, B. et al. (2011): The Five-Times-Sit-to-Stand test, a marker of global cognitive functioning among community-dwelling older women. In: *The journal of nutrition, health & aging* 15 (4), S. 271–276.
- Anzueto, A. & Miravittles, M. (2017): Pathophysiology of dyspnea in COPD. In: *Postgraduate medicine* 129 (3), S. 366-374. DOI: 10.1080/00325481.2017.1301190.

- Artmann, F.; Hader, C.; Rühle, K.-H.; Rasche, K. (2009): Die Diffusionskapazität in der täglichen Praxis. In: *Atemtherapie* 35 (01), S. 10–17. DOI: 10.5414/ATP35010.
- BAEK, KBV, AWMF (2012): Nationale VersorgungsLeitlinie COPD Langfassung, zuletzt geprüft am 06.04.2017.
- Balady, G.J.; Arena, R.; Sietsema, K.; Myers, J.; Coke, L.; Fletcher, G.F. et al. (2010): Clinician's Guide to cardiopulmonary exercise testing in adults. A scientific statement from the American Heart Association. In: *Circulation* 122 (2), S. 191–225. DOI: 10.1161/CIR.0b013e3181e52e69.
- BAR (Hg.) (2011): Rahmenvereinbarung über den Rehabilitationssport und das Funktionstraining. Vom 1. Januar 2011. Frankfurt/Main: Bundesarbeitsgemeinschaft für Rehabilitation, zuletzt geprüft am 01.06.2017.
- Bastian, K. (2009): Lungensport - eine Chance für Patienten mit chronischen Atemwegs- und Lungenerkrankungen. In: *Bewegungstherapie und Gesundheitssport* (25), S. 6-13.
- Baulig, C.; Al-Nawas, B. & Krummenauer, F. (2008): p-Werte - statistische Signifikanz ist keine klinische Relevanz! In: *Zeitschrift für Zahnärztliches Implantat* 24 (2), S. 126-128.
- Baum, K.; Hildebrandt, U.; Edel, K.; Bertram, R.; Hahmann, H. et al (2009): Comparison of skeletal muscle strength between cardiac patients and age-matched healthy controls. In: *International Journal of Medical Science* 6 (4), S. 184–191, zuletzt geprüft am 27.07.2016.
- Baumann, H. J.; Kluge, S.; Rummel, K.; Klose, H.; Hennigs, J. K.; Schmoller, T.; Meyer, A. (2012): Low intensity, long-term outpatient rehabilitation in COPD. A randomised controlled trial. In: *Respiratory research* 13 (1), S. 86. DOI: 10.1186/1465-9921-13-86.
- Bean, J. F.; Kiely, D. K.; LaRose, S.; Alian, J.; Frontera, W. R. (2007): Is Stair Climb Power a Clinically Relevant Measure of Leg Power Impairments in At-Risk Older Adults? In: *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* 88 (5), S. 604–609. DOI: 10.1016/j.apmr.2007.02.004.
- Beauchamp, M. K.; Brooks, D.; Ellerton, C.; Lee, A.; Alison, J.; Camp, P. G. et al. (2017): Pulmonary Rehabilitation With Balance Training for Fall Reduction in Chronic Obstructive Pulmonary Disease. Protocol for a Randomized Controlled Trial. In: *JMIR research protocols* 6 (11), e228. DOI: 10.2196/resprot.8178.
- Beauchamp, M. K.; Janaudis-Ferreira, T.; Parreira, V.; Romano, J. M.; Woon, L.; Goldstein, R. S.; Brooks, D. (2013): A randomized controlled trial of balance training during pulmonary rehabilitation for individuals with COPD. In: *Chest* 144 (6), S. 1803–1810. DOI: 10.1378/chest.13-1093.

- Beauchamp, M. K.; O'Hoski, S.; Goldstein, R. S.; Brooks, D. (2010): Effect of Pulmonary Rehabilitation on Balance in Persons With Chronic Obstructive Pulmonary Disease. In: *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* 91 (9), S. 1460–1465. DOI: 10.1016/j.apmr.2010.06.021.
- Beijersbergen, C. M.I.; Hortobágyi, T.; Lenzen-Grossimlinghaus, R.; Gäbler, M.; Beurskens, R.; Granacher, U. (2016): Effects of Power Training on Mobility and Gait Biomechanics in Old Adults with Moderate Mobility Disability: Protocol and Design of the Potsdam Gait Study (POGS). In: *Gerontology* 6 (62), S. 597–603, zuletzt geprüft am 01.04.2017.
- Bennell, K.; Dobson, F.; Hinman, R. (2011): Measures of physical performance assessments. Self-Paced Walk Test (SPWT), Stair Climb Test (SCT), Six-Minute Walk Test (6MWT), Chair Stand Test (CST), Timed Up & Go (TUG), Sock Test, Lift and Carry Test (LCT), and Car Task. In: *Arthritis Care Res* 63 (S11), S. S350-S370. DOI: 10.1002/acr.20538.
- Benzo, R. P.; Paramesh, S.; Patel, S. A.; Slivka, W. A.; Scirba, F.C. (2007): Optimal protocol selection for cardiopulmonary exercise testing in severe COPD. In: *Chest* 132 (5), S. 1500–1505. DOI: 10.1378/chest.07-0732.
- Bergner, M.; Bobbitt, R. A.; Carter, W. B.; Gilson, B. S. (1981): The Sickness Impact Profile. Development and final revision of a health status measure. In: *Medical care* 19 (8), S. 787-805. DOI: 10.1097/00005650-198108000-00001.
- Bernard, S.; LeBlanc, O.; Whittom, F.; Carrier, G.; Jobin, J.; Belleau, R.; Maltais, F. (1998): Peripheral muscle weakness in patients with chronic obstructive pulmonary disease. In: *American journal of respiratory and critical care medicine* 158 (2), S. 629-634. DOI: 10.1164/ajrccm.158.2.9711023.
- Bernstein, J. A. & Mauger, D. T. (2016): The Minimally Clinically Important Difference (MCID). What Difference Does It Make? In: *The journal of allergy and clinical immunology. In practice* 4 (4), S. 689-690. DOI: 10.1016/j.jaip.2016.04.022.
- Berry, M. J., Sheilds, K. L. & Adair, N. E. (2018): Comparison of Effects of Endurance and Strength Training Programs in Patients with COPD. In: *COPD* 15 (2), S. 192-199. DOI: 10.1080/15412555.2018.1446926.
- Bertolini, G. N.; Ramos, D.; Leite, M. R.; Carvalho Junior, L. C. S. de; Freire, A. P. C. F.; Lima, F. F. de et al. (2016): Effects of a home-based exercise program after supervised resistance training in patients with chronic obstructive pulmonary disease. In: *Medicina (Ribeirao Preto. Online)* 49 (4), S. 331. DOI: 10.11606/issn.2176-7262.v49i4p331-337.
- Beurskens, R. (2015): Stürze bei älteren Menschen und deren Prävention. In: *NH* 44 (08), S. 362–368. DOI: 10.5414/NHX01713.

- Beurskens, R.; Gollhofer, A.; Muehlbauer, T.; Cardinale, M.; Granacher, U. (2015): Effects of heavy-resistance strength and balance training on unilateral and bilateral leg strength performance in old adults. In: *PloS one* 10 (2), e0118535. DOI: 10.1371/journal.pone.0118535.
- Boccia, G.; Coratella, G.; Dardanello, D.; Rinaldo, N.; Lanza, M.; Schena, F.; Rainoldi, A. (2016): Severe COPD Alters Muscle Fiber Conduction Velocity During Knee Extensors Fatiguing Contraction. In: *COPD* 13 (5), S. 583–588. DOI: 10.3109/15412555.2016.1139561.
- Borg, G. (1982): Psychophysical bases of perceived exertion. In: *Medicine and Science in Sports and Exercise* 14 (5), S. 377-381.
- Borg, G. (2004): Anstengungsempfinden und körperliche Aktivität. In: *Deutsches Ärzteblatt* 101 (15), A 1016-A1021, zuletzt geprüft am 29.06.2017.
- Bösch, D.; Sievers, L.; Andreas, S. (2006): Multidimensionale Effektivität eines ambulanten COPD-Patientenschulungsprogramms: Ergebnisse einer Pilotstudie. In: *Pneumologische Rehabilitation* 18 (150-157), zuletzt geprüft am 27.04.2016.
- Bruhn, S. (2001). Neurophysiologische Grundlagen der Propriozeption und Sensomotorik. In: *Medizinisch-orthopädische Technik* 121 (3), S. 66-71
- Bruhn, S. (2003): Sensomotorisches Training und Bewegungskoordination. Habilitationsschrift.
- Bullinger, M.; Cieza, A.; Ravens-Sieberer, U. (Hg.) (2000): Lebensqualität und Gesundheitsökonomie in der Medizin. Konzepte, Methoden, Anwendung. Landsberg: ecomed.
- Büsching, G.; Hilfiker, R.; Mangold, F.; Messmer, G.; Schädler, S. (2009): Assessments in der Rehabilitation. Band 3: Kardiologie und Pneumologie. 1. Aufl. Bern: Huber (Gesundheitsberufe Physiotherapie, 3), zuletzt geprüft am 11.10.2016.
- Butcher, S. J., Meshke, J. M. & Sheppard, M. S. (2004): Reductions in Functional Balance, Coordination, and Mobility Measures Among Patients With Stable Chronic Obstructive Pulmonary Disease. In: *Journal of Cardiopulmonary Rehabilitation* 24 (4), S. 274-280. DOI: 10.1097/00008483-200407000-00013.
- Canavan, J. L.; Jones, S. E.; Kon, S. S.C.; Nolan, C. M.; Man, W. D.-C.; Maddocks, M. (2015): Field Tests of Exercise Capacity in Chronic Obstructive Pulmonary Disease. In: *Clinical Pulmonary Medicine* 22 (1), S. 1–7. DOI: 10.1097/CPM.0000000000000074.
- Candemir, I.; Kaymaz, D.; Ergun, P.; Demir, N.; Egesel, N.; Sengul, F. (2015): Assessment of pulmonary rehabilitation efficacy in chronic obstructive pulmonary disease patients using

- the chronic obstructive pulmonary disease assessment test. In: *Expert review of respiratory medicine* 9 (4), S. 487–492. DOI: 10.1586/17476348.2015.1067608.
- Casanova, C.; Celli, B. R.; Barria, P.; Casas, A.; Cote, C.; Torres, J. P. de et al. (2011): The 6-min walk distance in healthy subjects: reference standards from seven countries. In: *The European respiratory journal* 37 (1), S. 150–156. DOI: 10.1183/09031936.00194909.
- Casanova, C. (2007): The 6-min walking distance: long-term follow up in patients with COPD. In: *The European respiratory journal* 29, S. 535-540
- Castro, L. A. de, Ribeiro, L. R., Mesquita, R., Carvalho, D. R. de, Felcar, J. M., Merli, M. F. et al. (2016): Static and Functional Balance in Individuals With COPD. Comparison With Healthy Controls and Differences According to Sex and Disease Severity. In: *Respiratory care* 61 (11), S. 1488-1496. DOI: 10.4187/respcare.04749.
- Celli, B. R., Cote, C. G., Marin, J. M., Casanova, C., Montes de Oca, M., Mendez, R. A. et al. (2004): The body-mass index, airflow obstruction, dyspnea, and exercise capacity index in chronic obstructive pulmonary disease. In: *The New England journal of medicine* 350 (10), S. 1005-1012. DOI: 10.1056/NEJMoa021322.
- Chang, A. T.; Seale, H.; Walsh, J.; Brauer, S. G. (2008): Static balance is affected following an exercise task in chronic obstructive pulmonary disease. In: *Journal of Cardiopulmonary Rehabilitation and Prevention* 28 (2), S. 142–145. DOI: 10.1097/01.HCR.0000314209.17300.cc.
- Chen, Y.; Niu, M.; Zhang, X.; Qian, H.; Xie, A.; Wang, X. (2018): Effects of home-based lower limb resistance training on muscle strength and functional status in stable Chronic obstructive pulmonary disease patients. In: *Journal of clinical nursing* 27 (5-6), e1022-e1037. DOI: 10.1111/jocn.14131.
- Chetta, A.; Olivieri, D. (2012): The COPD Assessment Test in the evaluation of chronic obstructive pulmonary disease exacerbations. In: *Expert review of respiratory medicine* 6 (4), S. 373–375. DOI: 10.1586/ers.12.37.
- Chung-Hoon, K.; Tracy, B. L.; Dibble, L. E.; Marcus, R. L.; Burgess, P.; LaStayo, P. C. (2016): The Association Between Knee Extensor Force Steadiness, Force Accuracy, and Mobility in Older Adults Who Have Fallen. In: *Journal of geriatric physical therapy (2001)* 39 (1), S. 1–7. DOI: 10.1519/JPT.0000000000000044.
- Criée, C.-P.; Baur, X.; Berdel, D.; Bösch, D.; Gappa, M.; Heidl, P. et al. (2015): Leitlinie zur Spirometrie. Leitlinie der Deutschen Atemwegsliga, der Deutschen Gesellschaft für Pneumologie und Beatmungsmedizin und der Deutschen Gesellschaft für Arbeitsmedizin und Umweltmedizin zur Spirometrie. Update 2015. In: *Pneumologie* 69, S. 147-164. DOI: 10.1055/s-0034-1391345

- Cohen, J. (2013): *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*. 2nd ed. Hoboken: Taylor and Francis. Online verfügbar unter <http://gbv.ebib.com/patron/FullRecord.aspx?p=1192162>.
- Colado, J. C.; Garcia-Masso, X.; Triplett, N. T.; Calatayud, J.; Flandez, J.; Behm, D. et al. (2016): The effects of chronic obstructive pulmonary disease self-management interventions on improvement of quality of life in COPD patients: A meta-analysis. In: *Respiratory Medicine* (121), S. 81-90.
- Divo, M. & Pinto-Plata, V. (2012): Role of exercise in testing and in therapy of COPD. In: *The Medical clinics of North America* 96 (4), 753-766. DOI: 10.1016/j.mcna.2012.05.004.
- Dodd, D.S.; Brancatisano, T.; Engel, L.A. (1984): Chest wall mechanics during exercise in patients with severe chronic airflow obstruction. In: *Am Rev Respir Dis* 129 (1), S. 33-38. DOI: 10.1164/arrd.1984.129.1.33.
- Eaton, T.; Rudkin, S.; Garrett, J.E. (2001): The clinical utility of arterialized earlobe capillary blood in the assessment of patients for long-term oxygen therapy. In: *Respir Med.* 95 (8), S. 655-660. DOI: 10.1053/rmed.2001.1118.
- Ehrenberg, H. (2001): *Atemtherapie in der Physiotherapie, Krankengymnastik*: Pflaum.
- Ejupi, A.; Brodie, M.; Gschwind, Y. J.; Lord, S. R.; Zagler, W. L.; Delbaere, K. (2015): Kinect-Based Five-Times-Sit-to-Stand Test for Clinical and In-Home Assessment of Fall Risk in Older People. In: *Gerontology* 62 (1), S. 118–124. DOI: 10.1159/000381804.
- Fajac, I.; Texereau, J.; Rivoal, V.; Dessanges, J.F.; Dinh-Xuan, A.T.; Dall'Ava-Santucci, J. (1998): Blood gas measurement during exercise: a comparative study between arterialized earlobe sampling and direct arterial puncture in adults. In: *The European respiratory journal* 11(3), S.712-715.
- Fischer, J.; Schnabel, M.; Sitter, H. (2007): Rehabilitation von Patienten mit Chronisch Obstruktiver Lungenerkrankung (COPD). In: *Pneumologie* 61 (04), S. 233–248. DOI: 10.1055/s-2007-959196.
- Fletcher, C. M. (1952): The Clinical Diagnosis of Pulmonary Emphysema - An Experimental Study. In: *Proceedings of the Royal Society of Medicine* 45 (9), S. 577-584.
- Fletcher, C. M. (1960): Standardized Questionnaire on respiratory symptoms: a statement prepared for and approved by the MRC Committee on the Aetiology of Chronic Bronchitis (MRC breathlessness score). In: *British Medical Journal* 3, S. 1665.
- Francis, P.; Toomey, C.; Mc Cormack, W.; Lyons, M.; Jakeman, P. (2016): Measurement of maximal isometric torque and muscle quality of the knee extensors and flexors in healthy 50-

to 70-year-old women. In: *Clinical physiology and functional imaging*. DOI: 10.1111/cpf.12332.

Franssen, F. M.; Broekhuizen, R.; Janssen, P. P.; Wouters, E. F.; Schols, A. M. (2005): Limb muscle dysfunction in COPD: effects of muscle wasting and exercise training. In: *Medicine and science in sports and exercise* 37 (1), S. 2–9.

Frey, H.-R. (2014a): *Asthma & COPD - praxisnah*. 2. Aufl. Bremen [u.a.]: UNI-MED-Verl. (UNI-MED science).

Frey, H.-R.; Rothe, Thomas (2010): *Asthma & COPD - praxisnah*. 1. Aufl. Bremen: UNI-MED-Verl. (UNI-MED science).

Frey, M. (2012): Krafttraining bei COPD - was ist gesichert? In: Konrad Schultz und Martin Frey (Hg.): *Trainingstherapie bei COPD*. München-Deisenhofen: Dustri-Verl. Feistle (Wissensakademie Lunge).

Frey, M. (2014b): Innovative Trainingstherapien bei COPD. In: *Atemtherapie* 40 (12), S. 539–545. DOI: 10.5414/ATX02001.

Gagnon, P.; Guenette, J. A.; Langer, D.; Laviolette, L.; Mainguy, V.; Maltais, F. et al. (2014): Pathogenesis of hyperinflation in chronic obstructive pulmonary disease. In: *International journal of chronic obstructive pulmonary disease* 9, S. 187–201. DOI: 10.2147/COPD.S38934.

Gea, J.; Casadevall, C.; Pascual, S.; Orozco-Levi, M.; Barreiro, E. (2016): Clinical management of chronic obstructive pulmonary disease patients with muscle dysfunction. In: *Journal of thoracic disease* 8 (11), S. 3379–3400. DOI: 10.21037/jtd.2016.11.105.

Gea, J.; Pascual, S.; Casadevall, C.; Orozco-Levi, M.; Barreiro, E. (2015): Muscle dysfunction in chronic obstructive pulmonary disease. Update on causes and biological findings. In: *Journal of thoracic disease* 7 (10), E418-38. DOI: 10.3978/j.issn.2072-1439.2015.08.04.

Gillissen, A.; Buhl, R.; Kardos, P.; Puhan, M.; Rabe, K. F.; Rothe, T. et al. (2008): Trial endpoint in chronic obstructive pulmonary disease (COPD): minimal clinically important difference. In: *Pneumologie (Stuttgart, Germany)* 62 (3), S. 149–155. DOI: 10.1055/s-2007-996182.

Gimeno-Santos, E., Frei, A., Steurer-Stey, C., Battle, J. d., Rabinovich, R. A., Raste, Y. et al. (2014): Determinants and outcomes of physical activity in patients with COPD. A systematic review. In: *Thorax* 69 (8), S. 731-739.

