GEORG-AUGUST-UNIVERSITÄT GÖTTINGEN

Uploaddatum: 16.07.2020
Uploadzeit: 16:27

Dies ist ein von FlexNow automatisch beim Upload generiertes Deckblatt. Es dient dazu, die Arbeit automatisiert der Prüfungsakte zuordnen zu können.

**This is a machine generated frontpage added by FlexNow.
Its purpose is to link your upload to your examination file.**

Matrikelnummer: 21737736

Effekte eines Hypertrophie-Krafttrainings des Oberkörpers auf die Lungenfunktion bei Menschen mit COPD

(Effects of hypertrophic strength training of the upper body on the lung function in people having COPD)

6-Monats-Abschlussarbeit zur Erlangung des akademischen Grades „Master of Arts (M. A.)“ an der Sozialwissenschaftlichen Fakultät der Georg-August-Universität Göttingen

Vorgelegt am 20.07.2020

von Alina Schäfer

aus Lörrach

Matrikelnummer: 21737736

Semesteranschrift: Ritterstrasse 9, 87629 Füssen am Lech

Telefonnummer: 015780977597

E-Mail: alina.schaefer10@googlemail.com

1. Gutachter: Dr. Oliver Klassen
2. Gutachter: Ralf Dörhöfer

Abstract

Background: There are several studies about the long-term effects of strength training on the lung function, but almost none describe the immediate effects of a hypertrophic strength training. Especially with people having COPD. Literature shows controversy effects of strength training on lung function. There might be immediate effects on lung function in people having COPD grade 1 to 4 after GOLD standard.

Aim: The aim of this study was to investigate the immediate and long-term effects of a hypertrophic strength training of the upper extremities on the lung function in the case of the clinical picture COPD grade 1 to 4 after GOLD standard. Furthermore the methods have been tested to propose improvements in future research.

Design: explorative, controlled trial

Participants: 33 patients (COPD grade 1 to 4 after GOLD standard) of the Alpcura Fachklinik Allgäu (19 men; 14 women; mean age 66,64 years)

Method: Participants were randomly chosen after their diagnosis. Lung function was tested with a digital lung function test before, right after, 2 hours after the intervention and at the end of their rehabilitation. The intervention consisted of three exercises for the upper extremities (3 sets à 12 repetitions).

Discussion: Results showed that there were significant short-term and long-term effects on lung function in people having COPD. The results indicate that hypertrophic strength training can be used to improve short- and long-term effects on lung function in patients with COPD.

Inhaltsverzeichnis

1 EINLEITUNG 5

2 PHYSIOLOGISCHE GRUNDLAGEN/ KRANKHEITSBILD COPD 6

2.1 Aufbau der Lunge und Funktion der Atmung 7

2.2 COPD 9

2.2.1 Definition 9

2.2.2 Allgemeine physiologische Grundlagen einer COPD 10

2.2.3 Epidemiologie 13

2.2.4 Risikofaktoren 17

2.2.5 Symptome 18

2.2.6 Diagnose 18

2.2.7 Behandlung 21

3 FORSCHUNGSSTAND 22

3.1 Allgemeiner Forschungsstand 22

3.2 Spezieller Forschungsstand 23

3.2.1 Krafttraining 23

3.2.2 COPD und Lungenfunktionsparameter 28

3.3 Hypothese 30

4 METHODIK 32

4.1 Untersuchungsdesign 32

4.2 Probanden 32

4.3 Erhobene Parameter 33

4.4 Versuchsaufbau 33

4.5 Versuchsdurchführung 40

5 ERGEBNISSE 43

5.1 Datenauswertung 43

5.2 Darstellung der Ergebnisse 45

5.2.1 Deskriptive Statistik 45
5.2.2 FEV1-Werte 45
5.2.3 FEV6-Werte 50
5.2.4 Lungenalter 53
5.2.5 Untergruppen 55

6 DISKUSSION 64

6.1 Interpretation und Diskussion der Ergebnisse 64

6.2 Methodenkritik 72

7 FAZIT 74

8 LITERATURVERZEICHNIS 76

9 EIDESSTATTLICHE ERKLÄRUNG 82

10 ABBILDUNGS-, TABELLEN-, ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS 83

10.1 Abbildungsverzeichnis 83

10.2 Tabellenverzeichnis 84

10.3 Abkürzungsverzeichnis 85

11 ANHANG 86

Anhang 1: Informationsschreiben an die Patienten 86

Anhang 2: Lungenalter-SPSS-Ausgabe 87

Anhang 3: Geschlecht-SPSS-Ausgabe 88

Anhang 4: COPD-Grad-SPSS-Ausgabe 89

Anhang 5: Alter-SPSS-Ausgabe 90

Anhang 6: BMI-SPSS-Ausgabe 91

1 Einleitung

COPD (Chronic Obstructive Pulmonary Disease) ist eine Atemwegserkrankung von immer größer werdender Bedeutung. Oftmals unentdeckt, unbehandelt und doch größtenteils vermeidbar, stellt COPD eine Erkrankung dar, die Millionen von Menschen betrifft. Die ‚Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease' schreibt in ihrem Bericht von 2019, dass COPD sich aktuell auf Platz vier der krankheitsbedingten Todesursachen weltweit befindet und in diesem Jahr (2020) noch auf Platz drei vorrücken wird (Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease, Inc., 2019).

Auch in Deutschland sieht die Datenlage ähnlich aus: Prognosen zeigen, dass bis zum Jahr 2050 die Zahl der COPD Erkrankungen weiterhin ansteigen wird, wodurch immense Kosten auf das Gesundheitssystem zukommen werden (Pritzkuleit, Beske, & Katalinic, 2010).

Im Deutschen steht COPD für ‚chronisch obstruktive Atemwegserkrankung'. Der Begriff chronisch weist schon darauf hin, dass die Betroffenen ihr Leben lang mit der Krankheit zu kämpfen haben werden und die Krankheit nicht heilbar ist. Da der Leidensweg als relativ beschwerlich beschrieben wird, liegt es an den Betroffen, diesen so selbstbestimmt wie möglich zu gestalten. Ärzte, Medikamente, Therapien und das soziale Umfeld können dabei unterstützend mitwirken, dennoch aber liegt es primär an den Betroffenen selbst, wie sie mit der Erkrankung umgehen. Schon alltägliche Aufgaben, wie das Einräumen der Geschirrspülmaschine, können zu einer körperlich anstrengenden Belastung werden. Die Patienten geraten dann oft in Atemnot und versuchen folglich, jegliche Aktivität zu vermeiden. Die körperliche Inaktivität wiederum begünstigt das Auftreten einer Atemnot unter Belastung, wodurch eine Abwärtsspirale entsteht. Diesen Teufelskreis gilt es zu durchbrechen. Durch eine frühzeitige Diagnose und mit einer guten Behandlungsstrategie können die Erkrankten den Verlauf der Krankheit zwar nicht wieder rückgängig machen, aber sie können dennoch ein Leben mit hoher Lebensqualität führen. Neben der richtigen Medikamenteneinstellung und der Unterstützung des sozialen Umfeldes ist die eigene Initiative, die gesundheitliche Einstellung und die Motivation für körperliches Training und Bewegung von großer Bedeutung beim Krankheitsverlauf. Diese hochzuhalten, und möglicherweise auch zu verbessern, kann mit einem Krafttraining unterstützt werden. Jede Bewegung und jede Körperhaltung erfordert ein gewisses Maß an Kraft und da gerade ein Krafttraining positive Auswirkungen auf die Körperkonstitution hat, könnten die Betroffenen die Funktionsfähigkeit ihres Bewegungsapparates so aufrechterhalten und sogar verbessern (Friedmann, 2009). Doch nicht nur die Muskulatur adaptiert sich nach

einem Krafttraining, auch das Herz-Kreislaufsystem (HKS) profitiert von der körperlichen Belastung. Da bei dynamischen Bewegungen, beziehungsweise dynamischer Muskelarbeit, vor allem das HKS und die Atmung als leistungsbestimmende Faktoren eine wichtige Rolle spielen (Friedmann, 2009), könnten Menschen mit COPD, die gerade unter körperlicher Belastung in Atemnot geraten, von einer verbesserten körperlichen Funktionsfähigkeit profitieren.
Zusätzlich hat Bewegung (körperliche Aktivität) jedoch nicht nur körperliche Effekte, sondern wirkt sich auch positiv auf die psychische Gesundheit aus (Schulz, Meyer, & Langguth, 2012). Dadurch könnte den Menschen mit COPD nahegelegt und aufgezeigt werden, dass ein Krafttraining die Aktivitäten des alltäglichen Lebens (Geschirrspülmaschine ein- und ausräumen, Wäsche waschen und aufhängen, Einkaufen gehen etc.) erleichtert und dadurch ihre allgemeine Lebensqualität gesteigert werden kann.

Könnte man also den Betroffenen zeigen, dass sogar ein einmaliges Krafttraining kurzzeitige Effekte auf die Lungenfunktionsparameter FEV1 und FEV6 hat, wäre dies nicht nur für die Therapiegestaltung im Rehabilitations-Setting von großer Bedeutung. Auch die Motivation dauerhaft körperlich aktiv zu werden, könnte durch das Krafttraining erhöht werden. Daher untersucht vorliegende Arbeit die Effekte eines Hypertrophie-Krafttrainings des Oberkörpers auf die Lungenfunktionsparameter FEV1 und FEV6.

2 Physiologische Grundlagen/ Krankheitsbild COPD

In den folgenden beiden Unterkapiteln wird zunächst auf den Aufbau der Lunge und die Funktion der Atmung eingegangen, die Krankheit COPD definiert und ausführlich beschrieben. Dabei wird näher auf die Prävalenz, das allgemeine Krankheitsbild, die Symptome sowie die Behandlungsmöglichkeiten eingegangen. Des Weiteren wird nachfolgend die Diagnose einer COPD genauer beleuchtet, da folgende Studie sich mit den Lungenfunktionsparametern FEV1 und FEV6 befasst und diese Werte zum Verständnis des Versuchsaufbaus beitragen. Neben den allgemeinen Grundlagen, soll insbesondere auf die Lungenfunktionsparameter FEV1 und FEV6 eingegangen werden.

2.1 Aufbau der Lunge und Funktion der Atmung

Vereinfacht beschrieben bedeutet Atmung, auch Ventilation genannt, das Ein- und Ausströmen von Luft in und aus der Lunge. Die Lunge besteht aus einem rechten und einem linken Lungenflügel (Göhl, 2012). Beim sogenannten Gasaustausch wird das Blut mit Sauerstoff angereichert. Das sauerstoffreiche Blut wird dann zum Herz weiter transportiert und von dort weiter an alle Organe im Körper geleitet. Die Muskulatur beispielsweise verbraucht dann den Sauerstoff zur Herstellung von ATP (Adenosin-Tri-Phosphat). Das verbrauchte, Kohlendioxid enthaltende Blut wird dann wieder zurück zur Lunge befördert, wo in den Kapillaren wieder der Gasaustausch von sauerstoffarmen zu sauerstoffreichem Blut stattfindet (Göhl, 2012).

Göhl, 2012 beschreibt den Atemapparat wie folgt (Göhl, 2012): der Atemapparat besteht aus den oberen und unteren Atemwegen. Der Kehlkopf wird oft als Grenze zwischen den beiden Atemabschnitten angesehen und unterschiedlich zugeordnet. Aufgabe der oberen Atemwege sind die Anfeuchtung der Atemluft durch einen Schleimfilm, die Erwärmung der einströmenden Luft durch die Nasenschleimhaut, sowie dessen Vorreinigung. Die in der Luft enthaltenen Krankheitserreger und Staubpartikel werden von den Härchen in der Nase und einem dünnen Schleimfilm festgehalten. Der Schleim wird dann im Rachen entweder durch Schlucken oder Niesen aus dem Atemtrakt entfernt. Die unteren Atemwege, bestehend aus Luftröhre, den großen sowie kleinen Atemwegen, sind für den Lufttransport und den Gastaustausch verantwortlich. Die großen Atemwege und die kleinen Atemwege (Bronchien) teilen sich immer weiter auf bis hin zu den kleinsten Atemwegen (Bronchiolen). Die kleinsten Atemwege mit ihren Lungenbläschen und dem umgebenden Blutgefäßnetz werden auch als Lungengewebe bezeichnet. Wie in Abbildung 1 zu sehen, bestehen die kleinen Atemwege (Bronchien) aus mehreren Schichten und sind aufgebaut wie elastische Rohre. Ein Rohr besteht jeweils aus: Erstens der Muskulatur, welche die Bronchien ringförmig umschließt und wodurch sich der Durchmesser der Bronchien sowohl verkleinern als auch vergrößern kann, zweitens der Schleimhaut und drittens aus der Schleimschicht, die die Atemwege von innen auskleidet, wobei beide eine reinigende Funktion haben. Der Brustkorb, bestehend aus 12 Brustwirbeln, den Rippenpaaren inklusive den Rippenknorpeln und dem Brustbein, ist als bewegliches Gerüst für die Kraftübertragung der Atemmuskeln verantwortlich und schützt dadurch auch die Lunge (Göhl, 2012). Der Brustkorb dehnt und weitet sich bei der Einatmung und zieht sich bei der Ausatmung wieder zusammen. Er wird dabei in alle Richtungen, das heißt dreidimensional erweitert.

Ein- und Ausatmung

Die Lungenatmung (Respiration) wird auch als äußere Atmung bezeichnet. Diese besteht aus drei Teilkomponenten: der Ventilation (Belüftung der Alveolen), der Perfusion (Durchblutung der Kapillaren) und der Diffusion (Gastransport und Gasaustausch über die Membran). Ermöglicht wird der Gasaustausch durch den wechselnden Aufbau von Druckunterschieden, damit die Atemluft einströmen und auch wieder ausströmen kann (Lecturio GmbH, 2017). Bedingung für einen gesunden Gasaustausch ist, dass die verbrauchte CO_2-reiche Luft durch die Atemwege entweichen und frische O_2-reiche Luft wieder in die Lungenbläschen gelangen kann (Göhl, 2012).

Verschiedene Autoren beschreiben das Zwerchfell als wichtigsten Atemmuskel bei der Ein- wie auch bei der Ausatmung (Göhl, 2012); (van Gestel & Teschler, 2010). „[…] Muskeln, die neben dem Zwerchfell bei der Ein- und Ausatmung helfen, werden als **Atem-/ Atemhilfsmuskeln** bezeichnet“ (Göhl, 2012, p. 4). Die Atem-/Atemhilfsmuskulatur der Einatmung setzt sich, nach Göhl, unter anderem aus folgenden Muskeln zusammen: Mm. Intercostales (Zwischenrippenmuskulatur), M. Sternocleidomastoideus (Kopfwender), M. scalenus medius, M. scalenus posterior, M. pectoralis major (mit allen drei Anteilen), M. pectoralis minor (kleiner Brustmuskel), M. serratus posterior superior und inferior, M. serratus anterior (Göhl, 2012). Diese bewegen bei der Atmung den Brustkorb und werden über das Atemzentrum gesteuert. Eine verminderte Beweglichkeit, Kraft oder Ausdauer verringert die Pumpleistung der Lunge, wodurch sich auch die Leistungsfähigkeit verringert. Bei der Einatmung (Inspiration) wölbt sich das Zwerchfell nach unten und die Atemmuskeln heben den Brustkorb an (Göhl, 2012).

Gesunde Menschen können in normaler Ruheatmung die gesamte alveoläre Ventilation über das Zwerchfell ermöglichen. Dieses arbeitet konzentrisch bei der Inspiration und exzentrisch bei der Exspiration (van Gestel & Teschler, 2010).

Bei der Ausatmung (Exspiration) verkleinert sich die Lunge, es wirkt vor allem die elastische Retraktionskraft (van Gestel & Teschler, 2010). Die Ausatmung in Ruhe erfolgt bei gesunden Menschen eher passiv. Unter Belastung, bei erhöhtem Sauerstoffbedarf werden zusätzlich bei gesunden Menschen die exspiratorischen Atemhilfsmuskeln eingesetzt (van Gestel & Teschler, 2010). Diese setzen sich nach van Gestel et al. aus folgenden Muskeln zusammen: M. rectus abdominis, M. tranversus abdominis, M. obliquus externus und internus abdominis, M erector spinae, M. quadratus lumborum, M. latissimus dorsi, M. serratus posterior pars inferior und M. transversus thoracis (van Gestel & Teschler, 2010).

Wichtig zu unterscheiden ist, dass bei gesunden Menschen in Ruhe die Einatmung aktiv und die Ausatmung eher passiv erfolgt. Bei Atemwegs- und Lungenerkrankungen oder auch unter Belastung allerdings muss die Atmung aktiv von der Atemhilfsmuskulatur unterstützt werden. Sind die Atemwege verengt, muss die Atemhilfsmuskulatur auch in Ruhe mehr Arbeit leisten, was sehr viel Muskelarbeit kostet. Gerade COPD-Patienten benötigen die Atemhilfsmuskulatur zu einem hohen Anteil schon für die Ruheatmung. Diese sind aber für eine permanente Arbeitsweise nicht ausgelegt, sodass sich die Atemhilfsmuskulatur auf lange Sicht verkürzt und abschwächt (Göhl, 2012).

2.2 COPD

2.2.1 Definition

Die WHO definiert die Krankheit COPD wie folgt:

> „Chronic obstructive pulmonary disease (COPD) is a lung disease characterized by chronic obstruction of lung airflow that interferes with normal breathing and is not fully reversible. The more familiar terms ‘chronic bronchitis’ and ‘emphysema’ are no longer used but are now included within the COPD diagnosis. COPD is not simply a “smoker’s cough” but an under-diagnosed, life-threatening lung disease.” (World Health Organization, 2019)

Die GOLD Leitlinie beschreibt COPD folgendermaßen:

> „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.” (Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease, Inc., 2019, p. 4)

Im deutschsprachigen Raum wird die Definition von COPD in der Nationalen Versorgungsleitlinie wie folgt beschrieben:

> „Die COPD ist eine chronische Lungenkrankheit mit progredienter, nach Gabe von Bronchodilatatoren und/oder Kortikosteroiden nicht vollständig reversibler

> Atemwegsobstruktion auf dem Boden einer Chronischen Bronchitis und/oder eines Lungenemphysems. Hauptsymptome sind chronischer Husten, Auswurf und Atemnot, anfangs nur unter Belastung.“ (Bundesärztekammer, 2016, p. 9)

Alle drei Definitionen zeigen, dass COPD eine ernstzunehmende Erkrankung ist, die auf Grund des heutigen Lebensstandards 2020 auf Platz drei der Todesursachen weltweit vorrücken wird. In allen drei Definitionen wird COPD als irreversible Erkrankung beschrieben, was darauf schließen lässt, dass die Krankheit zwar aufgehalten werden kann, dennoch haben die Betroffenen mit schwerwiegenden Einschränkungen in ihrem Leben zu rechnen. In der zweiten Definition werden zudem schon mögliche Ursachen in die Definition mit aufgenommen. Und in der dritten Definition werden einige Hauptsymptome genannt. Da die Symptome jedoch zum Teil nur sehr gering auftreten und dadurch erst spät bemerkt werden, hat die Global Initiative of Chronic Obstructive Lung Disease (GOLD) die Einschränkung der Einsekundenkapazität (FEV 1/FEVC<70%) zur Grundlage der Diagnose COPD gemacht (Teschler, 2009). Die unterschiedlichen Definitionen und die schwache Symptomatik gerade zu Beginn der Erkrankung, machten es daher früher erheblich schwerer, eine COPD richtig zu diagnostizieren.
Um was es sich bei der COPD genau handelt, wie häufig sie auf der Welt und insbesondere in Deutschland vorkommt, wie die Symptome aussehen können und wie eine COPD diagnostiziert wird, das wird im folgenden Kapitel beschrieben.

2.2.2 Allgemeine physiologische Grundlagen einer COPD

Ganz allgemein wird von einer Atemwegserkrankung gesprochen, sobald es um die Veränderung der Atemwege geht. (Göhl, 2012)
In der Bezeichnung COPD (Chronic Obstructive Pulmonary Disease), auf Deutsch chronisch-obstruktive Lungenerkrankung, stecken schon zwei Begriffe, die eine COPD maßgeblich definieren.
Der Begriff „obstruktiv“ geht mit einer Verengung der Atemwege (Bronchien) einher. Diese Verengung tritt bei COPD dann ein, wenn sich die ringförmig angeordnete Muskelschicht der Bronchien verkrampft. Durch das Anschwellen der Schleimhaut in den Bronchien und die vermehrte Schleimbildung werden die Atemwege verengt und die Betroffenen bekommen verschlechtert Luft. Dabei bildet sich die Einengung auch nach der

Einnahme entsprechender Medikamente nicht vollständig zurück, ist also nicht reversibel (Abbildung 1).

Abbildung 1: Bronchien im Krankheitsverlauf COPD im Querschnitt (COPD Aktuell, n.d.)

Wie der Begriff ‚chronisch' schon deutlich zum Ausdruck bringt, bleibt eine COPD lebenslang bestehen, die Veränderungen in der Lunge schreiten in der Regel sogar weiter fort. Somit gibt es auch heutzutage keine Heilung der COPD. Dennoch kann der Krankheitsverlauf durch einen aktiven Lebensstil und einer gewissen Compliance zu Medikamenten oder der Zugabe von Sauerstoff positiv beeinflusst werden.

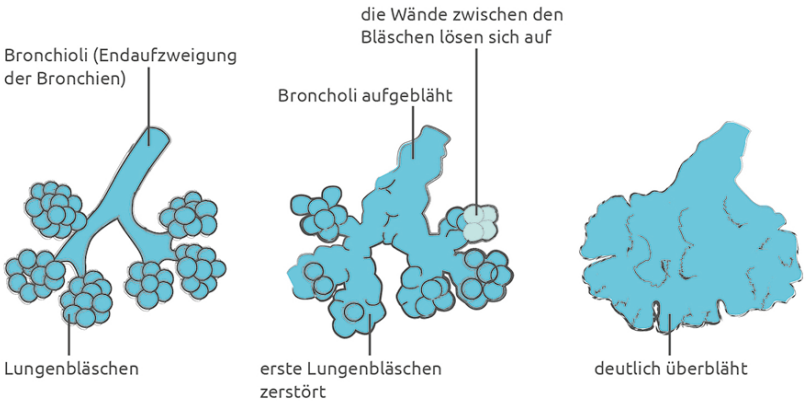

Abbildung 2: Gesunde Lungenbläschen links und im Vergleich ein schweres Emphysem rechts (COPD Aktuell, n.d.)

Die Abkürzung COPD wird als Sammelbegriff für die chronisch obstruktive Bronchitis mit oder ohne Lungenemphysem verwendet (COPD-Deutschland e.V., 2018).
Eine Bronchitis ist eine Entzündung der Bronchien. Erst wenn die Symptome über einen längeren Zeitraum nicht verschwinden, spricht man von einer chronischen Bronchitis. Der Begriff ‚Chronische Bronchitis' ist, laut WHO, dann zutreffend, wenn die Symptome

über mindestens zwei aneinanderhängende Jahre auftreten (World Health Organization, 2019).

Bei einem sogenannten Lungenemphysem (Abbildung 2) sind die Lungenbläschen überbläht oder sogar ganz zerstört. Das heißt, es liegt eine Störung des Gasaustausches vor. Beide Krankheitsbilder sind durch eine schlechtere Belüftung der Lunge und damit teils auch mit weniger Sauerstoff im Blut gekennzeichnet. Dadurch steigt der Druck im Lungenkreislauf, was wiederum zu einer größeren Herzbelastung führt. Dies kann zu einem erhöhten Risiko für die Entwicklung einer Herzinsuffizienz oder Cor pulmonale führen (Göhl, 2012).

Komorbiditäten

COPD wird häufig mit Begleiterkrankungen in Verbindung gebracht. Grund für das gehäufte Auftreten der Komorbiditäten sind unter anderem das Rauchen, die körperliche Inaktivität, chronische Entzündungsreaktionen sowie vorzeitige Alterungsmechanismen. Dazu kann ganz allgemein gesagt werden, dass alle Komorbiditäten der COPD proaktiv diagnostiziert und dementsprechend leitliniengerecht therapiert und behandelt werden sollten (Vogelmeier, et al., 2018).

Die am Häufigsten auftretenden Komorbiditäten können folgendermaßen beschrieben werden:

Kardiovaskuläre Erkrankungen

Insbesondere Herzerkrankungen und Lungengefäßerkrankungen haben einen direkten Einfluss auf die Sterblichkeit (Cavaillès, et al., 2013). Die S2k-Leitlinie zur Diagnostik und Therapie von Patienten mit chronisch obstruktiver Bronchitis und Lungenemphysem (COPD) schreibt: „Die Mehrzahl der Patienten verstirbt nicht an der COPD, sondern an kardiovaskulären Erkrankungen und am Lungenkarzinom." (Vogelmeier, et al., 2018, p. 67). Demnach ist die COPD an sich nicht tödlich, die Patienten sterben eher an den Folgen der Erkrankung. Übergreifend kann gesagt werden, dass COPD mit einem 2,5-fach höheren Gesamtrisiko für alle kardiovaskulären Erkrankungen assoziiert wird. Zudem erhöht die Zeit während und nach einer Exazerbation das Risiko für das Auftreten kardiovaskulärer Ereignisse erheblich (Vogelmeier, et al., 2018).

Lungenkarzinom

Das Review von Cavaillès konnte zeigen, dass das Risiko, an einem Lungenkarzinom zu erkranken, zwei bis sechsmal höher ist als bei rauchenden Kontrollkollektiven (Cavaillès,

et al., 2013). Weiterhin schreibt er über die Komorbiditäten bei COPD, dass die ‚annual incidence' von Lungenkrebs mindestens viermal so hoch in einer Kohorte von Patienten mit COPD ist, als in der allgemeinen Bevölkerung (Cavaillès, et al., 2013). Und auch Vogelmeier et al. schreiben, dass Lungenkarzinome eine der führenden Todesursachen von Patienten mit COPD sind (Vogelmeier, et al., 2018).

Osteoporose

Osteoporose wird mit circa einem Drittel der COPD Patienten in Verbindung gebracht, wobei die Prävalenz mit dem Schweregrad zunimmt (Vogelmeier, et al., 2018). Laut WHO Definition und basierend auf einer Knochendichtemessung variiert die Prävalenz von Osteoporose von 24 % bis 69% (Cavaillès, et al., 2013). Cavaillès et al, schreiben zudem, dass die COPD Patienten mit Osteoporose einen signifikant geringeren FEV1-Wert und BMI-Werte haben, als jene ohne Osteoporose (Cavaillès, et al., 2013). Dies ist auch für vorliegende Studie von Interesse, da gerade bei einem Krafttraining mit hohen Intensitäten auf das Vorhandensein einer Osteoporose geachtet werden sollte.

Mentale Erkrankungen

Angst- und Depressionsstörungen treten häufig bei Patienten mit COPD auf (Vogelmeier, et al., 2018). Atemnot und Einschränkungen im Alltag, sowie die verminderte körperliche Belastbarkeit können zu einem geringeren Selbstwertgefühl und sozialer Isolation führen. Cavaillès et al. schreiben, dass je nach Studie 20 % bis 60 % der COPD Patienten von einer Depression betroffen sind (Cavaillès, et al., 2013).