Glöckl, R.; Göhl, O.; Spielmanns, M.; Taube, K.; Bock, R.; Schultz, K.; Worth, H. (2016a): Relevance of Outpatient, Equipment-based Exercise Training in Patients with Chronic

- Respiratory Diseases. In: *Pneumologie (Stuttgart, Germany)* 70 (7), S. 446–453. DOI: 10.1055/s-0042-105898.
- Glöckl, R.; Göhl, O.; Spielmanns, M.; Taube, K.; Bock, R.; Schultz, K.; Worth, H. (2016b): Stellenwert ambulanter, gerätegestützter Trainingstherapie bei Atemwegs- und Lungenkrankheiten. In: *Pneumologie (Stuttgart, Germany)* 70 (7), S. 446–453. DOI: 10.1055/s-0042-105898.
- Glöckl, R. (2008): Ausdauertraining bei COPD – Dauerethode versus Intervalltraining. In: *Athemtherapie* 34 (09), S. 353–356. DOI: 10.5414/ATP34353.
- Glöckl, R. (2011): Praxis des Krafttrainings bei COPD. In: *Pneumologische Rehabilitation* 23 (04), S. 57–62. DOI: 10.5414/PRP23057.
- Glöckl, R. (2012a): Methodik der Trainingstherapie - Welche Komponenten sind erforderlich? In: Konrad Schultz und Martin Frey (Hg.): *Trainingstherapie bei COPD*. München-Deisenhofen: Dusterl-Verl. Feistle (Wissensakademie Lunge), S. 47–64.
- Glöckl, R. (2012b): Trainingstherapie bei Patienten mit schwerer COPD. In: *Athemtherapie* 38 (08), S. 315–321. DOI: 10.5414/ATX01797.
- Glöckl, R. (2014): Ausdauertraining bei COPD – State of the Art 2014. In: *Athemtherapie* 40 (12), S. 518–523. DOI: 10.5414/ATX02008.
- Glöckl, R.; Marinov, B.; Pitta, F. (2013): Practical recommendations for exercise training in patients with COPD. In: *European respiratory review : an official journal of the European Respiratory Society* 22 (128), S. 178–186. DOI: 10.1183/09059180.00000513.
- Göhl, O.; Linz, H.; Schönleben, T.; Otte, B.; Weineck, J.; Worth, H. (2006): Effekte eines multimodularen ambulanten Trainingsprogramms für Patienten mit COPD. In: *Pneumologie* 60 (09), S. 529–536.
- Göhl, O.; Walker, D. J.; Waltersbacher, S.; Langer, D.; Spengler, C. M.; Wanke, T. et al. (2016): Atemmuskelttraining. State-of-the-Art. In: *Pneumologie (Stuttgart, Germany)* 70 (1), S. 37–48. DOI: 10.1055/s-0041-109312.
- Göhl, O. (2004): Effekte eines ambulanten wohnortnahen Rehabilitationsprogramms für Patienten mit COPD. Berlin: Lehmanns (Erlangen, Nürnberg, Univ., Diss., 2003)
- Göhl, O. (2010): Methodik des Ausdauertrainings bei COPD: wie, wie oft, wie lange, wie intensiv? In: *Atemwegs- und Lungenkrankheiten* 36 (4), S. 140–147, zuletzt geprüft am 27.04.2016.
- Göhl, O. (2013a): Lungensport und Atemgymnastik bei COPD. In: *Erfahrungsheilkunde* (62), S. 187-195.

- Göhl, O. (2013b): Training bei COPD. [ein Lehrbuch für Patienten, Angehörige und Interessierte]. 2. Aufl. Bischofswiesen: O. C. Göhl.
- GOLD (2016): Global Strategy for the Diagnosis, Management, and Prevention of Chronic Obstructive Pulmonary Disease (updated 2016), zuletzt geprüft am 27.04.2016.
- GOLD (2017): Global Strategy for the Diagnosis, Management, and Prevention of Chronic Obstructive Pulmonary Disease (2017 Report), zuletzt geprüft am 20.03.2017.
- GOLD (2020): Global Strategy for the Diagnosis, Management, and Prevention of Chronic Obstructive Pulmonary Disease (2020 Report), zuletzt geprüft am 03.09.2020.
- Gosker, H.R.; van Mameren, H.; van Dijk, P.J.; Engelen, M.P.K.J.; van der Vusse, G.J.; Wouters, E.F.M.; Schols, A.M.W.J. (2002): Skeletal muscle fibre-type shifting and metabolic profile in patients with chronic obstructive pulmonary disease. In: *The European respiratory journal* 19 (4), S. 617-625. DOI: 10.1183/09031936.02.00762001.
- Gosker, H. R.; Zeegers, M. P.; Wouters, E. F. M.; Schols, A. M. W. J. (2007): Muscle fibre type shifting in the vastus lateralis of patients with COPD is associated with disease severity. A systematic review and meta-analysis. In: *Thorax* 62 (11), S. 944–949. DOI: 10.1136/thx.2007.078980.
- Gosselink, R.; Troosters, T.; Decramer, M. (1996): Peripheral muscle weakness contributes to exercise limitation in COPD. In: *American journal of respiratory and critical care medicine* 153 (3), S. 976-980. DOI: 10.1164/ajrccm.153.3.8630582.
- Gouzi, F., Préfaut, C., Abdellaoui, A., Vuillemin, A., Molinari, N., Ninot, G. et al. (2011): Evidence of an early physical activity reduction in chronic obstructive pulmonary disease patients. In: *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* 92 (10), S. 1611-1617.e2. DOI: 10.1016/j.apmr.2011.05.012.
- Granacher, U.; Gruber, M.; Strass, D.; Gollhofer, A. (2007): Auswirkungen von sensomotorischem Training im Alter auf die Maximal- und Explosivkraft. In: *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin* 58 (12), S. 446–451, zuletzt geprüft am 16.12.2017.
- Granacher, U.; Muehlbauer, T.; Bridenbaugh, S.; Bleiker, E.; Wehrle, A.; Kressig, R. W. (2010): Balance training and multi-task performance in seniors. In: *International journal of sports medicine* 31 (5), S. 353–358. DOI: 10.1055/s-0030-1248322.
- Granacher, U.; Muehlbauer, T.; Gruber, M. (2012). A qualitative review of balance and strength performance in healthy older adults: impact for testing and training. *Journal of aging research*, 2012, 708905. doi: 10.1155/2012/708905.
- Granacher, U.; Muehlbauer, T.; Gschwind, Y. J.; Pfenninger, B.; Kressig, R. W. (2014): Diagnostik und Training von Kraft und Gleichgewicht zur Sturzprävention im Alter.

- Empfehlungen eines interdisziplinären Expertengremiums. In: *Zeitschrift für Gerontologie und Geriatrie* 47 (6), S. 513–526. DOI: 10.1007/s00391-013-0509-5.
- Granacher, U. Gruber, M.; Gollhofer, A. (2009): Auswirkungen von sensomotorischem Training auf die posturale Kontrolle älterer Männer. In: *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin* 60 (12), S. 387–393, zuletzt geprüft am 16.12.2017.
- Granacher, U.; Zahner, L.; Gollhofer, A. (2008): Strength, power, and postural control in seniors. Considerations for functional adaptations and for fall prevention. In: *European Journal of Sport Science* 8 (6), S. 325–340. DOI: 10.1080/17461390802478066.
- Greulich, T.; Kehr, K.; Nell, C.; Koepke, J.; Haid, D.; Koehler, U. et al. (2014): A randomized clinical trial to assess the influence of a three months training program (gym-based individualized vs. calisthenics-based non-individualized) in COPD-patients. In: *Respiratory research* 15, S. 36. DOI: 10.1186/1465-9921-15-36.
- Gschwind, Y. J.; Kressig, R. W.; Lacroix, A.; Muehlbauer, T.; Pfenninger, B.; Granacher, U. (2013): A best practice fall prevention exercise program to improve balance, strength / power, and psychosocial health in older adults: study protocol for a randomized controlled trial. In: *BMC geriatrics* 13, S. 105. DOI: 10.1186/1471-2318-13-105.
- Guyatt, G. H.; Berman, L. B.; Townsend, M.; Pugsley, S. O.; Chambers, L. W. (1987): A measure of quality of life for clinical trials in chronic lung disease. In: *Thorax* 42 (10), S. 773-778. DOI: 10.1136/thx.42.10.773.
- Haber, P. (2010): Physiologische Grundlagen des Trainings bei COPD. Warum und wie wirkt Training? In: *Atemwegs- und Lungenkrankheiten* 36 (04), S. 134–139. DOI: 10.5414/ATP36134.
- Haber, P. (2013): Lungenfunktion und Spiroergometrie: Springer.
- Häfelinger, U.; Schuba, V. (2010): Koordinationstherapie. Propriozeptives Training. 5. Aufl.: Meyer & Meyer; Aachen (Wo Sport Spaß macht). Online verfügbar unter http://digitool.hbz-nrw.de:1801/webclient/DeliveryManager?pid=3754639&custom_att_2=simple_viewer.
- Halle, M.; Heitmann, R. H.; Kenn, K.; Petro, W.; Schultz, K. (2008): Bedeutung und Methodik von körperlichem Training bei COPD. In: *Pneumologie* 62 (04), S. 209–225. DOI: 10.1055/s-2008-1038097.
- Hanania, N. A. & Sharafkhaneh, A. (Hg.) (2011): COPD. A Guide to Diagnosis and Clinical Management. 1. Aufl. Totowa, NJ: Springer Science+Business Media LLC (Respiratory Medicine). Online verfügbar unter <http://dx.doi.org/10.1007/978-1-59745-357-8>.
- Harrison, S. L.; Beauchamp, M. K.; Sibley, K.; Araujo, T.; Romano, J.; Goldstein, R. S.; Brooks, D. (2015): Minimizing the evidence-practice gap – a prospective cohort study

- incorporating balance training into pulmonary rehabilitation for individuals with chronic obstructive pulmonary disease. In: *BMC Pulm Med* 15 (1), S. 532. DOI: 10.1186/s12890-015-0067-2.
- Hayes, M. H. ; Patterson, D. G. (1971): Experimental development of the graphic rating method. In: *Psychological Bulletin* 18, S. 98-99.
- Held, U. (2014): Die Bedeutung von Fallzahl und Power in der klinischen Forschung. In: *Praxis* 103 (20), S. 1197–1201. DOI: 10.1024/1661-8157/a001791.
- Hentschel, M.; Becker, J.; Lepthin, H.-J. (2002): Nutzen eines intensiven Trainingsprogrammes bei Patienten mit obstruktiver Atemwegskrankheit. In: *Pneumologie* 56 (4), S. 240–246. DOI: 10.1055/s-2002-25073.
- Hering, T. (2015): "Can you climb 2 floors without pausing". In: *MMW Fortschritte der Medizin* 157 (14), S. 65–66. DOI: 10.1007/s15006-015-3423-5.
- Hering, T.; Andres, J. (2015): COPD Classification GOLD I-IV vs. GOLD A-D in Real Life: Comparing Impact on Application, Advantages and Disadvantages. In: *Pneumologie (Stuttgart, Germany)* 69 (11), S. 645–653. DOI: 10.1055/s-0034-1393073.
- Hernandez, D.; Rose, D. J. (2008): Predicting which older adults will or will not fall using the Fullerton Advanced Balance scale. In: *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* 89 (12), S. 2309–2315. DOI: 10.1016/j.apmr.2008.05.020.
- Hoff, J.; Tjonna, A. E.; Steinshamn, S.; Hoydal, M.; Richardson, R. S.; Helgerud, J. (2007): Maximal strength training of the legs in COPD: a therapy for mechanical inefficiency. In: *Medicine and science in sports and exercise* 39 (2), S. 220–226. DOI: 10.1249/01.mss.0000246989.48729.39.
- Holland, A. E.; Mahal, A.; Hill, C. J.; Lee, A. L.; Burge, A. T.; Cox, N. S. et al. (2017): Home-based rehabilitation for COPD using minimal resources: a randomised, controlled equivalence trial. In: *Thorax* 72 (1), S. 57–65. DOI: 10.1136/thoraxjnl-2016-208514.
- Holland, A. E.; Hill, C. J.; Rasekaba, T.; Lee, A.; Naughton, M. T.; McDonald, C. F. (2010): Updating the minimal important difference for six-minute walk distance in patients with chronic obstructive pulmonary disease. In: *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* 91 (2), S. 221–225. DOI: 10.1016/j.apmr.2009.10.017.
- Hollmann, W. & Strüder, H. K. (2009): Sportmedizin. Grundlagen für körperliche Aktivität, Training und Präventivmedizin. 5., völlig neu bearb. und erw. Aufl. Stuttgart: Schattauer.
- Hortobágyi, T.; Lesinski, M.; Gäbler, M.; VanSwearingen, J. M.; Malatesta, D.; Granacher, U. (2015): Effects of Three Types of Exercise Interventions on Healthy Old Adults' Gait Speed.

- A Systematic Review and Meta-Analysis. In: *Sports medicine (Auckland, N.Z.)* 45 (12), S. 1627–1643. DOI: 10.1007/s40279-015-0371-2.
- Hunt, S. M.; McEwen, J.; McKenna, S. P. (1985): Measuring health status. A new tool for clinicians and epidemiologists. In: *The Journal of the Royal College of General Practitioners* 35 (273), S. 185-188.
- Iepsen, U. W., Munch, G. D. W., Rugbjerg, M., Rinnov, A. R., Zacho, M., Mortensen, S. P. et al. (2016): Effect of endurance versus resistance training on quadriceps muscle dysfunction in COPD. A pilot study. In: *International journal of chronic obstructive pulmonary disease* 11, S. 2659-2669. DOI: 10.2147/COPD.S114351.
- Iwakura, M., Okura, K., Shibata, K., Kawagoshi, A., Sugawara, K., Takahashi, H. et al. (2016): Relationship between balance and physical activity measured by an activity monitor in elderly COPD patients. In: *International journal of chronic obstructive pulmonary disease* 11, S. 1505-1514. DOI: 10.2147/COPD.S107936.
- Jansenberger, H. (2011): Sturzprävention in Therapie und Training. 57 Tabellen; [mit über 150 Übungen]. Stuttgart: Thieme (physiofachbuch).
- Janssen, W.; Bussmann, H.; Stam, H. (2002): Determinants of the Sit-to-Stand Movement: A Review. In: *Physical therapy* 82 (9), S. 866–879, zuletzt geprüft am 10.10.2018.
- Janssens, L.; Brumagne, S.; McConnell, A.K.; Claeys, K.; Pijnenburg, M. et al. (2014) Impaired Postural Control Reduces Sit-to-Stand-to-Sit Performance in Individuals with Chronic Obstructive Pulmonary Disease. In: *PLoS ONE* 9 (2): e88247.
doi:10.1371/journal.pone.0088247
- Jones, P. W.; Quirk, F. H.; Baveystock, C. M. (1991): The St George's Respiratory Questionnaire. In: *Respiratory Medicine* 85, S. 25–31. DOI: 10.1016/S0954-6111(06)80166-6.
- Jones, P. W. (2005): St. George's Respiratory Questionnaire. MCID. In: *COPD: Journal of Chronic Obstructive Pulmonary Disease* 2 (1), S. 75–79. DOI: 10.1081/COPD-200050513.
- Jones, P. W.; Harding, G.; Berry, P.; Wiklund, I.; Chen, W.-H.; Kline Leidy, N. (2009): Development and first validation of the COPD Assessment Test. In: *The European respiratory journal* 34 (3), S. 648-654. DOI: 10.1183/09031936.00102509.
- Jones, P.W.; Adamek, L.; Nadeau, G. et al. (2013): Comparisons of health status scores with MRC grades in COPD: implications for the GOLD 2011 classification. In: *European Respiratory Journal* 42, S. 647-654.

- Jones, S. E.; Kon, S. S. C.; Canavan, J. L.; Patel, M. S.; Clark, A. L.; Nolan, C. M. et al. (2013): The five-repetition sit-to-stand test as a functional outcome measure in COPD. In: *Thorax* 68 (11), S. 1015–1020. DOI: 10.1136/thoraxjnl-2013-203576.
- Kabisch, M.; Ruckes, C.; Seibert-Grafe, M.; Blettner, M. (2011): Randomized controlled trials. Part 17 of a series on evaluation of scientific publications. In: *Deutsches Arzteblatt international* 108 (39), S. 663–668. DOI: 10.3238/arztebl.2011.0663.
- Kaplan, R. M.; Atkins, C. J.; Timms, R. (1984): Validity of a quality of well-being scale as an outcome measure in chronic obstructive pulmonary disease. In: *Journal of Chronic Diseases* 37 (2), S. 85-95. DOI: 10.1016/0021-9681(84)90050-X.
- Kardos, P. (2008): Diagnostik der COPD. In: *Atemwegs- und Lungenkrankheiten* 34 (1), S. 3-8.
- Kardos, P. (2009): COPD Assessment Test. In: *Atemtherapie* 35 (06), S. 245–247. DOI: 10.5414/ATP35245.
- Kenn, K.; Glöckl, R.; Soennichsen, A.; Sczepanski, B.; Winterkamp, S.; Boensch, M.; Welte, T. (2015): Predictors of success for pulmonary rehabilitation in patients awaiting lung transplantation. In: *Transplantation* 99 (5), S. 1072–1077. DOI: 10.1097/TP.0000000000000472.
- Kharbanda, S., Ramakrishna, A. & Krishnan, S. (2015): Prevalence of quadriceps muscle weakness in patients with COPD and its association with disease severity. In: *International journal of chronic obstructive pulmonary disease* 10, 1727-1735. DOI: 10.2147/COPD.S87791.
- Killian, K.J. & Jones, N.L. (1988): Respiratory muscles and dyspnea. In: *Clin Chest Med* 9 (2), S. 237-248.
- Kim, H. C.; Mofarrah, M.; Hussain, S. N. A. (2008): Skeletal muscle dysfunction in patients with chronic obstructive pulmonary disease. In: *International journal of chronic obstructive pulmonary disease* 3 (4), S. 637–658.
- Kim, V. & Criner, G. J. (2013): Chronic bronchitis and chronic obstructive pulmonary disease. In: *American journal of respiratory and critical care medicine* 187 (3), S. 228–237. DOI: 10.1164/rccm.201210-1843CI.
- Kofod, L. M., Døssing, M., Steentoft, J. & Kristensen, M. T. (2017): Resistance Training With Ankle Weight Cuffs Is Feasible in Patients With Acute Exacerbation of COPD. In: *Journal of Cardiopulmonary Rehabilitation and Prevention* 37 (1), S. 49-56. DOI: 10.1097/HCR.0000000000000230.

- Köhler, D.; Schönhofer, B.; Voshaar, T. (2015): Pneumologie. Ein Leitfaden für rationales Handeln in Klinik und Praxis. 2. Aufl. s.l.: Georg Thieme Verlag KG. Online verfügbar unter <http://dx.doi.org/10.1055/b-002-101339>.
- Kon, S. S.C.; Canavan, J. L.; Jones, S. E.; Nolan, C. M.; Clark, A. L.; Dickson, M. J. et al. (2014): Minimum clinically important difference for the COPD Assessment Test: a prospective analysis. In: *The Lancet. Respiratory medicine* 2 (3), S. 195–203. DOI: 10.1016/S2213-2600(14)70001-3.
- Kongsgaard, M.; Backer, V.; Jorgensen, K.; Kjaer, M.; Beyer, N. (2004): Heavy resistance training increases muscle size, strength and physical function in elderly male COPD-patients - a pilot study. In: *Respiratory Medicine* 98 (10), S. 1000–1007.
- Kramer, A.; Dettmers, C.; Gruber, M. (2013). Gleichgewichtstraining in der neurologischen Rehabilitation. In: *Neurologie & Rehabilitation* 1 (19), S. 27-34.
- Kroegel, K. & Costabel, U. (2016)(Hrsg.): Klinische Pneumologie. Das Referenzwerk für Klinik und Praxis. 2. Aufl. Berlin: Thieme-Verlag
- Kühl, K.; Kenn, K.; Rief, W.; Stenzel, N. (2012): Ist das peinlich! Die Rolle von Scham bei COPD. In: *Atemtherapie* 38 (08), S. 333–341. DOI: 10.5414/ATX01806.
- Lange, S. (1999): Statistisch signifikant — auch relevant für den Patienten? *Medizinische Klinik* 94 (S2), S. 22-24. DOI: 10.1007/BF03042023.
- Laube, W. (2009): Sensomotorisches System. Physiologisches Detailwissen für Physiotherapeuten; 28 Tabellen (Physiofachbuch). Stuttgart: Thieme-Verlag
- Laube, W. & Bertram, A. (2008): Sensomotorische Koordination. Gleichgewichtstraining auf dem Kreisel. Stuttgart: Thieme-Verlag
- Lichtenschopf, A. (2015): Pneumologische Rehabilitation - Wo stehen wir? In: *Journal für Pneumologie* 3 (2), S. 6–11, zuletzt geprüft am 01.04.2017.
- Lorenz, J.; Bals, R.; Ewert, R.; Jany, B.; Koczulla, A. R.; Kohnlein, T. et al. (2016): Expertentreffen COPD. Personalisierte Therapie der COPD - Wunsch oder Wirklichkeit? In: *Pneumologie (Stuttgart, Germany)* 70 (10), S. 638–650. DOI: 10.1055/s-0042-112044.
- MacIntyre, N.R. (2006): Muscle Dysfunction Associated With Chronic Obstructive Pulmonary Disease. In: *Respiratory Care* 51 (8), S. 840–848, zuletzt geprüft am 24.05.2017.
- Magnet, F.S.; Majorski, D.S.; Callegari, J.; Schwarz, S.B.; Schmoor, C.; Windisch, W.; Storre, J.H. (2017a): Capillary PO₂ does not adequately reflect arterial PO₂ in hypoxemic COPD patients. In: *International Journal of Chronic Obstructive Pulmonary Disease* 12, S. 2647-2653. DOI: 10.2147/COPD.S140843

- Magnet, F.S.; Callegari, J.; Schwarz, S.B.; Criée, C.-P.; Windisch, W.; Storre, J.H. (2017b): Long-Term Oxygen Therapy: Comparison of the German and British Guidelines. In: *Respiration*. 93 (4), S. 253-263. DOI: 10.1159/000455879.
- Mahler, D. A.; Weinber, D. H.; Wells, C. K.; Feinstein, A. R. (1984): The Measurement of Dyspnoe: Contents, Interobserver Agreement, and Physiologic Correlates of Two New Clinical Indexes. In: *Chest* 85 (6), S. 751-758.
- Mador, M. J.; Bozkanat, E.; Aggarwal, A.; Shaffer, M.; Kufel, T. J. (2004): Endurance and strength training in patients with COPD. In: *Chest* 125 (6), S. 2036–2045.
- Maillé, A. R.; Koning, C.J.M.; Zwinderman, A. H.; Willems, L.N.A.; Dijkman, J. H.; Kaptein, A. A. (1997): The development of the 'Quality-of-Life for Respiratory Illness Questionnaire (QOL-RIQ)'. A disease-specific quality-of-life questionnaire for patients with mild to moderate chronic non-specific lung disease. In: *Respiratory Medicine* 91 (5), S. 297-309. DOI: 10.1016/S0954-6111(97)90034-2.
- Maltais, F; Decramer, M.; Casaburi, R.; Barreiro, E.; Burelle, Y.; Debigaré, R. et al. (2014): An Official American Thoracic Society/European Respiratory Society Statement. Update on Limb Muscle Dysfunction in Chronic Obstructive Pulmonary Disease. In: *American Journal of Respiratory & Critical Care Medicine* 189 (9), S. e15-e62. DOI: 10.1164/rccm.201402-0373ST.
- Marées, H. de (2003): Sportphysiologie (Korrigierter Nachdruck der 9., vollständig überarbeiteten und erweiterten Auflage). Hellenthal: Sportverlag Strauß.
- Marek, W.; Marek, E.; Vogel, P.; Mückenhoff, K.; Kotschy-Lang, N. (2008): Ein numerisches Verfahren zur Objektivierung der körperlichen Leistungsfähigkeit im Rahmen eines stationären Rehabilitationsaufenthaltes mittels 6-Minuten-Gehtest. In: *Pneumologie* 62 (11), S. 643-654. DOI: 10.1055/s-2008-10382048.
- Marin, J. M., Cote, C. G., Diaz, O., Lisboa, C., Casanova, C., Lopez, M. V. et al. (2011): Prognostic assessment in COPD: health related quality of life and the BODE index. In: *Respiratory Medicine* 105 (6), S. 916-921. DOI: 10.1016/j.rmed.2011.01.007.
- Marques, A.; Jácome, C.; Cruz, J.; Gabriel, R.; Figueiredo, D. (2015): Effects of a Pulmonary Rehabilitation Program With Balance Training on Patients With COPD. In: *Journal of Cardiopulmonary Rehabilitation and Prevention* 35 (2), S. 154–158. DOI: 10.1097/HCR.0000000000000097.
- Martínez-López, E.; Hita-Contreras, F.; Jiménez-Lara, P. M.; Latorre-Roman, P. (2014): The Association of Flexibility, Balance, and Lumbar Strength with Balance Ability: Risk of Falls in Older Adults. In: *Journal of Sports Science & Medicine* 13, S. 349–357, zuletzt geprüft am 02.04.2017.

- Mathur, S. (2004): Test-Retest Reliability of Isometric and Isokinetic Torque in Patients with Chronic Obstructive Pulmonary Disease. In: *Physiotherapy Canada* (56), S. 94–101, zuletzt geprüft am 27.04.2016.
- Matthys, H. & Seeger, W. (2008): *Klinische Pneumologie*. 4. überarbeitete Auflage. Heidelberg: Springer-Verlag
- McCarthy, B.; Casey, D.; Devane, D.; Murphy, K.; Murphy, E.; Lacasse, Y. (2015): Pulmonary rehabilitation for chronic obstructive pulmonary disease. In: *Cochrane Database Syst Rev*. 23 (2). DOI: 10.1002/14651858.CD003793.pub3.
- McHorney, C. A.; Ware, J.E. (1993): Construction and validation of an alternate form general mental health scale for the Medical Outcomes Study Short Form 36-Item Health Survey. In: *Medical care* 33 (3), S. 15-28.
- McKeough, Z.J.; Velloso, M.; Lima, V.P.; Alison, J.A. (2016): Upper limb exercise training for COPD. In: *Cochrane Database Syst Rev*. (11). DOI: 10.1002/14651858.CD011434.pub2.
- Meyer, F. J.; Borst, M. M.; Buschmann, H. C.; Ewert, R.; Friedmann-Bette, B.; Ochmann, U. et al. (2013): Belastungsuntersuchungen in der Pneumologie. In: *Pneumologie (Stuttgart, Germany)* 67 (1), S. 16–34. DOI: 10.1055/s-0032-1325901.
- Mkacher, W.; Mekki, M.; Tabka, Z.; Trabelsi, Y. (2015): Effect of 6 Months of Balance Training During Pulmonary Rehabilitation in Patients With COPD. In: *Journal of Cardiopulmonary Rehabilitation and Prevention* 35 (3), S. 207–213. DOI: 10.1097/HCR.000000000000109.
- Morris, N. R., Walsh, J., Adams, L. & Alison, J. (2016): Exercise training in COPD. What is it about intensity? In: *Respirology (Carlton, Vic.)* 21 (7), S. 1185-1192. DOI: 10.1111/resp.12864
- Mourey, F.; Pozzo, T.; Didier, J.; Rouhier-Marcer, I. (1998): A kinematic comparison between elderly and young subjects standing up from and sitting down in a chair. In: *Age Ageing* 27 (2), S. 137–146. DOI: 10.1093/ageing/27.2.137.
- Murray, C.J. & Lopez, A.D. (1997): Alternative projections of mortality and disability by cause 1990-2020: Global Burden of Disease Study. In: *Lancet* 349 (9064), S. 1436-11442. DOI: 10.1016/S0140-6736(96)07495-8.
- Mühlbauer, T., Besemer, C., Wehrle, A., Gollhofer, A. & Granacher, U. (2012): Relationship between Strength, Power and Balance Performance in Seniors. In: *Gerontology* 58 (6), S. 504-512. DOI: 10.1159/000341614.

- Müller, C. & Jacob, S. (2005): Sporttherapie bei chronisch-obstruktiven Atemwegeserkrankungen. Leitfaden für Übungsgruppenleiter, Sporttherapeuten, Physiotherapeuten und Ärzte. 2. Aufl. Großhansdorf: Inter-Pneu-Verl.
- Nakamura, K.; Nagasawa, Y.; Sawaki, S.; Yokokawa, Y.; Masayoshi, O. (2016): Effect of Different Seat Heights during an Incremental Sit-To-Stand Exercise Test on Peak Oxygen Uptake in Young, Healthy Women. In: *Journal of Sports Science & Medicine* 15, S. 410–416, zuletzt geprüft am 10.10.2018.
- Neumeier, A. (2016): Koordinatives Anforderungsprofil und Koordinationstraining: Grundlagen, Analyse, Methodik. In: Mechling, H. & Neumeier, A. (Hrsg.): Training der Bewegungskoordination, Bd. 1. Köln: Sportverlag Strauß
- Nici, L.; Donner, C.; Wouters, E.; Zuwallack, R.; Ambrosino, N.; Bourbeau, J et al. (2006): American Thoracic Society/European Respiratory Society statement on pulmonary rehabilitation. In: *American journal of respiratory and critical care medicine* 173 (12), S. 1390–1413. DOI: 10.1164/rccm.200508-1211ST.
- Nici, L.; Lareau, S.; ZuWallack, R. L. (2010): Pulmonary Rehabilitation in the Treatment of Chronic Obstructive Pulmonary Disease. In: *American Academy of Family Physicians* 82 (5), S. 655–660, zuletzt geprüft am 31.05.2018.
- Noujeim, C. & Bou-Khalil, P. (2013): COPD updates: what's new in pathophysiology and management? In: *Expert review of respiratory medicine* 7 (4), S. 429–437. DOI: 10.1586/17476348.2013.814392.
- Novak, D. (Hg.) (2009): Bewertung und Begutachtung in der Pneumologie. [Empfehlungen der Deutschen Gesellschaft für Pneumologie und der Deutschen Atemwegsliga]. 3., vollst. überarb. Aufl. Stuttgart: Thieme. Online verfügbar unter <http://dx.doi.org/10.1055/b-001-43>.
- Nyberg, A.; Lindström, B.; Rickenlund, A.; Wadell, K. (2015): Low-load/high-repetition elastic band resistance training in patients with COPD. A randomized, controlled, multicenter trial. In: *The clinical respiratory journal* 9 (3), S. 278–288.
- Oliveira, C. C., Lee, A. L., McGinley, J., Thompson, M., Irving, L. B., Anderson, G. P. et al. (2015): Falls by individuals with chronic obstructive pulmonary disease. A preliminary 12-month prospective cohort study. In: *Respirology (Carlton, Vic.)* 20 (7), S. 1096-1101. DOI: 10.1111/resp.12600.
- Orr, R. (2010): Contribution of muscle weakness to postural instability in the elderly. A systematic review. In: *European journal of physical and rehabilitation medicine* 46 (2), S. 183–220.

- Ortega, F.; Toral, J.; Cejudo, P.; Villagomez, R.; Sánchez, H.; Castillo, J.; Montemayor, T. (2002): Comparison of effects of strength and endurance training in patients with chronic obstructive pulmonary disease. In: *American journal of respiratory and critical care medicine* 166 (5), S. 669–674. DOI: 10.1164/rccm.2107081.
- O'Shea, S. D.; Taylor, N. F.; Paratz, J. (2004): Peripheral muscle strength training in COPD. A systematic review. In: *Chest* 126 (3), S. 903–914.
- O'Shea, S. D.; Taylor, N. F.; Paratz, J. D. (2009): Progressive resistance exercise improves muscle strength and may improve elements of performance of daily activities for people with COPD: a systematic review. In: *Chest* 136 (5), S. 1269–1283. DOI: 10.1378/chest.09-0029.
- Parshall, M. B.; Schwartzstein, R. M.; Adams, L.; Banzett, R. B.; Manning, Harold L.; Bourbeau, Jean et al. (2012): An official American Thoracic Society statement. Update on the mechanisms, assessment, and management of dyspnea. In: *American journal of respiratory and critical care medicine* 185 (4), S. 435–452. DOI: 10.1164/rccm.201111-2042ST.
- Persch, L. N.; Ugrinowitsch, C.; Pereira, G.; Rodacki, A. L. F. (2009): Strength training improves fall-related gait kinematics in the elderly. A randomized controlled trial. In: *Clinical biomechanics (Bristol, Avon)* 24 (10), S. 819–825. DOI: 10.1016/j.clinbiomech.2009.07.012.
- Pescatello, L. S. (Ed.). (2014): ACSM's guidelines for exercise testing and prescription (9. ed.). Philadelphia: Wolters Kluwer/Lippincott Williams & Wilkins.
- Pichurko, B. M. (2012): Exercising your patient: which test(s) and when? In: *Respiratory care* 57 (1), 100-10; discussion 110-3. DOI: 10.4187/respcare.01428.
- Pinto-Plata, V. M.; Cote, C.; Cabral, H.; Taylor, J.; Celli, B. R. (2004): The 6-min walk distance: change over time and value as a predictor of survival in severe COPD. In: *The European respiratory journal* 23 (1), S. 28–33.
- Polkey, M. I.; Spruit, M. A.; Edwards, L. D.; Watkins, M. L.; Pinto-Plata, V.; Vestbo, J. et al. (2013): Six-minute-walk test in chronic obstructive pulmonary disease: minimal clinically important difference for death or hospitalization. In: *American journal of respiratory and critical care medicine* 187 (4), S. 382–386. DOI: 10.1164/rccm.201209-1596OC.
- Puelacher, C. (2015): Pneumologische Rehabilitation Phase II und III. In: *Journal für Pneumologie* 3 (2), S. 18–22, zuletzt geprüft am 01.04.2017.
- Puhan, M. A.; Schünemann, H. J.; Frey, M.; Scharplatz, M.; Bachmann, L. M. (2005): How should COPD patients exercise during respiratory rehabilitation? Comparison of exercise modalities and intensities to treat skeletal muscle dysfunction. In: *Thorax* 60 (5), S. 367-375. DOI: 10.1136/thx.2004.033274.

- Puhan, M. A.; Chandra, D.; Mosenifar, Z.; Ries, A.; Make, B.; Hansel, N. N. et al. (2011): The minimal important difference of exercise tests in severe COPD. In: *The European respiratory journal* 37 (4), S. 784–790. DOI: 10.1183/09031936.00063810.
- Puhan, M. A.; Mador, M. J.; Held, U.; Goldstein, R.; Guyatt, G. H.; Schünemann, H. J. (2008): Interpretation of treatment changes in 6-minute walk distance in patients with COPD. In: *The European respiratory journal* 32 (3), S. 637–643. DOI: 10.1183/09031936.00140507.
- Puhan, M. A.; Siebeling, L.; Zoller, M.; Muggensturm, P.; ter Riet, G. (2013): Simple functional performance tests and mortality in COPD. In: *European Respiratory Journal* 42 (4), S. 956–963. DOI: 10.1183/09031936.00131612.
- Puhan, M.A.; Gimeno-Santos, E.; Cates, C.J.; Trooster, T. (2016): Pulmonary rehabilitation following exacerbations of chronic obstructive pulmonary disease. In: *Cochrane Database Syst Rev.* 12 (12). DOI: 10.1002/14651858.CD005305.pub4.
- Rabe, K. F.; Hurd, S.; Anzueto, A.; Barnes, P. J.; Buist, S. A.; Calverley, P. et al. (2007): Global Strategy for the Diagnosis, Management, and Prevention of Chronic Obstructive Pulmonary Disease. In: *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine* 176 (6), S. 532–555. DOI: 10.1164/rccm.200703-456SO.
- Rabinovich, R. A. & Vilaro, J. (2010): Structural and functional changes of peripheral muscles in chronic obstructive pulmonary disease patients. In: *Current opinion in pulmonary medicine* 16 (2), S. 123–133. DOI: 10.1097/MCP.0b013e328336438d.
- Ramos, E. M. C.; Toledo-Arruda, A. C. de; Fosco, L. C.; Bonfim, R.; Bertolini, G. N.; Guarnier, F. A. et al. (2014): The effects of elastic tubing-based resistance training compared with conventional resistance training in patients with moderate chronic obstructive pulmonary disease. A randomized clinical trial. In: *Clinical rehabilitation* 28 (11), S. 1096–1106. DOI: 10.1177/0269215514527842.
- Rasch, B.; Frieese, M.; Hofmann, W.; Naumann, E. (2014): *Quantitative Methoden 2*: Springer.
- Redelmeier, D. A.; Bayoumi, A. M.; Goldstein, R. S.; Guyatt, G. H. (1997): Interpreting small differences in functional status. The Six Minute Walk test in chronic lung disease patients. In: *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine* 155 (4), S. 1278–1282.
- Ries, A. L.; Bauldoff, G. S.; Carlin, B. W.; Casaburi, R.; Emery, C. F.; Mahler, D. A. et al. (2007): Pulmonary Rehabilitation. Joint ACCP/AACVPR Evidence-Based Clinical Practice Guidelines. In: *Chest* 131 (5 Suppl), 4S-42S. DOI: 10.1378/chest.06-2418.