2.2.3 Epidemiologie

COPD ist eine relativ junge Krankheit, die in den letzten 350 Jahren einige terminologische Veränderungen erfahren hat (Salvi, Manap, & Beasley, 2012). Die Autoren Salvi et al. schreiben, dass die Begriffe ‚bronchitis' und ‚emphysema' in den frühen Jahren des 1800 Jahrhunderts vorgeschlagen wurden. Der erste wurde primär von den britischen, der zweite eher von den amerikanischen Ärzten verwendet. Zusätzlich kamen dann in den folgenden Jahren auch noch Begriffe wie ‚chronic airflow limitation' (CAL) und ‚chronic obstructive airways disease' (COAD) hinzu. Erst 1965 einigte man sich auf den Begriff ‚chronic obstructive pulmonary disease' (COPD) (Salvi, Manap, & Beasley, 2012). Nun galt es, eine geeignete und vor allem einheitliche Definition zu finden. Anhand oben

genannter Definitionen wird deutlich, dass sich auch heute noch Unterschiede zeigen. Auch bei den Diagnoseverfahren gab und gibt es noch einige Unklarheiten aus dem Weg zu schaffen, wie einige Autoren schreiben (Salvi, Manap, & Beasley, 2012); (Halbert, et al., 2006).

Wie in der Einleitung schon kurz genannt ist COPD derzeit weltweit die vierthäufigste Todesursache mit den höchsten Zuwachsraten. Nach Schätzungen der Weltgesundheitsorganisation verkürzt COPD die Lebenserwartung im Schnitt um neun Jahre (Buist, et al., 2007). COPD wird auf Grund der geringen Symptomatik im Anfangsstadium erst relativ spät erkannt und diagnostiziert. Auch wenn einige Studien zur Prävalenz von COPD durchgeführt wurden, so gibt es dennoch Schwierigkeiten bezüglich einer weltweit einheitlichen Messmethode. Das systematische Review und die Meta-Analyse von Halbert et al. bei dem die Datenbank PubMed von 1990-2004 nach der bevölkerungsbasierten Prävalenz einer COPD durchsucht und 67 Artikel eingeschlossen wurden, weisen darauf hin, dass es große regionale Abweichungen gibt und die methodologischen Unterschiede der Artikel die Interpretation der verfügbaren Daten erheblich erschweren (Halbert, et al., 2006).

Um dem entgegen zu wirken, hat die WHO 2002 die Burden of Chronic Obstructive Lung Disease Initiative (BOLD) gestartet. In mehr als 35 Ländern auf allen Kontinenten der Welt sammelten Forscherinnen und Forscher Daten zur Prävalenzbestimmung und Risikofaktorenanalyse. Dafür wurden mehr als 10.000 Erwachsene im Alter von >/= 40 Jahren befragt und untersucht. Die Ergebnisse der ersten zwölf Länder wurden in der Zeitschrift LANCET veröffentlicht. Dabei zeigt sich eine 4-fach höhere Prävalenz von COPD als vorher angenommen. Weltweit sind im Schnitt mehr als 15% der über 40-Jährigen an COPD erkrankt (Buist, et al., 2007).

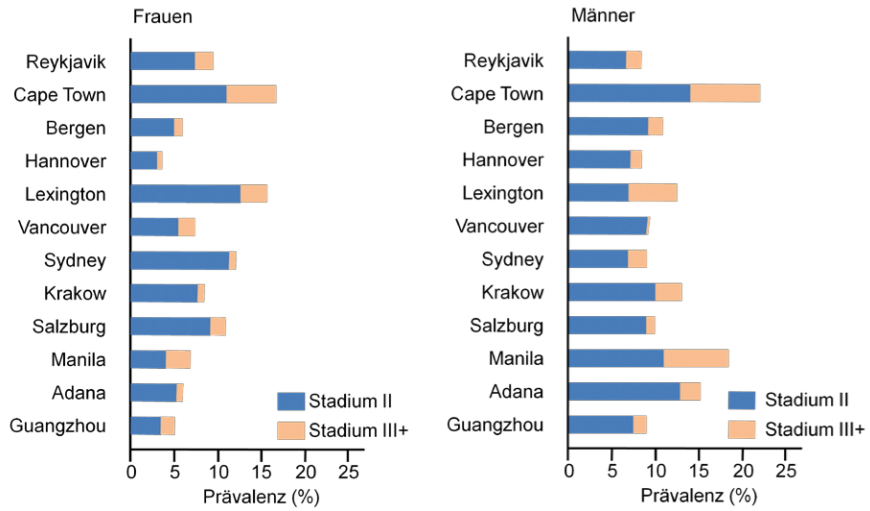

Abbildung 3: „Weltweite Prävalenz der leichten (Stadium 2) und schweren bis sehr schweren (Stadium 3+) COPD in der BOLD-Studie - unterteilt nach Männern und Frauen“ [modifiziert von Teschler (Teschler, 2009)]

In Abbildung 3 sieht man, dass mehr Männer als Frauen an COPD erkrankt sind. Grund dafür ist, dass Frauen vor allem in den westlichen Ländern ein größeres Gesundheitsbewusstsein geschaffen haben als Männer. Mehr Frauen als Männer haben mit dem Rauchen aufgehört (Buist, et al., 2007). Eine andere Studie weist darauf hin, dass die Prävalenz bei Frauen auch in entwickelten Ländern inzwischen ebenso hoch ist, wie bei Männern (Halbert, et al., 2006). Nichts desto trotz bleibt Rauchen die Hauptursache Nummer Eins für die Entwicklung einer COPD. Prognosen gehen davon aus, dass es im Jahr 2020 68 Millionen Tote weltweit geben wird, davon werden 11,9 Millionen durch Lungenerkrankungen verursacht werden (4,7 Millionen durch COPD) (López-Campos, Tan, & Soriano, 2016). Erschreckende Zahlen, auf die sich die Gesundheitssysteme vorbereiten sollten. COPD, als chronische Erkrankung, gilt als die teuerste Erkrankung für die Gesundheitssysteme weltweit (Teschler, 2009).

In Deutschland sehen die Zahlen ähnlich aus, wie man anhand folgender Abbildung (Abbildung 4) sehen kann. Für das Jahr 2017 verzeichnete das Statistische Bundesamt bei 17.300 Männern und bei 13.773 Frauen COPD als ein zum Tode führendes Grundleiden (Statistisches Bundesamt, 2019).

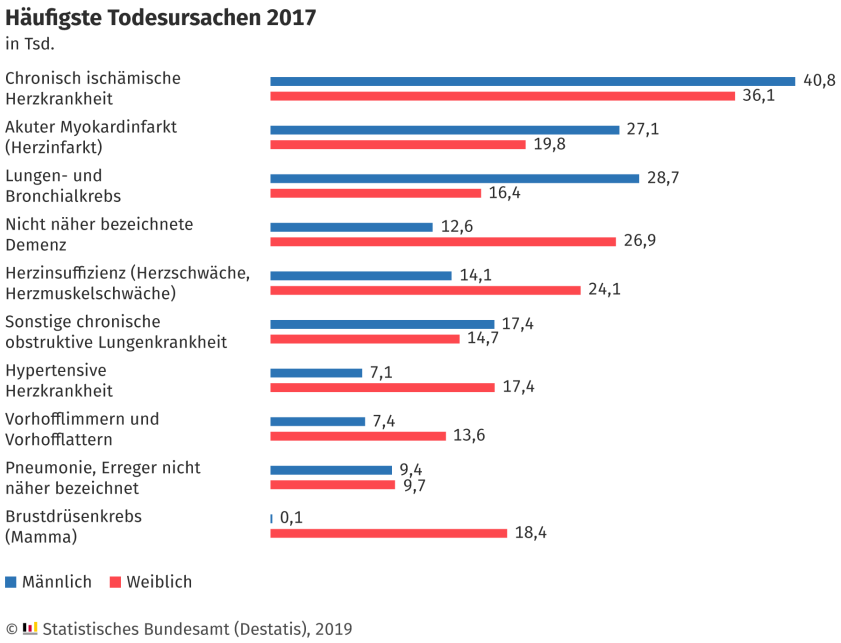

Abbildung 4: Die häufigsten Todesursachen 2017 in Deutschland (Statistisches Bundesamt, 2019)

Die 2014 und 2015 in Deutschland durchgeführte Studie GEDA 2014/2015-EHIS beschreibt eine 12-Monats-Prävalenz bei Frauen von 5,8% und bei Männern von 5,7%. Mit zunehmendem Alter steigt die 12-Monats-Prävalenz bei beiden Geschlechtern deutlich an. „Insgesamt besteht die bekannte COPD bei Frauen und Männern in der unteren Bildungsgruppe häufiger, als in der mittleren oder der oberen Bildungsgruppe (8,1% vs. 5,7% und 4,0%)“ (Steppuhn, Kuhnert, & Schneidt-Nave, 2017, p. 48).

Pritzkuleit et al. (2010) beschreiben in ihrem Artikel, dass in den nächsten 50 Jahren auf Grund der konstant niedrigen Geburtenraten und der stetig steigenden Lebenserwartung die absoluten Fallzahlen steigen werden. Die Autoren prognostizieren jedoch auch, dass sich diese Entwicklung ab dem Jahr 2050 wieder entspannen wird (Pritzkuleit, Beske, & Katalinic, 2010). Somit stellt die COPD eine Erkrankung dar, die es möglichst zu verhindern gilt. Erreicht werden könnte dies durch eine Eindämmung beziehungsweise Minderung einiger möglicher Risikofaktoren.

2.2.4 Risikofaktoren

Hauptursache von COPD ist nach wie vor das Rauchen. Je nach Land variiert das Risiko, auf Grund aktiven Zigarettenrauchens an COPD zu erkranken von 40% bis hin zu 70% (Raherison & Girodet, 2009). Nichtsdestotrotz können auch Nicht-Raucher COPD bekommen. Andere Quellen geben an, dass circa 30% der Menschen mit COPD noch niemals geraucht haben (Eisner, et al., 2010). Externe Faktoren, passives Rauchen miteingeschlossen, können genauso schädigend sein. Gerade in Entwicklungsländern, wo oftmals noch in den Hütten mit Holz gekocht und geheizt wird, ist die Prävalenz relativ hoch. Besonders Frauen sind in diesen Ländern davon betroffen (Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease, Inc., 2019). Doch auch in den westlichen Ländern haben einige Menschen ein erhöhtes Prävalenz-Risiko für COPD. Berufsbedingte Belastungen bei organischem und anorganischem Staub, chemischen Arbeitsstoffen, Dämpfen und Gasen können auch erhebliche Auswirkungen auf den Gesundheitszustand haben. Neben diesen äußeren Risikofaktoren gibt es auch noch andere, wie die genetische Prädisposition, wie beispielsweise das vererbbare Alpha-1 Antitrypsin (AATD), welches damit verbunden wird, die Lungenfunktion zu reduzieren und ein COPD Risiko darzustellen. Dazu kommen Alter und Geschlecht. Raherison und Girodet konnten in ihrem Review zeigen, dass die Prävalenz einer COPD mit zunehmendem Alter steigt (Raherison & Girodet, 2009). Die BOLD Studie zeigt, dass weltweit mehr Männer als Frauen an COPD erkranken (Buist, et al., 2007). Ein weiterer Risikofaktor ist das Lungenwachstum und die Lungenentwicklung. Jegliche Faktoren während der Schwangerschaft und der Kindheit, wie beispielsweise ein niedriges Geburtsgewicht oder Infekte der Atemwege, steigern das individuelle Risiko, eine COPD zu entwickeln (Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease, Inc., 2019).

Nicht zu vergessen ist der sozioökonomische Status bei der Entwicklung einer COPD. Armut wird oft mit Behinderungen und Problemen der Atemwege in Verbindung gebracht. Jedoch ist unklar, ob dies nicht auf die Innenraum- und Außenraumluftverschmutzung zurückzuführen ist (Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease, Inc., 2019).

Außerdem spielen auch andere Erkrankungen eine wichtige Rolle bei der Entwicklung einer COPD. Asthma und eine Atemwegs-Hyperreagibilität können die Atemwege ausschlaggebend beeinflussen. Eine chronische Bronchitis kann die Anzahl und die Stärke der Exazerbationen beeinflussen. Und auch Infektionen, insbesondere in der Kindheit, gehen mit einer reduzierten Lungenfunktion einher und erhöhen die respiratorischen

Symptome im Erwachsenenalter (Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease, Inc., 2019).

2.2.5 Symptome

Erste Anzeichen für eine COPD sind das schnelle außer Atem kommen unter Belastung und die innerhalb kürzester Zeit spürbare körperliche Erschöpfung. Betroffene haben oftmals gar nicht das Gefühl krank zu sein, oder geben dem Rauchen Schuld an der Erschöpfung und der Atemnot. Auch der Raucherhusten kann ein erstes Anzeichen für eine COPD sein, vor allem, wenn dieser sich schon über mehrere Jahre hinweg zieht. Daraufhin folgen, wie in der dritten Definition schon beschrieben, die Hauptsymptome einer COPD: chronischer Husten, Auswurf und Atemnot, dies jedoch anfangs nur unter Belastung (Bundesärztekammer, 2016). In der Literatur werden die Symptome als **AHA** Symptome beschrieben: **A**uswurf, der beim Husten hervorgebrachte Schleim aus den Atemwegen; **H**usten, vor allem am frühen Morgen; **A**temnot, die zunächst nur unter körperlicher Belastung auftritt, später auch schon in Ruhe (COPD-Deutschland e.V., 2018). Schlussfolgerung vieler Betroffenen ist fälschlicherweise, dass Belastung nicht gut für sie ist, da sie in Atemnot geraten könnten. Husten und die vermehrte Schleimproduktion sind zudem gerade bei sozialen Anlässen nicht sehr angesehen, dazu kommt das Gefühl der Überblähung (Atemnot), sodass Angst und Unsicherheit immer größer werden. Die Betroffenen fangen an, ihr Umfeld zu meiden. Hinzu kommen außerdem die vermehrte Müdigkeit, Abgeschlagenheit und zum Teil auch Konzentrationsschwäche. Alles Faktoren und Gründe, die eigenen vier Wände nicht mehr zu verlassen. Daraus resultiert eine Abwärtsspirale, die es zu durchbrechen gilt.

2.2.6 Diagnose

Diagnostiziert wird COPD meist erst relativ spät. Auf Grund der relativ unscheinbaren Symptome, die leicht mit einem Raucherhusten oder einer Erkältung zu verwechseln sind, gehen die Betroffenen meist erst zum Arzt, wenn es oftmals schon viel zu spät ist. Oder der erste Krankenhausaufenthalt bringt den wahren Grund des chronischen Hustens zu Tage. Deswegen schreibt die GOLD Leitlinie 2019, dass jeder mit Dyspnoe, einem chronischen Husten oder Sputum Produktion (Schleimauswurf) oder/und in der

Vergangenheit mit oben beschriebenen Risikofaktoren in Kontakt gekommen ist, in Betracht gezogen werden sollte (Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease, Inc., 2019).
Ein Lungenfacharzt kann zunächst mit den richtigen Untersuchungen eine exakte Diagnose stellen. Dazu gehören die Blutgasanalyse, wobei die Blutentnahme zumeist am Ohr erfolgt, somit die Messung des Sauerstoffpartialdrucks und des Kohlendioxidpartialdrucks im Blut. Zudem wird mittels Röntgenaufnahme der Zustand der Lunge kontrolliert. Die wichtigste Untersuchung für die vorliegende Arbeit ist jedoch der Lungenfunktionstest, anhand der Ergebnisse der Arzt dann die richtige Diagnose stellen kann. Der Lungenfunktionstest zeigt durch die forcierte Ausatmung an, wieviel Luft durch die verengten Atemwege fließt.

Lungenfunktionsparameter und Spirometrie

Der **FEV**-Wert, also das *‚**f**orcierte **e**xspiratorische **V**olumen‘* (FEV) ist für die vorliegende Arbeit von zentraler Bedeutung, weshalb darauf etwas näher eingegangen wird.
Der für die Studie verwendete digitale Funktionstest bei COPD von der Firma CEGLA misst die FEV1- und die FEV6-Werte. Der digitale Lungenfunktionstest wurde verwendet, um die Messungen direkt im Feld durchführen zu können.

Einsekundenkapazität (**FEV1**) „bezeichnet die Menge an Luft, die [bei forcierter Ausatmung] in der ersten Sekunde der FEV-Messung ausgeatmet wird. Dieser Wert ist einer der wichtigsten Parameter bei der Lungenfunktionsdiagnostik.“ (COPD-Deutschland e.V., 2018, p. 19). Der FEV1-Wert ist ein besonders wichtiger Wert für die Diagnose einer COPD, da eine Obstruktion der Atemwege zu einer Verringerung des FEV1-Wertes führt.
Sechssekundenkapazität (**FEV6**) bezeichnet die Menge an Luft, die [bei forcierter Ausatmung] in den ersten sechs Sekunden der FEV-Messung ausgeatmet werden.

Alle Patienten müssen zur Einstufung der COPD eine Spirometrie durchführen, diese ist Teil der Lungenfunktionsmessung. Weitere Messungen sind unter anderem beispielsweise der Peak Flow, die Vitalkapazität und der Tiffeneau-Index. Die Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease hat versucht die Einstufungen einer COPD zu standardisieren. Wie man in nachfolgender Abbildung (Abbildung 5) sehen kann, unterteilt die GOLD eine COPD in vier Krankheitsgrade.

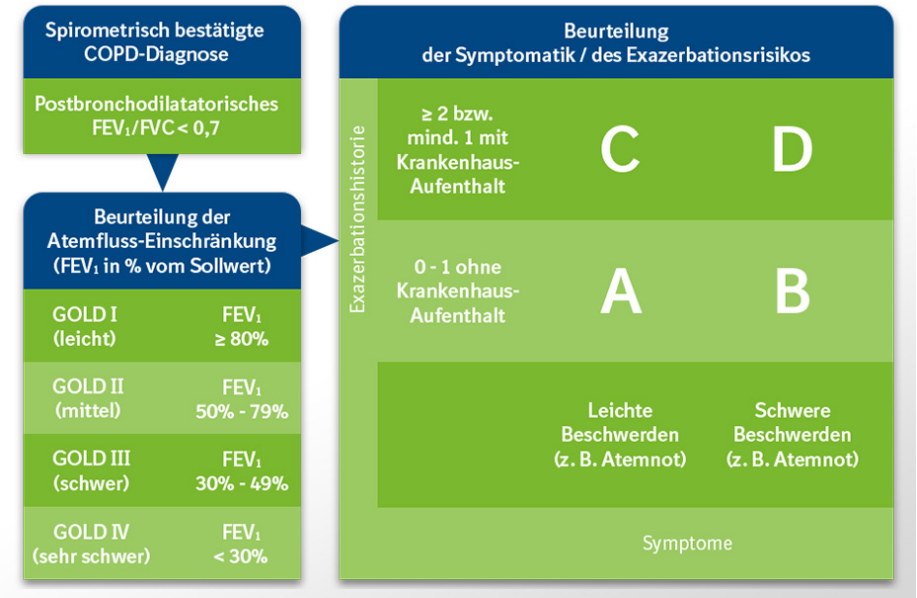

Abbildung 5: Die Einteilung der COPD Grade nach dem GOLD Standard und die Beurteilung der Symptomatik / des Exazerbationsrisikos (https://www.copd-aktuell.de/sites/default/files/content/copd-schweregrad-symptome.jpg)

Diese Einstufung soll helfen, die Atemwegseinschränkungen zu determinieren, die Auswirkungen auf den Gesundheitszustand des Patienten verbessern und das Risiko zukünftiger Ereignisse, wie beispielsweise Exazerbationen oder Krankenhausaufenthalte, zu minimieren. Um die richtige Therapie anwenden zu können, sollten nach GOLD folgende vier Punkte untersucht werden:

- Das Vorhandensein und die Schwere der spirometrischen Abnormalitäten
- Derzeitige Merkmale und Ausmaß der Symptome des Patienten
- Historie mittelgradiger und schwerer Exazerbationen und zukünftigen Risiken
- Vorhandensein von Komorbiditäten (Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease, Inc., 2019).

Auf Grund der schwachen Korrelation zwischen dem FEV1-Wert, den Symptomen und der Beeinträchtigung des Gesundheitszustandes des Patienten, sollten die Symptome zusätzlich formell bewertet und dann eingestuft werden.

Die Symptome werden dafür in die Kategorien A/B/C/D eingestuft. Diese Einteilung soll die Häufigkeit der Exazerbationen und Krankenhausaufenthalte wiedergeben und hilft bei einer genaueren Einstufung in die unterschiedlichen Schweregrade.

Zusammen kann dann nach richtiger Diagnose ein optimaler Behandlungsplan für den Patienten erstellt werden.

Nach diesem Vorgehen werden die Patienten auch in der Fachklinik Allgäu beurteilt und in die unterschiedlichen Gruppen eingeteilt.

2.2.7 Behandlung

Zu einer umfassenden Behandlung von COPD gehören folgende multifaktorielle Maßnahmen: das pharmakologische Management, die Patientenschulung, die Raucherentwöhnung, Grippe- und Pneumokokken-Impfungen, Depressions- und Angstmanagement sowie Lungenrehabilitationsprogramme und falls nötig eine Sauerstofftherapie auch für zuhause (Agrawal, Moghtader, Ayyala, Bandi, & Sharafkhaneh, 2019).

Der wichtigste Behandlungsbestandteil ist die Raucherentwöhnung. Da das Rauchen der Hauptrisikofaktor ist, ist es essentiell, dass Betroffene schnellstmöglich mit dem Rauchen aufhören. Nikotinpflaster und andere Nikotinersatzmittel können eine unterstützende Wirkung haben, um eine dauerhafte Abstinenz zu erreichen (Agrawal, Moghtader, Ayyala, Bandi, & Sharafkhaneh, 2019).

Dem hinzuzufügen sind Schutzimpfungen. Agrawal et al. schreiben in ihrem Review, dass das Risiko einer Exazerbation bei geimpften Patienten signifikant niedriger ist als bei solchen, die nur eine Placebo-Impfung erhielten. Die Grippeimpfung beispielsweise reduziert Krankenhausaufenthalte auf Grund von geringeren Atemwegsinfektionen, die zu Krankenhauseinweisungen und sogar zum Tod bei COPD Patienten führen können. (Agrawal, Moghtader, Ayyala, Bandi, & Sharafkhaneh, 2019).

Zusätzlich wird eine COPD pharmakologisch behandelt. Ziele einer Arzneimitteltherapie sind erstens die Linderung der Symptome, zweitens die Reduktion zukünftiger Komplikationen, akute Exazerbationen miteingeschlossen, und drittens eine Verbesserung der Belastungstoleranz und der Lebensqualität. Die Therapie basiert auf dem individuellen Phänotyp (Erscheinungsbild) des COPD-Patienten und den Stratifikationen nach GOLD (Singh, et al., 2019). Da die medikamentöse Therapie für die vorliegende Studie nicht weiter von Bedeutung ist, wird darauf nun nicht weiter eingegangen. Wichtiger dafür ist die Behandlung einer COPD mit Hilfe von multifaktoriellen Rehabilitationsprogrammen. Ambulant oder stationär können Patienten mit COPD an solchen Programmen teilnehmen. Unter anderem erhalten die Betroffenen Unterstützung, um besser mit der Krankheit umgehen zu können. Sie erlernen verschiedene Strategien, wie beispielsweise Atemtechniken, psychologische Betreuung oder Ernährungsschulungen. Außerdem wird versucht, die körperliche Leistungsfähigkeit zu steigern, um so die Symptome zu verbessern. Mögliche Anwendungen dabei sind Physiotherapie(n), Ausdauer- und/oder Krafttraining, Atemtherapien und ähnliches (Agrawal, Moghtader, Ayyala, Bandi, & Sharafkhaneh, 2019).

3 Forschungsstand

Im Folgenden soll der allgemeine Forschungsstand in Bezug auf Krafttraining beschrieben werden. Dabei wird auf die Effekte einer Rehabilitation mit unterschiedlichen Trainingsmodalitäten eingegangen. Dann wird der spezielle Forschungsstand im Hinblick auf ein Krafttraining bei Menschen mit COPD erörtert. Danach wird ein weiter Blick auf den aktuellen Forschungsstand zum Thema COPD und Lungenfunktionsparameter zu werfen. Abschließend soll therapieübergreifend herausgefunden werden, ob es schon Studien zum Thema Lungenfunktion gibt.

3.1 Allgemeiner Forschungsstand

In Rehabilitationsprogrammen werden zahlreiche unterschiedliche Therapien angeboten. Wissenschaftliche Belege für die Effizienz solcher Anwendungen sind nicht immer vorhanden. Daraus resultiert eine Uneinigkeit über die Verwendung der Therapien. Voraussetzung für eine erfolgreiche Rehabilitation ist maßgeblich der motivierte Patient. Darüber hinaus kann gesagt werden, dass die wesentlichen Ziele einer pneumologischen Rehabilitation die Verbesserung der Lebensqualität, die Verbesserung der psychischen und physischen Alltagsbewältigung sowie die Linderung der Beschwerden sind (Vogelmeier, et al., 2018). Um diese Ziele zu erreichen, werden in den Rehabilitationskliniken unterschiedliche Behandlungen angeboten.

Laut Vogelmeier et al. wird bereits im Bericht der 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) geschrieben, dass körperliches Training Teil der Langzeittherapie sein sollte (Vogelmeier, et al., 2007). Belegt werden die Trainingseffekte durch randomisierte und kontrollierte Studien, sodass, so die Autoren, die generelle Wirksamkeit der Trainingstherapie bei einer COPD mit einem hohen Evidenzgrad als gesichert angesehen werden kann (Vogelmeier, et al., 2007). Weiterer Forschungsbedarf bestehe weiterhin bezüglich der Trainingsmodalitäten (Puhan, Schünemann, Frey, Scharplatz, & Bachmann, 2005). In den heutigen Rehabilitationseinrichtungen wird zumeist ein breites Band an Therapien angeboten. Darunter Ausdauertraining, Krafttraining, Atemübungen, Funktionstraining, Therapeutisches Treppensteigen, Physiotherapie, was nur einige der Angebote sind. Puhan et al. vergleichen die Trainingsmodalitäten und konnten zeigen, dass von den 15

eingeschlossenen RCTs (**R**andomized **C**ontrolled **T**rials), Krafttraining zu einer größeren Verbesserung der HRQL (Health-related quality of life) führte als ein Ausdauertraining (Puhan, Schünemann, Frey, Scharplatz, & Bachmann, 2005). Jedoch muss hinzugefügt werden, wie die Autoren selbst schreiben, dass die ausgewählten Studien kaum die selbst benannten Qualitätsmerkmale erreichen (Puhan, Schünemann, Frey, Scharplatz, & Bachmann, 2005). Aber auch Göhl schreibt in seinem Buch ‚Training bei COPD', dass gerade ein Krafttraining bei COPD immer noch unterschätzt und zu wenig eingesetzt wird (Göhl, 2012). Weiter schreibt er: „Durch keine andere Maßnahme können Muskelmasse und -kraft so gezielt verbessert werden wie durch Krafttraining" (Göhl, 2012, p. 90).
Daraus kann nun geschlossen werden, dass je nachdem, welche Ziele die Rehabilitationseinrichtung verfolgt, der Fokus der einzelnen körperlichen Therapien und Anwendungen ein anderer sein kann.
Daher soll nun im Speziellen noch einmal der Fokus auf das Krafttraining mit allgemein älteren Menschen, sowie insbesondere COPD-Patienten gelegt werden.