- Ries, A. L.; Carlin, B.W.; Carrieri-Kohlman, V.; Casaburi, R.; Celli, B. R.; Emery, C. F. et al. (1997): Pulmonary Rehabilitation. Joint ACCP/ AACVPR Evidence-Based Guidelines. In: *Chest* 112 (5), S. 1363–1396. DOI: 10.1378/chest.112.5.1363.
- Robert Koch-Institut (2017): 12-Monats-Prävalenz der bekannten chronisch obstruktiven Lungenerkrankung (COPD) in Deutschland. In: *Journal of Health Monitoring* 2 (3), S. 46–54. DOI: 10.17886/RKI-GBE-2017-053.
- Rocco, C. C. de Miranda; Sampaio, L. M. M.; Stirbulov, R.; Corrêa, J. C. F. (2011): Neurophysiological aspects and their relationship to clinical and functional impairment in patients with chronic obstructive pulmonary disease. In: *Clinics* 66 (1), S. 125-129. DOI: 10.1590/S1807-59322011000100022.
- Röhrig, B.; Du Prel, J.-B.; Wachtlin, D.; Kwiecien, R.; Blettner, M. (2010): Fallzahlplanung in klinischen Studien. Teil 13 der Serie zur Bewertung wissenschaftlicher Publikationen. Übersichtsarbeit. In: *Deutsches Ärzteblatt* 107 (31-32), S. 552–556. DOI: 10.3238/arztebl.2010.0552.
- Roig, M.; Eng, J. J.; MacIntyre, D. L.; Road, J. D.; Reid, W. D. (2010): Associations of the Stair Climb Power Test With Muscle Strength and Functional Performance in People With Chronic Obstructive Pulmonary Disease: A Cross-Sectional Study. In: *PTJournal* 90 (12), S. 1774–1782. Online verfügbar unter <http://ptjournal.apta.org/content/90/12/1774>.
- Rose, D. J.; Lucchese, N.; Wiersma, L. D. (2006): Development of a multidimensional balance scale for use with functionally independent older adults. In: *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* 87 (11), S. 1478–1485. DOI: 10.1016/j.apmr.2006.07.263.
- Rothe, T. (2012): Lungenfunktion leicht gemacht. Mit zusätzlichen Kapiteln für die FeNO-Messung, Blutgasanalyse, Diagnostik und Therapie der Schlafapnoe und Ergospirometrie ; Script zur nicht-invasiven pneumologischen Diagnostik für Studenten, Klinik und Praxis. 7., neubearb. Aufl. Neckarsulm: Jungjohann.
- Rühle, K.-H. & Feldmeyer, F. (2008): Praxisleitfaden der Spiroergometrie (2., überarb. und erw. Aufl.). Stuttgart: Kohlhammer.
- Sauty, A.; Uldry, C.; Debétaz, L.F.; Leuenberger, P.; Fitting, J.W. (1996): Differences in PO₂ and PCO₂ between arterial and arterialized earlobe samples. In: *European Respiratory Journal* 9 (2), S. 186-189. DOI: 10.1183/09031936.96.09020186.
- Schneeberger, T.; Glöckl, R.; Jarosch, I.; Bengsch, U.; Claus, M.; Adler, S.; Kenn, K. (2017): Reproduzierbarkeit des 6-Minuten Gehtests – zeigen Patienten mit schwerer COPD Lerneffekte? Eine retrospektive Analyse. In: Pneumologie: Pneumologie. 58. Kongress der Deutschen Gesellschaft für Pneumologie und Beatmungsmedizin e.V: Georg Thieme Verlag KG (71), P148, zuletzt geprüft am 23.02.2017.

- Schott, N. (2011): Erfassung der Gleichgewichtsfähigkeit bei selbstständig lebenden Erwachsenen. In: *Zeitschrift für Gerontologie und Geriatrie* 44 (6), 417-428.
- Schulz, K. F. & Grimes, D. A. (2007a): Reihe Epidemiologie 6. Generierung von Randomisierungslisten in randomisierten Studien: Zufall, nicht Auswahl. In: *Zeitschrift für ärztliche Fortbildung und Qualität im Gesundheitswesen - German Journal for Quality in Health Care* 101 (6), S. 419–426. DOI: 10.1016/j.zgesun.2007.05.027.
- Schulz, K. F. & Grimes, D. A. (2007b): Reihe Epidemiologie 7. Geheimhaltung der Randomisierungslisten in randomisierten Studien: Wie man sich gegen Entschlüsselung wappnet. In: *Zeitschrift für ärztliche Fortbildung und Qualität im Gesundheitswesen - German Journal for Quality in Health Care* 101 (7), S. 499–505. DOI: 10.1016/j.zgesun.2007.08.006.
- Schultz, K. (2008): Rehabilitation bei COPD. In: *Atemwegs- und Lungenkrankheiten* 34 (2), S. 49-55.
- Schumacher, B. (2016): Wenn Atmen zum Gesundheitsrisiko wird. In: *Pneumo News* 8 (S7), S. 59–60. DOI: 10.1007/s15033-016-0493-8.
- Schumacher, J. & Brähler, E. (2004): Bezugssysteme von Gesundheit und Krankheit. In: Bernhard Strauß (Hg.): *Lehrbuch medizinische Psychologie und medizinische Soziologie*. Göttingen [u.a.]: Hogrefe.
- Seymour, J. M.; Spruit, M. A.; Hopkinson, N. S.; Natanek, S. A.; Man, W. D-C; Jackson, A. et al. (2010): The prevalence of quadriceps weakness in COPD and the relationship with disease severity. In: *The European respiratory journal* 36 (1), S. 81–88. DOI: 10.1183/09031936.00104909.
- Sherrington, C.; Whitney, J. C.; Lord, S. R.; Herbert, R. D.; Cumming, R. G.; Close, J.eline C. T. (2008): Effective exercise for the prevention of falls. A systematic review and meta-analysis. In: *Journal of the American Geriatrics Society* 56 (12), S. 2234-2243. DOI: 10.1111/j.1532-5415.2008.02014.x.
- Shrikrishna, D.; Patel, M.; Tanner, R. J.; Seymour, J. M.; Connolly, B. A.; Puthuchear, Z. A. et al. (2012): Quadriceps wasting and physical inactivity in patients with COPD. In: *European Respiratory Journal* 40 (5), S. 1115–1122.
- Shumway-Cook, A. & Woollacott, M. H. (2017): *Motor control. Translating research into clinical practice*. Fifth edition, international edition. Philadelphia: Wolters Kluwer.
- Smith, M. D., Chang, A. T., Seale, H. E., Walsh, J. R. & Hodges, P. W. (2010): Balance is impaired in people with chronic obstructive pulmonary disease. In: *Gait & posture* 31 (4), S. 456-460. DOI: 10.1016/j.gaitpost.2010.01.022.

- Singh, S. J. et al (2014): An official systematic review of the European Respiratory Society/American Thoracic Society: measurement properties of field walking tests in chronic respiratory disease. In: *European Respiratory Journal* 44, S. 1447-1478
- Spielmanns, M.; Müller, K.; Schott, N.; Winkler, A.; Polanski, H.; Nell, C. et al. (2017): [Impact of a Senso-Motoric Intervention in COPD-Patients Participating in an Outpatient Pulmonary Rehabilitation Program: A Randomized Controlled Trial] In: *Rehabilitation* (Stuttg.). Jun; 56 (3). S.159-166. DOI: 10.1055/s-0042-119248. Epub 2017 Feb 23. German
- Spielmanns, M.; Winkler, A.; Fuchs-Bergsma, C.; Baum, K. (Hg.) (2014): Intervall versus kontinuierliches Ausdauertraining bei COPD-Patienten. Eine Studie im Cross-over Design. 55. Kongress der Deutschen Gesellschaft für Pneumologie und Beatmungsmedizin e.V., Bremen, 2014. Stuttgart, New York.
- Spielmanns, M.; Göhl, O.; Schultz, K.; Worth, H. (2015): Lungensport. Ambulantes Sportprogramm hilft langfristig bei COPD. In: *Deutsche medizinische Wochenschrift* 140 (13), S. 1001–1005. DOI: 10.1055/s-0041-102720.
- Spruit, M. A.; Gosselink, R.; Troosters, T.; Paepe, K. de; Decramer, M. (2002): Resistance versus endurance training in patients with COPD and peripheral muscle weakness. In: *European Respiratory Journal* 19 (6), S. 1072–1078. DOI: 10.1183/09031936.02.00287102.
- Spruit, M. A.; Pitta, F.; McAuley, E.; ZuWallack, R. L.; Nici, L. (2015): Pulmonary Rehabilitation and Physical Activity in Patients with Chronic Obstructive Pulmonary Disease. In: *American journal of respiratory and critical care medicine* 192 (8), S. 924–933. DOI: 10.1164/rccm.201505-0929CI.
- Spruit, M. A.; Polkey, M. I.; Celli, B.; Edwards, L. D.; Watkins, M. L.; Pinto-Plata, V. et al. (2012): Predicting outcomes from 6-minute walk distance in chronic obstructive pulmonary disease. In: *Journal of the American Medical Association* 307 (3), S. 291–297. DOI: 10.1016/j.jamda.2011.06.009.
- Spruit, M. A.; Singh, S. J.; Garvey, C.; Zuwallack, R.; Nici, L.; Rochester, C. et al. (2013): An official American Thoracic Society/European Respiratory Society statement. Key concepts and advances in pulmonary rehabilitation. In: *American journal of respiratory and critical care medicine* 188 (8), e13-64. DOI: 10.1164/rccm.201309-1634ST.
- Swallow, E. B.; Reyes, D.; Hopkinson, N. S.; Man, W. D-C; Porcher, R.; Cetti, E. J. et al. (2007): Quadriceps strength predicts mortality in patients with moderate to severe chronic obstructive pulmonary disease. In: *Thorax* 62 (2), S. 115–120. DOI: 10.1136/thx.2006.062026.
- Taube, K. (2008): Körperliches Training bei Lungenerkrankungen als Langzeittherapie. In: *Der Pneumologe* 5 (2), S. 91-97. DOI: 10.1007/s10405-008-0194-z.

- Taube, K. (2010): Organisationsformen und Ergebnisse des Trainings bei COPD-Patienten in Deutschland. In: *Atemtherapie* 36 (06), S. 231–235. DOI: 10.5414/ATP36231.
- Taube, K. (2012): Empfehlungen für die Rehabilitationsnachsorge in Form des Lungensports. In: *Atemwegs- und Lungenkrankheiten* 38 (9), S. 359–364, zuletzt geprüft am 24.06.2017.
- Taube, W. (2013): Neuronale Mechanismen der posturalen Kontrolle und der Einfluss von Gleichgewichtstraining. In: *Journal für Neurologie, Neurochirurgie und Psychiatrie* 14 (2), S. 55-63.
- Terzikhan, N.; Verhamme, K.M.C.; Hofmann, A.; Stricker, B.H.; Bruselle, G.G.; Lahousse, L. (2016): Prevalence and incidence of COPD in smokers and non-smokers: the Rotterdam Study. In: *European Journal of Epidemiology* 31 (8), S. 785-792. DOI: 10.1007/s10654-016-0132-z.
- Tödt, K.; Skargren, E.; Kentson, M.; Theander, K.; Jakobsson, P. & Unosson, M. (2014): Experience of fatigue, and its relationship to physical capacity and disease severity in men and women with COPD. In: *International journal of chronic obstructive pulmonary disease* 9, S. 17-25. DOI: 10.2147/COPD.S52506.
- Vaidya, T.; Beaumont, M.; Bisschop, C. de; Bazerque, L.; Le Blanc, C.; Vincent, A. et al. (2018): Determining the minimally important difference in quadriceps strength in individuals with COPD using a fixed dynamometer. In: *International journal of chronic obstructive pulmonary disease* 13, S. 2685–2693. DOI: 10.2147/COPD.S161342.
- Van den Borst, B., Slot, I. G. M., Hellwig, V. A. C. V., Vosse, B. A. H., Kelders, M. C. J. M., Barreiro, E. et al. (2013): Loss of quadriceps muscle oxidative phenotype and decreased endurance in patients with mild-to-moderate COPD. In: *Journal of applied physiology (Bethesda, Md.: 1985)* 114 (9), S. 1319-1328. DOI: 10.1152/jappphysiol.00508.2012.
- Vasiliadis, H.; Collet, J.; Penrod, J.; Ferraro, P.; Poirier, C. (2005): A cost-effectiveness and cost-utility study of lung transplantation. In: *Journal of Heart Lung Transplant* 24 (9), S. 1275-1283.
- Vestbo, J.; Hurd, S. S.; Agustí, A. G.; Jones, P. W.; Vogelmeier, C.; Anzueto, A. et al. (2013): Global strategy for the diagnosis, management, and prevention of chronic obstructive pulmonary disease: GOLD executive summary. In: *American journal of respiratory and critical care medicine* 187 (4), S. 347–365. DOI: 10.1164/rccm.201204-0596PP.
- Vogelmeier, C.; Buhl, R.; Burghuber, O.; Criée, C-P; Ewig, S.; Godnic-Cvar, J. et al. (2018): S2k-Leitlinie zur Diagnostik und Therapie von Patienten mit chronisch obstruktiver Bronchitis und Lungenemphysem (COPD). In: *Pneumologie (Stuttgart, Germany)* 72 (4), S. 253–308. DOI: 10.1055/s-0043-125031.

- Vogelmeier, C.; Buhl, R.; Criée, C. P.; Gillissen, A.; Kardos, P.; Köhler, D. et al. (2007): Leitlinie der Deutschen Atemwegsliga und der Deutschen Gesellschaft für Pneumologie und Beatmungsmedizin zur Diagnostik und Therapie von Patienten mit chronisch obstruktiver Bronchitis und Lungenemphysem (COPD). In: *Pneumologie* 61 (05), S. e1-e40. DOI: 10.1055/s-2007-959200.
- Vogiatzis, I. (2008): Prescription of Exercise Training in Patients with COPD. In: *CRMR* 4 (4), S. 288–294. DOI: 10.2174/157339808786263761.
- Vonbank, K. (2014): Krafttraining bei COPD. In: *Atemtherapie* 40 (12), S. 524–528. DOI: 10.5414/ATX02053.
- Vonbank, K.; Strasser, B.; Mondrzyk, J.; Marzluf, B. A.; Richter, B.; Losch, S. et al. (2012): Strength training increases maximum working capacity in patients with COPD--randomized clinical trial comparing three training modalities. In: *Respiratory Medicine* 106 (4), S. 557–563. DOI: 10.1016/j.rmed.2011.11.005.
- Waschki, B.; Kirsten, A. M.; Holz, O.; Mueller, K.-C.; Schaper, M.; Sack, A.-L. et al. (2015): Disease Progression and Changes in Physical Activity in Patients with Chronic Obstructive Pulmonary Disease. In: *American journal of respiratory and critical care medicine* 192 (3), S. 295–306. DOI: 10.1164/rccm.201501-0081OC.
- Weber, N.; Brand, P.; Kohlhäufel, M.; Häußinger, K. (2006): Sechs-Minuten-Gehtest mit und ohne Sauerstoff bei Patienten mit COPD: Vergleich von Gehstrecke und Sauerstoffsättigung bei unterschiedlichen Applikationsformen. In: *Pneumologie* 60 (4), S. 220-228. DOI: 10.1055/s-2005-919094
- Weineck, J. (2007): Optimales Training. Leistungsphysiologische Trainingslehre unter besonderer Berücksichtigung des Kinder- und Jugendtrainings. 15., völlig überarb. und beträchtlich erw. Aufl. Balingen: Spitta-Verl. (Spitta-Fachbuchreihe : Medizin).
- Whitney, S. L.; Wrisley, D. M.; Marchetti, G. F.; Gee, M. A.; Redfern, M. S.; Furman, J. M. (2005): Clinical measurement of sit-to-stand performance in people with balance disorders. Validity of data for the Five-Times-Sit-to-Stand Test. In: *Physical therapy* 85 (10), S. 1034–1045.
- Wingart, S.; Leibert, N.; Krämer, B.; Huber, V.; Fuchs, S.; Wittmann, M. et al. (2014): Ist ein doppelter 6-Minuten-Gehtest im Rahmen des Routine-Assessments der pneumologischen Rehabilitation bei COPD-Patienten erforderlich? In: *Atemwegs- und Lungenkrankheiten* 40 (12), S. 546–549. DOI: 10.5414/ATX02027.
- Wittmann, M.; Spohn, S.; Schultz, K.; Pfeifer, M.; Petro, W. (2007): COPD-Schulung im Rahmen der stationären Rehabilitation verbessert Lebensqualität und Morbidität. In: *Pneumologie (Stuttgart, Germany)* 61 (10), S. 636–642. DOI: 10.1055/s-2007-980106.

- World Health Organization (1993): WHO-Quality of Life Group. Study protocol for the World Health Organization project to develop a quality of life assessment instrument (WHOQOL). In: *Quality of Life Research* 2 (2), S. 153-159.
- Worth, H.; Schacher, C. (2008): Strukturierte Schulung für Patienten mit COPD. In: *AT 34* (02), S. 43–48. DOI: 10.5414/ATP34043.
- Worth, H.; Meyer, A.; Folgering, H.; Kirsten, D.; Lecheler, J.; Magnussen, H. et al. (2000): Empfehlungen der Deutschen Atemwegsliga zum Sport und körperlichen Training bei Patienten mit obstruktiven Atemwegserkrankungen. In: *Medizinische Klinik* 95 (3), S. 123–129. DOI: 10.1007/PL00002093.
- Württemberg, G.; Bastian, K. (2001): Funktionelle Effekte unterschiedlicher Trainingsformen bei Patienten mit COPD. In: *Pneumologie (Stuttgart, Germany)* 55 (12), S. 553–562. DOI: 10.1055/s-2001-19001.
- Zainuldin, R., Mackey, M. G. & Alison, J. A. (2011): Optimal intensity and type of leg exercise training for people with chronic obstructive pulmonary disease. In: *The Cochrane database of systematic reviews* (11), CD008008. DOI: 10.1002/14651858.CD008008.pub2
- Zambom-Ferraresi, F.; Cebollero, P.; Gorostiaga, E. M.; Hernández, M.; Hueto, J.; Cascante, J. et al. (2015): Effects of Combined Resistance and Endurance Training Versus Resistance Training Alone on Strength, Exercise Capacity, and Quality of Life in Patients With COPD. In: *Journal of Cardiopulmonary Rehabilitation and Prevention* 35 (6), S. 446–453. DOI: 10.1097/HCR.0000000000000132.
- Zavorsky, G.S.; Cao, J.; Mayo, N.E.; Gabbay, R.; Murias, J.M. (2007): Arterial versus capillary blood gases: a meta-analysis. In: *Respiratory Physiology Neurobiology* 155 (3), S. 268-279. DOI: 10.1016/j.resp.2006.07.002.

Internetquellen (im Anhang)

- Statistisches Bundesamt (2017): Die Folgen des Rauchens kosten Frauen über 10 Jahre ihres Lebens. Download unter https://www.destatis.de/DE/PresseService/Presse/Pressemitteilungen/2016/05/PD16_182_232.html
- Statistisches Bundesamt (2017): Krankheitskosten. Download unter https://www-genesis.destatis.de/genesis/online;jsessionid=390D1754DC90088D95797D6DAE3DFC80.to_mcat_GO_2_3?operation=previous&levelindex=2&levelid=1501741933119&step=2
- World Health Organization (2018): The top 10 causes of death. Download unter <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/the-top-10-causes-of-death>
- World Health Organization (2001): International Classification of Functioning, Disability and Health (ICF). Download unter <https://who.int/classifications/icf/en/>

ABSTRACT

Introduction: Limited exercise capacity is one of the main systemic manifestations of chronic obstructive pulmonary disease (COPD) associated with poor health-related quality of life, exacerbations and increased mortality risk. Skeletal muscle mass and strength have been shown to be reduced in patients with COPD compared to age-matched healthy controls. There is also a growing evidence that individuals with COPD have important deficits in balance control that may be associated with an increased risk of falls. Exercise interventions aimed at improving skeletal mass function have the potential to improve the physical function and health-related quality of life. It has also been shown that the exercise component of conventional PR has only minimal effect on measures of balance and fall risk. Most guidelines on exercise for patients with COPD recommend a combination of endurance and strength training. However balance training and fall prevention strategies are not included. After pulmonary PR outpatient lung sports is at the moment the only possibility to keep in motion for a longer time. Therefore, in this study the effects of a strength and balance training on exercise capacity and health-related quality of life within pulmonary exercise programs were evaluated.

Methods: 65 participants ($65,9 \pm 6,9$ years) with stable COPD volunteered as subjects in this study. They were distributed into three groups (strength group – KT; balance group – GG; lung sport group – KG). Subjects received a twelve week training program with two training sessions a week. Strength and balance group performed additional workout at home. The strength group realized a lower limb resistance strength training using their own body weight and minimal resources as elastic bands or ankle weights. The balance group carried out a well structured intensive balance training on wobble boards, balance pads and uneven surfaces. The lung sport group conducted usual program as upper limb resistance training and breathing techniques. All participated in a self-management education program. Subjects were pre and post tested on parameters concerning functional exercise capacity and health-related quality of life. The primary endpoint was a change in five-time sit-to-stand (5STS).

Results: The three groups were similar regarding age and FEV₁(%). At post-tests, the within-group differences were in favour of the balance group on the 5STS ($-1,54 \pm 2,33$ sec.). Between the groups no changes found. By contrast, in the six-minute-walking-distance (6MWD) significant intra-group difference was found in all groups but only the balance group reached clinical change ($33,04 \pm 36,26$ m). Between the isometric maximal strength assessment at 24 weeks and baseline, the difference for the right ($p=0,027$) and left ($p=0,007$) leg was significant in the balance group, but not in the other groups. There was no statistical significance found between and within the groups in COPD assessment test. Significant within-group differences were found in change scores on the FAB scale, but the minimal clinical

important difference ist yet not known. The SGRQ – a disease specific questionnaire – revealed a significant improvement ($-7,08 \pm 10,71$ points in Total) in the balance group. Clinical change is achieved at a decline of four points.

Conclusion: Clinically meaningful and statistically improvements in physical capabilities and health-related quality of life may be achieved using long-term pulmonary exercise programs. The result of the study especially support the effectiveness of balance training in patients with COPD.

Einführung: Der Lungensport ist bis dato ein in Deutschland einzigartiges langfristig angelegtes Trainingsprogramm für Betroffene mit Lungenkrankheiten, welches seitens der Kostenträger und dem Gesetzgeber unterstützt wird und sich zunehmenden Zuspruchs auf Seiten der Patienten erfreut (BAR 2011; Spielmanns et al. 2015). Dies spiegelt sich auch in der steigenden Anzahl an Lungensportgruppen wieder (Halle et al. 2008). Ein regelmäßiges körperliches Training von COPD-Patienten gilt als wichtiger Therapiebaustein in der nicht-medikamentösen Therapie der Erkrankung (Ries et al. 2007; Spruit et al. 2013) und wirkt der zunehmenden physischen Dekonditionierung der Betroffenen entgegen (Maltais et al. 2014; Berry et al. 2018). Die Skelettmuskelmasse insbesondere in den unteren Extremitäten unterliegt aufgrund einer multifaktoriellen Genese morphologischen Umbauprozessen (Gea et al. 2015). Daher sind Kraft, Leistungsfähigkeit, Mobilität und Balance reduziert (Nici et al. 2006; Roig et al. 2011; Mkacher et al. 2015; Castro et al. 2016). Ein Krafttraining soll zu einer Verbesserung der Muskelkraft bzw. einer Erhöhung der Muskelmasse beitragen, ebenso wie ein Training der Gleichgewichtsfähigkeiten zu einer Verbesserung der posturalen Kontrolle führen kann.

Die vorliegende Studie vergleicht ein entsprechendes, speziell konzipiertes Gleichgewichtstraining mit dem bisher üblichen Training und einem nicht-gerätegestützten Krafttraining im Rahmen des ambulanten Lungensports. Dabei sollen Effekte auf die Leistungsfähigkeit und Lebensqualität untersucht werden.

Methodik: Insgesamt wurden 111 Patienten mit chronisch obstruktiver Atemwegserkrankung in drei verschiedene 12 Wochen andauernde Trainingsprogramme randomisiert: Klassische Lungensportgruppe (KG: n = 38), Kraftgruppe (KT: n = 42) und Gleichgewichtsgruppe (GG: n = 31). Die Programme umfassten zwei Trainingseinheiten à 60 Minuten pro Woche und beinhalteten theoretische Abhandlungen zum Thema Lunge sowie praktische Übungen zur Verbesserung der Beinkraft (KT) und des Gleichgewichts (GG). Die KG erhielt neben der Theorie ein überwiegendes Training der Muskulatur des Oberkörpers und erlernte

verschiedene Atemtechniken. Die Einheiten wurden mit Kleingeräten verschiedener Art durchgeführt. Die Interventionsgruppen (KT und GG) bekamen zusätzlich ein Heimprogramm. Zu Beginn und nach drei Monaten wurden Fragebögen zur Beurteilung der Lebensqualität (SGRQ) und der Symptomlast (CAT) sowie Tests zur Beurteilung motorischer Parameter analysiert. Hierzu gehörten der *stair climb* Test, der isometrische Maximalkrafttest und die Gleichgewichtstests *Berg-Balance-Scale* (BBS) und *Fullerton-Advanced-Balance-Scale* (FAB). An jeweils drei Messzeitpunkten (Beginn, sechs Wochen und 12 Wochen) wurden der sit-to-stand-Test (5 STST) als primärer Endpunkt und der 6-Minuten-Gehtest (6 MWT) durchgeführt, wobei die CR-10-Skala die Erfassung des subjektiven Empfindens der Dyspnoe nach Belastungsende des 6 MWT erlaubte.

Ergebnisse: Die Ergebnisse von 65 Teilnehmern (KG: n = 19, KT: n = 23, GG: n = 23) konnten zur abschließenden Analyse verwendet werden. Im primären Endpunkt konnte keine Gruppe sich um mehr als -1,7 Sekunden verbessern. Signifikante Ergebnisse ließen sich jedoch in den Gruppen KT und GG feststellen ($p < 0,05$). Im 6-Minuten-Gehtest verbesserten sich die Interventionsgruppen hoch signifikant ($p = 0,001$), wobei die Gruppe KT 29,13 Meter und die Gruppe GG 33,04 Meter (MCID) zurücklegten. In den Ergebnissen der isometrischen Testung profitierten die Gruppen KT und GG von der Intervention, da sie beide Zuwächse in der Beinkraft erzielten und die MCID mit 7,5 Newtonmeter (Nm) auf der linken Beinseite übertrafen (KT = 13,09 Nm und GG = 10,22 Nm). In den Gleichgewichtstests gab es nur bei der Gruppe GG im BBS keine signifikanten Veränderungen. Gruppenunterschiede konnten in den motorischen Tests nicht festgestellt werden. Bei der Analyse des Lebensqualitätsfragebogens SGRQ erreichte die Gruppe GG einzig in allen Dimensionen signifikante und klinisch relevante Werte ($p < 0,05$ und MCID > -4).

Schlussfolgerung: Die Studie belegt die Effizienz von Lungensport in der Therapie der COPD, wobei gezeigt werden konnte, dass eine höhere Belastungsanforderung zu größeren Veränderungen in der Leistungsfähigkeit führt und die Lebensqualität sich deutlich verbessert. Eine wichtige Voraussetzung für die Effizienz ist die regelmäßige Anwesenheit und die Fortführung der Übungen zu Hause. Insbesondere schwer Betroffene müssen mit dieser Maßnahme erreicht werden, um neben der medizinischen Relevanz auch einen gesundheitspolitischen Beitrag zu leisten.

1952 MRC Breathlessness Scale

Grade 1: Is the patient's breath as good as that of other men of his age and build at work, on walking, and on climbing hills or stairs?

Grade 2: Is the patient able to walk with normal men of own age and build on the level but unable to keep up on hills or stairs?

Grade 3: Is the patient unable to keep up with normal men on the level, but able to walk about a mile or more at his own speed?

Grade 4: Is the patient unable to walk more than about 100 yards on the level without a rest?

Grade 5: Is the patient breathless on talking or undressing, or unable to leave his house because of breathlessness?

Permission to re-use the MRC Dyspnoea Scale

In accordance with MRC's Open Access Policy, permission is granted from the MRC to use the MRC Dyspnoea Scale for any purpose (including research and commercial purposes) and MRC hereby agrees not to assert its rights in relation to the proposed use of the MRC Dyspnoea Scale.

You must give appropriate credit ("Used with the permission of the Medical Research Council") and indicate if changes were made. You may do so in any reasonable manner, but not in any way that suggests that the MRC endorses you or your use.

If you are a company wishing to use the scale as part of a product or service then a license to reuse will have to be arranged via MRC Technology.

Note: The MRC is not in a position to authorise translations or check back-translations

1959 MRC Breathlessness Scale

Grade 1: Are you ever troubled by breathlessness except on strenuous exertion?

Grade 2: (If yes) Are you short of breath when hurrying on the level or walking up a slight hill?

Grade 3: (If yes) Do you have to walk slower than most people on the level? Do you have to stop after a mile or so (or after ¼ hour) on the level at your own pace?

Grade 4: (If yes to either) Do you have to stop for breath after walking about 100 yds. (or after a few minutes) on the level?

Grade 5: (If yes) Are you too breathless to leave the house, or breathless after undressing?

Permission to re-use the MRC Dyspnoea Scale

In accordance with MRC's Open Access Policy, permission is granted from the MRC to use the MRC Dyspnoea Scale for any purpose (including research and commercial purposes) and MRC hereby agrees not to assert its rights in relation to the proposed use of the MRC Dyspnoea Scale.

You must give appropriate credit ("Used with the permission of the Medical Research Council") and indicate if changes were made. You may do so in any reasonable manner, but not in any way that suggests that the MRC endorses you or your use.

If you are a company wishing to use the scale as part of a product or service then a license to reuse will have to be arranged via MRC Technology.

Note: The MRC is not in a position to authorise translations or check back-translations

Pressemitteilung vom 31. Mai 2016 – 182/16

Die Folgen des Rauchens kosten Frauen über 10 Jahre ihres Lebens

WIESBADEN – Durchschnittlich 70,9 Jahre alt wurden Frauen, die im Jahr 2014 an Krebserkrankungen verstorben sind, welche in Zusammenhang mit dem Konsum von Tabakprodukten gebracht werden können. Dies sind 10,4 Jahre weniger als das durchschnittliche Sterbealter aller verstorbenen Frauen. Wie das Statistische Bundesamt (Destatis) anlässlich des Weltnichtrauchertages am 31. Mai weiter mitteilt, ist die Zahl der an den Folgen des Rauchens verstorbenen Frauen in den letzten zehn Jahren von 11 870 (2005) um circa 33 % auf 15 748 (2014) angestiegen. Neben Lungen- und Bronchialkrebs zählen auch Kehlkopf- und Luftröhrenkrebs zu den Folgeerkrankungen des Rauchens. Allein die bösartige Neubildung der Bronchien und der Lunge verursachte im Jahr 2014 bei Frauen 15 513 Sterbefälle und ist damit deren siebthäufigste Todesursache.

Die Zunahme der Todesfälle wegen mit dem Rauchen in Verbindung gebrachten Krebserkrankungen schlägt sich auch in der altersstandardisierten Sterberate nieder. Dabei wird der Einfluss der unterschiedlichen Bevölkerungsstrukturen in den jeweiligen Jahren berücksichtigt. Waren im Jahr 2005 insgesamt 30,6 Frauen je 100 000 Einwohner daran gestorben, ist die Zahl auf 37,3 Frauen je 100 000 Einwohner im Jahr 2014 gestiegen. Zwar war diese Zahl bei den Männern nach wie vor höher (74,4 Sterbefälle je 100 000 Einwohner im Jahr 2014), jedoch gab es hier eine positive Entwicklung, da noch zehn Jahre zuvor 86,7 Männer je 100 000 Einwohner an diesen Krebserkrankungen verstorben waren.

Bei der Betrachtung der Sterbefälle im Zusammenhang mit dem Rauchen muss davon ausgegangen werden, dass bei einer Vielzahl von Todesfällen insbesondere durch Herz-Kreislauf-Erkrankungen sowie durch die chronisch obstruktive Lungenerkrankung (COPD) der Konsum von Tabak mit zum Tode beigetragen haben kann.

Der Verbrauch von in Deutschland versteuerten Tabakwaren hat sich in den letzten Jahren je nach Tabakart unterschiedlich entwickelt. So sank der tägliche Konsum von Zigaretten von 256 Millionen Stück im Jahr 2006 auf 223 Millionen Stück im Jahr 2015.

Herausgeber:

© Statistisches Bundesamt,
Vervielfältigung und Verbrei-
tung, auch auszugsweise, mit
Quellennachweis gestattet.

Kontakt:

Telefon: +49 (0)611 / 75-34 44
Telefax: +49 (0)611 / 75-39 76
presse@destatis.de
www.destatis.de

Servicezeiten:

Mo - Do: 8.00 – 17.00 Uhr
Fr: 8.00 – 15.00 Uhr

Postanschrift:

65180 Wiesbaden
Deutschland

Statistisches Bundesamt



Pressemitteilung vom 31. Mai 2016 – 182/16 – Seite 2

Im gleichen Zeitraum nahm der tägliche Konsum von Feinschnitt von 62 auf 70 Tonnen zu. Der Konsum von Pfeifentabak (einschließlich Wasserpfeifentabak) stieg ebenfalls von 3 auf 5 Tonnen an. Der Verbrauch von Zigarren und Zigarillos lag 2015 bei 8 Millionen Stück pro Tag.

Datenbasis ist die Zahl der versteuerten Tabakwaren im jeweiligen Kalenderjahr. Der tatsächliche Verbrauch insbesondere bei Zigaretten liegt noch höher, da in den Angaben der amtlichen Statistik in Deutschland unversteuerte Tabakwaren nicht enthalten sind.

Weitere Auskünfte geben: Todesursachenstatistik:
Thomas Graf,
Telefon: (0611) 75 – 8169,
www.destatis.de/kontakt

Verbrauchssteuerstatistik:
Klaus Jürgen Hammer,
Telefon: (0611) 75 – 2380,
www.destatis.de/kontakt

3.8.2017

Statistisches Bundesamt Deutschland - GENESIS-Online: Ergebnis - 23631-0001



GENESIS-Online Datenbank

Ergebnis - 23631-0001

Tabelle

Krankheitskosten: Deutschland, Jahre, Krankheitsdiagnosen (ICD-10)					
Krankheitskostenrechnung					
Deutschland					
Krankheitskosten (Mill. EUR)					
Krankheitsdiagnosen (ICD-10)		2002	2004	2006	2008
ICD10-J00-J99	Krankheiten des Atmungssystems	11 402	11 621	12 051	13 189
ICD10-J00-J06	Akute Infektionen der oberen Atemwege	1 809	1 794	1 864	2 017
ICD10-J10-J11	Grippe	134	91	60	71
ICD10-J20-J22	Sonstige akute Infektionen der unteren Atemwege	935	842	840	871
ICD10-J40-J47	Chronische Krankheiten der unteren Atemwege	4 262	4 305	4 642	5 282
ICD10-J45-J46	Asthma	1 746	1 593	1 665	1 789
	Insgesamt	218 768	224 970	236 524	254 280

Übersetzung¹

0.810.1

Verfassung der Weltgesundheitsorganisation

Unterzeichnet in New York am 22. Juli 1946
Ratifikationsurkunde von der Schweiz hinterlegt am 29. März 1947
Von der Bundesversammlung genehmigt am 19. Dezember 1946²
Für die Schweiz in Kraft getreten am 7. April 1948
(Stand am 8. Mai 2014)

Die an dieser Verfassung beteiligten Staaten erklären in Übereinstimmung mit der Satzung der Vereinten Nationen³, dass die folgenden Grundsätze für das Glück aller Völker, für ihre harmonischen Beziehungen und ihre Sicherheit grundlegend sind:

Die Gesundheit ist ein Zustand des vollständigen körperlichen, geistigen und sozialen Wohlergehens und nicht nur das Fehlen von Krankheit oder Gebrechen.

Der Besitz des bestmöglichen Gesundheitszustandes bildet eines der Grundrechte jedes menschlichen Wesens, ohne Unterschied der Rasse, der Religion, der politischen Anschauung und der wirtschaftlichen oder sozialen Stellung.

Die Gesundheit aller Völker ist eine Grundbedingung für den Weltfrieden und die Sicherheit; sie hängt von der engsten Zusammenarbeit der Einzelnen und der Staaten ab.

Die von jedem einzelnen Staate in der Verbesserung und dem Schutz der Gesundheit erzielten Ergebnisse sind wertvoll für alle.

Ungleichheit zwischen den verschiedenen Ländern in der Verbesserung der Gesundheit und der Bekämpfung der Krankheiten, insbesondere der übertragbaren Krankheiten, bildet eine gemeinsame Gefahr für alle.

Die gesunde Entwicklung des Kindes ist von grundlegender Bedeutung; die Fähigkeit, harmonisch in einer in voller Umwandlung begriffenen Umgebung zu leben, ist für diese Entwicklung besonders wichtig.

Für die Erreichung des besten Gesundheitszustandes ist es von besonderer Bedeutung, dass die Erkenntnisse der medizinischen, psychologischen und verwandten Wissenschaften allen Völkern zugänglich sind.

Eine aufgeklärte öffentliche Meinung und eine tätige Mitarbeit der Bevölkerung sind für die Verbesserung der Gesundheit der Völker von höchster Wichtigkeit.

Die Regierungen tragen die Verantwortung für die Gesundheit ihrer Völker; sie können diese nur auf sich nehmen, wenn sie die geeigneten hygienischen und sozialen Vorkehrungen treffen.

AS 1948 1015; BBl 1946 III 703

¹ Der französische Originaltext findet sich unter der gleichen Nummer in der entsprechenden Ausgabe dieser Sammlung.