3.2 Spezieller Forschungsstand

3.2.1 Krafttraining

Studien zu ‚Exercise and COPD' gibt es zahlreiche. Die Datenbanken bzw. Suchmaschinen Pub Med und Google Scholar zeigen etliche Ergebnisse an: Pub Med: 7845 (Abruf am 13.01.2020) und Google Scholar: ungefähr 251.000 (Abruf am 13.01.2020). Ersetzt man das Wort ‚Exercise' jedoch mit ‚Strength Training', sieht die Datenlage schon anders aus: Pub Med: 536 und Google Scholar: 47.500 Ergebnisse (Abruf am 13.01.2020).
Die Studien unterscheiden sich bezüglich ihres Studiendesigns. Reviews zeigen deutlich, dass es qualitative Unterschiede bei der Methodik und auch bei der Auswahl des Studiendesigns gibt.

Da die COPD eine Erkrankung der zweiten Lebensphase ist, können auch Studien zu betagten und älteren Menschen hilfreich bei der Ermittlung eines Hypertrophie-Krafttrainings sein. Ältere Menschen und an COPD erkrankte Menschen haben oftmals mit Muskelschwund und Gewichtsverlust zu kämpfen. Dem entgegenzuwirken wurde für die vorliegende Studie ein Hypertrophie-Krafttraining ausgewählt, welches nun im Folgenden näher erläutert und diskutiert werden soll.

Definiert wird ein Hypertrophie-Krafttraining im Wesentlichen durch die totale Ausschöpfung der muskulären Energiedepots durch einen Reiz (Training) mit submaximalen Lasten. Ziel ist ein Zuwachs der Muskelmasse. Um eine Hypertrophie auszulösen, müssen die relativ hohen Muskelspannungen über einen längeren Zeitraum aufrecht erhalten werden (Lottmann, 2002). Dabei gilt es verschiedene Methoden und Ansätze zu berücksichtigen.

Studien haben gezeigt, dass ein Krafttraining in allen Lebensspannen möglich und sinnvoll ist (Mayer, et al., 2011); (Lai, Tu, Wang, Huang, & Chien, 2018). Das Forschungsteam um Mayer et al. durchsuchte die Datenbank Pub Med im Zeitraum von 2005 bis 2010 nach Studien mit den Suchworten wie beispielsweise ‚strength training AND elderly'; ‚resistance training AND elderly' und/oder ‚muscle force AND elderly' ab. Den Fokus legte das Forscherteam dabei auf die Aktualität der Studien und auf die Untersuchung der Effekte eines Krafttrainings. Sie haben mehr als 1500 Veröffentlichungen gefunden. Zusammengefasst schreiben die Autoren, dass ein typisches Krafttraining mit dem Ziel einer Hypertrophie der Muskulatur mindestens 3-mal pro Woche durchgeführt werden soll, für einen Zeitraum von 8-12 Wochen. Dem kann hinzugefügt werden: je länger der Trainingszeitraum, desto höher der Trainingseffekt. Zudem schreiben sie, dass ein klassisches Trainingsprogramm aus drei bis vier Sätzen mit circa 10 Wiederholungen pro Muskelgruppe besteht und einer Intensität von circa 80% des One-Repetition-Maximums (Mayer, et al., 2011).
Somit kann abschließend gesagt werden, dass die Trainingsmodalitäten sich nicht von einem regulären Krafttraining für junge Menschen unterscheiden. Dennoch sollten bei einem Krafttraining mit höheren Intensitäten bei älteren Menschen einige Komponenten beachtet werden.

Gerade im Alter haben viele Menschen mit ganz unterschiedlichen Erkrankungen zu kämpfen. Deshalb sind bei einem Krafttraining mit älteren kranken Menschen einige Parameter zu berücksichtigen. So benennt Göhl zusammengefasst folgende Veränderungen des Körpers im Alter und im Speziellen bei COPD (Göhl, 2012):
Altern ist ein ganz natürlicher Prozess, bei dem sich die folgenden Strukturen und Organe im Körper verändern. Im **Muskel** nehmen die Muskelmasse und die Muskelkraft ab, die Muskelfasertypenverteilung verschiebt sich, es können Verkürzungen und Überlastungen entstehen. Die **Knochen** werden dünner, Osteoporose kann die Folge sein. Bänder und Sehnen verlieren an Elastizität. Das **Herz** wird schwerer und muss erhöhten Druck-

Belastungen auf Grund der COPD aushalten. Die Pumpleistung verringert sich. Die Ruhe- und Belastungsfrequenz ist bei vergleichbarer Belastung höher. In der **Lunge** nimmt die Anzahl der funktionierenden Lungenbläschen ab, wodurch der Gasaustausch nicht mehr optimal stattfindet. Die Atemwege verändern sich und die Leistung ist verringert. Die **Gefäße** verhärten und verdicken, die Elastizität nimmt ab. Die Fließeigenschaften des **Blutes** nehmen ab, wohingegen die Viskosität zunimmt. Zuletzt sinkt der **Stoffwechsel,** die Muskulatur ist mit weniger Kapillaren versorgt, die Enzyme zur Energiegewinnung, sowie die Energiespeicher sinken. Der Fettstoffwechsel wird schlechter und die Anzahl der Mitochondrien nimmt ab. Daraus resultierend wiederrum eine sinkende Erholungsfähigkeit des Körpers (Göhl, 2012).

Durch ein allgemeines körperliches Training kann die Erholungsfähigkeit wieder gesteigert werden. Da COPD nicht nur als Atemwegserkrankung betrachtet werden sollte, sondern auch den ganzen Organismus betrifft, ist es sinnvoll, diesen bei der Effektivität der Trainingsinhalte zu beachten. Durch ein Hypertrophie-Krafttraining, wie zuvor beschrieben, kann Muskulatur aufgebaut und der Muskelatrophie entgegengewirkt werden. Wright et al. konnten zeigen, dass ein 12-wöchiges hypertrophierenden Maximalkrafttraining positive Auswirkungen auf die Lungenfunktionsparameter, die gesundheitsbezogene Lebensqualität und die Ausdauerleistungsfähigkeit von COPD-Patienten hat (Wright, Heck, Langenkamp, Franz, & Weber, 2002). Sie untersuchten 21 Probanden im Alter von 56,5 (+/- 6,9) Jahren mit einem Körpergewicht von 73,2 kg (+/- 21,9) und einem FEV1-Wert von 54,9% (+/- 13,8). In der Kontrollgruppe befanden sich sieben Probanden. Zu Beginn und nach Beendigung des 12-wöchigen Trainingsprogramms absolvierten beide Gruppen umfangreiche Ein- und Ausgangstests. Das Krafttraining beinhaltete acht Übungen, die jeweils möglichst große Muskelgruppen trainieren sollten und unter Einsatz kinetischer Ketten durchgeführt wurden. Es wurde an elektro-mechanischen Geräten trainiert (Wright, Heck, Langenkamp, Franz, & Weber, 2002).

Auch Simoes und Vogiatzis, 2018 schreiben in ihrem Review, dass ein Krafttraining mit Gewichten eine wichtige Komponente bei der Erhöhung der Skelettmuskelmasse ist (Simoes & Vogiatzis, 2018). Sie schreiben zudem, dass die Bewegung im Alltag nicht ausreicht, um folgende körperliche Prozesse anzuregen. Sportliches Training fördert eine erhöhte Kapillarisierung, sowie erhöhte Plastizität der Faser-Typen, Hypertrophie und Funktion der Muskulatur (Simoes & Vogiatzis, 2018). Dennoch gilt es hierbei zu beachten, wie die Autoren herausfanden, dass die Adaptionen bei COPD-Patienten deutlich geringer sind als bei gleichaltrigen, gesunden Kontrollpersonen. Hochintensive Aktivitäten mit mehr als Wpeak (Watt peak) >/= 80% fördern die Verbesserung der körperlichen

Belastbarkeit. Hierbei gilt es jedoch zu beachten, dass dies wiederum nur für gesunde Personen gilt. COPD-Patienten mit einer eingeschränkten ventilatorischen Kapazität sind gewöhnlicher Weise nicht in der Lage, die hohe Intensität über einen ausreichenden Zeitraum aufrecht zu erhalten (Simoes & Vogiatzis, 2018). Liegt die Intensität bei einem Trainingszeitraum von acht bis zwölf Wochen jedoch unter Wpeak 60%, so zeigten mehrere Studien keine Auswirkungen dieses Trainings auf die Muskelhypertrophie und Faser-Typ Verteilung bei Patienten mit COPD (Vogiatzis, Simoes, & Sratakos, 2010) (Vogiatzis, Terzis, & Stratakos, 2011).

Um ein Hypertrophie-Krafttraining adäquat mit einem trainingswirksamen Reiz gestalten zu können, sollte im Voraus eine Leistungsdiagnostik durchgeführt werden. Um die Maximalkraft zu ermitteln, gibt es unterschiedliche Verfahren: Zum einen das 1-Repetition-Maximum (1RM) und zum anderen das Last-Wiederholungs-Verhältnis (LWV) (Lottmann, 2002). In der Trainingswissenschaft wird vor allem die Maximalkraftbestimmung als Bezugsgröße für eine „normierte Belastungsintensität“ verwendet, auf dessen Basis dann die weiteren Belastungsmodalitäten, wie Umfang, Dichte etc., festgelegt werden. Die Maximalkraft dient auch im weiteren Trainingsverlauf als Steuergröße sowie als Hinweis auf einen möglichen Trainingserfolg. In der sportmedizinischen Literatur wird im Wesentlichen zwischen objektiven, semiobjektiven und subjektiven Verfahren unterschieden (Hollmann, 1990). Da für die vorliegende Arbeit die LWV-Verfahren und die BORG-Skala verwendet werden, sollen nur diese beiden Verfahren im folgenden Abschnitt näher diskutiert werden.

Das 1RM bedeutet einen enormen Stress für die Muskulatur, die Knochen und umliegenden Strukturen wie Bänder und Sehnen (Brzycki, 1993). Daher ist es fraglich, ob das 1RM neben gesunden, jungen Menschen auch für ältere Menschen und insbesondere bei Menschen mit COPD auf Grund der zu hohen Intensitäten in Frage kommt. Schon 1993 beschreibt Brzycki, dass durch die Durchführung eines 1RM, auf Grund des hohen Stressfaktors für die Gewebe, Verletzungen auftreten können, wenn der Stress die Reißfestigkeit der strukturellen Komponenten überschreitet. Zusätzlich kann eine 1RM-Durchführung zu einer deutlichen Erhöhung des Blutdrucks führen. Diese Auswirkung ist bei gewissen Populationen wie Älteren oder Atemwegspatienten nicht geeignet (Brzycki, 1993). Eine andere Erhebungsmethode zur Bestimmung der Maximalkraft ist, wie schon beschrieben, das LWV-Verfahren, um daraus dann adäquat die Probanden für ein optimales Hypertrophie-Krafttraining einzustufen zu können.

Das **LWV-Verfahren** basiert auf „dem Verhältnis zwischen einer relativen Last und den dabei maximal zu bewältigenden vollständigen Wiederholungen. Es wird hierbei davon ausgegangen, dass es eine enge und definierbare Beziehung zwischen der Lasthöhe und den jeweils möglichen Wiederholungszahlen gibt, was bedeutet, dass jede Wiederholungszahl einer definierten Prozentangabe von Fmax [Maximalkraft] zugeordnet werden kann“ (Lottmann, 2002, p. 30). Allerdings, so schreibt die Autorin, sind die Literaturangaben diesbezüglich sehr widersprüchlich und lassen daran zweifeln, ob die Maximalkraftabschätzung tatsächlich über ein LWV objektive Werte liefern kann (Lottmann, 2002).

Dies spiegelt den aktuellen Stand der Literatur gut wider, da sich die Autoren in diesbezüglichen Studien immer noch sehr uneinig über die Genauigkeit und Objektivität sind (Scharhag-Rosenberger, et al., 2014); (Lottmann, 2002); (Carpinelli, 2011); (van Gestel & Teschler, 2010). So ist beispielsweise auch anzumerken, dass es große Unterschiede zwischen trainierten und untrainierten Personen gibt, aber auch zwischen den oberen und unteren Extremitäten (Carpinelli, 2011). Trotz alledem kann gesagt werden, dass dies eine gute, alternative Methode zur Ermittlung der Maximalkraft gerade bei Älteren und Personen mit gewissen Erkrankungen ist.

Auch in dem Buch ‚Physiotherapie bei chronischen Atemwegs- und Lungenerkrankungen‘ von van Gestel und Teschler wird auf die Verwendung der sogenannten Oddvar-Holten-Kurve (Abbildung 10) verwiesen (van Gestel & Teschler, 2010). Auf diese Kurve wurde auch in vorliegender Arbeit zurückgegriffen, um ein individuelles Hypertrophie-Krafttraining gestalten zu können. Zusätzlich dazu wurde auch das individuelle Belastungsempfinden der Probanden mittels subjektivem Belastungsempfinden anhand der modifizierten BOPG-Skala bei der Einstufung der Gewichte für das Krafttraining berücksichtigt.

Göhl schreibt, dass bei einem Training mit Atemwegserkrankten zwischen dem ‚Grad der körperlichen Anstrengung‘ und dem ‚Grad der Atemnot‘ unterschieden wird (Göhl, 2012). Beides wurde auch bei den Probanden der vorliegenden Studie erfragt. Sinnvoll ist die Befragung allerdings nur insofern, wenn das Anstrengungsempfinden so ehrlich und spontan wie möglich angegeben wird. Dabei ist zu beachten, dass die Wahrnehmung, laut Göhl (2012), sehr individuell ist und auch Angst und die Umgebungsfaktoren, wie Hitze, Nebel oder Kälte, die Atemarbeit und somit die Wahrnehmung beeinflussen (Göhl, 2012). Die BORG-Skala (Abbildung 6) reicht von den Zahlen 0 = bester Zustand bis 10

= schlechtester Zustand, diese werden dann dem aktuellen Befinden zugeordnet (Göhl, 2012).

Borg-Skala		Interpretationshilfen			
		Intensität	körperliche Anstrengung	Atemnot	Zeit
0 0,5 1 2 3	Keine Anstrengung / Atemnot Sehr, sehr leicht Sehr leicht Leicht Mäßig		▸ sich unterfordert fühlen ▸ den Eindruck haben noch um ▸ einiges länger weitertrainieren zu können	die Atmung ist noch nicht oder nur leicht wahrnehmbar	Stunden
4 5 6	Etwas anstrengend / ziemlich Anstrengend / schwer		▸ deutliche körperliche Anstrengung ▸ zunehmende Ermüdung ▸ man ist froh, wenn der Durchgang / die Zeit vorbei ist	die Atmung ist deutlich spürbar, aber noch kontrollierbar	Minuten
7 8 9 10	Sehr anstrengend / schwer Sehr, sehr anstrengend / schwer Maximal		▸ sich körperlich überlastet fühlen: ggf. Schmerzen, Unwohlsein ▸ die Anstrengung zwingt zum baldigen bzw. sofortigen Abbruch der Belastung	die Atemnot zwingt zum baldigen bzw. sofortigen Abbruch der Belastung	Sekunden

Abbildung 6: Die modifizierte BORG-Skala und ihre Interpretationshilfen vom 18.01.2020 https://www.atemmuskeltraining.com/de/patienten/stenoseatmung/borg-skala

3.2.2 COPD und Lungenfunktionsparameter

In der Literatur herrscht Uneinigkeit, was die Auswirkungen einer physikalischen Behandlung auf die Lungenfunktionsparameter betrifft. Je nachdem was untersucht wurde, unterscheiden sich die Ergebnisse bezüglich der Effektivität physikalischer Anwendungen. Unterschieden werden muss die Behandlungs-/Anwendungsart sowie der Betrachtungspunkt auf die Lungenfunktion. Wreight et al. (2002) haben schon die Auswirkungen eines Hypertrophie-Maximalkrafttrainings untersucht und, wie schon beschrieben, positive Effekte feststellen können (Wright, Heck, Langenkamp, Franz, & Weber, 2002). Dabei konnten Sie nach einer 12-wöchigen Interventionszeit allerdings keine signifikanten Effekte des Krafttrainings auf den FEV1-Wert feststellen (Wright, Heck, Langenkamp, Franz, & Weber, 2002). Das Team um Wright führte mit den Probanden ein Krafttraining für den ganzen Körper durch.

Ein Vergleich der Effekte eines Trainings der oberen Extremitäten, der unteren Extremitäten, sowie mit einem kombinierten Training auf die Leistungsfähigkeit zeigt, dass es keinen Unterschied zwischen den einzelnen Gruppen in Bezug auf die Lungenfunktion

gab (Elmorsy, Mansour, & Okasha, 2012). Dennoch fügen die Autoren hinzu, dass die gewählten Übungen nicht dafür ausgelegt waren da sie keinen Effekt auf die Struktur der Lungengewebes sowie keine Verbesserung der Dehnfähigkeit der Atemmuskulatur hatten (Elmorsy, Mansour, & Okasha, 2012). Gerade jene genannten Aspekte sollten bei vorliegender Studie durch ein Krafttraining angesprochen werden.
Nun soll im Speziellen der Fokus auf ein Krafttraining des Oberkörpers auf den FEV1-Wert und die Lungenfunktion im Allgemeinen gerichtet werden. Eine iranische Forschergruppe untersuchte die Effekte eines Ausdauertrainings sowie eines Krafttrainings auf die Lungenfunktion (Khosvari, Tayebi, & Safari, 2013). Sie untersuchten 37 gesunde inaktive Frauen, die randomisiert in vier Gruppen aufgeteilt wurden: Gruppe 1 ohne Training als Kontrollgruppe, Gruppe 2 führte ein Ausdauertraining durch, Gruppe 3 das Krafttraining und Gruppe 4 führte ein Ausdauertraining in Kombination mit einem Krafttraining durch. Die Probandinnen trainierten für 8 Wochen 3-mal pro Woche. Ein Spirometrie-Test wurde 24 Stunden vor und nach dem Training durchgeführt. Die Ergebnisse der Studie zeigen, dass sowohl das Ausdauertraining als auch das Krafttraining signifikante ($p<0,05$) Effekte auf die Lungenfunktion (Vitalkapazität (VC), forcierte Vitalkapazität (FVC) und ‚forced expiratory flow') haben. Sie konnten jedoch keine signifikanten Auswirkungen auf den FEV1 und FEV1/FVC ratio feststellen. Die Ergebnisse könnten bei einer anderen Übungsauswahl anders aussehen, die Probandinnen führten bei dem Krafttraining acht Übungen durch: Sie trainierten primär die Beine; es wurden kaum Übungen für den Oberkörper durchgeführt (Khosvari, Tayebi, & Safari, 2013).

Direkte Effekte einer einzigen Manuellen Therapie Session (MT) auf die Atemfunktion und die inspiratorische Muskelkraft bei Patienten mit COPD zeigt die Studie von Yilmaz Yelvar et al. (Yilmaz Yelvar, Çirak, Parlak Demir, Dalkilinç, & Bozkurt, 2016). Sie untersuchten 30 Probanden (acht weiblich, 22 männlich; Durchschnittsalter: 62,4 Jahre +/-6,8) mit schwerer COPD. Die Probanden nahmen im Rahmen einer Lungen-Physiotherapie an einer einzigen MT-Session teil, um die kurzzeitigen Effekte zu untersuchen. Die Lungenfunktion wurde mit einem tragbaren Spirometer vor und nach der Intervention gemessen. Die Dauer der MT-Session betrug 45 min und beinhaltete unterschiedliche MT-Techniken. Alle Probanden genossen die Behandlung und würden sie anderen empfehlen. Die Ergebnisse der Untersuchung zeigen, dass es signifikante Verbesserungen bezügliche der untersuchten Parameter (in Liter) FVC (Pre: 1,96 +/-0,7; Post: 2,05 +/-0,6), FEV1 (Pre: 0,99 +/-0,4; Post: 1,13 +/-0,4) und VC (Pre: 1,82 +/-0,4; Post: 1,95 +/-0,7) Werte gibt ($p<0,05$). Zudem konnten die Autoren eine signifikante Senkung der

Herzfrequenz und respiratory rate feststellen ($p<0,05$). Sie schließen daraus, dass schon eine einzige MT-Session sofortige und positive Effekte auf die Lungenfunktion sowie die inspiratorische Muskelkraft bei Menschen mit COPD haben. Folglich sollte, laut Autoren, MT als neue Alternative zu den Lungenrehabilitationsprogrammen hinzugefügt werden. (Yilmaz Yelvar, Çirak, Parlak Demir, Dalkilinç, & Bozkurt, 2016)
Da Patienten bei einer solchen MT-Session aber nicht aktiv, sondern eher passiv wirken, könnte sich dies negativ auf die Selbstwirksamkeit bei dem Krankheitsprozess auswirken. Durch ein Krafttraining könnten die Patienten die Selbstwirksamkeit verbessern und selbst aktiv ihren Krankheitsverlauf beeinflussen. Somit sind und wären sie nicht an einen wöchentlichen Termin bei einem Physiotherapeuten gebunden, sondern könnten je nach Tagesablauf und Bedarf das Krafttraining selbständig durchführen.

3.3 Hypothese

Aus dem grade beschriebenen Forschungsstand geht folgende Annahme hervor:

Gezieltes Krafttraining des Oberkörpers verbessert das forcierte exspiratorische Volumen.

Die Hypothese begründet sich einerseits aus der Übungsauswahl. Die Übungen wurden so gewählt, dass der Oberkörper nicht nur gekräftigt, sondern auch gleichzeitig mobilisiert wird. Folgende drei Übungen wurden dazu ausgewählt: Der Latissimuszug, die Trizepsstemme (Dips) und der Butterfly. Die Übungen werden im darauffolgenden Methodik Teil näher beschrieben. Zudem ist als Trainingsform ein Hypertrophie-Krafttraining verwendet worden. Diese Trainingsform wurde gewählt, da viele COPD-Patienten auf Grund der vermehrten Atemarbeit viele Kalorien verbrennen und im Krankheitsverlauf immer mehr an Gewicht verlieren. Dabei wird nicht nur Fett abgebaut, auch die Muskeln atrophieren. Um dem Muskelabbau entgegenzuwirken kann ein Muskelaufbautraining, also Hypertrophie-Krafttraining, sinnvoll sein. Bei Patienten mit COPD wird die Atemarbeit zudem durch „erhöhte Atemwegswiderstände, erhöhte Atemfrequenz und ungünstige Faserlänge der Atemmuskulatur, bedingt durch die Überblähung mit Abflachung des Zwerchfells und Verkürzung der Muskelfasern, negativ beeinflusst“ (van Gestel & Teschler, 2010, p. 50). Durch das spezifische Krafttraining mit den drei gewählten Übungen sollen bewusst jene Prozesse angesteuert werden. Eingeatmet wird bei exzentrischer

Muskelarbeit in eine Einatemstellung. Danach wird bei der Ausatmung konzentrisch und aktiv in eine Ausatemstellung gearbeitet. Die Ausatmung erfolgt zudem über die bewusste Lippenbremse, bei der die Lippen wie beim Pfeifen leicht angespitzt werden, sodass die Luft langsam und gleichmäßig gegen diesen Widerstand entweichen kann. Der Widerstand erzeugt einen Gegendruck, der sich „von den oberen Atemwegen in die unteren Atemwege fortsetzt und so verhindert, dass dort die kleineren Bronchien kollabieren“ (Deutsche Lungenstiftung e.V., 2020) Wird die Lippenbremse korrekt angewandt, dauert die Ausatmung etwas länger als die Einatmung. Somit kann auch in der folgenden Einatmung wieder mehr frische Luft eingeatmet werden. Zudem kann durch das lange Ausatmen mit der Lippenbremse die Lunge entbläht werden, wonach wieder mehr frische Luft eingeatmet werden kann. Zusätzlich strömt die Atemluft dann bei der darauffolgenden Einatmung tiefer bis in die Alveolen, kleinsten Bronchien, wodurch der Schleim besser mobilisiert wird (Sekretmobilisation).
Während einer Muskelkontraktion verkürzen sich die Sarkomere. Die dabei entwickelten Spannungskräfte werden von den umliegenden Strukturen wie Bindegewebe und Sehnen auf die Knochen übertragen. Dadurch kann ein Muskel ein Gelenk entweder beugen oder strecken. Verkürzt sich der Agonist (Beugemuskel), so wird der Antagonist (erschlaffte Streckmuskel) passiv gedehnt. Dieser Effekt soll genutzt werden, um die zum Teil verkürzte und angespannte Muskulatur (z.B. Inspirationsmuskeln) zu lösen und elastischer zu machen.
Andererseits werden der Brustkorb, sowie die umliegenden Strukturen, wie Bänder, Sehnen und Faszien, durch die Übungen mobilisiert. Dadurch werden die im Alltag eingenommen Fehlhaltungen gelockert und gelöst. Bänder und Sehnen werden elastischer und ermöglichen einen größeren Bewegungsradius. Faszien können verkleben und durch Mobilisation können die sogenannten Crosslinks gelöst und das Fasziengewebe entfilzt werden.
Durch alle Faktoren und eine verbesserte Brustkorbbeweglichkeit und -compliance könnten sich die FEV1- und FEV6-Werte kurz- und langzeitig verbessern.

Interessant ist zudem ein Vergleich zwischen bestimmten Untergruppen. Zum einen sollen Männer und Frauen miteinander verglichen werden. Andererseits soll überprüft werden, ob es einen Unterschied zwischen den einzelnen COPD Graden nach Gold Standard sowie zwischen jungen (<65 Jahren) und älteren (>/=65 Jahren) Menschen gibt. Zusätzlich werden die Probanden nach BMI (Body-Mass-Index) aufgeteilt und untersucht.

Wie die Fragestellung mit ihrer Hypothese überprüft werden kann, wird im folgenden Kapitel beschrieben.

4 Methodik

Der folgende Abschnitt befasst sich mit dem Material und den Methoden der Studie. Dabei wird das Untersuchungsdesign dargelegt und begründet. Daraufhin werden die Probanden sowie die erhobenen Parameter ausführlich beschrieben. Im Versuchsaufbau geht es um die Beschreibung der Messzeitpunkte t0 bis t4. Zuletzt wird in Kapitel 4.5 die Versuchsdurchführung näher erläutert.

4.1 Untersuchungsdesign

Das Untersuchungsdesign der vorliegenden Studie ist eine experimentelle klinische Interventionsstudie ohne Kontrollgruppe. Die Probanden werden nach den Ausschlusskriterien rekrutiert. Jeder Patient mit COPD hatte die Möglichkeit, an der Studie teilzunehmen. Aus ethischen Gründen wurde auf eine Kontrollgruppe verzichtet. Alle Patienten der Fachklinik Allgäu sollen die Möglichkeit haben, an einem Krafttraining teilzunehmen, da wie im Aktuellen Forschungsstand (Unterkapitel 3.2.1) beschrieben, die Effektivität eines Krafttrainings als gesichert gilt. Zur Evaluation der Lungenfunktionsparameter FEV1 und FEV6 ist ein digitaler Lungenfunktionstest von der Firma CEGLA verwendet worden.

4.2 Probanden

Insgesamt nahmen 33 Patienten der Fachklinik Allgäu an der Studie teil. Alle 33 Probanden waren im Zeitraum Juli bis September 2019 Patienten der Fachklinik Allgäu. Alle Probanden haben COPD nach dem Gold Standard. Ein Mindestalter von 18 Jahren musste erreicht sein. Ein Limit oberen Alters gab es nicht. Patienten mit akuter Exazerbation durften nicht an der Studie teilnehmen. Akutes Koronarsyndrom, Herzinsuffizienz,

maligne Grunderkrankungen sowie ein Schlaganfall führten außerdem zu einem Ausschluss von der Studie. Bei unzureichenden Sprachkenntnissen war eine Teilnahme ebenfalls nicht möglich. Die Ein- und Ausschlusskriterien wurden zusammen mit dem Oberarzt für Pneumologie der Fachklinik Allgäu besprochen und werden im Versuchsaufbau näher beschrieben und tabellarisch aufgeführt. Es war den Patienten freigestellt, an der Studie teilzunehmen. Vor Studienteilnahme sollten die Patienten eine Einverständniserklärung sowie ein Einverständnis zum Datenschutz unterschreiben, um so rechtlichen Belangen zu entsprechen. Zudem wurde den Patienten ein Informationsschreiben ausgehändigt. Dieses beinhaltet in einer kurzen Zusammenfassung den Ablauf der Studie. Während der Studie trugen die Probanden bequeme Kleidung.

4.3 Erhobene Parameter

Durch die Aufnahme der Patienten in die Klinik waren soziodemographische Parameter wie Geschlecht, Alter, Gewicht sowie die Diagnose schon vorhanden. Zusätzlich wurden beim Arztgespräch auch Herzfrequenz, Sauerstoffsättigung und Puls gemessen. Die für die Studie relevanten Daten wurden mit einem digitalen Lungenfunktionsmessgerät (FEV1 und FEV6), einem Pulsoxymeter (Herzfrequenz und Sauerstoffgehalt) sowie der modifizierten BORG-Skala (Atemnot und körperliche Belastbarkeit) erhoben.
Einige dieser Parameter sind jedoch für die vorliegende Arbeit nicht von Bedeutung. Auf diese wird im Ergebnisteil nicht weiter eingegangen.

4.4 Versuchsaufbau

Die Messungen fanden im Krafttraum der Fachklinik Allgäu statt. In den Wochen vor der Studiendurchführung hat die Studienleiterin die formalen Unterlagen wie Informationsschreiben, die Einverständniserklärung und die Erklärung zum Datenschutz erstellt. Diese musste von allen Patienten vor Studienbeginn unterschrieben werden. Nach der ersten Kontaktaufnahme wurden die potentiellen Probanden noch einmal auf die Ein- und Ausschlusskriterien geprüft. Diese sind in folgender Tabelle aufgelistet (Tabelle 1).

Tabelle 1: Ein- und Ausschlusskriterien zur Teilnahme an der Studie

Einschlusskriterien	**Ausschlusskriterien**
Medizinische Diagnose COPD Grad 1-4 nach GOLD	Akute Exazerbation
Optimierte medikamentöse Therapie	Akutes Koronarsyndrom
Mit und ohne Sauerstoffsubstitution	Herzinsuffizienz
Klinisch stabil	Maligne Grunderkrankungen
Schriftliche Einwilligung zur Teilnahme an der Studie	Schlaganfall
>18 Jahre	Gehbehinderung/Rollstuhlfahrer
Männlich und weiblich	Epilepsie
	Verletzungen der oberen Extremitäten
	Unzureichende deutsche Sprachkenntnisse

Das Gerät zum digitalen Lungenfunktionstest bei COPD und Lungenemphysem von der Firma CEGLA Medizintechnik (RC-Test COPD) konnte von der Fachklinik für den Durchführungszeitraum geliehen werden. Die dazugehörigen Mundstücke bestellte die Studienleiterin bei der Firma CEGLA Medizintechnik. Der digitale Lungenfunktionstest ist ein Gerät zur Ermittlung der Lungenfunktionsparameter bei Menschen mit Atemwegserkrankungen. Das Gerät ist von der Firma CEGLA Medizintechnik zur Messung der FEV1- und FEV6-Werte entwickelt worden. „Die Einsekundenkapazität (FEV1) misst das maximal in der ersten Sekunde ausatembare Lungenvolumen. Dieser Messstandard spiegelt überwiegend eine Verengung der großen Atemwege wider. Die Sechssekundenkapazität (FEV6) hingegen ist der Standard zur Messung von Veränderungen der kleinen Atemwege […]“ (CEGLA Medizintechnik, 2019). Aus dem Verhältnis FEV1/FEV6 lässt sich somit auf die Verengung der kleinsten Atemwege schließen (CEGLA Medizintechnik, 2019). Die Gebrauchsanweisung zu dem Gerät ist vorher gründlich studiert worden, sodass die Studienleiterin die Probanden adäquat mündlich anweisen konnte. Nachdem die Probanden drei Mal maximalkräftig in das Gerät gepustet haben, wurden die Daten automatisch von dem Gerät ausgewertet. Den besten Test konnte sich die Studienleiterin dann von dem Gerät anzeigen lassen und notieren. Folgende Daten wurden von dem Gerät angezeigt: der FEV1-Wert in % des Normwertes, den Obstruktions-Index, die COPD-Klassifizierung und das FEV1/FEV6-Verhältnis (Quelle: Gebrauchsanweisung). Angezeigte Messwerte: FEV1, FEV6 absolut; FEV1, FEV6 in % des Normwertes; FEV1/FEV6 als Dezimalwert und FEV1/FEV6 in % des Normwertes

Lungenalter (CEGLA Medizintechnik, 2019). Die Normwerte stammen aus der Normwerttabelle für FEV1 (I/s) nach EGKS, das CEGLA Medizintechnik von der ERS 1994 übernommen hat (CEGLA Medizintechnik, 2019).
Die Studie ist in fünf Messzeitpunkte (t0-t4) gegliedert (Tabelle 2). Die einzelnen Messzeitpunkte werden bei der Beschreibung der Versuchsdurchführung ausführlich erläutert.

Tabelle 2: Übersicht und Beschreibung der Messzeitpunkte

T0	Einführung ins Krafttraining	- 1. Spiro-Messung - Informationsschreiben - Datenschutz
	24-48 Stunden Pause	
T1	Direkt vor dem Krafttraining	- 2. Spiro-Messung
	(Krafttraining) Keine Pause	
T2	Direkt nach dem Krafttraining	- 3. Spiro-Messung
	Zwei Stunden Pause	
T3	Ca. 2 h nach dem Krafttraining	- 4. Spiro-Messung - Aushändigung des Trainingsplans und Anweisung für die kommenden Wochen
	Durchschnittliche Anzahl der Tage zwischen t0 und t4: 12,7 Tage (min: 7; max:22)	
T4	Ende des Reha-Aufenthalts	- 5. Spiro-Messung - Besprechung der Testergebnisse

Krafttraining

Wie in Kapitel 3 ‚Aktueller Forschungsstand' schon näher beschrieben, wird in vorliegender Studie, entsprechend der aktuellen Literatur, ein Hypertrophie-Krafttraining durchgeführt. Im Folgenden werden noch einmal alle für die Studie relevanten Parameter genannt: Ziel des Hypertrophie- Krafttrainings ist eine Vergrößerung des Muskelquerschnitts und somit ein Zuwachs der Muskelleistung (Friedmann, 2009). Bei älteren Menschen findet zuerst eine verbesserte inter-/intramuskuläre Zusammenarbeit der

Muskulatur statt (Ökonomisierung), hypertrophierende Effekte stellen sich erst nach einem längeren Zeitraum ein. Zudem sollen gleichzeitig die umliegenden Strukturen, wie Bänder, Sehnen und Faszien, durch die Übungen gedehnt und mobilisiert werden. Angelehnt an die aktuelle Literatur werden drei Sätze mit jeweils 12 Wiederholungen durchgeführt. Zwischen den Sätzen wurde eine Pause von zwei Minuten gemacht. Nach jedem Satz wurde die Sauerstoffsättigung gemessen, um so eine optimale Ausgangslage für den nächsten Satz zu schaffen. Hatte der Patient Atemnot oder schlechte Sauerstoffwerte (<90 %), wurde die Pausendauer verlängert.

Übungen

Für die vorliegende Studie wurden folgenden drei Übungen ausgewählt: der Latissimuszug, die Trizepsstemme und der Butterfly. Bei allem Übungen werden die Atem-/Atemhilfsmuskeln angesprochen.

Gleichzeitig werden die umliegenden Strukturen wie Bänder und Sehnen mobilisiert und gedehnt. Zudem soll dabei auch der Brustkorb mobilisiert werden. In Kombination mit der richtigen Atemtechnik wird aus einer Einatemstellung in eine Ausatemstellung gearbeitet. Deswegen beschränken sich die Übungen auf die obere Extremität. Ein Krafttraining der Beine würde keine mobilisierenden oder dehnenden Effekte auf die Lunge ausüben. Auch wichtig zu erwähnen ist, dass je weiter eine COPD vorangeschritten ist, die Lunge krankheitsbedingt immer mehr überbläht. Durch das unvollständige Ausatmen kommt es zu einer permanenten Größenzunahme, wodurch über einen längeren Zeitraum ein chronischer Überblähungszustand entsteht. Um die Funktion der Organe sicherzustellen initiiert der Körper unbewusst Kompensationsmechanismen (van Gestel & Teschler, 2010). Die Kompensationsmechanismen äußern sich beispielsweise durch das Anheben der Schultern, um durch Mithilfe des M. pectoralis minor und teilweise auch des M. pectoralis major die Atemmuskulatur zu unterstützen. Ein weiteres körperliches Merkmal, auf Grund dessen man eine Überblähung der Lunge erkennt, ist der Fassthorax. Bei chronischer Hyperinflation beispielsweise, kommt es auf Grund der Thoraxerweiterung zu einem sogenannten Fassthorax. Daher kommt es bei Patienten mit COPD oftmals zu einer Verkürzung der Atemmuskulatur (van Gestel & Teschler, 2010). Smith & Bellemare geben dazu an, dass bei einer Verkürzung der Muskulatur die resultierende Kraftentwicklung vermindert ist (Smith & Bellemare, 1987). Dadurch wird die Atemarbeit durch die unterschiedliche Faserlänge der Atemmuskulatur negativ beeinflusst (van Gestel & Teschler, 2010). Bleibt die verkürzte Muskulatur über einen längeren Zeitraum bestehen, resultieren daraus Fehhaltungen was wiederum einen negativen Einfluss auf die

Atemarbeit hat. Aus diesen Kompensationsmechanismen heraus resultiert wiederum eine „körperliche Dekonditionierung und weitergehende Morbidität mit Einschränkung von Aktionsradius und Lebensqualität“ (van Gestel & Teschler, 2010, p. 42). Um diesen Mechanismen entgegenzuwirken, und dem Haltungsverfall vorzubeugen, wurden folgende drei Übungen für das Krafttraining ausgewählt:

1. **Latissimuszug**

Abbildung 7: Latissimuszug in der Ausgangs- und Endposition am Gerät der Fachklinik Allgäu

Hauptmuskulatur: M. latissimus dorsi
Unterstützende Muskulatur: M. errector spinae, M. bicepsbrachii, M. brachialis, M. brachioradialis, M. teres major, M. rhomboideus major, M. rhomboideus minor
Aufgaben: Kräftigung der großen Rückenmuskulatur, Stabilisation des Rumpfes, Unterstützung der tiefen Rückenmuskulatur bei der Stabilisation der Wirbelsäule. Mobilisation der Rippenbögen. Senkung des Schultergürtels.

2. Trizepsstemme/Dips

Abbildung 8: Trizepsstemme in der Ausgangs- und Endposition am Gerät der Fachklinik Allgäu

Hauptmuskulatur: M. Trizeps

Unterstützende Muskulatur: M. Pectoralis major, M. Deltoideus

Aufgaben: Kräftigung der Trizeps-, Arm-, und Schultermuskulatur sowie der Atemhilfsmuskulatur. Zur Stabilisierung der aufrechten Körperhaltung. Gleichzeitig wird durch die schultersenkende Arbeitsweise reflektorisch die schulterhebende Nackenregion entspannt.

3. Butterfly

Abbildung 9: Butterfly in der Ausgangs- und Endposition am Gerät der Fachklinik Allgäu

Hauptmuskulatur: M. pectoralis major

Unterstützende Muskulatur: M. biceps brachii, M. triceps brachii

Aufgaben: Kräftigung der Brustmuskulatur und vorderen Schulter- und Armmuskulatur. Der M. pectoralis major hilft als Atemhilfsmuskel bei der Inspiration bei aufgestütztem Arm. Beide Muskeln (M. pectoralis major und minor) sind bei erhöhtem Atemminutenvolumen, also zum Beispiel unter Belastung, als sekundäre Atemhilfsmuskeln bei der Inspiration beteiligt. Eine Verkürzung dieser Muskeln begünstigt die Entstehung einer kyphotischen Brustwirbelsäulen-Haltung (van Gestel & Teschler, 2010).

Übungsdurchführung

Die Probanden sollten die Übungen konzentrisch und exzentrisch im eigenen Atemrhythmus durchführen. Die Geschwindigkeit ist dabei individuell. Die richtige Atemtechnik soll sicherstellen, dass die Probanden nicht in Atemnot geraten. Die Einatmung soll, wenn möglich, durch die Nase erfolgen. Gründe hierfür sind das Erwärmen der Einatemluft durch den längeren Weg zur Lunge, sowie das Anfeuchten der Atemluft. Das Ausatmen soll vor allem über die Lippenbremse erfolgen. Dabei werden die Lippen locker aufeinandergelegt und gegen diesen Widerstand wird aktiv ausgeatmet. Dies soll die Atemwege weithalten, sodass der Gasaustausch optimal stattfinden kann, insofern das die Erkrankung zulässt. Besonders bei der Einführung ins Krafttraining wird auf eine korrekte Bewegungsausführung von der Studienleiterin geachtet. Bei dem nachfolgenden Krafttraining konnten dann Fehler korrigiert und die Übungsdurchführung optimiert werden,

sodass die Probanden die Übungen an den Folgeterminen eigenständig ausführen konnten.

4.5 Versuchsdurchführung

Die Versuchsdurchführung startete im Juli 2019. Das Ende der Studiendurchführung war im September 2019. Durch die detaillierte Planung verlief die Studiendurchführung ohne Probleme ab. In Kapitel 6.2. in der Methodenkritik werden dennoch Kritikpunkte sowie Verbesserungsvorschläge zur Studie genannt.
Im folgenden Abschnitt wird die Durchführung von der Aufnahme des Arztes bis hin zum Abschlussgespräch mit der Studienleiterin detailliert beschrieben.

Vorbereitung
Nach dem ersten Aufnahmegespräch beim Arzt und dessen Diagnosestellung wurden die Patienten bezüglich ihrer Erkrankung herausgesucht. Ein- und Ausschlusskriterien wurden vorher mit dem leitenden Oberarzt besprochen. Die Ärzte der Fachklinik wurden von der Studienleiterin gebeten, nach möglichen Probanden zu suchen und ihr diese dann per E-Mail mitzuteilen. Entsprachen die Diagnosen den Ein- und Ausschlusskriterien, wurden die Patienten manuell zu einer Einführung ins Krafttraining eingeplant.

Einführung ins Krafttraining
T0 beschreibt die erste Kontaktaufnahme mit dem Patienten. Bei der sogenannten Einführung ins Krafttraining wurde die Studie kurz erläutert. Erklärten sich die Patienten einverstanden, an der Studie teilzunehmen, sollten sie zur Teilnahme eine Einverständniserklärung sowie ein Einverständnis zum Datenschutz unterschreiben. Waren alle Formalitäten erledigt und ausgefüllt, sollten die Probanden ein erstes Mal in das digitale Lungenfunktionsmessgerät schnellkräftig ausatmen, damit die Probanden das Gerät kennen lernen konnten (s.o. Kapitel 4.3 [Erhobene Parameter für die Beschreibung der genauen Durchführung]). Nachdem sich die Probanden nach dem Pusten einen kurzen Moment erholt hatten, sollten sie für fünf Minuten auf dem Fahrradergometer radeln. Die Wattanzahl blieb dabei eher gering und richtete sich nach den Werten, die beim Ergometer Training ermittelt wurden und lagen unterhalb der üblichen aeroben Belastbarkeit. Nach dieser Herzkreislauferwärmung wurde die Sauerstoffsättigung und die Herzfrequenz gemessen. Lagen die Werte unter 90% Sauerstoffsättigung, wurde solange gewartet, bis sich die

Sauerstoffsättigung wieder auf über 90% erholte. Dann wurde mit der Einführung ins Krafttraining begonnen. Die beschriebenen drei Übungen wurden kurz erklärt und von der Studienleiterin vorgeführt. Die Probanden wurden angewiesen, so oft wie möglich die Übung durchzuführen. Die Studienleiterin zählte die Anzahl der korrekt ausgeführten Wiederholungen und befragte die Probanden nach Beendigung der Übung zu ihrer maximalen Anstrengung auf der BORG-Skala von 0 bis 10 (0 = keine Anstrengung; 10 = maximale Anstrengung). Somit konnte das Krafttraining auch nach der subjektiven Belastbarkeit eingeschätzt werden. Zudem wurden nach jeder Übung die Sauerstoffsättigung und die Herzfrequenz gemessen. Nach dem Krafttest wurden die Probanden angewiesen kein Krafttraining mehr bis zum tatsächlichen Messzeitpunkt durchzuführen. Der Abstand zwischen der Einführung ins Krafttraining und dem Krafttraining variierten zwischen einem Tag und zwei Tagen. Mit Hilfe der Oddvar-Holten-Kurve (Abbildung 10) sowie dem subjektiven Belastungsempfinden errechnete die Studienleiterin das optimale Gewicht für die kommende Trainingseinheit. Zudem wurden die Probanden angewiesen, sich am Tag des Krafttrainings so wenig wie möglich zu belasten, insofern das mit ihrem allgemeinen klinischen Therapieplan vereinbar war, damit sie das Krafttraining in erholtem Zustand ausführen konnten.

Mit den erhobenen Daten konnte sich die Studienleiterin auf das folgende Krafttraining unmittelbar vorbereiten.

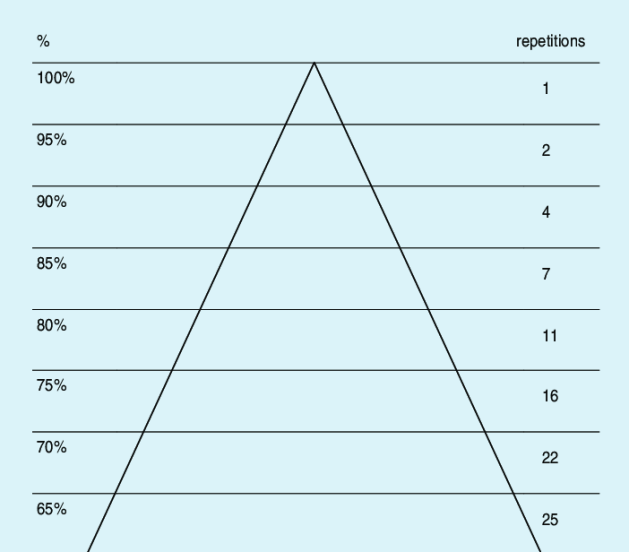

Abbildung 10 Die Oddvar-Holten-Kurve (vom 16.01.20: https://www.researchgate.net/figure/The-Holten-curve-Percentage-of-1-repetition-maximum-1-RM-on-the-left-side-of-the-curve_fig2_231215677)

Krafttraining

T1 beschreibt den Messzeitpunkt vor dem Krafttraining. Nachdem direkt zu Beginn wieder die Sauerstoffsättigung und die Herzfrequenz gemessen wurden, wurden die Probanden dazu aufgefordert, wieder drei Mal so schnellkräftig wie möglich in das digitale Lungenfunktionsmessgerät auszuatmen. Nach einer kurzen Erholungspause und nach einem 5-10-minütigen Warmradeln auf dem Fahrradergometer konnte das Krafttraining in Begleitung der Studienleiterin beginnen.
Die drei Übungen wurden unter Aufsicht der Studienleiterin durchgeführt.

T2 beschreibt den Messzeitpunkt direkt nach dem Krafttraining. Unmittelbar nach dem Krafttraining wurden die Probanden dazu aufgefordert, wieder drei Mal in das digitale Lungenfunktionsmessgerät zu pusten. Zudem wurden wieder die Sauerstoffsättigung sowie die Herzfrequenz gemessen. Danach konnten die Probanden sich erholen. Sie wurden gebeten, nach ca. zwei Stunden wiederzukommen. Für die zwei Stunden wurden die Probanden angewiesen so wenig wie möglich zu unternehmen.

T3 beschreibt den Messzeitpunkt ca. zwei Stunden nach dem Krafttraining. Das letzte Mal für diesen Tag sollten die Probanden nun in das digitale Lungenfunktionsmessgerät pusten. Ebenso wie zuvor wurden auch hier wieder die Sauerstoffsättigung und die Herzfrequenz als Kontrollwerte gemessen. Zudem wurden den Probanden nun die Messergebnisse mitgeteilt. Ein Handout der Übungen wurde ausgehändigt und die Probanden angewiesen, die Übungen zusätzlich zu dem Krafttraining im Therapieplan noch zweimal pro Woche in Eigenverantwortung durchzuführen.

Ende des Reha-Aufenthaltes

T4 beschreibt den Messzeitpunkt am Ende des Reha-Aufenthaltes. Die Probanden wurden im Laufe des Vormittags gebeten, noch ein letztes Mal in das digitale Lungenfunktionsmessgerät zu pusten. Zudem wurden wieder die Herzfrequenz und die Sauerstoffsättigung gemessen. Nach Beendigung wurden die Probanden über ihre Ergebnisse aufgeklärt. Die Probanden wurden aufgefordert, die Übungen, wenn möglich, auch weiterhin zu Hause durchzuführen.

Dem hinzuzufügen ist, dass die Herzfrequenz und die Sauerstoffsättigung nur als Kontrollgrößen dienen, um das Training optimal gestalten zu können und deswegen für die Auswertung der Ergebnisse keine weitere Rolle spielen.

5 Ergebnisse

In folgenden Teil der Arbeit geht es um die Auswertung, Darstellung und Interpretation der erhobenen Daten. Die Datenauswertung gibt einen kurzen Einblick in die verwendete Datenanalyse und Statistik. Dabei werden nur die für die Beantwortung der Fragestellung relevanten Daten behandelt. Nachfolgend werden die Ergebnisse anhand von Abbildungen dargestellt und näher betrachtet. Im darauffolgenden Kapitel werden die Ergebnisse dann eingehend erläutert und interpretiert.

5.1 Datenauswertung

Alle Patienten (n=33) haben an den Messzeitpunkten t0 bis t3 teilgenommen. Zwei Patienten konnten krankheitsbedingt den Messzeitpunkt t4 nicht wahrnehmen. Für die Berechnungen sind diese beiden Patienten herausgenommen worden. Die Stichprobengröße beträgt nun n=31.

Die erhobenen Parameter wurden in eine Exeltabelle eingegeben und dann mit dem Statistikprogramm SPSS ausgewertet. Deskriptive Statistiken wurden angewandt, um die Mittelwerte und Standartabweichungen der soziodemographischen Parameter wie Geschlecht, Alter, Größe und Gewicht zu berechnen.

Die FEV1- und 6-Werte sowie das Lungenalter wurden mittels einfaktorieller ANOVA mit Messwiederholung geprüft. Dieser Test prüft, ob sich die Mittelwerte der Gruppe im Messverlauf unterscheiden. Voraussetzungen zur Durchführung dieses Tests sind erstens, dass die abhängige Variable intervallskaliert ist, zweitens, dass die anhängige Variable innerhalb jedes Messzeitpunktes normalverteilt ist und drittens, dass Sphärizität gegeben ist. Diese kann mittels Mauchly-Tests auf Sphärizität überprüft werden (Universität Zürich, 2020).
Das Signifikanzniveau wurde auf 0,05 (p</= 0,05) festgelegt. Wird der Mauchly-Test auf Sphärizität signifikant, kann Sphärizität nicht angenommen werden. Nun wird das Epsilon nach Greenhouse-Geisser, also die Korrektur nach Greenhouse-Geisser, verwendet (p<0,75) (Universität Zürich, 2020).

Somit müssen die Freiheitsgrade bei den Tests der Innersubjekteffekte korrigiert werden und in der Zeile für die Greenhouse-Geisser Korrektur kann dann das Signifikanzniveau abgelesen werden.
Um den Alpha-Fehler zu vermeiden, wurde bei dem Post-hoc-Test die Bonferroni-Korrektur verwendet. Paarweise Vergleiche zeigen, zwischen welchen Messzeitpunkten signifikante Unterschiede bestehen. Da SPSS das partielle Eta-Quadrat ausgibt, wird, um die Bedeutsamkeit der Ergebnisse beurteilen zu können, die Effektstärke nach Cohen mittels Eta-Quadrat berechnet (Cohen, 1988).

$$f = \sqrt{\frac{\eta_p^2}{1-\eta_p^2}}$$

mit

f = Effektstärke nach Cohen

η_p^2 = Partielles Eta-Quadrat

Abbildung 11: Formel zur Berechnung der Effektstärke nach Cohen (1988) (Universität Zürich, 2020)

Diese lässt sich, orientiert an Cohen, wie folgt einteilen (Cohen, 1988):
f=0,10 entspricht einem **schwachen** Effekt
f=0,25 entspricht einem **mittleren** Effekt
f=0,40 entspricht einem **starken** Effekt.

Für die Berechnung der Unterschiede zwischen den gebildeten Untergruppen, sowie dem Verlauf der Messzeitpunkte wurde keine mehrfaktorielle ANOVA mit Messwiederholung verwendet, da die gebildeten Untergruppen keine ausreichende Stichprobengröße darstellen. Der Datensatz lässt sich in folgende Untergruppen aufteilen: Geschlecht (Männlich/Weiblich); COPD Grade (Grad 2,3 und 4); Alter (<65 und >/=65 Jahre) und BMI (<25 und /=25kg). Dennoch wurden die Effektstärken ‚d' nach Cohen, 1988 berechnet (Cohen, 1988). Diese lassen sich anders als die obigen Werte einteilen.
Cohen's d lässt sich wie folgt einteilen:
d=0,2 entspricht einem kleinen Effekt
d=0,5 entspricht einem mittleren Effekt
d=0,8 entspricht einem großen Effekt (Cohen, 1988).

5.2 Darstellung der Ergebnisse

5.2.1 Deskriptive Statistik

Insgesamt haben 33 Patienten an der Studie teilgenommen. Davon waren 19 männlich und 14 weiblich. Die Probanden waren im Alter von 52 bis 78 Jahren. Das Durchschnittsalter betrug 66,64 Jahre (+/- 6,284 Standartabweichung). Die durchschnittliche Größe betrug 170,52 cm (+/- 8,857 Standartabweichung). Und das Durchschnittliche Gewicht betrug 76,725 kg (+/- 25,6637 Standartabweichung). Von den 33 Patienten hatten zwei Personen COPD Grad 1 nach GOLD Standard, 12 Personen Grad 2, 9 Personen Grad 3 und 10 Personen Grad 4.

Da, wie zuvor beschrieben, zwei Probanden den Messzeitpunkt t4 krankheitsbedingt nicht wahrnehmen konnten, wurden diese für die weiteren Berechnungen herausgenommen. Das heißt, für folgende Berechnung wurde mit einer Probandenanzahl **n=31** gerechnet. Im Folgenden wird die Berechnung einer einfaktoriellen ANOVA mit SPSS anhand der FEV1- und FEV6-Werte dargestellt.

5.2.2 FEV1-Werte

Eine einfaktorielle ANOVA mit Messwiederholung wurde mit n=31 Probanden durchgeführt. Um den Voraussetzungen des Tests gerecht zu werden, wurde die Gruppe vorher auf Normalverteilung überprüft (Abbildung 12).