² Art. 1 erster Gegenstand des BB vom 19. Dez. 1946 (AS 1948 1013)

³ SR 0.120



The top 10 causes of death

24 May 2018

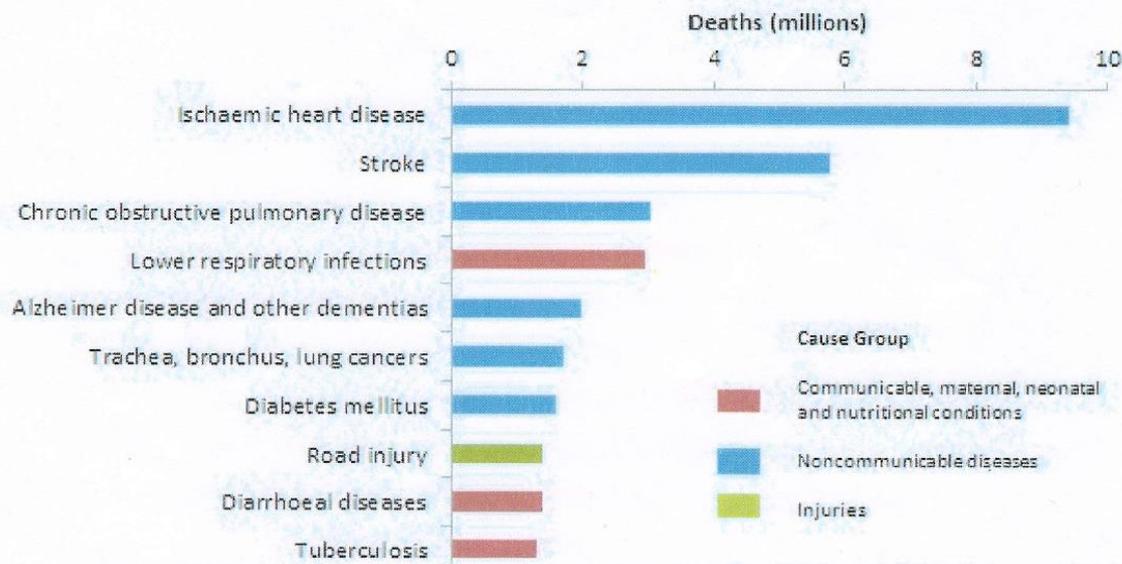
Of the 56.9 million deaths worldwide in 2016, more than half (54%) were due to the top 10 causes. Ischaemic heart disease and stroke are the world's biggest killers, accounting for a combined 15.2 million deaths in 2016. These diseases have remained the leading causes of death globally in the last 15 years.

Chronic obstructive pulmonary disease claimed 3.0 million lives in 2016, while lung cancer (along with trachea and bronchus cancers) caused 1.7 million deaths. Diabetes killed 1.6 million people in 2016, up from less than 1 million in 2000. Deaths due to dementias more than doubled between 2000 and 2016, making it the 5th leading cause of global deaths in 2016 compared to 14th in 2000.

Lower respiratory infections remained the most deadly communicable disease, causing 3.0 million deaths worldwide in 2016. The death rate from diarrhoeal diseases decreased by almost 1 million between 2000 and 2016, but still caused 1.4 million deaths in 2016. Similarly, the number of tuberculosis deaths decreased during the same period, but is still among the top 10 causes with a death toll of 1.3 million. HIV/AIDS is no longer among the world's top 10 causes of death, having killed 1.0 million people in 2016 compared with 1.5 million in 2000.

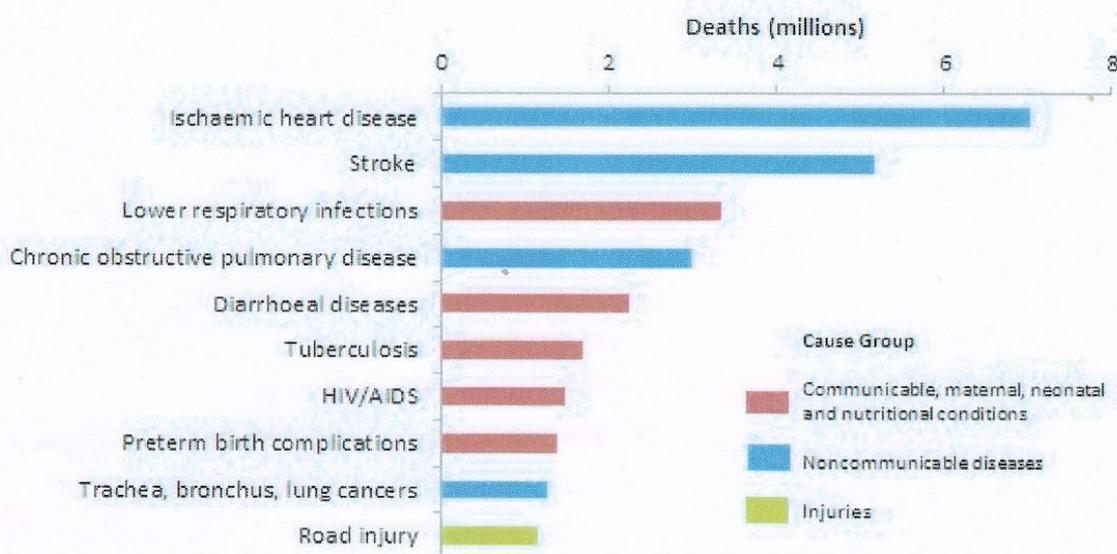
Road injuries killed 1.4 million people in 2016, about three-quarters (74%) of whom were men and boys.

Top 10 global causes of deaths, 2016



Source: Global Health Estimates 2016: Deaths by Cause, Age, Sex, by Country and by Region, 2000-2016, Geneva, World Health Organization, 2018.

Top 10 global causes of deaths, 2000



Source: Global Health Estimates 2016: Deaths by Cause, Age, Sex, by Country and by Region, 2000-2016, Geneva, World Health Organization, 2018.



Luisenhospital
AACHEN

EVANGELISCHER KRANKENHAUSVEREIN ZU AACHEN VON 1867

LUISENHOSPITAL

Akademisches Lehrkrankenhaus der
Medizinischen Fakultät der RWTH Aachen
Boxgraben 99 · D-52064 Aachen

Medizinische Klinik

CHEFARZT

Prof. Dr. med. H. Wasmuth

OBERARZT

Dr. med. J. Warzelhan

Studienleitung Projekt COPD

Frau Nicole Bott

Luisenhospital · Geriatriische Klinik – Physiotherapie

Boxgraben 99 · D-52064 Aachen

Tel.: +49 (0)241 414 – 6666

Fax: +49 (0)241 414 – 2741

Studienleitung-COPD@luisenhospital.de

www.luisenhospital.de

Aachen, 30. August 2021

Sehr geehrte Patientin,
sehr geehrter Patient,

wir suchen Teilnehmer, die daran Interesse haben, an unserer Studie mitzuwirken. Diese Studie wird am Luisenhospital Aachen durchgeführt und dauert 12 Wochen. Voraussetzung ist eine chronisch obstruktive Lungenerkrankung (COPD), Stadium I-IV (nach GOLD).

Ziel dieser Studie ist die Untersuchung der Effekte eines Gleichgewichtstrainings bzw. eines Krafttrainings auf die Leistungsfähigkeit, empfundene Atemnot und Lebensqualität.

Alle Interessenten werden von der Studienleitung kontaktiert und zu einem Gesprächstermin eingeladen, um die Abläufe der Studie (Untersuchungen bzw. Tests) zu besprechen und Fragen zu klären. Bevor die Studie dann beginnt, sind verschiedene medizinische Untersuchungen wie Lungenfunktion und Spiroergometrie, sowie verschiedene motorische Tests und Fragebögen erforderlich. Einige dieser Eingangsuntersuchungen werden am Ende der Studie wiederholt, um aus den Resultaten eine Aussage über die Veränderungen machen zu können.

Nach Abschluss der Eingangsuntersuchungen erfolgt die Auswahl in eine von drei Gruppen.

1. Gruppe: Klassische Lungensportgruppe

Sie erhält ein Programm, das sich an den Richtlinien des Rehabilitationssports orientiert, d.h. Atemübungen, Dehnübungen, Kräftigungsübungen mit und ohne Kleingeräte wie Hanteln, Stab, Theraband etc.

2. Gruppe: Krafttrainingsgruppe

Es handelt sich um ein Krafttraining für die Beinmuskulatur, welches mit dem eigenen Körpergewicht bzw. mit Hilfe von Kleingeräten durchgeführt wird. Die Einheiten sind strukturiert und bauen aufeinander auf. Die Belastung jeder Übung wird anhand der BORG Skala ermittelt, auch Kurzatmigkeit und Sauerstoffsättigung werden im Protokoll notiert.

3. Gruppe: Gleichgewichtsgruppe

Die Gleichgewichtsfähigkeit wird in allen Dimensionen (statisch – dynamisch – reaktiv) angesprochen. Die Auswahl der Übungen richtet sich nach dem Gleichgewichtszustand der Teilnehmer. Die Einheiten sind aufeinander abgestimmt und verfolgen das Ziel, die Unterstützungsfläche zunehmend abzubauen, z.B. vom Zweibeinstand in den Einbeinstand. Dazu werden auch Kleingeräte wie Pezziball und Airex-Matten eingesetzt.

Die Trainingseinheiten werden unter Aufsicht einer Dipl. Sportwissenschaftlerin mit Zusatzqualifikation Rehabilitationssport Innere Medizin durchgeführt. Alle Gruppen treffen sich 2x die Woche für 60 Minuten in den Räumen des Treffpunkts Luise im Luisenhospital Aachen. Am Anfang steht die Schulung mit dem Umgang von Peakflowmeter, BORG Skala und Pulsoximeter. Außerdem wird ein Heimprogramm in Eigenregie durchgeführt. Hierfür erhält jeder Teilnehmer einen Trainingsplan sowie ein Tagebuch, in welches alle relevanten Parameter eingetragen werden.

Gegen eine geringe Kautions bekommen Sie die erforderlichen Materialien für das Heimprogramm zur Verfügung gestellt. Die Kosten für die medizinischen Untersuchungen, Tests und Trainingseinheiten werden von der gesetzlichen Krankenkasse übernommen.

Die Übungen richten sich nach dem Leistungsniveau der Teilnehmer und berücksichtigen individuelle Besonderheiten. Alle durchgeführten Trainingseinheiten sind in der Praxis erprobt und folgen wissenschaftlichen Standards, daher ist durch die Teilnahme an der Studie für Sie keine Beeinträchtigung Ihrer Gesundheit zu erwarten. Vielmehr werden Sie durch das intensive Training engmaschig betreut. Da diese Studie innerhalb des Rehabilitationssports durchgeführt wird, sind Sie über den Verein „Rehasport Deutschland“ versichert.

Die Teilnahme an der Studie ist freiwillig. Es steht Ihnen jederzeit frei, ohne irgendwelche Nachteile für Sie von der Studie zurückzutreten. Alle Ihre Daten werden vertraulich behandelt und unterliegen dem Datenschutzgesetz, d.h. Ihr Name wird unter einem Pseudonym gespeichert bzw. wird er einer Patientennummer zugeordnet.

Sollten Sie noch weitere Fragen haben, wenden Sie sich bitte an die Studienleitung.

Das Studienteam

Prof. Dr. med. H. Wasmuth
Chefarzt Medizinische Klinik

Nicole Bott
Dipl. Sportwissenschaft
Studienleitung

PATIENTEN – EINVERSTÄNDNIS – ERKLÄRUNG

zur freiwilligen Teilnahme an der Studie:

**Effektivität eines Gleichgewichtstrainings und eines Krafttrainings auf die
Leistungsfähigkeit bei COPD-Patienten im Rahmen
des ambulanten Lungensports**

Name des Patienten (in Druckbuchstaben): _____

Geb.-Datum: ___ / ___ / _____

Patienten Nr.: _____

TAG MONAT JAHR

Ich wurde ausreichend mündlich und schriftlich über die Studie informiert.

Dabei ist ausführlich und verständlich über Wesen, Bedeutung und Tragweite der Studie, die bestehende Versicherung sowie die sich für mich daraus ergebenden Anforderungen und über mögliche Belastungen und Risiken aufgeklärt worden.

- Ich habe darüber hinaus den Text der Studieninformation und der nachfolgend abgedruckten Datenschutzerklärung gelesen und verstanden.
- Ich hatte ausreichend Zeit, mich zu entscheiden.
- Ich erkläre mich damit einverstanden, dass Blut, welches mir entnommen wird für die o.g. Studie genutzt werden kann.
- Ich bin damit einverstanden, dass die im Rahmen der Studie über mich erhobenen Krankheitsdaten sowie meine mit dieser Untersuchung zusammenhängenden personenbezogenen Daten aufgezeichnet werden. Es wird gewährleistet, dass meine personenbezogenen Daten nicht an Dritte weitergegeben werden. Bei der Veröffentlichung wird aus den Daten nicht hervorgehen, wer an der Untersuchung teilgenommen hat. Meine persönlichen Daten unterliegen dem Datenschutzgesetz.
- Ich werde den Anordnungen, die für die Durchführung der Studie erforderlich sind, Folge leisten. Ich habe das Recht, jederzeit und ohne Angabe von Gründen meine Einwilligung zur Teilnahme an der Studie zurückzuziehen, ohne dass mir daraus Nachteile entstehen. In diesem Falle werden meine bisher erhobenen Daten nicht für Studienzwecke verwendet.

Datenschutz: Ich bin damit einverstanden, dass meine im Rahmen dieser Studie erhobenen Daten, insbesondere Krankheitsdaten, einschließlich der Daten über Geschlecht, Alter, Gewicht und Körpergröße mit einer Patientenummer versehen anonymisiert entsprechend der Vorgaben des Bundesdatenschutzgesetzes

- aufgezeichnet, in Computern gespeichert und verarbeitet werden,
- zur Überprüfung an die Ethikkommission übermittelt wird.
- Ferner erkläre ich mein Einverständnis, dass zur Verschwiegenheit verpflichtete Beauftragte in meine personenbezogenen Daten, d.h. die mit meinen Personalien versehene Krankenakte, Einsicht nehmen. Dies dient einer vollständigen und korrekten Übertragung der für die wissenschaftliche Bewertung wichtigen Daten und zur Überprüfung der ordnungsgemäßen Durchführung der Studie. Beim Umgang mit personenbezogenen Daten werden die datenschutzrechtlichen Vorgaben beachtet. Der hierzu autorisierte Beauftragte ist ebenfalls zur Verschwiegenheit verpflichtet.

Aachen, den _____

Patient: _____

Studienleitung: _____

Der Patient erhält ein komplettes Exemplar der Studieninformation, das Original dieser Einwilligungserklärung verbleibt bei den Studienunterlagen, eine Kopie wird dem Patienten ausgehändigt.

Name: _____ Teilnehmernummer: _____

BODE Index

Geschlecht: (m) (w)

Geburtsdatum: _____ Größe (m): _____

Gewicht (kg): _____ 6-Minuten-Gehtest (m): _____

Atemnot (*): _____ Gemessenes FEV₁ (l): _____

ERGEBNIS: _____

* Bitte folgende Werte bei "Atemnot" eingeben:

0 : Atemnot nur bei außergewöhnlicher Belastung

1 : Atemnot beim Treppensteigen, beim schnellen Gehen oder Bergaufgehen mit leichter Steigung

2 : Atemnot beim Gehen in der Ebene, benötigt bei selbstgewählter Geschwindigkeit Pausen

3 : Muss wegen Atemnot nach 100 m anhalten

4 : Atemnot bei An- und Ausziehen, zu kurzatmig, um das Haus zu verlassen

Anamnese: z.B. Begleiterkrankungen, Diabetes, Bluthochdruck;

Anzahl Exazerbationen im vergangenen Jahr (>2<)? Klinikaufenthalt deswegen oder nur Ambulanzkontakte? Antibiotika- oder steroidpflichtige Verschlechterungen?:

Raucher

Ex-Raucher, PY: _____

Nichtraucher

1. Five-times sit-to-stand Test (Demo)

Materialien:

Protokoll, Stift, Standardstuhl, Stoppuhr, Pulsoximeter

Instruktionen:

Teilnehmer sitzt auf einem Stuhl und hat die Arme vor der Brust verschränkt. Der Rücken ist angelehnt! Der Stuhl besitzt Armlehnen, hat eine Sitzhöhe von 45 cm und eine Sitztiefe von 46 cm und steht frei. Die Füße stehen nach Möglichkeit flach und schulterbreit auf dem Boden.

Der Teilnehmer muss zwischen den Wiederholungen gerade stehen und sollte die Rückenlehne nicht berühren. Die Zeit beginnt bei „Los“ zu zählen und endet sobald das Gesäß die Sitzfläche nach der 5ten Wiederholung berührt.

Anweisung an den Teilnehmer:

Bitte kreuzen Sie die Arme vor der Brust. Diese Position wird während der ganzen Zeitdauer des Tests gehalten. Bitte stehen Sie 5x so schnell wie möglich auf und setzen sich wieder, ohne die Rückenlehne zu berühren. Die Beine sollen beim Aufstehen vollständig gestreckt werden. Der Test startet sobald ich „Los“ sage.

O2: _____ |

	Eingangstest	Zwischentest	Abschlusstest
Datum/Uhrzeit	/	/	/
Tester: NB			
Raum Nr.	Flur Physio		
Zeit			
HF			
%SpO2 (Beginn/Ende)	/	/	/

3. Six Minute Walk Test

Materialien:

Protokoll, Stift, Stoppuhr zum Messen der Pausen, Stoppuhr (grau) mit 6 Minuten Anzeige, 2 Verkehrskegel als Wendepunkt, alle 3 Meter Zwischenmarkierung (3/27m), Länge der Gehstrecke von 30 Metern, Stuhl zum Ausruhen, Pulsoximeter, CR 10 Dyspnoe und Fatigue, Abstreichliste für gegangene Meter, Bohnensäckchen zum Hinlegen

Instruktionen:

Ebene von mind. 30 m Länge, Markierungen alle 3 m vorhanden, Wendepunkte sind mittels farbigen Verkehrskegels gekennzeichnet. Die Verwendung einer Gehhilfe ist erlaubt. Angemessenes Schuhwerk ist zu tragen. Ein Stuhl falls nötig sollte in der Nähe stehen. Der Teilnehmer soll innerhalb von sechs Minuten soweit wie möglich gehen. Korrekte Ansprache ist wichtig, Anfeuern durch andere Sätze ist nicht erlaubt. An Startlinie SpO2, Borg CR 10 abfragen.

Anweisung an die Teilnehmer:

Gehen Sie in den folgenden 6 Minuten so viele Meter wie Sie können. Gehen Sie diesen Gang hoch und runter. Sechs Minuten ist eine lange Zeit, die Sie anstrengen werden. Sie dürfen langsamer gehen oder Pausen machen falls nötig. Sie können sich in der Pause an die Wand lehnen oder hinsetzen. Sobald Sie wieder können, gehen Sie weiter. Gehen Sie um die Hütchen ohne langsamer zu werden. Ich zähle Ihre Runden. Zur Erinnerung, das Ziel ist innerhalb von 6 Minuten soweit wie möglich zu gehen, ohne zu joggen oder rennen. Starten Sie, sobald ich „Los“ sage.