Tests auf Normalverteilung

	Kolmogorov-Smirnov[a]			Shapiro-Wilk		
	Statistik	df	Signifikanz	Statistik	df	Signifikanz
t0 FEV1 (Wert)	,115	31	,200*	,913	31	,016
t1 FEV1 (Wert)	,119	31	,200*	,929	31	,042
t2 FEV1 (Wert)	,124	31	,200*	,943	31	,100
t3 FEV1	,131	31	,192	,930	31	,044
t4 FEV1	,117	31	,200*	,923	31	,029

*. Dies ist eine untere Grenze der echten Signifikanz.

a. Signifikanzkorrektur nach Lilliefors

Abbildung 12: Tests auf Normalverteilung. Der Shapiro-Wilk-Test zeigt, dass Normalverteilung nur zu Messzeitpunkt t2 gegeben ist (p>0.05). Für alle anderen Messzeitpunkte ist Normalverteilung nicht gegeben (p<0,05).

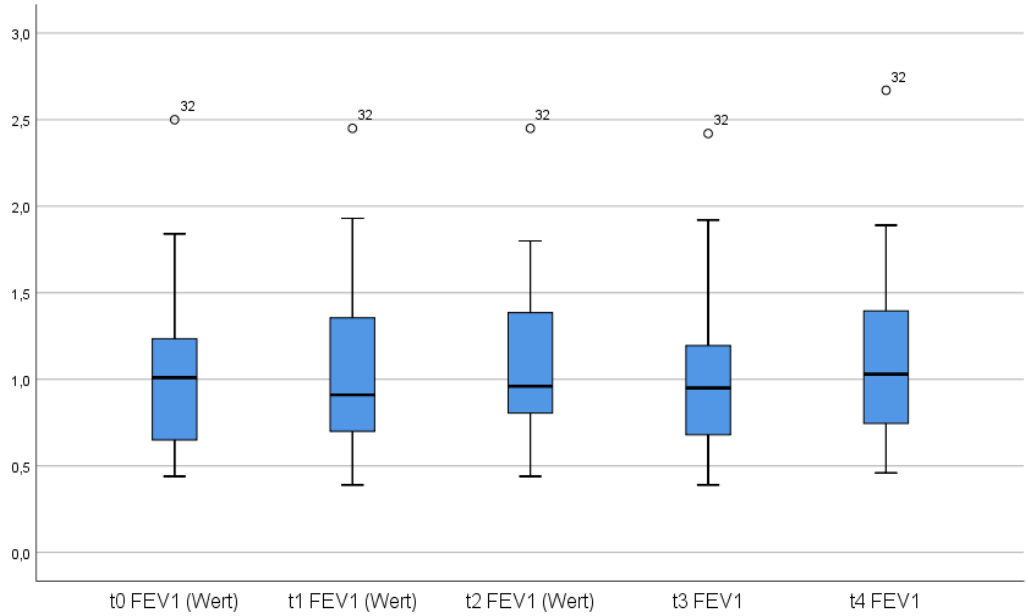

Abbildung 13: Boxplot-Diagramm der FEV1-Werte. Normalverteilung kann nicht zu jedem Messzeitpunkt angenommen werden. Zu sehen ist ein Ausreißer (Nr. 32), der für die weiteren Berechnungen im Datensatz gelassen wurde.

Normverteilung der FEV1-Werte ist nicht zu jedem Zeitpunkt gegeben. Dennoch wurde für die Berechnungen Ausreißer 32 im Datensatz belassen, da (Abbildung 13), wie in der Literatur geschrieben, eine Verletzung der Normalverteilung ab einer Probandengröße >25 unproblematisch ist (Universität Zürich, 2020).

Mauchly-Test auf Sphärizität[a]

Maß: MEASURE_1

Innersubjekteffekt	Mauchly-W	Approx. Chi-Quadrat	df	Sig.	Epsilon[b] Greenhouse-Geisser	Epsilon[b] Huynh-Feldt	Epsilon[b] Untergrenze
Messzeitpunkt	,275	36,643	9	,000	,600	,656	,250

Prüft die Nullhypothese, daß sich die Fehlerkovarianz-Matrix der orthonormalisierten transformierten abhängigen Variablen proportional zur Einheitsmatrix verhält.

a. Design: Konstanter Term
Innersubjektdesign: Messzeitpunkt

b. Kann zum Korrigieren der Freiheitsgrade für die gemittelten Signifikanztests verwendet werden. In der Tabelle mit den Tests der Effekte innerhalb der Subjekte werden korrigierte Tests angezeigt.

Abbildung 14: Mauchly-Test auf Sphärizität für die FEV1-Werte (n=31)

Abbildung 14 zeigt die Überprüfung auf Sphärizität anhand des Mauchly-Tests auf Sphärizität. Da p=0.000 ist und somit signifikant muss auf die Greenhouse-Geisser Korrektur geschaut werden; dabei werden die Freiheitsgrade der Signifikanztests mit dem Korrekturfaktor Epsilon multipliziert (Universität Zürich, 2020).

Tests der Innersubjekteffekte

Maß: MEASURE_1

Quelle		Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Sig.	Partielles Eta-Quadrat
Messzeitpunkt	Sphärizität angenommen	,195	4	,049	3,406	,011	,102
	Greenhouse-Geisser	,195	2,401	,081	3,406	,031	,102
	Huynh-Feldt	,195	2,624	,074	3,406	,027	,102
	Untergrenze	,195	1,000	,195	3,406	,075	,102
Fehler(Messzeitpunkt)	Sphärizität angenommen	1,719	120	,014			
	Greenhouse-Geisser	1,719	72,021	,024			
	Huynh-Feldt	1,719	78,721	,022			
	Untergrenze	1,719	30,000	,057			

Abbildung 15: Tests der Innersubjekteffekte zeigen nach Greenhouse-Geisser-Korrektur, dass p=0,031<0,05 und somit signifikant ist.

Die Tests der Innersubjekteffekte gibt den Haupteffekt der Messwiederholung an (Abbildung 15). Da nicht von Sphärizität ausgegangen werden kann, muss hier die Greenhouse-Geisser Korrektur verwendet werden. Diese zeigt an, dass es einen signifikanten Unterschied zwischen den Messzeitpunkten gibt p=0,031. Es wird aber nicht klar, zwischen welchen Messzeitpunkten sich die Gruppe signifikant unterscheidet. Dafür müssen die paarweisen Vergleiche angesehen werden (Abbildung 16).

Paarweise Vergleiche

Maß: MEASURE_1

(I)Messzeitpunkt	(J)Messzeitpunkt	Mittlere Differenz (I-J)	Standard Fehler	Sig.[b]	95% Konfidenzintervall für die Differenz[b]	
					Untergrenze	Obergrenze
1	2	,008	,037	1,000	-,105	,121
	3	-,045	,035	1,000	-,152	,061
	4	,015	,038	1,000	-,102	,131
	5	-,077	,044	,904	-,211	,056
2	1	-,008	,037	1,000	-,121	,105
	3	-,053*	,017	,032	-,104	-,003
	4	,007	,020	1,000	-,054	,067
	5	-,085*	,028	,048	-,170	,000
3	1	,045	,035	1,000	-,061	,152
	2	,053*	,017	,032	,003	,104
	4	,060	,020	,057	-,001	,121
	5	-,032	,026	1,000	-,110	,046
4	1	-,015	,038	1,000	-,131	,102
	2	-,007	,020	1,000	-,067	,054
	3	-,060	,020	,057	-,121	,001
	5	-,092*	,026	,014	-,171	-,013
5	1	,077	,044	,904	-,056	,211
	2	,085*	,028	,048	,000	,170
	3	,032	,026	1,000	-,046	,110
	4	,092*	,026	,014	,013	,171

Basiert auf den geschätzten Randmitteln

*. Die mittlere Differenz ist auf dem ,05-Niveau signifikant.

b. Anpassung für Mehrfachvergleiche: Bonferroni.

Abbildung 16: Paarweise Vergleiche zwischen den einzelnen Messzeitpunkten für die FEV1-Werte

Die paarweisen Vergleiche zeigen, dass es einen signifikanten Unterschied zwischen Messzeitpunkt t1 (oben als Messzeitpunkt 2 angegeben) und t2 (oben als Messzeitpunkt 3 angegeben) bei einem p-Wert von 0,032<0,05, und zwischen den Messzeitpunkten t1 (oben als Messzeitpunkt 2 angegeben) und t4 (oben als Messzeitpunkt 5 angegeben) bei einem p-Wert von 0.048<0,05 gibt. Messzeitpunkt t3 (oben als Messzeitpunkt 4 angegeben) und t4 (oben als Messzeitpunkt 5 angegeben) unterscheiden sich auch signifikant p=0,014<0,05.

Die Messzeitpunkte (t0-t4) sind, wie im Methodik Teil angegeben, beschriftet. Allerdings muss beachtet werden, dass die Dauer des Reha-Aufenthaltes unterschiedlich lang ist: Die Anzahl der Tage lag im Durchschnitt bei 12,7 Tagen (+/-3,83 Standartabweichung). Die geringste Anzahl der Tage liegt bei sieben Tagen und die größte Anzahl der Tage bei 22 Tagen. Folgende Abbildung zeigt die FEV1-Werte als Wert im Messverlauf.

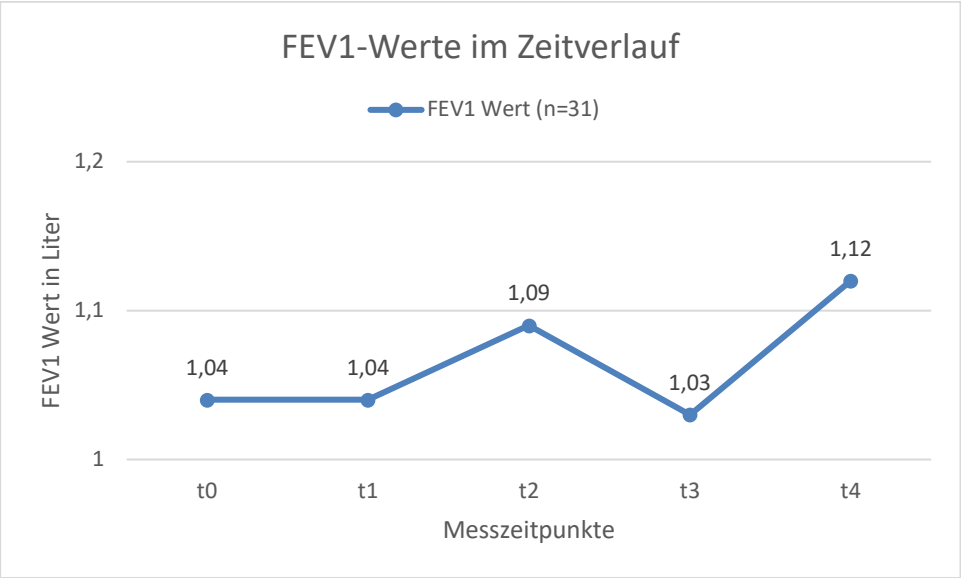

Abbildung 17: FEV1-Werte aller Probanden im Zeitverlauf

Abbildung 17 zeigt Messzeitpunkt t1 vor dem Krafttraining zu t2 direkt nach dem Krafttraining und zu t3 direkt nach dem Krafttraining. Ein deutlicher Anstieg von t1 (FEV1=1,05) zu t2 (FEV1=1,11) ist zu sehen. Der darauffolgende starke Rückgang von t2 (FEV1=1,11) zu t3 (FEV1=1,05) wurde erwartet.

Somit kann für die FEV1-Werte abschließend gesagt werden, dass die einfaktorielle Varianzanalyse mit Messwiederholung (Sphärizität nach Greenhouse-Geisser angenommen: p=0,6) zeigt, dass das Krafttraining Effekte auf den Lungenfunktionswert FEV1 hat (p=0,31; partielles Eta-Quadrat=0,102, n=31). Bonferroni-korrigierte paarweise Vergleiche zeigen, dass sich die Effekte des Krafttrainings direkt nach dem Krafttraining (p=0,032) und gegen Ende des Reha-Aufenthaltes (p=0,048) signifikant voneinander unterscheiden. Die Effektstärke nach Cohen (1988) liegt bei 0,34 und entspricht dabei einem mittleren bis starken Effekt.

5.2.3 FEV6-Werte

Für die FEV6-Werte kann zu jedem Messzeitpunkt von Normalverteilung ausgegangen werden da alle Ergebnisse nach dem Shapiro-Wilk-Test größer als p>0.05 sind (Abbildung 18). Es sind, wie in Abbildung 19 zu sehen, keine Ausreißer vorhanden.

Tests auf Normalverteilung

	Kolmogorov-Smirnov[a]			Shapiro-Wilk		
	Statistik	df	Signifikanz	Statistik	df	Signifikanz
t0 FEV6 (Wert)	,084	31	,200*	,979	31	,797
t1 FEV6 (Wert)	,081	31	,200*	,976	31	,695
t2 FEV6 (Wert)	,079	31	,200*	,973	31	,603
t3 FEV6 (Wert)	,077	31	,200*	,977	31	,728
t4 FEV6 (Wert)	,097	31	,200*	,970	31	,509

*. Dies ist eine untere Grenze der echten Signifikanz.

a. Signifikanzkorrektur nach Lilliefors

Abbildung 18: Tests auf Normalverteilung. Der Shapiro-Wilk-Test zeigt, dass Normalverteilung zu jedem Messzeitpunkt gegeben ist (p>0.05).

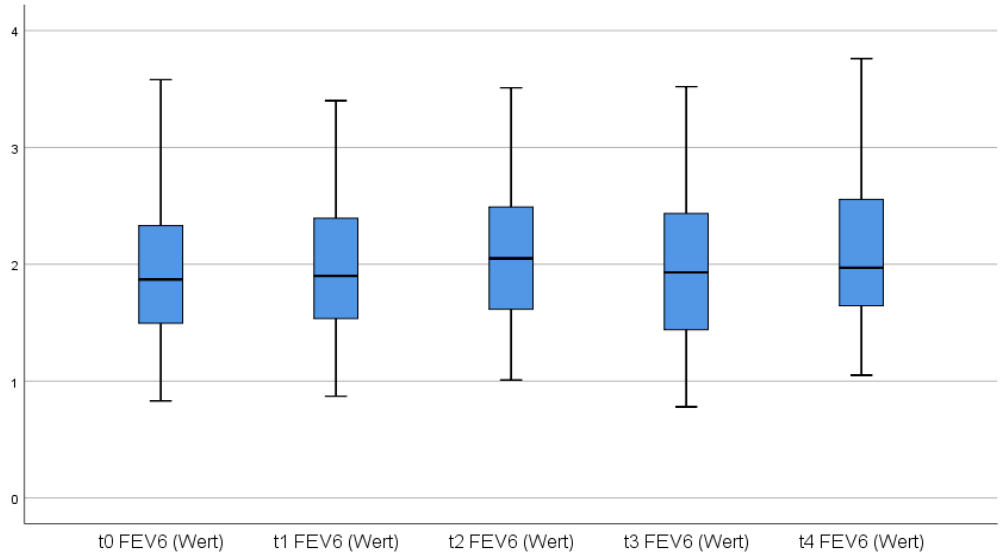

Abbildung 19: Boxplot-Diagramm der FEV6-Werte. Die Daten sind zu jedem Messzeitpunkt normalverteilt. Es gibt keine Ausreißer.

Der Mauchly-Test auf Sphärizität ist signifikant (p=0,001), weshalb die Greenhouse-Geisser Korrektur verwendet wird (0,073<0,75) (Abbildung 20).

Mauchly-Test auf Sphärizität[a]

Maß: MEASURE_1

Innersubjekteffekt	Mauchly-W	Approx. Chi-Quadrat	df	Sig.	Epsilon[b] Greenhouse-Geisser	Epsilon[b] Huynh-Feldt	Epsilon[b] Untergrenze
Messzeitpunkt	,372	28,108	9	,001	,730	,817	,250

Prüft die Nullhypothese, daß sich die Fehlerkovarianz-Matrix der orthonormalisierten transformierten abhängigen Variablen proportional zur Einheitsmatrix verhält.

a. Design: Konstanter Term
Innersubjektdesign: Messzeitpunkt

b. Kann zum Korrigieren der Freiheitsgrade für die gemittelten Signifikanztests verwendet werden. In der Tabelle mit den Tests der Effekte innerhalb der Subjekte werden korrigierte Tests angezeigt.

Abbildung 20: Überprüft mittels Mauchly-Test auf Sphärizität ob Sphärizität gegeben ist. Ist dies nicht der Fall, muss eine Epsilon-Korrektur verwendet werden.

Nun kann bei den Tests der Innersubjektfaktoren in der Zeile für die Greenhouse-Geisser Korrektur die Signifikanz für die Messzeitpunkte abgelesen werden. Diese beträgt, wie man in Abbildung 21 sehen kann, p=0,001.

Tests der Innersubjekteffekte

Maß: MEASURE_1

Quelle		Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Sig.	Partielles Eta-Quadrat
Messzeitpunkt	Sphärizität angenommen	,755	4	,189	6,328	,000	,174
	Greenhouse-Geisser	,755	2,919	,259	6,328	,001	,174
	Huynh-Feldt	,755	3,267	,231	6,328	,000	,174
	Untergrenze	,755	1,000	,755	6,328	,017	,174
Fehler(Messzeitpunkt)	Sphärizität angenommen	3,580	120	,030			
	Greenhouse-Geisser	3,580	87,565	,041			
	Huynh-Feldt	3,580	98,020	,037			
	Untergrenze	3,580	30,000	,119			

Abbildung 21 zeigt die Tests der Innersubjekteffekte. Nach der Greenhouse-Geisser Korrektur ergibt sich ein p-Wert von 0,001<0,05 und ist somit signifikant.

Darauffolgend werden die FEV6 Werte dargestellt. Der Verlauf sieht dabei ähnlich wie bei den FEV1 Werten aus. Die Tests der Innersubjekteffekte zeigen, in der Zeile für die Greenhouse-Geisser Korrektur, dass es signifikante Unterschiede zwischen den einzelnen Messzeitpunkten gibt (p=0,001). Anhand des partiellen Eta-Quadrats wurde zusätzlich die Effektstärke nach Cohen (1988) berechnet: f=0,46. Dies bedeutet, dass ein starker Effekt zwischen den Messzeitpunkten besteht. Allerdings sagt dies noch nicht aus, zwischen welchen Messzeitpunkten dieser Effekt besteht. Deswegen schaut man sich nun die paarweisen Vergleiche an. Abbildung 22 gibt Aufschluss über die Signifikanz zwischen den einzelnen Messzeitpunkten.

Paarweise Vergleiche

Maß: MEASURE_1

(I)Messzeitpunkt	(J)Messzeitpunkt	Mittlere Differenz (I-J)	Standard Fehler	Sig.[b]	95% Konfidenzintervall für die Differenz[b]	
					Untergrenze	Obergrenze
1	2	-,035	,052	1,000	-,191	,122
	3	-,128	,053	,218	-,289	,032
	4	,005	,052	1,000	-,154	,163
	5	-,167*	,055	,048	-,333	-,001
2	1	,035	,052	1,000	-,122	,191
	3	-,094*	,024	,004	-,166	-,022
	4	,039	,034	1,000	-,065	,143
	5	-,132*	,042	,038	-,260	-,005
3	1	,128	,053	,218	-,032	,289
	2	,094*	,024	,004	,022	,166
	4	,133*	,039	,017	,016	,250
	5	-,038	,036	1,000	-,148	,071
4	1	-,005	,052	1,000	-,163	,154
	2	-,039	,034	1,000	-,143	,065
	3	-,133*	,039	,017	-,250	-,016
	5	-,171*	,041	,002	-,296	-,046
5	1	,167*	,055	,048	,001	,333
	2	,132*	,042	,038	,005	,260
	3	,038	,036	1,000	-,071	,148
	4	,171*	,041	,002	,046	,296

Basiert auf den geschätzten Randmitteln

*. Die mittlere Differenz ist auf dem ,05-Niveau signifikant.

b. Anpassung für Mehrfachvergleiche: Bonferroni.

Abbildung 22: zeigt die paarweisen Vergleiche zwischen den einzelnen Messzeitpunkten. Rot markiert sind die signifikanten Unterschiede zwischen den Messzeitpunkten zu sehen.

Wie abgebildet (Abbildung 22), gibt es einen signifikanten Unterschied zwischen Messzeitpunkt t0 und t4 (oben als Messzeitpunkt 1 und 5 angegeben) mit einem p=0,048<0,05, zwischen den Messzeitpunkten t1 und t2 (oben als Messzeitpunkt 2 und 3 angegeben) mit einem p=0,004<0,05, zwischen Messzeitpunkt t1 und t4 (oben als Messzeitpunkt 2 und 5 angegeben) mit einem p=0,038<0,05 und zwischen den Messzeitpunkten t3 und t4 (oben als Messzeitpunkt 4 und 5 angegeben) mit einem p=0,002<0,05.

In Abbildung 23 sind die FEV6-Werte im Zeitverlauf abgebildet. Von einem ersten Anfangswert t0 zur Eingewöhnung an das Gerät verbessern sich die Probanden leicht von 1,92l auf 1,95l. Die Probanden verbesserten sich durch das Krafttraining von t1 auf t2 um 0,1l. Nach zwei Stunden (t3) sind diese Effekte wieder weg. Die Werte sanken sogar unter das Ausgangsniveau t1 zurück. Nach einem durchschnittlichen Aufenthalt von ca. 12,7 Tagen stieg der FEV6-Wert von t1 zu t4 von 1,95 auf 2,05, also um 0,1l.

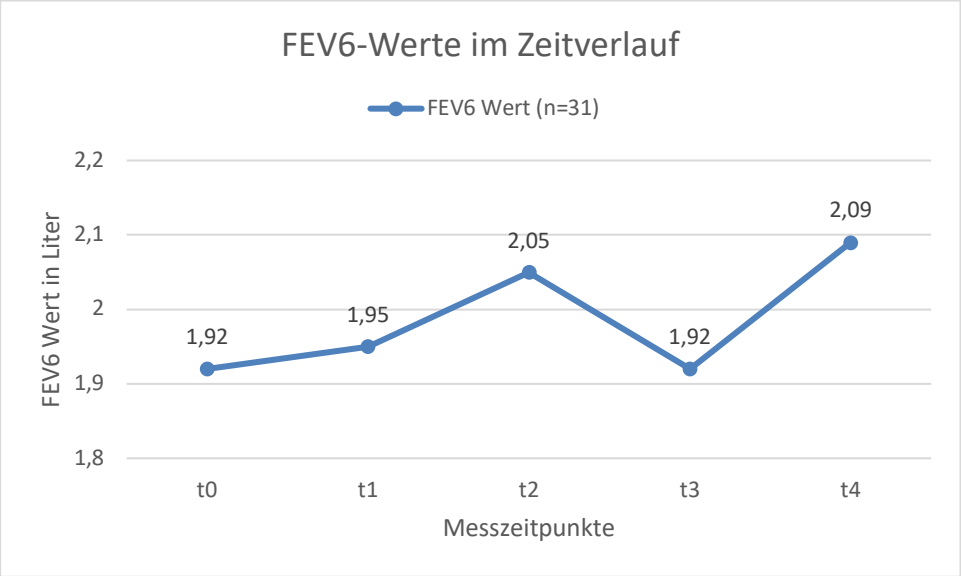

Abbildung 23: FEV6-Werte aller Probanden im Zeitverlauf

Somit kann für die FEV6-Werte abschließend gesagt werden, dass die einfaktorielle Varianzanalyse mit Messwiederholung (Sphärizität nach Greenhouse-Geisser angenommen: p=0,73) zeigt, dass das Krafttraining Effekte auf den Lungenfunktionswert FEV6 hat (p=0,001; partielles Eta-Quadrat=0,174, n=31). Bonferroni-korrigierte paarweise Vergleiche zeigen, dass sich die Effekte des Krafttrainings direkt nach dem Krafttraining (p=0,004) und gegen Ende des Reha-Aufenthaltes (p=0,038) signifikant voneinander unterscheiden. Die Effektstärke nach Cohen (1988) liegt bei 0,46 und entspricht dabei einem starken Effekt.

5.2.4 Lungenalter

Aus den beiden oberen Werten, sowie durch die Eingabe des Geschlechts und des Alters, errechnete das Digitale Lungenfunktionsmessgerät von CEGLA das Lungenalter. Wie genau das Gerät die Daten errechnet muss, bei Interesse, beim Hersteller erfragt werden.

Normalverteilung ist zu jedem Messzeitpunkt gegeben (p>0,05) (Abbildung 33 in Anhang 3). Der Mauchly-Test auf Shpärizität ist signifikant, weshalb die Greenhouse-Geisser Korrektur verwendet wird (0,547<0,75) (Abbildung 34 in Anhang 3).
Die Tests der Innersubjekteffekte (Abbildung 35 in Anhang 3) zeigen, dass sich die Messzeitpunkte t0 bis t4 nicht signifikant voneinander unterscheiden (p=0,87>0,05).

Abbildung 24 zeigt, dass, sich das Lungenalter von t1=119,84 Jahre auf t2=118,06 Jahre verbessert. Das sind 1,78 Jahre, um die sich die Probanden durch die einmalige Durchführung des Krafttrainings verbesserten. Insgesamt verbesserten sich die Patienten von Messzeitpunkt t1 zu t4 um 2,65 Jahre.

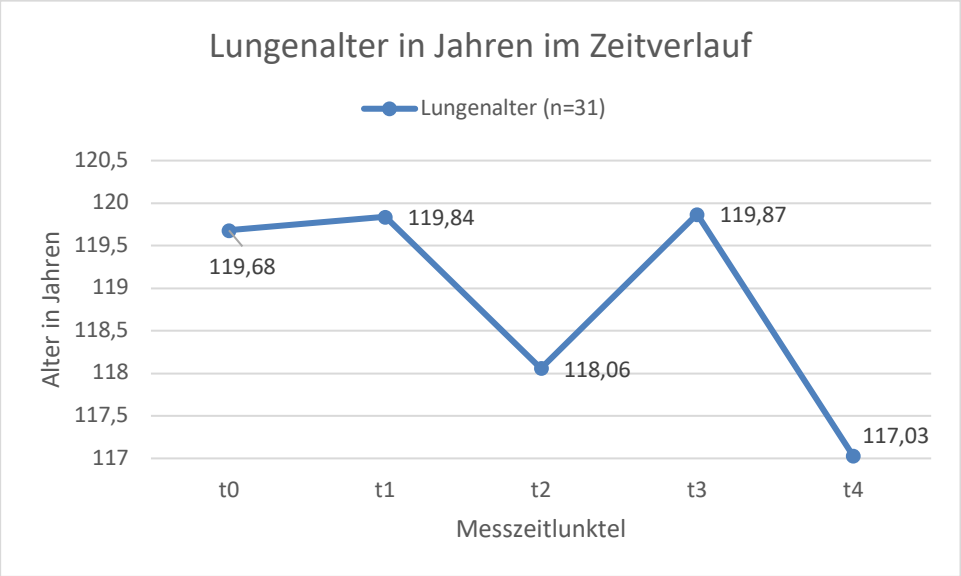

Abbildung 24: Lungenalter aller Probanden im Zeitverlauf

Ganz allgemein kann gesagt werden, dass ein spezielles Krafttraining des Oberkörpers mit gezielter Atemtechnik keine negativen Auswirkungen auf die Lungenfunktionsparameter FEV1 und FEV6 hat. Für die FEV1-Werte verbessern sich die Probanden signifikant von Messzeitpunkt t1 zu t2 und t1 zu t4. Die kurzzeitigen Effekte sind, wie erwartet, nach ca. zwei Stunden wieder verflogen. Anhand beider Kurven ist zu sehen, dass sich die Probanden zum Ende des Reha-Aufenthaltes verbessern. Hierbei muss jedoch hinzugefügt werden, dass die Dauer des Reha-Aufenthaltes von Patient zu Patient stark variierte. Die Anzahl der Tage zwischen Messzeitpunkt t0 und Messzeitpunkt t4 beträgt durchschnittlich 12,7 Tage (+/- 3,83 Standartabweichung). Die kurz- und langfristigen Effekte werden in Kapitel 6 beschrieben und ausführlich diskutiert.

5.2.5 Untergruppen

Für die Berechnung der folgenden Gruppen und Untergruppen wurde keine mehrfaktorielle ANOVA mit Messwiederholung verwendet, da die gebildeten Untergruppen keine ausreichenden Stichprobengrößen darstellen. Daher wurde anhand der deskriptiven Statistik die Effektstärke d nach Cohen berechnet (Hemmerich, 2015). Diese könnten Hinweise für weiterführende Studien mit einer größeren Stichprobenanzahl geben.

Es wurden jeweils die Effektstärken des FEV1- und FEV6-Wertes für den Messzeitpunk t1 und t2, also die kurzzeitigen Effekte, sowie die Effektstärken des FEV1- und FEV6-Wertes für die Messzeitpunkte t1 und t4, also die längerfristigen Effekte, berechnet. Dabei sind folgende Effekte bei den Berechnungen für die einzelnen Untergruppen herausgekommen:

Vergleich zwischen dem Geschlecht (männlich und weiblich)

Näher angeschaut werden die Unterschiede zwischen männlichem und weiblichem Geschlecht. In Abbildung 25 sind in Blau die männlichen Probanden (n=18) und in Rot die weiblichen Probandinnen (n=13) dargestellt. Die FEV1-Werte zeigen, dass sich beide Geschlechter erst an das Gerät gewöhnen mussten. Die Kurven von Messzeitpunkt t0 zu t1 verlaufen sehr unterschiedlich. Männliche wie weibliche Probanden erreichen dasselbe Ausgangsniveau von 1,04 (t1). Danach steigt die Kurve der weiblichen Probanden steiler an. Für männliche wie weibliche Probanden sind nur sehr, sehr geringe Effekte nach Cohen zu verzeichnen: männlich: d=0,11; weiblich: d=0,15. Danach sinken beide Kurven sogar unter das jeweilige Ausgangsniveau zurück. Zum Ende des Reha-Aufenthaltes hin verbessern sich männliche wie weibliche Probanden auf den gleichen Ausgangswert t4=1,12. Betrachtet man die jeweiligen Effektstärken nach Cohen, dann gibt es einen deutlich größeren Effekt für die weiblichen Probanden. Nach der Interpretation ergibt sich für den Anstieg des Messzeitpunktes t1 zu t4 einen mittleren Effekt für die weiblichen Probanden (d=0,25).

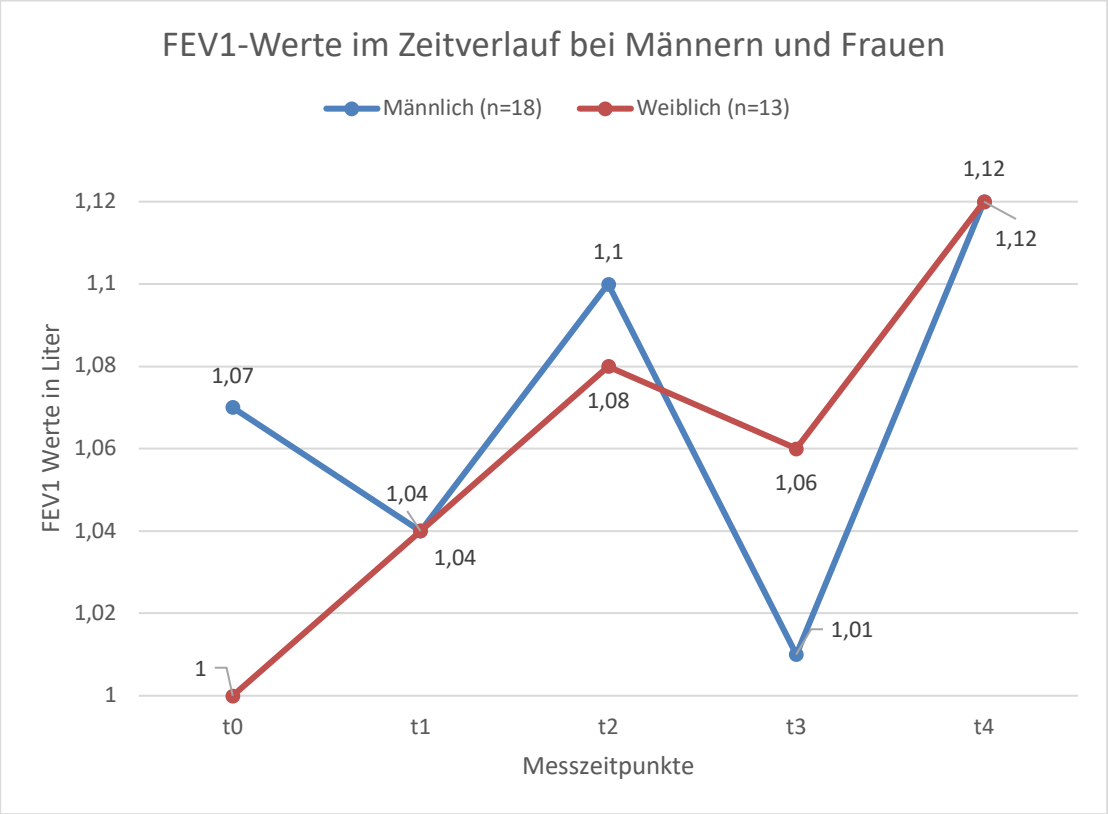

Abbildung 25: FEV1-Werte im Zeitverlauf bei Männern und Frauen

Anhand der FEV6-Werte ist zu sehen, dass sich die Kurven der männlichen und weiblichen Probanden ähnlicher verhalten, wie die Kurven der FEV1-Werte (Abbildung 26). Nach der Effektstärke nach Cohen lassen sich für die Messzeitpunkte t1 zu t2 kleine Effekte feststellen (m: d=0,15; w: d=0,14), für die Messzeitpunkte t1 zu t4 lassen sich auch jeweils kleine Effekte feststellen (m: d=0,2; w: d=0,2).

Tabelle 3: Die jeweiligen Effektstärken d nach Cohen der FEV1- und FEV6-Werte für das unterschiedliche Geschlecht berechnet. Einmal die kurzzeitigen Effekte (t1 zu t2) und einmal die längerfristigen Effekte (t1 zu t4). Rot umkreist sind die kleinen Effekte nach der Interpretation von Cohen (Cohen, 1988).

Geschlecht (FEV1-Wert)	t1 zu t2 (d)	t1 zu t4 (d)
m	0,11	0,145
w	0,15	0,25
Geschlecht (FEV6-Wert)		
m	0,15	0,2
w	0,14	0,2

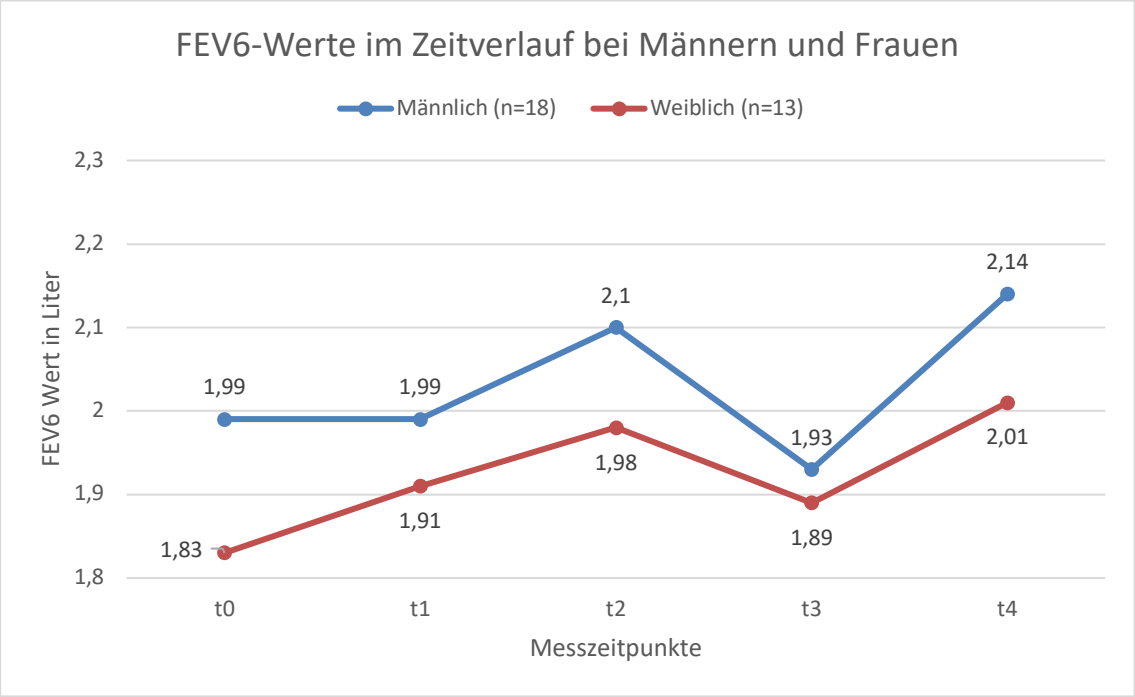

Abbildung 26: FEV6-Werte im Zeitverlauf bei Männern und Frauen

Vergleich zwischen den unterschiedlichen COPD Graden

Nachfolgend sind die Probanden nach den unterschiedlichen COPD Graden aufgeteilt.

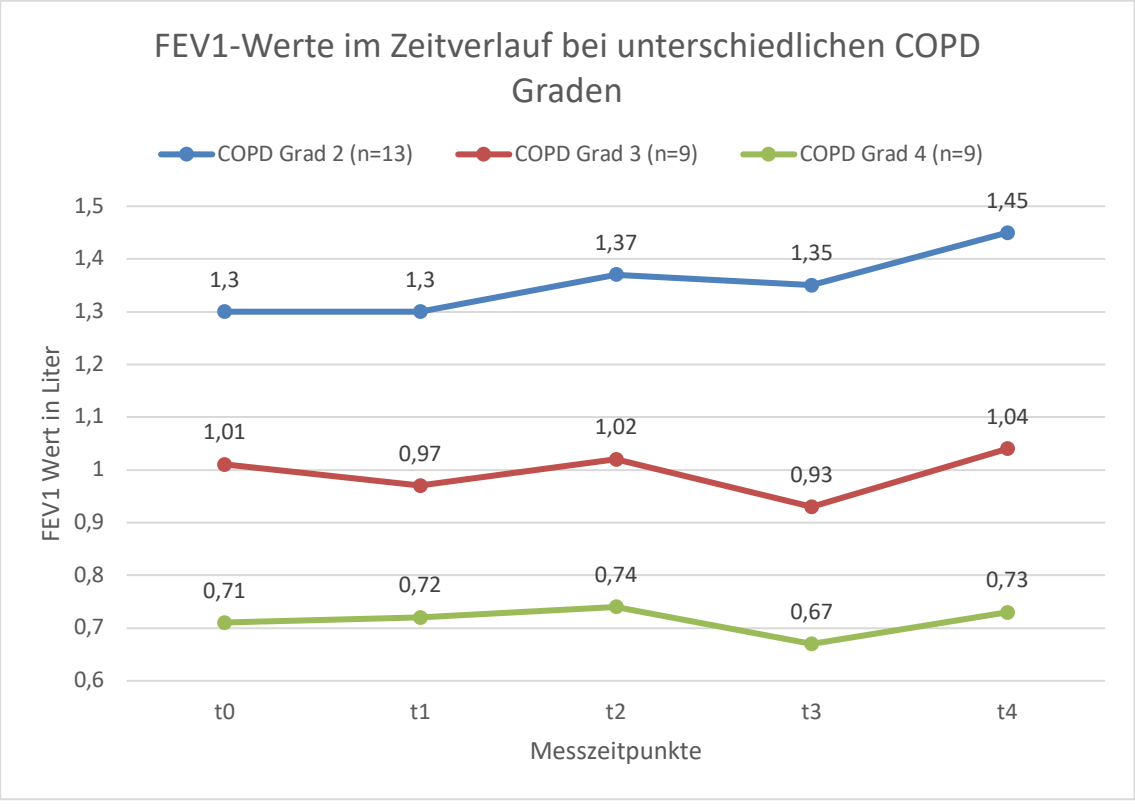

Abbildung 27: FEV1-Werte im Zeitverlauf bei unterschiedlichen COPD Graden

Sehr deutlich zu sehen sind die unterschiedlichen FEV1-Werte im Verlauf. Die Diagnose des Arztes stimmt somit mit den hier aufgezeigten Werten überein (Vgl. Kap. 2.2.6. Diagnose). Anhand der Abbildung 27 erkennt man, dass sich diejenigen mit einer leichtgradigen COPD tendenziell am Stärksten verbessern. Probanden mit COPD Grad 2 (n=13) verbesserten sich von 1,395 auf 1,472. Probanden mit COPD Grade 3 (n=9) verbesserten sich von 0,962 auf 1,01 und Probanden mit COPD Grad 4 (n=9) verbesserten sich von 0,586 auf 0,616. Die Effektstärken d wurden nach Cohen berechnet:

Tabelle 4: Die jeweiligen Effektstärken d nach Cohen der FEV1- und FEV6-Werte für die unterschiedlichen COPD-Grade berechnet. Einmal die kurzzeitigen Effekte (t1 zu t2) und einmal die längerfristigen Effekte (t1 zu t4). Rot umkreist sind die kleinen Effekte nach der Interpretation von Cohen (Cohen, 1988).

COPD-Grad (FEV1-Wert)	t1 zu t2 (d)	t1 zu t4 (d)
2	0,15	0,29
3	0,14	0,2
4	0.06	0.0
COPD-Grad (FEV6-Wert)		
2	0,19	0,29
3	0,14	0,17
4	0,13	0,16

Aus Tabelle 4 wird ersichtlich, dass die Effekte bei größer werdenden COPD-Grad immer geringer werden. Kleine Effekte konnten für die Probanden mit dem geringsten COPD-Grad errechnet werden. Probanden mit COPD-Grad 4 erzielten keine Effekte.

Ähnlich wie die FEV1 Kurven verlaufen auch die FEV6 Kurven (Abbildung 28), die das lange Ausatemmanöver messen. Deswegen soll hier nun nicht näher auf deren Verlauf eingegangen werden, sondern dann im folgenden Diskussionsteil ausführlich erläutert und diskutiert werden.

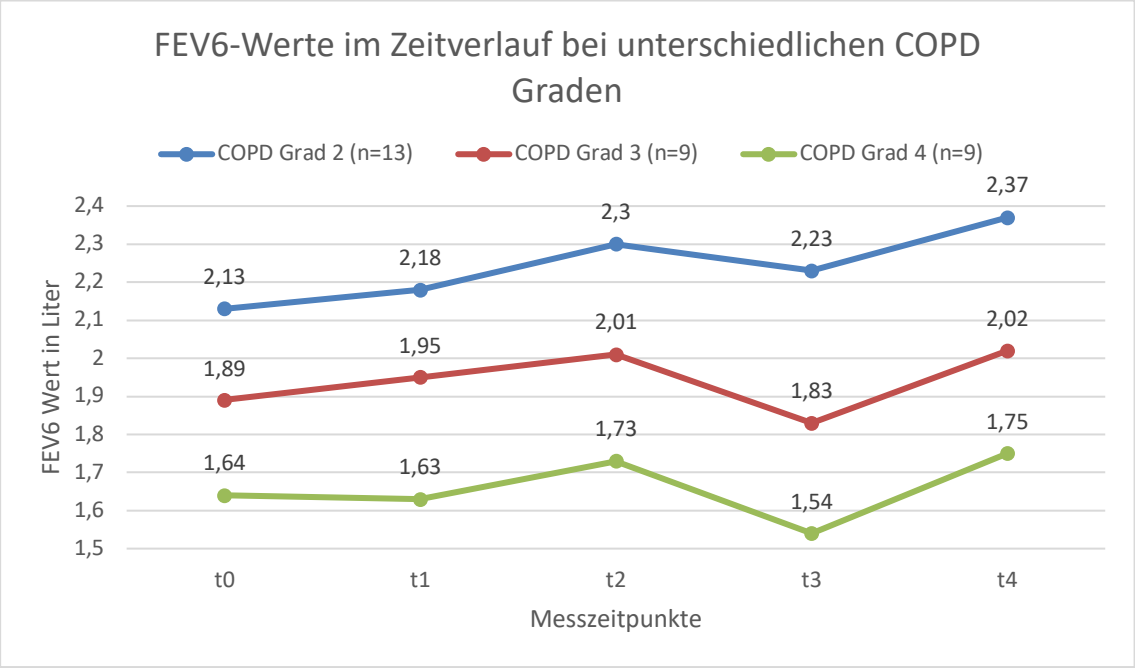

Abbildung 28: FEV6-Werte im Zeitverlauf bei unterschiedlichen COPD Graden

Verallgemeinert kann daraus geschlossen werden: je höher der COPD Grad, desto geringer sind die Effekte.

Vergleich zwischen den unterschiedlichen Altersgruppen (<65 und >/= 65 Jahre)

Einen weiteren Vergleich kann man zwischen „jungen“ und „alten“ Patienten ziehen. Das Robert Koch Institut beschreibt Menschen ab 65 Jahren als alte Menschen (Böhm, Tesch-Römer, & Ziese, 2009). Nach dieser Definition wurden die Probanden in zwei Gruppen unterteilt: In der ersten Gruppe befinden sich diejenigen Probanden im Alter <65 und in der zweiten Gruppe diejenigen >/= 65 Jahre. Abbildung 29 zeigt diesen Vergleich.

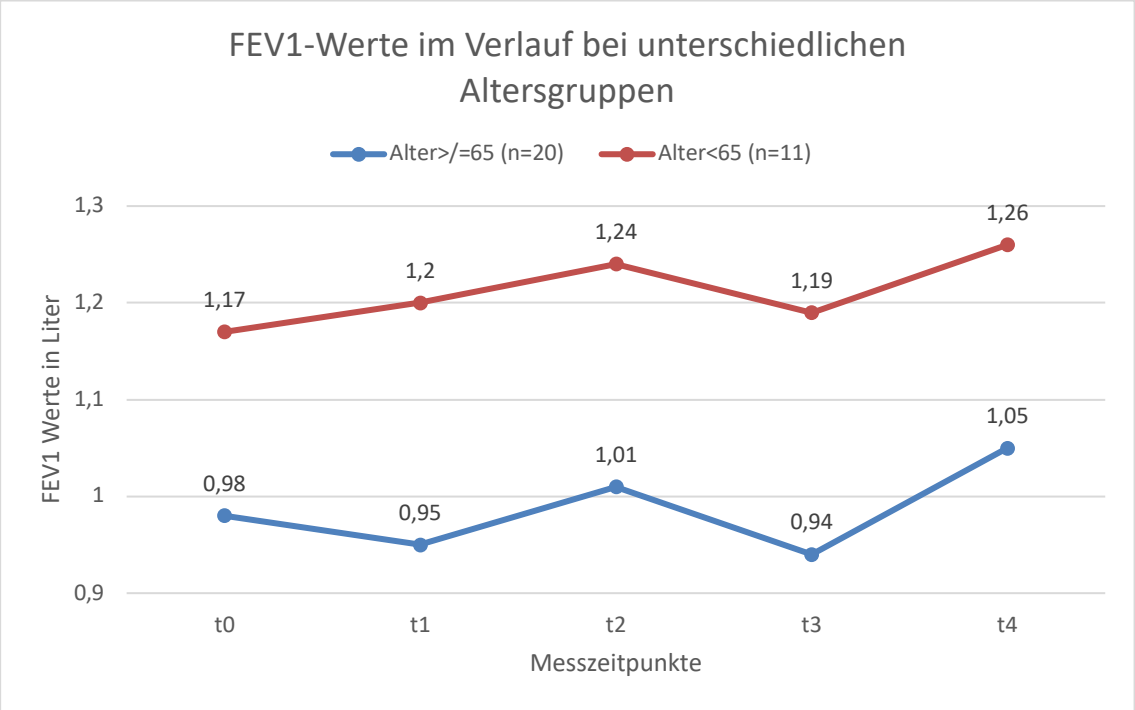

Abbildung 29: FEV1-Werte im Zeitverlauf bei unterschiedlichen Altersgruppen

Wie zu erwarten, ist die Gruppe der Älteren weiter unten auf der Skala anzusiedeln. Die Patienten mit einem Alter >/=65 erreichen niedrigere Ausgangswerte als die Gruppe der Jüngeren. Die Effektstärke d nach Cohen zeigt, dass sich beide Gruppen ähnlich stark verbessern. Nachfolgend werden in der Tabelle die Effektstärken d nach Cohen für die FEV1- und FEV6-Werte für die kurzfristigen (t1 zu t2) und die längerfristigen (t1 zu t4) Effekte aufgelistet.

Tabelle 5: Die jeweiligen Effektstärken d nach Cohen der FEV1- und FEV6-Werte für die unterschiedlichen Altersgruppen berechnet. Einmal die kurzzeitigen Effekte (t1 zu t2) und einmal die längerfristigen Effekte (t1 zu t4). Rot umkreist sind die kleinen Effekte nach der Interpretation von Cohen (Cohen, 1988).

Alter (FEV1-Wert)	t1 zu t2 (d)	t1 zu t4 (d)
<65	0,06	0,09
>/=65	0,18	0,29
Alter (FEV6-Wert)		
<65	0,13	0,15
>/=65	0,15	0,25

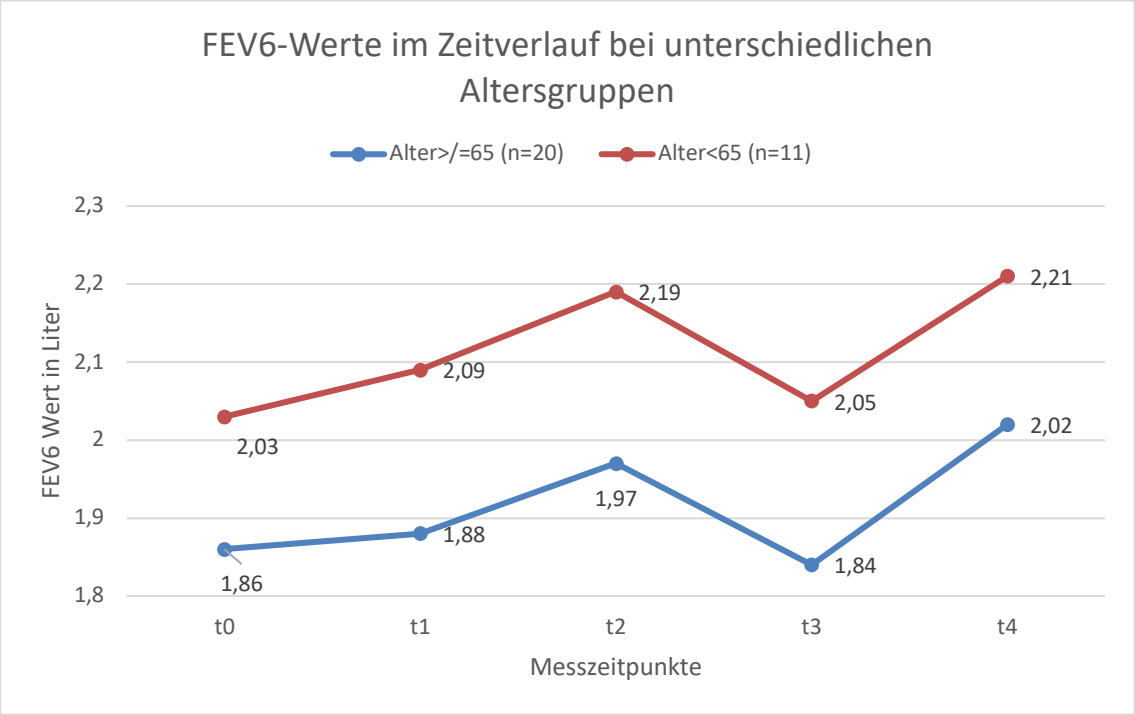

Abbildung 30: FEV6-Werte im Zeitverlauf bei unterschiedlichen Altersgruppen

Wie zuvor beschrieben verlaufen die Kurven der FEV1- und FEV6-Werte sehr ähnlich. Die Unterschiede sind nur sehr gering. Man erkennt an beiden Kurven, dass die jüngeren Patienten zu jedem Messzeitpunkt ein besseres Ausgangsniveau erreichen als die älteren Patienten.

Wie anhand Tabelle 5 zu sehen, kann daraus ganz allgemein geschlossen werden, dass sich ältere Probanden stärker verbessern als junge Probanden. Kleine Effekte konnten für die längerfristigen Messzeitpunkte (t1 zu t4) für die ältere Probandengruppe verzeichnet werden.

Vergleich zwischen dem unterschiedlichen BMI (<25 und >/=25)

Einen interessanten Vergleich kann man auch zwischen übergewichtigen und untergewichtigen/kachektischen Patienten ziehen. Die WHO definiert einen Menschen ab einem BMI (Body-Mass-Index) von >/= 25 als übergewichtig. Als untergewichtig werden Menschen mit einem BMI von < 18 definiert (WHO, 2000). Der BMI errechnet sich aus der Körpergröße und dem Körpergewicht wie folgt: Körpergewicht in Kilogramm geteilt durch die Körpergröße in Meter im Quadrat (kg/m2) (WHO, 2000). Dieser wurde auch für die Patienten berechnet. Unterteilt wurden die Gruppe in Normalgewichte und Untergewichtige (BMI < 25) und Übergewichtige (BMI >/=25). Für die Statistik wurden die

Untergewichtigen und die Normalgewichtigen zusammengenommen, um eine gewisse Stichprobenanzahl zu erreichen.