„Sie machen es gut, es dauert noch 5 Minuten.“ „Prima. Jetzt sind es noch 4 Minuten.“ „Machen Sie es weiter so gut, Sie haben es zur Hälfte geschafft.“ „Sie machen es gut, es dauert noch 2 Minuten.“ „Prima. Nur noch 1 Minute.“ „Und Stopp!“

Gehhilfe: O2: _____ l

	Eingangstest	Zwischentest	Abschlusstest
Datum/Uhrzeit	/	/	/
Tester: NB			
Raum Nr.	Flur Physio	Flur Physio	Flur Physio
Streckenlänge			
HF			
%SpO2	Beginn	Beginn	Beginn
	Ende	Ende	Ende
Pausen	Zeit	Zeit	Zeit
	Dauer	Dauer	Dauer

Dyspnoe (CR 10)	/	/	/
Beiner müdung (CR 10)	/	/	/

Abbruchkriterium:

Beiner müdung Atemnot ↓%SpO₂

Abstreichliste:

306090120150180210240270300

330360390420450480510540570600

630660690720750780810840870900

36912151821242730

4. Isokinetik Test

Materialien:

Protokoll, Stift, Isokinetik, Pulsoximeter

Instruktionen:

Korrekte Einstellungen an der Maschine vornehmen. Standardisierte Bedingungen für den Teilnehmer schaffen, indem die Einstellungen der Eingangsmessung auch bei der Ausgangsmessung angewandt werden. Eine Flexion im Kniegelenk von 90° muss gewährleistet sein, Änderungen sind zu vermerken. Isometrische Anspannung über 5 Sekunden bei 90° Flex im Knie, pro rechte/linke Beinseite drei Wiederholungen, jeweils bester Wert zählt. Pause 30 Sekunden zwischen den Sätzen, 2 Minuten Pause nach Beinwechsel

Anweisung an die Teilnehmer:

Halten Sie die Arme vor dem Oberkörper gekreuzt. Beim Startzeichen versuchen Sie mit aller Kraft die Unterschenkeldvorderseite gegen das Polster zu drücken. Halten Sie diese Spannung mind. 6 Sekunden lang, höre Sie auf sobald ich Ihnen Bescheid sage. Sie haben drei Versuche. Danach erfolgt dasselbe Prozedere auf der anderen Beinseite.

O2: _____ |

	Eingangstest		Abschlusstest	
Datum/Uhrzeit	/		/	
Tester: NB				
Einstellungen	Rechts	Links	Rechts	Links
Sitz				
• vor/rück				
• Höhe				
• Rotation	90	90	90	90
Dynamometer				
• Höhe	0	0	0	0
• Neigung	0	0	0	0
• Rotation	90	90	90	90
Adapterlänge				
Rückenlehne				
• vor/rück				
• Neigung	85	85	85	85
Gurtanlage	Fixation Oberschenkel Brustgurt gekreuzt		Fixation Oberschenkel Brustgurt gekreuzt	
Sonstiges	Freies Bein nicht fixiert		Freies Bein nicht fixiert	
Fußschiene				
Anatomische	90°	90°	90°	90°

Referenz				
Position (Grad)	90 °	90°	90°	90°
Schwerkraft (Nm)				
Werte Nm				

5. CAT-Test

6. BBS

Datum: Uhrzeit:
 Tester:NB Raum:

Materialien:

Protokoll, Stift, Stuhl mit Armlehne (Sitzhöhe 45 cm und Armlehne in 65 cm Höhe), Hocker, Lineal (mind. 25cm), Fußbank, Stoppuhr, Tape, Sandsäckchen

Punkte Test 1: *Punkte Test 2:*

- 56-41 = geringes Sturzrisiko
- 40-21 = Mäßiges Sturzrisiko
- 20-0 = hohes Sturzrisiko

7. FAB

Datum: Uhrzeit:
 Tester:NB Raum:

Materialien:

Protokoll, Stift, Lineal, Stoppuhr, Fußbank (15 cm hoch, 36-46 cm breit), Tape, Anti-Rutsch-Unterlage, 2 Airex-Matten, Metronom

Punkte Test 1: *Punkte Test 2:*

Berg-Balance-Skala
(Katherine Berg et al. 1989)

Deutsche Version: Scherfer E¹, Bohls C², Freiburger E³, Heise KF⁴, Hogan D⁵

Name:

Datum:

Einrichtung/Ort der Durchführung:

Tester:

Item-Nr.	Kurztitel des Items	Bewertung 0 - 4
1.	Vom Sitzen zum Stehen	
2.	Stehen ohne Unterstützung	
3.	Sitzen ohne Unterstützung	
4.	Vom Stehen zum Sitzen	
5.	Transfers	
6.	Stehen mit geschlossenen Augen	
7.	Stehen mit Füßen dicht nebeneinander (enger Fußstand)	
8.	Mit ausgestrecktem Arm nach vorne rei- chen/langen	
9.	Gegenstand vom Boden aufheben	
10.	Sich umdrehen, um nach hinten zu schauen	
11.	Sich um 360° drehen	
12.	Abwechselnd die Füße auf eine Fußbank stellen	
13.	Stehen mit einem Fuß vor dem anderen (Tandemstand)	
14.	Auf einem Bein stehen (Einbeinstand)	
	Summe der Punkte:	

Fullerton Advanced Balance Skala – Deutsche Fassung (FAB-D)

Item	Instruktion/Material	Bewertungskategorien
1	<p>Stehen mit geschlossenen Augen und geschlossenen Füßen „Stellen Sie sich mit geschlossenen Füßen hin. Kreuzen Sie die Arme vor dem Oberkörper. Sobald Sie bereit sind, schließen Sie Ihre Augen. Versuchen Sie so ruhig wie möglich stehen zu bleiben, bis ich Ihnen sage, dass Sie Ihre Augen wieder öffnen können.“ <i>Material:</i> Stoppuhr</p>	<p>0 Nicht in der Lage, einen korrekten Stand unabhängig einzunehmen</p> <p>1 In der Lage, einen korrekten Stand unabhängig einzunehmen, aber nicht in der Lage die Position aufrecht zu halten bzw. die Augen für mehr als 10 s geschlossen zu halten</p> <p>2 In der Lage, einen korrekten Stand mit geschlossenen Augen mehr als 10 s aufrecht zu halten, aber weniger als 30 s</p> <p>3 In der Lage, einen korrekten Stand mit geschlossenen Augen für 30 s aufrecht zu halten, aber benötigt ständig Supervision</p> <p>4 In der Lage, einen korrekten Stand mit geschlossenen Augen für 30 s sicher aufrecht zu halten</p>
2	<p>Mit ausgestreckten Armen nach vorne reichen, um einen in Schulterhöhe befindlichen Gegenstand (Stift) zu ergreifen „Versuchen Sie sich nach vorne zu lehnen, um den Stift aus meiner Hand zu nehmen und kehren Sie in die Ausgangsposition zurück, ohne die Füße von Ihrer aktuellen Position weg zu bewegen.“ <i>Material:</i> Stift, Lineal</p>	<p>0 Nicht in der Lage, den Stift zu erreichen, ohne mehr als 2 Schritte zu machen</p> <p>1 In der Lage, den Stift zu erreichen, aber muss 2 Schritte machen</p> <p>2 In der Lage, den Stift zu erreichen, aber muss einen Schritt machen</p> <p>3 In der Lage, den Stift zu erreichen, ohne Schritte zu machen, aber benötigt ständig Supervision</p> <p>4 In der Lage, den Stift sicher und unabhängig zu erreichen, ohne die Füße zu bewegen</p>
3	<p>Drehung um 360° nach links bzw. rechts „Drehen Sie sich einmal vollständig um sich selbst, machen Sie eine kurze Pause und drehen Sie sich dann in die andere Richtung vollständig um sich selbst.“ <i>Material:</i> keines</p>	<p>0 Benötigt manuelle Hilfe bei der Drehung</p> <p>1 Benötigt ständig Supervision oder verbale Hilfen bei der Drehung</p> <p>2 In der Lage, eine vollständige Drehung um 360° in beide Richtungen durchzuführen, benötigt aber mehr als 4 Schritte</p> <p>3 In der Lage, eine vollständige Drehung um 360° mit 4 Schritten oder weniger durchzuführen, jedoch nur in eine Richtung</p> <p>4 In der Lage, eine vollständige Drehung um 360° mit 4 Schritten oder weniger sicher in beide Richtungen durchzuführen</p>
4	<p>Auf- und Übersteigen einer Bank „Steigen Sie mit Ihrem rechten Bein auf die Bank. Schwingen Sie Ihr linkes Bein direkt über die Bank, und steigen Sie auf der anderen Seite hinunter. Wiederholen Sie die gleiche Aufgabe in die andere Richtung. Beginnen Sie nun mit Ihrem linken Bein.“ <i>Material:</i> Bank (15 cm hoch, 36–46 cm breit)</p>	<p>0 Nicht in der Lage, auf die Bank zu steigen, ohne das Gleichgewicht zu verlieren bzw. ohne manuelle Hilfe</p> <p>1 In der Lage, mit dem ersten Bein auf die Bank zu steigen, aber das Schwungbein kommt in Kontakt mit der Bank bzw. das Schwungbein wird um die Bank herumgeführt (bei beiden Richtungen)</p> <p>2 In der Lage, mit dem ersten Bein auf die Bank zu steigen, aber das Schwungbein kommt in Kontakt mit der Bank bzw. das Schwungbein wird um die Bank herumgeführt (nur in einer Richtung)</p> <p>3 In der Lage, den Schritt auf die Bank zu setzen und das Schwungbein über die Bank zu führen; in beide Richtungen; aber benötigt ständige Supervision</p> <p>4 In der Lage, den Schritt auf die Bank zu setzen, das Schwungbein sicher über die Bank zu führen; in beide Richtungen</p>
5	<p>Tandem-Gang „Gehen Sie auf dieser Linie vorwärts, indem Sie einen Fuß vor den anderen setzen, sodass Ferse und Zehen bei jedem Schritt Kontakt zueinander haben. Ich werde Ihnen sagen, wann Sie aufhören können.“ <i>Material:</i> Klebeband</p>	<p>0 Nicht in der Lage, selbstständig 10 Schritte zu machen</p> <p>1 In der Lage, 10 Schritte zu machen, jedoch mit mehr als 5 Fehlern</p> <p>2 In der Lage, 10 Schritte zu machen, jedoch mit 3 bis 5 Fehlern</p> <p>3 In der Lage, 10 Schritte zu machen, jedoch mit bis zu 2 Fehlern</p> <p>4 In der Lage, 10 Schritte selbstständig und ohne Fehler zu machen</p>
6	<p>Einbeinstand „Kreuzen Sie Ihre Arme vor Ihrem Oberkörper, heben Sie Ihr bevorzugtes Bein vom Boden an (ohne das andere Bein zu berühren), und stehen Sie mit offenen Augen solange Sie können.“ <i>Material:</i> Stoppuhr</p>	<p>0 Nicht in der Lage, selbstständig auf einem Bein zu stehen bzw. benötigt Hilfe, um nicht zu stürzen</p> <p>1 In der Lage, ein Bein selbstständig anzuheben, jedoch nicht in der Lage, diese Position mehr als 5 s zu halten</p> <p>2 In der Lage, ein Bein selbstständig anzuheben und diese Position zwischen 5 und 12 s zu halten</p> <p>3 In der Lage, ein Bein selbstständig anzuheben und diese Position zwischen 13 und 19 s zu halten</p> <p>4 In der Lage, ein Bein selbstständig anzuheben und diese Position für 20 s zu halten</p>

© für die deutsche Fassung: Prof. Dr. Nadja Schott (ispschott@inspo.uni-stuttgart.de)

Referenz: Schott, N. (2011). Erfassung der Gleichgewichtsfähigkeit bei selbständig lebenden Erwachsenen: Reliabilität und Validität der deutschsprachigen Version der Fullerton Advanced Balance Scale (FAB-D). *Zeitschrift für Gerontologie und Geriatrie*, 44(5), 1-12.

DOI: 10.1007/s00391-011-0236-8

Originalversion: Rose, D.J., Lucchese, N. & Wiersma, L.D. (2006). Development of a multidimensional balance scale for use with functionally independent older adults. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 87, 1478-1485.

Item	Instruktion/Material	Bewertungskategorien
7	<p>Stehen auf Schaumstoff mit geschlossenen Augen „Steigen Sie auf die Schaumstoffmatten. Die Füße sind etwa schulterbreit auseinander. Kreuzen Sie Ihre Arme vor Ihrem Oberkörper. Sobald Sie bereit sind, schließen Sie Ihre Augen. Versuchen Sie so ruhig wie möglich stehen zu bleiben, bis ich Ihnen sage, dass Sie Ihre Augen wieder öffnen können.“ <i>Material:</i> Stoppuhr; 2 Airex-Matten oder Thera-Band Stabilitätstrainer; wird auf einem rutschigen Untergrund getestet, dann sollte ein Teppich o. Ä. als Unterlage verwendet werden</p>	<p>0 Nicht in der Lage, sich auf die Schaumstoffmatten zu stellen bzw. diese Position selbstständig mit offenen Augen zu halten</p> <p>1 In der Lage, sich selbstständig auf die Schaumstoffmatten zu stellen und diese Position zu halten, jedoch unwillig oder nicht in der Lage, die Augen zu schließen</p> <p>2 In der Lage, sich selbstständig auf die Schaumstoffmatten zu stellen und diese Position mit geschlossenen Augen höchstens 10 s oder weniger zu halten</p> <p>3 In der Lage, sich selbstständig auf die Schaumstoffmatten zu stellen und diese Position mit geschlossenen Augen 11–19 s zu halten</p> <p>4 In der Lage, sich selbstständig auf die Schaumstoffmatten zu stellen und diese Position mit geschlossenen Augen 20 s zu halten</p>
8	<p>Zweibeiniger Weltsprung aus dem Stand „Versuchen Sie mit beiden Füßen so weit, aber auch so sicher wie möglich zu springen.“ <i>Material:</i> Klebeband, Lineal</p>	<p>0 Nicht in der Lage oder unwillig, einen zweibeinigen Absprung zu initiieren; versucht der Proband dies, bleiben ein oder beide Beine auf dem Boden</p> <p>1 In der Lage, einen zweibeinigen Absprung zu initiieren, jedoch erfolgt entweder der Absprung oder die Landung mit nur einem Bein</p> <p>2 In der Lage, einen zweibeinigen Absprung durchzuführen, jedoch nicht in der Lage, weiter als eine Fußlänge zu springen</p> <p>3 In der Lage, einen zweibeinigen Absprung durchzuführen und mehr als eine Fußlänge weit zu springen</p> <p>4 In der Lage, einen zweibeinigen Absprung durchzuführen und weiter als die eigene doppelte Fußlänge zu springen</p>
9	<p>Gehen mit gleichzeitiger Kopfdrehung „Gehen Sie vorwärts. Drehen Sie dabei Ihren Kopf bei jedem Schlag des Metronoms um ca. 30° von rechts nach links und zurück. Ich werde Ihnen sagen, wenn Sie aufhören können.“ <i>Material:</i> Metronom (100 Schläge/min)</p>	<p>0 Nicht in der Lage, 10 Schritte selbstständig zu gehen, während der Kopf im Takt des Metronoms um 30° gedreht wird</p> <p>1 In der Lage, 10 Schritte selbstständig zu gehen, jedoch nicht in der Lage, den Kopf im Takt des Metronoms um 30° zu drehen</p> <p>2 In der Lage, 10 Schritte selbstständig zu gehen, jedoch wird die gerade Linie verlassen, während der Kopf im Takt des Metronoms um 30° gedreht wird</p> <p>3 In der Lage, 10 Schritte in einer geraden Linie selbstständig zu gehen, während der Kopf im Takt des Metronoms gedreht wird, jedoch um weniger als 30° in eine oder beide Richtungen</p> <p>4 In der Lage, 10 Schritte in einer geraden Linie selbstständig zu gehen, während der Kopf im Takt des Metronoms um 30° gedreht wird</p>
10	<p>Reaktive posturale Kontrolle „Lehnen Sie sich langsam nach hinten gegen meine Hand bis ich Stopp sage“ <i>Material:</i> keines</p>	<p>0 Nicht in der Lage, das Gleichgewicht zu halten; kein sichtbarer Versuch einen Schritt zu machen; benötigt Hilfe, um wieder ins Gleichgewicht zu gelangen</p> <p>1 Nicht in der Lage, das Gleichgewicht zu halten; macht 2 oder mehr Schritte und benötigt Hilfe, um wieder ins Gleichgewicht zu gelangen</p> <p>2 Nicht in der Lage, das Gleichgewicht zu halten; macht 2 oder mehr Schritte, ist jedoch in der Lage, selbstständig wieder ins Gleichgewicht zu gelangen</p> <p>3 Nicht in der Lage, das Gleichgewicht zu halten; macht ein oder 2 Schritte, ist jedoch in der Lage, selbstständig wieder ins Gleichgewicht zu gelangen</p> <p>4 Nicht in der Lage, das Gleichgewicht zu halten; ist jedoch in der Lage, selbstständig wieder mit nur einem Schritt ins Gleichgewicht zu gelangen</p>

Ihr Name:

Heutiges Datum:



Wie geht es Ihnen mit Ihrer COPD? Füllen Sie den COPD Assessment Test (CAT) aus!

Dieser Fragebogen wird Ihnen und Ihrem Arzt helfen, die Auswirkungen der COPD (chronisch obstruktive Lungenerkrankung) auf Ihr Wohlbefinden und Ihr tägliches Leben festzustellen. Ihre Antworten und das Test-Ergebnis können von Ihnen und Ihrem Arzt dazu verwendet werden, die Behandlung Ihrer COPD zu verbessern, damit Sie bestmöglich davon profitieren.

Beispiel: Ich bin sehr glücklich 0 1 2 3 4 5 Ich bin sehr traurig

Ich huste nie

 0 1 2 3 4 5

Ich huste ständig

Ich bin überhaupt nicht verschleimt

 0 1 2 3 4 5

Ich bin völlig verschleimt

Ich spüre keinerlei Engegefühl in der Brust

 0 1 2 3 4 5

Ich spüre ein sehr starkes Engegefühl in der Brust

Wenn ich bergauf oder eine Treppe hinaufgehe, komme ich nicht außer Atem

 0 1 2 3 4 5

Wenn ich bergauf oder eine Treppe hinaufgehe, komme ich sehr außer Atem

Ich bin bei meinen häuslichen Aktivitäten nicht eingeschränkt

 0 1 2 3 4 5

Ich bin bei meinen häuslichen Aktivitäten sehr stark eingeschränkt

Ich habe keine Bedenken, trotz meiner Lungenerkrankung das Haus zu verlassen

 0 1 2 3 4 5

Ich habe wegen meiner Lungenerkrankung große Bedenken, das Haus zu verlassen

Ich schlafe tief und fest

 0 1 2 3 4 5

Wegen meiner Lungenerkrankung schlafe ich nicht tief und fest

Ich bin voller Energie

 0 1 2 3 4 5

Ich habe überhaupt keine Energie

PUNKTE

Der COPD Assessment Test und das CAT-Logo sind Warenzeichen der GlaxoSmithKline-Unternehmensgruppe.
 ©2009 GlaxoSmithKline. Alle Rechte vorbehalten.