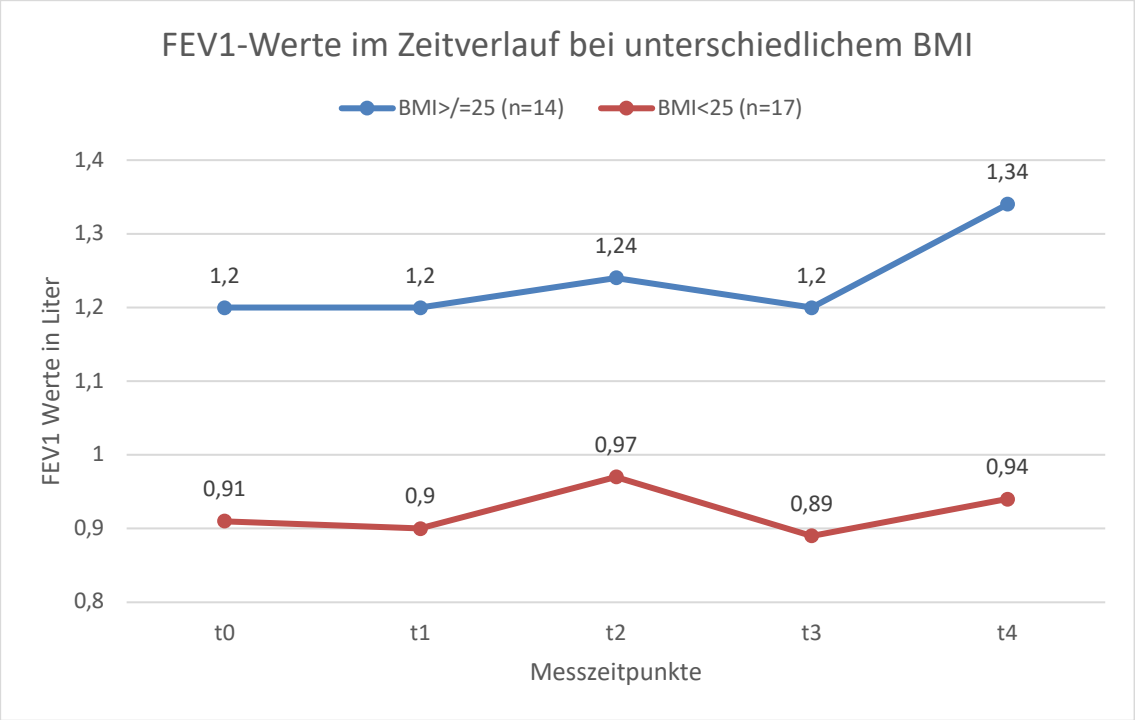

Abbildung 31: FEV1-Werte im Zeitverlauf bei unterschiedlichem BMI

Abbildung 31 zeigt die FEV1-Werte zu den unterschiedlichen Messzeitpunkten bei einem BMI>/=25 (blaue Kurve) und bei einem BMI<25 (rote Kurve). Die blaue Kurve erreicht ein deutlich höheres Ausgangsniveau als die die rote Kurve. Die FEV6-Werte unterscheiden sich dabei nicht so deutlich, wie in nachfolgender Abbildung 32 zu sehen ist. Wie bei den anderen Vergleichen auch, wurde die Effektstärke nach Cohen berechnet:

Tabelle 6: Die jeweiligen Effektstärken d nach Cohen der FEV1- und FEV6-Werte für die unterschiedlichen BMI berechnet. Einmal die kurzzeitigen Effekte (t1 zu t2) und einmal die längerfristigen Effekte (t1 zu t4). Rot umkreist sind die kleinen Effekte nach der Interpretation von Cohen (Cohen, 1988).

BMI (FEV1-Wert)	t1 zu t2 (d)	t1 zu t4 (d)
<25	0,2	0,11
>/=25	0,07	0,24
BMI (FEV6-Wert)		
<25	0,19	0,116
>/=25	0,11	0,26

Die Abbildung 32 zeigt, dass die Patienten mit einem BMI >/= 25 zum Messzeitpunkt t0 schon ein höheres Ausgangsniveau für den FEV6-Wert haben als diejenigen mit Normalgewicht und Untergewicht (BMI <25). Wie man anhand der beiden Kurven sehen kann steigt die blaue Kurve deutlich steiler an als die rote.
Anhand beider Gruppen erkennt man, dass die sich die FEV1- und 6-Werte von Messzeitpunkt 2 (t1) zu 3 (t2) verbessern.

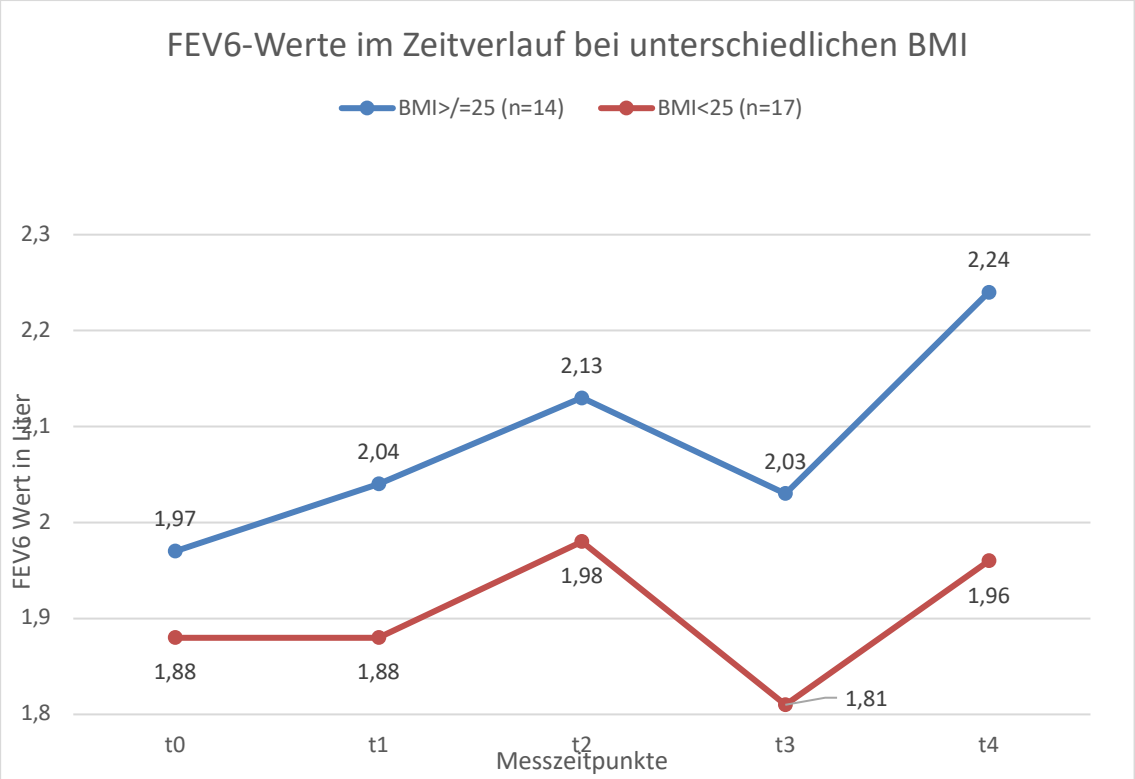

Abbildung 32: FEV6-Werte im Zeitverlauf bei unterschiedlichen BMI

Abschließend kann gesagt werden, dass für alle Untergruppen nur kleine Effekte festgestellt werden konnten. Weiterführende Studien könnten mehr Aufschluss und genauere Ergebnisse zu diesem Themenfeld beitragen. In der anschließenden Diskussion werden die Ergebnisse kritisch betrachtet und ausführlich diskutiert.

6 Diskussion

In der folgenden Diskussion sollen die oben genannten Ergebnisse erst interpretiert und dann diskutiert werden. Dabei wird insbesondere auf die Messzeitpunkte t1 und t2 eingegangen. Im weiteren Verlauf der Diskussion wird auf Messzeitpunkt t4 eingegangen. Danach wird sich kritisch mit den Methoden auseinandergesetzt. Zudem wird am Ende dieses Kapitels ein kurzer Ausblick auf zukünftige Forschungsfragen gegeben.

Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass zuvor die beschriebene Hypothese bestätigt werden kann:
Ein spezielles Krafttraining des Oberkörpers verbessert das forcierte exspiratorische Volumen. Da der FEV1- und der FEV6-Wert unterschiedliche Parameter der Atemwege darstellt werden beide Werte in der folgenden Diskussion getrennt betrachtet und behandelt.

6.1 Interpretation und Diskussion der Ergebnisse

FEV1-Wert

Der Anstieg der FEV1-Werte von Messzeitpunkt t1 zu t2 lässt darauf schließen, dass das Hypertrophie-Krafttraining zu einer verbesserten Lungenfunktion führt. Auf Grund der Übungsauswahl konnte die Thoraxbeweglichkeit und Thoraxcompliance erhöht werden. Da die kurzzeitigen Effekte untersucht wurden, ist klar, dass das Hypertrophie-Krafttraining keinen Muskelzuwachs an sich verzeichnen konnte; dennoch sollte die Beweglichkeit durch eine größtmögliche ‚Range of Motion' bei der Übungsdurchführung erhöht werden. Allein durch das Aufwärmen werden das Herz-Kreislauf-System stimuliert, die muskuläre Energiebereitstellung aktiviert, die Ansteuerungsprozesse des Nervensystems optimiert und die inneren Widerstände des Bewegungsapparates reduziert (Swiss Olympics, 2009). Die Autoren schreiben zudem, dass der Bewegungswiderstand in aufgewärmten Gelenken um 10% bis 20% reduziert ist. Das heißt, durch eine erhöhte Muskeltemperatur, die durch das Krafttraining des Oberkörpers noch einmal erhöht wird, wird auch die Gelenktemperatur erhöht, der Bewegungsumfang wird erweitert und der Bewegungswiderstand reduziert (Swiss Olympics, 2009). Daraus resultiert dann auch eine erhöhte Brustkorbbeweglichkeit, wodurch sich die FEV1-Werte verbessern. Nichts desto trotz könnte auch die Lippenbremse jene Effekte hervorrufen. Diese hat Einfluss auf die

Weite der Atemwege, wodurch eine bewusste Atemtechnik in Verbindung mit Bewegung die FEV1-Werte verbessern könnten.

Wie anhand der Abbildung 17 zu sehen ist verschlechtern sich die Probanden nach 2 h zum Messzeitpunkt t3 hin wieder. Die Kurve sinkt auf den Ausgangswert zurück. Mögliche Ursache kann einerseits sein, dass sich durch die Inaktivität wieder Schleim in den Atemwegen absetzt oder aber andererseits die kurzzeitig erhöhte Elastizität der umliegenden Strukturen, also der Muskulatur, der Bänder, Sehnen und Faszien, nach zwei Stunden wieder nachlässt. Die Muskulatur kühlt schnell wieder ab, sodass die mechanischen Effekte relativ schnell wieder abklingen. Die Effekte eines Aufwärmens halten nur ca. 15 bis 20 Minuten an (Swiss Olympics, 2009). Durch das Krafttraining könnten die Effekte verlängert werden, jedoch kühlt die Muskulatur automatisch bei Inaktivität wieder auf ihre Ausgangstemperatur zurück ab. Umgeben sind die Muskeln von Faszien, die sich zudem, wie ein Netzwerk, durch den ganzen Körper ziehen. Sie spielen bei der Übertragung von mechanischen Kräften eine wichtige Rolle. Außerdem reagieren die Faszien leicht auf Entzündungen und bilden bei Inaktivität sogenannte Crosslinks aus. Dadurch verlieren sie an Elastizität (Findley, Chaudhry, Stecco, & Roman, 2012). Diese können durch Mobilisation und bestimmte Zugbewegungen wieder gelöst werden, wodurch sich die Beweglichkeit erhöht. L. Stecco schreibt, dass Faszien das einzige Gewebe sind, das seine Konsistenz unter Stress modifiziert (Plastizität) und das dazu fähig ist, seine Elastizität zurückzugewinnen, wenn es zum Beispiel durch manuelle Manipulation benutzt (Verformbarkeit/Geschmeidigkeit) wird (Stecco, 2004). Da gerade COPD Patienten auf Grund der erhöhten Atemarbeit und Kurzatmigkeit eine verkürzte Muskulatur, beziehungsweise muskuläre Dysbalancen, insbesondere im Oberkörper haben, könnte man davon ausgehen, dass unter anderem die zugleich mobilisierenden Übungen des Krafttrainings eine bessere Thoraxbeweglichkeit mit sich bringen. Ähnliche Effekte könnte auch die Studie von Yilmaz Yelvar (Yilmaz Yelvar, Çirak, Parlak Demir, Dalkilinç, & Bozkurt, 2016) hervorgerufen haben. Wie im aktuellen Forschungsstand schon beschrieben, verbesserte sich die Lungenfunktion durch eine einzige Manuelle Therapiesession signifikant. Unterschied hierbei ist jedoch, dass die Probanden aktiv an ihrem Zustand arbeiten und ihn verbessern können, wohingegen die Manuelle Therapie durch einen Physiotherapeuten ausgeführt und somit passiv von Patienten empfangen wurde. Dies ist vor allem psychologisch betrachtet von Bedeutung, dass die Patienten bei dem Krafttraining selbstbestimmt und in eigener Initiative den Krankheitsverlauf bzw. ihren aktuellen Zustand mitgestalten können. Zu beachten ist außerdem, dass die Durchführung des

Krafttrainings zu unterschiedlichen Tageszeitpunkten gemacht wurde. Alle Probanden haben neben COPD noch andere Erkrankungen, unter anderen nehmen viele Medikamente gegen Bluthochdruck, um hier nur ein Beispiel zu nennen. Je nach dem wann und welches Medikament eingenommen wird, können die Wirkungszeiten sich sehr unterscheiden, was einen Einfluss auf die Ergebnisse der Studie haben könnte. Da sich dies aber nicht ausschließen lässt, da COPD eine Erkrankung der zweiten Lebensphase ist und die Menschen nun einmal älter sind und mit dem Alter werden auch meist gewisse Komorbiditäten einhergehen, wurde dies akzeptiert und berücksichtigt.

Wie man anhand der Abbildung 17 sehen kann hält der Effekt nur kurzzeitig an. Nach zwei Stunden (Messzeitpunkt t3) sind die Werte ähnlich wie zu Beginn des Krafttrainings. Die Elastizität nimmt wieder ab. Die mechanischen Eigenschaften der Strukturen sinken wieder. Dass die Muskulatur, Bänder, Sehnen und Faszien durch Krafttrainings warm werden und dadurch dem Bewegungsradius eine erhöhte Beweglichkeit und Elastizität ermöglichen, ist wissenschaftlich belegt (Hollmann, 1990).

Wie man in Abbildung 17 sehen kann verbesserten sich die Patienten zu Ende des Reha-Aufenthaltes noch einmal deutlich. Die Ergebnisse zeigen, dass sich die Probanden signifikant von Messzeitpunkt t1 zu t4 verbessert haben. Schwierig wird es nur, dies auf das Krafttraining zurückzuführen, da die Probanden, wie alle Patienten auch an allen anderen physikalischen Anwendungen wie Atemtherapie, Herzkreislauftraining etc. teilnehmen. Dennoch ist es ein großer Motivator für die Patienten, ihnen aufzeigen zu können, dass der Reha-Aufenthalt allgemein eine Verbesserung des FEV1-Wertes bringt. Die Ergebnisse sind signifikant. Der Messzeitraum in der Reha-Klinik variierte von Proband zu Proband sehr deutlich, von sieben Tagen zu 22 Tagen. Im Durchschnitt waren die die Probanden zwischen Messzeitpunkt t0 und t4 13 Tage in der Reha-Klinik. Die Ergebnisse der Studie wurden den Probanden am Ende des Messzeitpunktes t4 mitgeteilt. Zudem wurde den Probanden nahegelegt das Krafttraining auch weiterhin zuhause durchzuführen. Alternativübungen wurden mit dem Theraband gezeigt. Da viele COPD Patienten ihrer Krankheit mit einem Gefühl der Machtlosigkeit gegenüberstehen, ist die Studie vor allem für jene Patienten sinnvoll, die aktiv gegen ihre Erkrankung etwas tun wollen.

Die Ergebnisse dieser Studie spiegeln die Ergebnisse anderer Studien nur zum Teil wider. Andere Studien zum Krafttraining mit COPD Patienten weisen darauf hin, dass sich zwar die Muskulatur und das Herzkreislaufsystem verbessern, nicht aber die Lungenfunktion. So schreiben Wright et al, dass sie keine signifikanten Veränderungen des FEV1-Wertes durch ein 12-wöchiges Krafttraining feststellen konnten (Wright, Heck, Langenkamp, Franz, & Weber, 2002). Dem hinzuzufügen ist, dass diese Studie über einen

Messzeitraum von 12 Wochen durchgeführt wurde. Patienten der Fachklinik Allgäu befinden sich aber maximal für einen Zeitraum von fünf Wochen, inklusive Verlängerung, im Klinikaufenthalt. Und dennoch zeigten sich auch bei ihnen signifikante Effekte. Weitere Studien könnten einen Aufschluss über die Effekte eines gezielten Krafttrainings auf die Lungenfunktion geben. Interessant wäre es zudem zu erfahren, wie sich die untersuchten Lungenfunktionswerte nach einem längeren Aufenthalt zuhause entwickeln. Darüber könnten dann Langzeitstudien einen besseren Einblick geben.

FEV6-Wert

Ähnlich wie der FEV1-Wert verläuft auch der FEV6-Wert. Das heißt, das Krafttraining verbessert auch die Belüftung der kleinsten Atemwege. Es weitet die Atemwege bis in die kleinen Bronchien, sodass die Probanden mehr Luft innerhalb der ersten sechs Sekunden ausatmen können. Dies kann sich einerseits auf die Übungen zurückführen lassen, genauso aber auch auf die bewusste Atmung (Lippenbremse), die während des Krafttrainings besonders beachtet wird. Im Alltag passiert die Atmung unbewusst und automatisch. Gerade Situationen in denen Menschen mit COPD in Atemnot geraten könnten sind ein großer Stressor. Unter Stress wandert die Atmung nach oben. Unbewusst werden die Schultern nach oben gezogen, die Nackenmuskulatur verspannt. Bei Angst und Luftnot wird primär eingeatmet, die Ausatmung ist reduziert. Die Lunge überbläht. Wird dieser Zustand chronisch, hat dies enorme Folgen für den Körper. Die Lippenbremse ist ein effektives Hilfsmittel, um aus diesem Atemmuster herauszukommen. Durch das Ausatmen gegen eine kleine Stenose/Bremse wird ein Gegendruck gegen die kleinen engen Atemwege erzeugt. Deshalb wurde auch bei der Durchführung besonderen Wert daraufgelegt, dass die Übungen allesamt im Atemrhythmus und mittels Lippenbremse durchgeführt wurden.

Höchstwahrscheinlich ist die Kombination aus bewusster Atmung und den Kraftübungen Anlass dafür, dass sich die Probanden durch das Krafttraining kurzzeitig verbessern. Weitere Untersuchungen sollten diesbezüglich durchgeführt werden.

Allgemein

Wie eine umfangreiche Literaturrecherche ergeben hat, scheint die vorliegende Arbeit eine erste Studie zur Untersuchung der **kurzzeitigen** Effekte eines Krafttrainings speziell für den Oberkörper zu sein. Frykholm et al. veröffentlichten 2018 ein systematisches Review-Protokoll zum Vergleich der physiologischen Antwort und Symptome während Aktivitäten, die die Arme versus Beine beanspruchten in Patienten mit COPD (Frykholm,

Lima, Janaudis-Ferreira, & Nyberg, 2018). Das Review ist noch in Bearbeitung, zeigt jedoch, dass sich auch hier relevante Ergebnisse zeigen könnten. Die langfristigen Effekte eines Trainings des Oberkörpers hingegen sind besser untersucht worden. Es lassen sich zahlreiche Studien zu unterschiedlichen Trainingsformen des Oberkörpers bei Menschen mit COPD finden. Um einen Einblick in die Studienlage zu geben veröffentlichenden Kathiresan et at. ein Review zu genau diesem Thema: die Meta-Datenanalyse zeigte, dass Arm-Krafttraining (an Maschinen und mit freien Gewichten) einen moderaten Effekt auf die Armmuskelkraft bei Menschen mit COPD hat (Kathiresan, Jeyaraman, & Jaganathan, 2010). Das Review bestätigt, wie die Autoren schreiben, dass Armmuskel-Krafttraining in Rehabilitationsprogramme implementiert werden sollte (Kathiresan, Jeyaraman, & Jaganathan, 2010). Das Review untersuchte verschiedene Trainingsformen des Oberkörpers auf die körperliche Leistungsfähigkeit und die Arm-Kraft bei Menschen mit COPD. Betrachtet man andere Therapiebereiche, wie zum Beispiel die Manuelle Therapie, ist sich die Literatur auch hier uneinig. Das Review von C. Simonelli et al. zeigt, dass es sehr schwer ist, qualitativ hochwertige Studien in diesem Bereich zu finden. Von den 555 gefundenen Studien konnten nur 6 Studien die Einschlusskriterien erfüllen. Und selbst bei diesen Studien war das Risiko eines Bias immer noch hoch. Aus dem Review geht hervor, dass keine Effekte einer Manuellen Therapie auf die Lungenfunktion gefunden werden konnten. Jedoch sollte beachtet werden, dass die ausgewerteten RCTs (Randomised Controlled Trials) nur schwache Qualität in der Methodik erreichten. Sie schreiben, dass mehr und qualitativ hochwertigere Studien von Nöten sind, bevor diese Art der Therapie in die Rehabilitationsprogramme mit aufgenommen werden kann (Simonelli, Vitacca, Vignoni, & Paneroni, 2019). Andererseits konnten Yilmaz Yelvar et al, 2016, also zuvor schon, signifikante Effekte einer einzigen Manuellen Therapie Session feststellen (Yilmaz Yelvar, Çirak, Parlak Demir, Dalkilinç, & Bozkurt, 2016), beschriebene Studien spiegeln das kontrovers diskutierte Thema wieder.

Lungenalter

Das Lungenalter hat das Gerät automatisch aus den eingegebenen Daten errechnet. Für die vorliegende Studie war dies ein Zusatz, aber nicht von klinischer Relevanz. Für die Motivation der Patienten war es allerdings sehr hilfreich, ihnen mitteilen zu können, dass sich die Lunge innerhalb eines Krafttraining um 1,78 Jahre verjüngt hat, da die meisten Patienten nicht viel mit dem FEV1-und FEV6-Werten anfangen konnten. Aus psychologischer Sicht ist dies ein guter Motivator, damit die Probanden auch weiterhin ihre

Übungen regelmäßig ausführen. Dies hilft ihnen dabei zu erkennen, dass sie den Krankheitsverlauf aktiv mitgestalten können und zum positiven beeinflussen können.

Geschlechterunterschied

Zu sehen ist, dass sich die männlichen von den weiblichen Probanden nur sehr leicht unterscheiden. Die Ergebnisse zeigen, dass es kaum Unterschiede bei den Effektstärken zwischen den männlichen und weiblichen Probanden gibt. Vielleicht hätte man annehmen können, dass sich weibliche Probanden auf Grund des elastischeren Bindegewebes stärker verbessern, dieser Effekt konnte allerdings nicht festgestellt werden. Männliche wie weibliche Probanden verbessern sich tendenziell gleich. Die unmittelbaren Effekte eines Krafttrainings auf die Lungenfunktion wurden im Allgemeinen noch nicht hinreichend untersucht, deswegen lassen sich kaum Unterschiede in Bezug auf die Effekte des jeweiligen Geschlechts finden. Die langfristigen Effekte eines Krafttrainings in Bezug auf die geschlechtlichen Unterschiede sind besser untersucht. Die Studie von Bamman et al. zeigte Unterschiede zwischen dem Geschlecht in Bezug auf die Erhöhung der Muskelkraft. Ältere Männer wiesen eine bessere Myofiber Hypertrophie und Kraftzuwachs auf im Vergleich zu älteren Frauen nach einem 23-wöchigen Knie Extensor Training (Bamman, et al., 2003). Ähnliche Ergebnisse fanden sie für die MHC Plastizität in Frauen und Männern. Jedoch war die Stichprobengröße so klein, dass weitere Studien von Nöten sind, um diesen Vergleich zu bestätigen. Das heißt, dass die geschlechtlichen Unterschiede innerhalb der Muskelzelle so gering sind, dass sie für die vorliegende Studie für nicht relevant geachtet werden. Zu dem Schluss, dass die geschlechtlichen Unterschiede zwischen Mann und Frau nur eine Nebenrolle für ein Krafttraining mit Älteren sind kamen auch Mayer et al. und Lai et al. (Mayer, et al., 2011); (Lai, Tu, Wang, Huang, & Chien, 2018). Studien im Speziellen zu Unterschieden bei der Lungenfunktion konnten keine gefunden werden.

Da der Fokus im Alter nicht mehr auf einer Leistungssteigerung, sondern im Erhalt der Funktionsfähigkeit liegt sind die geschlechtlichen Unterschiede im Speziellen für diese Patientengruppe nicht mehr relevant.

COPD Grad

Abbildung 27 zeigt sehr gut die unterschiedlichen COPD Grade. Diese werden nach dem GOLD Standard eingeteilt und spiegeln diesen wider (Abbildung 5). Für beide Werte (FEV1 und FEV6) verbessert sich die Gruppe der COPD Grad 2 am stärksten (wie anhand der Effektstärken gezeigt werden konnte). Wie zuvor schon geschrieben, kann daraus

geschlossen werden, dass sich diejenigen Patienten mit einer leichten COPD tendenziell stärker verbessern als diejenigen mit einer schweren COPD. Grund dafür ist einerseits die immer weiter abnehmende körperliche Aktivität im Krankheitsverlauf auf Grund von immer stärker auftretender Atemnot, und andererseits die daraus resultierenden chronischen Fehlhaltungen. Durch das Einschränken der Alltagsaktivität, wie beispielsweise das Ein- und Ausräumen der Spülmaschine, und der Immobilisation durch die Bewegungsarmut wird die Muskulatur im Oberkörper, wie im ganzen Körper auch, immer weiter und schneller abgebaut (Muskelatrophie). Die Atemhilfsmuskulatur verhärtet durch die vermehrte Atemarbeit und wird immer unbeweglicher. Mit zunehmendem Alter verlieren die Strukturen an Wasser und somit an Elastizität. Dies begünstigt unter anderem die Einnahme von Fehlhaltungen, da es für die Betroffenen immer schwerfälliger wird den kompletten Bewegungsradius auszunutzen, ohne in Atemnot zu geraten.
Somit kann gesagt werden, dass eine hohe Brustkorbbeweglichkeit, die eine elastische Muskulatur, elastische Bänder und Sehnen und Faszien voraussetzt, zu einer verbesserten Lungenfunktion führt. Das heißt, je früher im Verlauf der Erkrankung mit einem Krafttraining begonnen wird, desto länger kann die Beweglichkeit trainiert und aufrechterhalten werden. Ziel im Alter ist eine Aufrechterhaltung der körperlichen Leistungsfähigkeit.

Altersgruppen

Wie erwartet verbesserten sich jüngere (<60) Patienten besser als diejenigen über 60 Jahre. Wie zuvor erwähnt, verlieren die Muskulatur und die umliegenden Strukturen mit zunehmendem Alter stark an Elastizität. Da die Ausatmung bei dem Lungenfunktionstest forciert ist, wird diese automatisch von den Atemmuskeln und der Atemhilfsmuskulatur unterstützt. Je weniger elastisch nun die umliegenden Strukturen sind, desto weniger gut kann die Muskulatur die Atemfunktion unterstützten. Im Zusammenhang mit COPD kann gesagt werden, dass ältere Menschen meist einen höheren COPD Grad haben als jüngere. Deshalb sind die älteren Probanden weiter unten auf der Skala einzuordnen als die jüngeren Probanden. Da auch bei gesunden Menschen die Elastizität durch den natürlichen Alterungsprozess abnimmt, ist anzunehmen, dass sich die jüngeren Patienten stärker verbessern als die älteren Patienten, wie anhand der Studie gezeigt werden konnte. Vergleicht man andere Trainingsmodalitäten, zum Beispiel Vibrationstraining, auf die Effektivität der körperlichen Leistungsfähigkeit, so konnten Lai et al. anhand ihres Reviews feststellen, dass Resistance Training die effektivste Intervention ist, um die Muskelkraft und physikalische Leistung bei älteren Menschen (60-92 Jahre) zu verbessern (Lai, Tu, Wang, Huang, & Chien, 2018). Das heißt auch im Rehabilitations-Setting kann und sollte

mittels dieser Trainingsform (Training mit Gewichten) ein gutes Therapieprogramm implementiert werden.