Klicken Sie, um die Gesamtpunktzahl zu erhalten

Fragebogen über Atemwegsbeschwerden

St. George's Respiratory Questionnaire (SGRQ)

Mit diesem Fragebogen möchten wir mehr darüber erfahren, welche Beschwerden Ihnen Ihre Atmung bereitet und wie diese sich auf Ihr Leben auswirken. Wir möchten dadurch herausfinden, was Ihnen an Ihrer Erkrankung aus Ihrer Sicht die meisten Probleme bereitet, und nicht, was die Ärzte und das Pflegepersonal dazu meinen.

Lesen Sie bitte die Anleitung sorgfältig durch und fragen Sie nach, wenn Sie etwas nicht verstehen. Denken Sie nicht zu lange über Ihre Antworten nach.

Bevor Sie den restlichen Fragebogen ausfüllen:

Bitte kreuzen Sie die Beschreibung an, die nach Ihrer Beurteilung an Ihrem jetzigen Gesundheitszustand entspricht:

sehr gut	gut	mäßig	schlecht	sehr schlecht
<input type="checkbox"/> (1)	<input type="checkbox"/> (2)	<input type="checkbox"/> (3)	<input type="checkbox"/> (4)	<input type="checkbox"/> (5)

TEIL 1

Diese Fragen beziehen sich auf die Häufigkeit Ihrer Atemwegsbeschwerden in den vergangenen 3 Monaten.

Bitte kreuzen Sie für jede Frage 1 Kästchen an:

	an den meisten Tagen der Woche	an mehreren Tagen der Woche	an ein paar Tagen im Monat	nur bei Infektionen der Atemwege	gar nicht
1. Während der letzten 3 Monate habe ich gehustet:	<input type="checkbox"/> (4)	<input type="checkbox"/> (3)	<input type="checkbox"/> (2)	<input type="checkbox"/> (1)	<input type="checkbox"/> (0)
2. Während der letzten 3 Monate habe ich Schleim (Auswurf) ausgehustet:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. Während der letzten 3 Monate war ich kurzatmig:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. Während der letzten 3 Monate hatte ich Anfälle von Keuchen oder Pfeifen beim Atemholen (Atemgeräusch):	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. Wie viele schwere oder sehr unangenehme Anfälle von Atemwegsbeschwerden hatten Sie in den vergangenen 3 Monaten:	mehr als 3 Anfälle <input type="checkbox"/> (4)	3 Anfälle <input type="checkbox"/> (3)	2 Anfälle <input type="checkbox"/> (2)	1 Anfall <input type="checkbox"/> (1)	keine Anfälle <input type="checkbox"/> (0)
6. Wie lange dauerte der schlimmste Anfall von Atemwegsbeschwerden? (Wenn Sie keine schweren Anfälle hatten, gehen Sie bitte weiter zu Frage 7.)	1 Woche oder länger <input type="checkbox"/> (3)	3 Tage oder länger <input type="checkbox"/> (2)	1 oder 2 Tage <input type="checkbox"/> (1)	weniger als 1 Tag <input type="checkbox"/> (0)	
7. Wie viele gute Tage (d.h. Tage mit wenig Atembeschwerden) hatten Sie in einer durchschnittlichen Woche in den vergangenen 3 Monaten?	kein Tag war gut <input type="checkbox"/> (4)	1 oder 2 gute Tage <input type="checkbox"/> (3)	3 oder 4 gute Tage <input type="checkbox"/> (2)	fast jeder Tag war gut <input type="checkbox"/> (1)	jeder Tag war gut <input type="checkbox"/> (0)
8. Wenn Sie pfeifend atmen oder keuchen, ist es morgens schlimmer?	nein <input type="checkbox"/> (0)	ja <input type="checkbox"/> (1)			

TEIL 2

Abschnitt 1

Wie würden Sie Ihr Atemleiden beschreiben?
Bitte nur 1 Kästchen ankreuzen:

das wichtigste Problem, das ich habe	bereitet mir ziemlich viele Probleme	bereitet mir ein paar Probleme	bereitet mir keine Probleme
<input type="checkbox"/> (3)	<input type="checkbox"/> (2)	<input type="checkbox"/> (1)	<input type="checkbox"/> (0)

Wenn Sie berufstätig sind oder waren, kreuzen Sie bitte eines der Kästchen an:

Ich habe wegen meiner Atemwegsbeschwerden ganz aufgehört zu arbeiten.	Meine Atemwegsbeschwerden beeinträchtigen mich bei der Arbeit oder haben mich veranlasst, meinen Beruf/meine Stelle zu wechseln.	Meine Atemwegsbeschwerden wirken sich nicht auf meine Arbeit aus.
<input type="checkbox"/> (2)	<input type="checkbox"/> (1)	<input type="checkbox"/> (0)

Abschnitt 2

Diese Fragen beziehen sich darauf, bei welchen Tätigkeiten Sie derzeit für gewöhnlich in Atemnot geraten.
Bitte geben Sie in jeder Zeile an, was auf Sie zutrifft, indem Sie „richtig“ oder „falsch“ ankreuzen:

	richtig	falsch
still sitzen oder ruhig liegen	<input type="checkbox"/> (1)	<input type="checkbox"/> (0)
sich waschen oder anziehen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
im Haus herumgehen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
draußen auf ebenen Wegen gehen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
einen Treppenabsatz hinaufgehen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
bergauf gehen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sport treiben	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Abschnitt 3

Nun folgen weitere Fragen zu Ihrem derzeitigen Husten und Ihrer derzeitigen Kurzatmigkeit.
Bitte geben Sie in jeder Zeile an, was auf Sie zutrifft, indem Sie richtig oder falsch ankreuzen:

	richtig	falsch
Mein Husten tut weh.	<input type="checkbox"/> (1)	<input type="checkbox"/> (0)
Mein Husten macht mich müde.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich gerate außer Atem, wenn ich rede.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich gerate außer Atem, wenn ich mich vornüber beuge.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Mein Husten oder mein Atmen stören meinen Schlaf.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich bin schnell erschöpft.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Abschnitt 4 Bei diesen Fragen geht es um weitere Auswirkungen, die Ihre Atemwegsbeschwerden derzeit möglicherweise auf Sie haben. Bitte geben Sie in jeder Zeile an, was auf Sie zutrifft, indem Sie „richtig“ oder „falsch“ ankreuzen:

	richtig	falsch
Mein Husten oder mein Atmen ist mir in der Öffentlichkeit peinlich.	<input type="checkbox"/> (1)	<input type="checkbox"/> (0)
Meine Atemwegsbeschwerden sind lästig für meine Familie, meine Freunde oder Nachbarn.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Wenn ich keine Luft kriege, bekomme ich Angst oder gerate in Panik.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich habe das Gefühl, meine Atemwegsbeschwerden nicht im Griff zu haben.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich rechne nicht damit, dass es mit meinen Atemwegsbeschwerden besser wird.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Durch meine Atemprobleme bin ich anfällig oder invalide geworden.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Es ist für mich riskant, mich sportlich zu betätigen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Alles erscheint mir zu mühsam.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Abschnitt 5 Diese Fragen betreffen Ihre Medikamente. Wenn Sie keine Medikamente nehmen, gehen Sie bitte gleich zu Abschnitt 6 weiter. Bitte geben Sie in jeder Zeile an, was auf Sie zutrifft, indem Sie „richtig“ oder „falsch“ ankreuzen:

	richtig	falsch
Meine Medikamente helfen mir nicht viel.	<input type="checkbox"/> (1)	<input type="checkbox"/> (0)
Es ist mir peinlich, meine Medikamente in der Öffentlichkeit zu benutzen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Meine Medikamente verursachen mir unangenehme Nebenwirkungen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Meine Medikamente beeinträchtigen mein Leben erheblich.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Abschnitt 6

Bei diesen Fragen geht es darum, wie sich Ihr Atemleiden möglicherweise auf Ihre Aktivitäten auswirkt.

Bitte kreuzen Sie bei jedem Satz „richtig“ an, wenn darin eine oder mehrere Feststellungen aufgrund Ihres Atemleidens auf Sie zutreffen.

Sonst kreuzen Sie bitte „falsch“ an:

	richtig	falsch
Ich brauche lange, um mich zu waschen oder anzuziehen.	<input type="checkbox"/> (1)	<input type="checkbox"/> (0)
Ich kann kein Bad bzw. keine Dusche nehmen, oder ich brauche zu lange dazu.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich gehe langsamer als andere, oder ich halte an, um mich auszuruhen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Aufgaben wie Haushalt dauern sehr lange, oder ich muss mich zwischendurch ausruhen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Wenn ich einen Treppenabsatz hinaufgehe, muss ich langsam gehen oder zwischendurch anhalten.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Wenn ich mich beeile oder schnell gehe, muss ich danach anhalten oder langsamer gehen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Wegen meines Atemleidens fällt es mir schwer, bergauf zu gehen, etwas die Treppen hoch zu tragen, leichte Gartenarbeit zu verrichten wie Unkrautjäten, zu tanzen, Bowling oder Golf zu spielen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Wegen meines Atemleidens fällt es mir schwer, schwere Lasten zu tragen, den Garten umzugraben oder Schnee zu schippen, zu joggen oder schnell zu gehen (8 km/Stunde), Tennis zu spielen oder zu schwimmen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Wegen meines Atemleidens fällt es mir schwer, sehr schwere körperliche Arbeit zu verrichten, zu laufen, Rad zu fahren, schnell zu schwimmen oder anstrengenden Sport zu treiben.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Abschnitt 7 Wir wüssten gerne, wie Ihre Atemwegsbeschwerden normalerweise Ihr tägliches Leben beeinflussen.
 Bitte kreuzen Sie bei jeder Frage „richtig“ oder „falsch“ an.
 (Bitte denken Sie daran, dass „richtig“ nur auf Sie zutrifft, wenn Sie etwas aufgrund Ihrer Atemwegsbeschwerden nicht tun können:)

	richtig	falsch
Ich kann keinen Sport treiben.	<input type="checkbox"/> (1)	<input type="checkbox"/> (0)
Ich kann nicht ausgehen, um mich zu unterhalten oder zu erholen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich kann das Haus nicht verlassen, um einkaufen zu gehen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich kann keine Hausarbeit verrichten.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich kann mich nicht weit von meinem Bett oder meinem Stuhl entfernen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Es folgt eine Liste von weiteren Tätigkeiten, die Sie wegen Ihrer Atemwegsbeschwerden möglicherweise nicht ausüben können. (Sie brauchen diese nicht anzukreuzen. Die Liste soll Ihnen nur helfen, sich daran zu erinnern, wie Ihre Kurzatmigkeit Sie möglicherweise einschränkt.)

- Spaziergehen oder den Hund spazieren führen
- etwas im Haus oder im Garten erledigen
- Geschlechtsverkehr
- in die Kirche gehen oder an einen Ort, an dem Unterhaltung geboten wird
- bei schlechtem Wetter nach draußen gehen oder verrauchte Räume betreten
- Familie oder Freunde besuchen oder mit Kindern spielen

Bitte notieren Sie, welchen anderen wichtigen Tätigkeiten Sie möglicherweise wegen Ihrer Atemwegsbeschwerden nicht nachgehen können:

Wir möchten Sie nun bitten, die Feststellung (nur eine) anzukreuzen, die am besten beschreibt, wie sich Ihre Atemwegsbeschwerden auf Sie auswirken:

Sie hindern mich nicht daran, das zu tun, was ich gerne tun möchte.	Sie hindern mich an ein oder zwei Dingen, die ich gerne tun möchte.	Sie hindern mich an den meisten Dingen, die ich gerne tun möchte.	Sie hindern mich an allem, was ich gerne tun möchte.
<input type="checkbox"/> (0)	<input type="checkbox"/> (1)	<input type="checkbox"/> (2)	<input type="checkbox"/> (3)

**RPE-Skala zur Erfassung des
Belastungs-Empfindens** (Borg 2004, A
1016)

Grad der körperlichen Belastung	
6	keine Belastung
7	
8	sehr, sehr leicht
9	sehr leicht
10	
11	leicht
12	
13	etwas anstrengend
14	
15	anstrengend
16	
17	sehr anstrengend
18	
19	sehr, sehr anstengend
20	maximale Belastung

Dokumentation Lungensport

Name: _____

Max. Peakflow-Wert: _____

Befinden: + „heute bin ich fit“ „es geht so“ - „heute geht es mir gar nicht gut“
☺ ☹ ☹



Luisehospital
AACHEN

Datum	Befinden	Peakflow (zu Beginn)	Peakflow (am Ende)	SaO ₂	Trainingsart	Dauer

Übersicht Trainingsdokumentation Kraft

1.- 4. Woche: dynamische und statische Übungen im Sitzen (ca. 20 Min.)

5.-8. Woche: dynamische und statische Übungen im Stehen (ca. 20 Min.)

9.-12. Woche: Übungen in der geschlossenen Kette (ca. 20 Min.)

Aufwärmprogramm (ca. 5- 7 Min.)

- Atemwahrnehmung: Augen schließen, Hände auf den Bauch legen und bewusst die Atmung in den Bauch lenken. Durch Strohhalm atmen.
- Aufrechte Haltung einnehmen, dabei Lippenbremse anwenden.
- Im Stehen mit Festhalten am Stuhl:
 - a) Fußgelenke mobilisieren
 - b) Bein anheben und Fuß hoch/runter bzw. rechts/links bewegen
 - c) Knie beugen und strecken
 - d) Knie im Wechsel anheben
 - e) in die Knie gehen
 - f) Bein nach vorne und hinten schwingen bzw. im Halbkreis zur Seite

Cool down – Dehnübungen (ca. 5-7 Min.) Dehnung für ca. 30 Sekunden halten

- Dehnung Oberschenkelvorderseite: Bein am Hosenbein oder Fuß fassen, Knie nach hinten unten bringen.
- Dehnung Hüftbeuger: In Schrittstellung hinteres Bein auf den Vorfuß setzen, vorderes Knie beugen und Oberkörper weit aufrichten.
- Dehnung Oberschenkelrückseite: In Schrittstellung, hinteres Knie beugen, Oberkörper kommt gestreckt weit nach vorne, evtl. Zehenspitze des vorderen Fußes anheben.
- Dehnung Waden: In Schrittstellung Ferse des hinteren Beines bleibt unten, vorderes Knie beugen, Oberkörper aufrecht.
- Dehnung Beininnenseite: Breite Grätschstellung, Fußspitzen schauen nach außen, im Wechsel rechtes/linkes Knie langsam beugen

Woche 9

Datum: _____ Peakflow vorher: _____

a) Aufwärmprogramm s. Trainingsdokumentation Kraft

b) Hauptteil

	Übung	WDHzahl (re+li)			Dyspnoe			BORG (Ziel 11-14)			SaO ₂		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
	Trainingsdurchgänge												
25	Vom Stuhl aufstehen und hinsetzen, Arme seitlich in Hüfte												
26	Semi-Tandemstand, vom Stuhl aufstehen und hinsetzen												
27	Hüftbreiter Stand, Knie gebeugt, im Wechsel ein Knie mehr beugen												
28	Ausfallschritt nach vorne												
29	Ausfallschritt zur Seite												
30	Stehen auf einem Bein, dann in die Knie gehen (mit Festhalten)												
Sonstiges (Wetter, Befinden):													

c) Cool Down – Dehnübungen s. Trainingsdokumentation Kraft

Peakflow nachher: _____

Übersicht Trainingsdokumentation Gleichgewicht

1.- 4. Woche: statisches Gleichgewicht

5.-8. Woche: dynamisches Gleichgewicht

9.-12. Woche: Reaktive Übungen und Multitasking

Aufwärmprogramm (ca. 5- 7 Min.)

- Atemwahrnehmung: Augen schließen, Hände auf den Bauch legen und bewusst die Atmung in den Bauch lenken. Durch Strohhalm atmen.
- Aufrechte Haltung einnehmen, dabei Lippenbremse anwenden.
- Im Stehen mit Festhalten am Stuhl:
 - g) Fußgelenke mobilisieren
 - h) Bein anheben und Fuß hoch/runter bzw. rechts/links bewegen
 - i) Knie beugen und strecken
 - j) Knie im Wechsel anheben
 - k) in die Knie gehen
 - l) Bein nach vorne und hinten schwingen bzw. im Halbkreis zur Seite

Cool down – Dehnübungen (ca. 5-7 Min.) Dehnung für ca. 30 Sekunden halten

- Dehnung Oberschenkelvorderseite: Bein am Hosenbein oder Fuß fassen, Knie nach hinten unten bringen.
- Dehnung Hüftbeuger: In Schrittstellung hinteres Bein auf den Vorfuß setzen, vorderes Knie beugen und Oberkörper weit aufrichten.
- Dehnung Oberschenkelrückseite: In Schrittstellung, hinteres Knie beugen, Oberkörper kommt gestreckt weit nach vorne, evtl. Zehenspitze des vorderen Fußes anheben.
- Dehnung Waden: In Schrittstellung Ferse des hinteren Beines bleibt unten, vorderes Knie beugen, Oberkörper aufrecht.
- Dehnung Beininnenseite: Breite Grätschstellung, Fußspitzen schauen nach außen, im Wechsel rechtes/linkes Knie langsam beugen

Woche 1

Peakflow vorher: (1.) _____ (2.) _____

- a) Aufwärmprogramm s. Trainingsdokumentation Gleichgewicht
- b) Hauptteil (evtl. mit Festhalten am Stuhl)

Alle Übungen sowohl mit dem rechten als auch mit dem linken Bein durchführen. Dabei kann die Dauer der einzelnen Übungen ca. 30 Sek. betragen.
 ✓ = prima geklappt o = ging gerade so x = hat nicht geklappt

	1. Trainingstag				2. Trainingstag			
	breit	eng	rechts	links	breit	eng	rechts	links
1. Stehen – beidbeinig (breit, eng)								
2. Schrittstellung - Tandemstand								
a. Semitandemstand (leicht versetzt)								
b. eine Linie (Ferse – Zehen aneinander)								
3. Einbeinstand (max. 15 Sekunden)								
Variation: ohne Schuhe, labiler Untergrund								
1. Stehen – beidbeinig (breit, eng)								
2. Schrittstellung - Tandemstand								
a. Semitandemstand (leicht versetzt)								
b. eine Linie (Ferse – Zehen aneinander)								
3. Einbeinstand (max. 15 Sekunden)								

----- Fortsetzung Woche 1

	1. Trainingstag				2. Trainingstag			
	breit	eng	rechts	links	breit	eng	rechts	links
Variation: Kopf nach rechts und links drehen								
1. Stehen – beidbeinig (breit, eng)								
2. Schrittstellung - Tandemstand								
a. Semitandemstand (leicht versetzt)								
b. eine Linie (Ferse – Zehen aneinander)								
3. Einbeinstand								
Variation: geschlossene Augen								
1. Stehen – beidbeinig (breit, eng)								
2. Schrittstellung - Tandemstand								
a. Semitandemstand (leicht versetzt)								
b. eine Linie (Ferse – Zehen aneinander)								
3. Einbeinstand								

SaO₂: (1.)_____ (2.)_____ BORG: (1.)_____ (2.)_____ Dyspnoe: (1.)_____ (2.)_____

c) Cool Down – Dehnübungen s. Trainingsdokumentation Gleichgewicht

Peakflow nachher: (1.)_____ (2.)_____