BMI

Übergewichtige Patienten werden mittels BMI definiert. Als übergewichtig gilt wer einen BMI >25 hat (WHO, 2000). Die Kurven in Abbildung 31 (FEV1-Werte) zeigen, dass die Patienten mit einem BMI<25 geringere Ausgangswerte (t1) erreichten als diejenigen mit einem größeren BMI (BMI<25: 1,88; BMI>=25: 2,04). Dies gilt jeweils für die FEV1- sowie für die FEV6-Werte (Abbildung 32).

Spannend zu erfahren waren die Unterschiede zwischen den Normalgewichtigen und den Übergewichtigen. Gerade im Alltag, beim Gehen beispielsweise, wird viel mehr periphere Muskulatur beansprucht, wodurch diejenigen Menschen mit einem erhöhten Körpergewicht deutlich mehr Leistung erbringen müssen. Allein das Körpergewicht in Bewegung zu bringen kostet schon mehr Energie. Zudem muss gesagt werden, dass gerade das viszerale Bauchfett einen einschränkenden Faktor für die Atmung darstellt, da sich das Zwerchfell nicht mehr richtig nach unten ausbreiten kann. Die Lungenflügel haben so weniger Raum, um sich auszudehnen, das Atemvolumen kann nicht mehr vollständig genutzt werden. Van Gerstel et al. schreiben zudem, dass ein überblähter Magen oder eben ein größerer Leibesumfang den intraabdominalen Druck erhöhen kann. Dadurch würde die Zwerchfellexkursion zunehmend eingeschränkt und die Gesamtcompliance des sogenannten „Thorax-Lungen-Systems“ (van Gestel & Teschler, 2010, p. 24) reduziert werden (van Gestel & Teschler, 2010). Andererseits kann die Beweglichkeit, vor allem die Thorax-Beweglichkeit durch das Fett und die Wassereinlagerungen erhöht sein. Die Elastizität ist durch den hohen Fettanteil zwischen der Muskulatur und den Körperzwischenräumen erhöht, was sich nun anhand der erhöhten Ausgangswerte widerspiegelt. Die Effektstärke zeigt, dass sich die Probanden mit einem BMI<25 minimal größere Effekte erzielen, als die der anderen Gruppe. Dafür sinkt die Kurve von Messzeitpunkt t2 auf t3 zwei Stunden nach dem Krafttraining verstärkt ab. Diejenigen Probanden mit einem BMI<25 erreichen sogar Werte, die unter dem Ausgangsniveau liegen. Dies könnte damit zusammenhängen, dass durch das starke und lange Ausatmen die Atemwege verengen und diese sich bei den ‚BMI<25‘ nicht so schnell erholen wie bei den Adipösen.

Schaut man sich den Verlauf von Messzeitpunkt t1 (vor dem Krafttraining) zu Messzeitpunkt t4 (am Ende des Reha-Aufenthaltes) an, so kann festgehalten werden, dass die Gruppe der BMI>/=25 deutlich stärkere Effekte erzielt als die andere (BMI</=25). Für die mit ‚BMI<25‘ ist sogar ein leichter Abfall der Werte zu erkennen (Vergleich der

Messzeitpunkte t2: und t4). Grund für das Ergebnis könnte ein schlecht gewählter Tageszeitpunkt sein, um die letzte Messung durchzuführen. Außerdem, wie der Messzeitpunkt schon sagt, war der Zeitpunkt zum Ende des Reha-Aufenthaltes und die Patienten sind schon am Planen und Organisieren, wie es zuhause weitergeht. Dies könnte auf ein erhöhtes Stresslevel hinweisen, was wiederum einen Einfluss auf die Messergebnisse des letzten Zeitpunktes haben könnte. Zusätzlich spielt die Tagesform eine wichtige Rolle bei der Messung. Diese ist gerade für schwache Patienten von Bedeutung, denn die Ateman-forderung bei der Untersuchung ist eine Tortur, da versucht werden soll, so kräftig und lange wie möglich auszuatmen.
Ganz allgemein kann dem noch hinzugefügt werden, dass sowohl die Patienten mit einem BMI<25 als auch diejenigen mit einem höheren BMI von einem Krafttraining profitieren. Für beide Gruppen ist ein Muskelaufbau über einen längeren Zeitraum wichtig, um einerseits Muskulatur aufzubauen, beziehungsweise der Muskelatrophie entgegenzuwirken und die vorhandene Muskulatur zu erhalten. Andererseits hat eine größere Muskelmasse einen positiven Effekt auf die Körperzusammensetzung. Gerade Patienten mit Übergewicht können von einem Krafttraining zur Gewichtsreduktion profitieren. Der Grundumsatz wird erhöht, Fettmasse kann im günstigen Fall in Muskelmasse umgewandelt werden.

6.2 Methodenkritik

Das digitale Lungenfunktionsmessgerät von CEGLA ist ein valides Mittel zur Messung der FEV1- und FEV6-Werte bei Menschen mit COPD. Der Hersteller versichert, dass das Gerät gemäß den QMS-Vorschriften und -Normen entwickelt und hergestellt wurde (CEGLA Medizintechnik, 2019). Zudem stimmen die Werte des digitalen Messgerätes mit den Werten der örtlichen Spiroergometrie überein. Dennoch kann kritisiert werden, dass die Messung einerseits stark von der Motivation des Patienten abhängt und andererseits von der Anleitung des Arztes/Studienleiters. Um eine möglichst einheitliche Ausführung zu generieren, wurden die Probanden immer von der gleichen Person angeleitet. Die Wortwahl wurde zuvor eingeübt. Um eine objektiv einheitliche Anleitung zu schaffen, sollte zukünftig ein Video gedreht werden und den Probanden vorgespielt werden. Des Weiteren ist zu kritisieren, dass die Durchführung der Messung im Kraftraum stattfand, wo unter anderem auch andere Patienten trainierten. Dies könnte zu einem Unwohlgefühl führen, die Patienten könnten sich möglicherweise schämen oder Angst haben

durch das schnellkräftige Ausatmen das Gleichgewicht zu verlieren, zu stürzen oder in Atemnot zu geraten. Vorbeugend sollten sich die Probanden direkt vor einen Stuhl stellen, zusätzlich stellte sich die Studienleiterin direkt neben den/die Proband/in.
Um die Probanden mit ihrem jeweiligen optimalen Belastungsgewicht trainieren zu lassen wurde das Last-Wiederholungsverfahren ausgewählt. Dies hängt sehr von der Motivation der Patienten ab. Zudem haben die Probanden oftmals ein verzerrtes Körperempfinden, was es schwierig für sie macht, die eigenen Grenzen richtig einzuschätzen. Männer könnten außerdem Angst haben bei zu wenigen Wiederholungen Schwäche zu zeigen, Frauen trauen sich oftmals weniger zu. Dies sollte bei weiteren Studien anders gelöst werden. Zur Beurteilung der Atemnot und körperlichen Anstrengung wurde jeweils die modifizierte BORG-Skala verwendet. Dadurch war eine größtmögliche Objektivität gegeben. Dabei ist anzumerken, dass eine ausgedruckte Skala, die man den Probanden zum Anschauen zeigen könnte, die Vorstellung erleichtert hätte. Dies empfiehlt sich bei folgenden Studien anders zu behandeln.
Nicht zu vergessen ist die fehlende Kontrollgruppe. Aus ethischen Gründen (einige Patienten müssten sonst auf das Krafttraining verzichten) wurde bewusst auf eine Kontrollgruppe verzichtet. Um eine höhere Studienqualität zu erreichen, wäre eine Kontrollgruppe dennoch sinnvoll. Im Einverständnis mit den Probanden könnten zukünftige Studien mit Kontrollgruppe durchgeführt werden. Außerdem wäre eine größere Stichprobenanzahl sinnvoll.

Ganz allgemein gibt es weitere Kritikpunkte, die hier noch kurz aufgeführt werden. Es muss jedoch hinzugefügt werden, dass im Rehabilitationssetting einige dieser Kritikpunkte nicht ausgeschlossen werden konnten, da der normale Rehabilitationsalltag und -ablauf nicht unterbrochen werden sollte. Zu nennen sind hierbei die unterschiedlichen Messzeitpunkte (vormittags und nachmittags) der Probanden, da die Einnahme der Medikamente zumeist am Morgen ist und die Wirkung dieser unterschiedlich früh oder spät einsetzt und dauert. Außerdem haben alle Probanden neben dem Krafttraining weitere Therapien, weshalb die Effekte des Messzeitpunktes t4 nicht nur auf das Krafttraining zurückzuführen sind. Die Lungenfunktion könnte sich aber auch auf Grund der guten Luftqualität verbessern, vorausgesetzt, dass sich die Probanden viel im Freien bewegen. Dies ist unter anderem auf die hohe Luftqualität und die Anpassung an ein Reizklima über drei Wochen im Allgäu zurückzuführen, als Störvariable von der Studie aber nicht auszuschließen.

7 Fazit

Die Stichprobengröße sollte für nachfolgende Studien größer sein. Patienten mit COPD bleiben auch weiterhin ein spannendes Forschungsfeld. Ein Vergleich zwischen aktiven Rauchern und Nicht-Rauchern könnte gezogen werden. Sammelt man weitere soziodemographische Daten könnte dies einen besseren Aufschluss auf die Alltagsaktivität und ganz allgemein das Aktivitätsniveau der Patienten sowie Rückschlüsse auf den Unterschied zwischen aktiven und fitten COPD Patienten geben und jenen, die einen inaktiven, eher sitzenden Lebensstil haben. Indikatoren dafür sind die allgemein besser trainierte Muskulatur und damit wahrscheinlich auch eine erhöhte Elastizität der Bänder, Sehnen und Faszien. Watz et al. fanden heraus, dass der Aktivitätsstatus von Menschen mit COPD mit zunehmendem Schweregrad abnimmt (Watz, Waschki, Meyer, Kanniess, & Magnussen, 2007).

Die vorliegenden Ergebnisse zeigen, dass das Hypertrophie-Krafttraining unmittelbare und langfristige Effekte (ca. 12 Tage) auf die Lungenfunktion bei Menschen mit COPD hat. Nähere Untersuchungen sollten im Hinblick auf das Krafttraining gemacht werden. Fraglich ist, ob genau diese drei Übungen den Effekt hervorgerufen haben oder ob auch ein allgemeines Krafttraining mit anderen Übungen dieselben Effekte hervorrufen könnte. Die Zusammenhänge sind noch nicht ausreichend untersucht worden. Krafttraining bietet einen guten Ansatz im Rahmen verschiedener Therapie und Behandlungsmöglichkeiten, den es weiterhin zu verfolgen und auszubauen gilt. Zudem existieren noch keine hinreichenden Studien über die Langzeiteffekte eines Hypertrophie-Krafttrainings auf die Lungenfunktion bei Menschen mit COPD. Die meisten Studien beschreiben einen Interventionszeitraum von acht bis 12 Wochen. Interessant wäre ein Interventionszeitraum über mehrere Jahre hinweg. Hinzu kommt die Frage nach der Qualität und Quantität einer solchen Intervention. Ist es sinnvoll das Hypertrophie-Krafttraining nach den beschriebenen Trainingsmodalitäten auszuführen oder gelten es für Menschen mit COPD andere Trainingsparameter? Brauchen Menschen mit COPD beispielsweise eine erhöhte Regenerationszeit? Wie lange halten die kurzzeitigen Effekte genau an? Künftige Untersuchen sollten dazu Antworten liefern.

Untersuchungen wie diese geben einen Einblick in das Verhalten des menschlichen Körpers und die unmittelbaren Auswirkungen durch einen Reiz. Diesen Ansatz gilt es nach wie vor genauer zu verfolgen und zu untersuchen. COPD wurde früher viel mit Bettruhe

und Schonhaltungen behandelt; dass dieser Ansatz nicht mehr den aktuellen Behandlungsmaßnahmen entspricht, belegen zahlreiche Studien. Gerade in Rehabilitationseinrichtungen haben die Patienten die Möglichkeit ein umfassendes Wissen über ihre Erkrankung zu erfahren und Behandlungsmaßnahmen kennenzulernen. Eine Schwierigkeit ist es, dieses Wissen in den Alltag zu transferieren. Um diesen Transfer so einfach wie möglich zu gestalten, sollten neue Konzepte und einfache Rahmenbedingungen für einen aktiven Lebensstil trotz und mit COPD geschaffen werden. So könnte beispielsweise ein Hypertrophie-Krafttraining für zu Hause konzipiert werden, sodass die Menschen dieses einfach in ihren Alltag integrieren können und selbständig und in Eigenverantwortung ihren Krankheitsverlauf mitgestalten können. Wichtig ist es, eine gewisse Routine zu entwickeln, um das Krafttraining und die Bewegung langfristig aufrecht zu erhalten. Natürlich lassen sich optimale Ergebnisse nur in Kombination mit der entsprechenden Ernährung und der richtig eingestellten Medikation erzielen. Verschiedene Leitlinien geben einen guten Einblick in den Verlauf der Erkrankung, beachten die positiven Aspekte der körperlichen Leistungsfähigkeit und der Adaptionsfähigkeit durch Training aber zu wenig. Künftige Anpassungen könnten die Behandlung einer COPD noch ganzheitlicher gestalten und somit den Aspekt der Eigenverantwortung noch deutlicher darstellen.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass ein Hypertrophie-Krafttraining keine negativen Auswirkungen auf die Lungenfunktion bei Menschen mit COPD hat. Gezieltes Krafttraining des Oberkörpers verbessert das forcierte exspiratorische Volumen. **Die Lungenfunktionswerte FEV1 und FEV6 verbessern sich signifikant.** Kurz- wie längerfristig. Langfristige Effekte können aber nicht in Gänze auf das Krafttraining zurückgeführt werden. Somit bieten die Behandlungsstrategien noch genügend Diskussionsmaterial. Dies spiegelt die aktuelle Literatur wider. Reviews, wie das von Puhan et al., geben Aufschluss über die Datenlage, werfen aber weiterhin Fragen bezüglich der genauen Trainingsmodalitäten auf (Puhan, Schünemann, Frey, Scharplatz, & Bachmann, 2005).

Zur Methodik kann abschließend gesagt werde, dass die Rekrutierung der Probanden sehr einfach verlief. Kritisch anzumerken ist, dass die Probanden im gleichen Raum wie alle anderen Patienten der Fachklinik Allgäu trainierten. Die erhobenen Parameter sind sinnvoll ausgewählt worden. Der digitale Lungenfunktionstest hat sich als valides Mittel zur Messung der FEV1- und FEV6-Werte herausgestellt. Die Untersuchungsdurchführung verlief, auf Grund intensiver Vorbereitung, sehr gut.

Mit den Ergebnissen dieser Studie wird gezeigt, dass schon ein einmaliges Hypertrophie-Krafttraining mit drei speziellen Übungen für den Oberkörper ausreicht, um das forcierte exspiratorische Volumen zu verbessern. Gerade im Hinblick auf eine immer ältere und inaktivere Gesellschaft könnte dies wichtig werden, um Rehabilitationseinrichtungen zu entlasten, da die Menschen mit COPD auch selbst von zuhause aus aktiv werden können.

8 Literaturverzeichnis

Agrawal, R., Moghtader, S., Ayyala, U., Bandi, V., & Sharafkhaneh, A. (2019). Update on management of stable chronic obstructive pulmonary disease. *Journal of Thoracic Disease, 11*(14), S. 1800-1809.

Böhm, K., Tesch-Römer, C., & Ziese, T. (2009). *Gesundheit und Krankheit im Alter.* Statistisches Bundesamt; Deutsches Zentrum für Alterspflege; Robert Koch-Institut, Berlin.

Bamman, M., Hill, V., Adams, G., Haddad, F., Wetzstein, C., Gower, B., . . . Hunter, G. (2003). Gender Differences in Resistance-Training-Induced Myofiber Hypertrophy Among Older Adults. *Journal of Gerontology: BIOLOGICAL SCIENCES, 58A*(2), S. 108-116.

Brzycki, M. (1993). Strength testing - predicting a one-rep max from reps-to-fatigue. *Journal of Physical Education, Recreat Dance, 64*, 88-90.

Buist, A., McBurnie, M., Vollmer, W., Gillespie, S., Mannino, D., Menezes, A., . . . Nizankowska-Mogilnicka, E. (2007). International variation in the prevalence of COPD (the BOLD Study): a population-based prevalence study. *Lancet*(370), S. 741-750.

Bundesärztekammer, A. d. (Hrsg.). (2016). *Nationale Versorgungsleitlinie COPD.* Köln: Deutscher Ärzte-Verlag GmbH.

Carpinelli, R. (2011). Assessment of One Repetition Maximum (1RM) and 1RM Predicition Equations: Are they Really Necessary? *Medicina Sportiva, 15*(2), 91-102.

Cavaillès, A., Brinchault-Rabin, G., Dixmier, A., Goupil, F., Gut-Gobert, C., Marchand-Adam, S., . . . Diot, P. (2013). Comorbidities of COPD. *Eur Respir Rev, 22*, 454-475.

CEGLA Medizintechnik. (16. November 2019). Von https://www.cegla.de/produkte/messtechnik/rc-test-copd.html abgerufen

CEGLA Medizintechnik. (16. November 2019). Von https://www.cegla.de/files/cegla-de/downloads/pfmtageb/Normwerttabelle-fev1.pdf abgerufen

Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (Bd. 2nd ed.). Hillsdale, NJ: Erlbaum.

COPD Aktuell. (kein Datum). *COPD-aktuell*. Abgerufen am Dezember 2019 von https://www.copd-aktuell.de/was-passiert-im-koerper

COPD-Deutschland e.V. (März 2018). Abgerufen am Dezember 2019 von https://www.copd-deutschland.de/images/patientenratgeber/patientenbroschueren/leben-mit-der-krankheit.pdf

Criée, C.-P., Baur, X., Berdel, D., Gappa, M., Haidl, P., Husemann, K., . . . Worth. (2015). Leitlinie der Deutschen Atemwegsliga, der Deutschen Gesellschaft für Pneumologie und Beatmungsmedizin un der Deutschen Gesellschaft für Arbeitsmedizin und Umweltmedizin zur Spirometrie. *Pneumologie, 69*, 147-164.

Deutsche Lungenstiftung e.V. (21. Mai 2020). *Lungenärzte im Netz*. Von https://www.lungenaerzte-im-netz.de/news-archiv/meldung/article/einfache-atemtechnik-hilft-atemnot-im-alltag-besser-zu-meistern/ abgerufen

Eisner, M., Anthonisen, N., Coultas, D., Kuenzli, N., Perez-Padilla, R., Postma, D., . . . Balmes, J. (2010). An Official American Thoracic Society Public Policy Statement: Novel of Risk Factors and the Global Burden of Chronic Obstructive Pulmonary Disease. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*(128), S. 693-718.

Elmorsy, A., Mansour, A., & Okasha, A. (2012). Effect of upper limb, lower limb and combined training on exercise performance, quality of life and survival in COPD. *Egyptian Journal of Ches Disease and Tuberculosis*(61), 89-93.

Findley, T., Chaudhry, H., Stecco, A., & Roman, M. (2012). Fascia research - A narrative review. *Journal of Bodywork and Movement Therapies, 16*, S. 67-75.

Fröhlich, M., Schmidtbleicher, D., & Emrich, E. (2002). Belastungssteuerung im Muskelaufbautraining. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin, 53*(3), S. 79-83.

Friedmann, K. (2009). *Trainingslehre - Sporttheorie für die Schule.* Pfullingen: promos Verlag GmbH.

Frykholm, E., Lima, V., Janaudis-Ferreira, T., & Nyberg, A. (2018). Physiological responses to arm versus leg activity in patients with chronic obstructive pulmonary disease: a systematic review protocol. *BMJ Open, 8*, e019942.

Göhl, O. C. (2012). *Training bei COPD - Ein Lehrbuch für Patienten, Angehörige und Interessierte.* Deutschland: Berchtesgadener Anzeiger KG.

Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease, Inc. (2019). *Global Strategy for the Diagnosis, Management, and Prevention of Chronic Obstructive Pulmonary Disease (2019 Report).*

Halbert, R., Natoli, J., Gano, A., Badamgarav, E., Buist, A., & Mannino, D. (2006). Global burden of COPD: systematic review and meta-analysis. *European Respiratory Journal*(28), S. 523-532.

Hemmerich, W. (2015). *StatistikGuru: Cohen's d berechnen.* Abgerufen am Mai 2020 von https://statistikguru.de/rechner/cohens-d.html

Hollmann, W. (1990). *Grundlagen für Arbeit, Training und Präventivmedizin* (Bd. 3). (W. Hollmann, & T. Hettinger, Hrsg.) Stuttgart/New York: Schattauer.

Kathiresan, G., Jeyaraman, S., & Jaganathan, J. (2010). Effect of upper extremity exercise in people with COPD. *Journal of Thorac Disease, 2*, S. 223-236.

Khosvari, T., Tayebi, S., & Safari, H. (2013). Single and Concurrent Effects of Endurance and Resistance Training on Pulmonary Function. *Iranian Journal of Basic Medical Science, 16*, 628-34.

Lai, C.-C., Tu, Y.-K., Wang, T.-G., Huang, Y.-T., & Chien, K.-L. (2018). Effects of resistance training, endurance training and whole-body vibration on lean body mass, muscle strength and physical performance in older people: a sysematic review and network meta-analysis. *Age and Ageing, 47*, S. 367-373.

Lecturio GmbH. (1. Februar 2017). Abgerufen am Dezember 2019 von https://www.lecturio.de/magazin/atmung-atemmuskulatur/

Lottmann, A. (2002). *Untersuchung zur Optimierung der Belastungssteuerung im Krafttraining durch Kombination verschiedener Methoden der trainingsbegleitenden Leistungsdiagnostik.* Dissertation, Sozialwissenschaftliche Fakultät der Universität Göttingen, Göttingen.

López-Campos, J., Tan, W., & Soriano, J. (2016). Global burden of COPD. *Respirology*(21), S. 14-23.

Mayer, F., Scharhag-Rosenberger, F., Carsohn, A., Cassel, M., Müller, S., & Scharhag, J. (2011). The intensity and effects of strength training in the elderly. *Dtsch Aerztebl Int, 108*(21), 359-64.

Pritzkuleit, R., Beske, F., & Katalinic, A. (2010). Erkrankungszahlen in der Pneumologie - eine Projektion bis 2060. *Pneumologie*(64), S. 535-540.

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. *Thorax*(60), 367-375.

Raherison, C., & Girodet, P.-O. (2009). Epidemiology of COPD. *European Respiratory Review, 18*(114), S. 213-221.

Salvi, S., Manap, R., & Beasley, R. (2012). Understanding the true burden of COPD: the epidemiological challenges. *Primary Care Respiratory Journal*, S. 249-251.

Scharhag-Rosenberger, F., Becker, T., Streckmann, F., Schmidt, K., Berling, A., Bernhardi, A., . . . Schmidt. (2014). Studien zu körperlichem Training bei onkologischen Patienten: Empfehlungen zu den Erhebungsmethoden. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin, 65*(11), 304-313.

Schulz, K.-H., Meyer, A., & Langguth, N. (2012). Körperliche Aktivität und psychische Gesundheit. *Bundesgesundheitsblatt*(55), 55-65.

Simoes, D., & Vogiatzis, I. (2018). Can muscle protein metabolism be specifically targeted by exercise training in COPD? *Journal of Thoracic Disease, 10*(12), S. 1367-1376.

Simonelli, C., Vitacca, M., Vignoni, N., & Paneroni, M. (2019). Effectiveness of manual therapy in COPD: A systematic review of randomised controlled trials. *Pulmonology, 25*(4), 236-247.

Singh, D., Agusti, A., Anzueto, A., Barnes, P., Bourbeau, J., Celli, B., . . . Han, M. (2019). Global Strategy for the Diagnosis, Management, and Prevention of Chronic Obstructive Lung Disease: the GOLD science committee report 2019. *European Respiratory Journal, 53*(5).

Smith, J., & Bellemare, F. (1987). Effect of lung volume on in vivo contraction characteristics of human diaphragm. *Journal of Applied Physiology, 62*, S. 1893-1900.

Statistisches Bundesamt. (2019). Abgerufen am November 2019 von http://www.gbe-bund.de/gbe10/trecherche.prc_them_rech?tk=200&tk2=220&p_uid=gast&p_aid=63258237&p_sprache=D&cnt_ut=4&ut=230

Statistisches Bundesamt. (2019). *Destatis*. Abgerufen am November 2019 von https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Gesundheit/Todesursachen/_inhalt.html

Stecco, L. (2004). *Fascial Manipulation for Musculoskeletal Pain.* Italy: PICCIN.

Steppuhn, H., Kuhnert, R., & Schneidt-Nave, C. (2017). 12-Monats-Prävanlenz der bekannten chronischen obstruktiven Lungenerkrankung (COPD) in Deutschland. *Journal of Health Monitoring, 2*(3), S. 46-54.

Swiss Olympics. (2009). *Basics for success - Ratgeber zur optimalen Vorbereitung auf die Olympischen Spiele in Vancouver 2010.* Schweiz.

Teschler, S. (2009). Dissertation. *Effekte eines 3-wöchigen ambulanten Trainingsprogramms auf Belastungskapazität, Atemnot und Lebensqualität von Patienten mit stabiler COPD im GOLD Stadium 2-4*. Essen.

Universität Zürich. (2020). *Methodenberatung*. Abgerufen am April 2020 von https://www.methodenberatung.uzh.ch/de/datenanalyse_spss/unterschiede/zentral/evarianzmessw.html#1.2._Voraussetzungen_der_einfaktoriellen_Varianzanalyse_mit_Messwiederholung

van Gestel, A., & Teschler, H. (2010). *Physiotherapie bei chronischen Atemwegs- und chronischen Lungenerkrankungen.* Springer-Verlag.

Vogelmeier, C., Buhl, R., Burghuber, O., Criée, C.-P., Ewig, S., Godnic-Cvar, J., . . . Rabe, K. (2018). *S2k-Leitlinie zur Diagnostik und Therapie von Patienten mit chronisch obstruktiver Bronchitis und Lungenemphysem (COPD).* Deutsche Gesellschaft für Pneumologie und Beatmungsmedizin e.V. und Deutsche Atemwegsliga e.V.

Vogelmeier, C., Buhl, R., Criée, C., Kardos, P., Köhler, D., Magnussen, H., . . . Worth, H. (2007). Leitlinie der Deutschen Atemwegsliga und der Deutschen Gesellschaft für Pneumologie und Beatmungsmedizin zur Diagnosktik und Therapie von Patienten mit chronsich obstruktiver Bronchitis und Lungenemphysem (COPD). *Pneumologie*(61), e1-e40.

Vogiatzis, I., Simoes, D., & Sratakos, G. (2010). Effect of pulmonary rehabilitation on muscle remodelling in cachectic patients with COPD. *European Respiratory Journal, 36*, S. 301-310.

Vogiatzis, I., Terzis, G., & Stratakos, G. (2011). Effect of pulmonary rehabilitation on peripheral muscle fiber remodeling in patients with COPD in GOLD stages 2 to 4. *Chest, 140*, S. 744-752.

Watz, H., Waschki, B., Meyer, T., Kanniess, F., & Magnussen, H. (2007). Die Messung der körperlichen Aktivität im Alltag von Patienten mit COPD undschiedlichen Schweregrades. *Pneumologie, 61*, S. 252.

WHO. (2000). *Obesity: preventing and managing the global epidemic: report of a WHO consultation.* Geneva.

World Health Organization. (18. November 2019). *World Health Organization*. Von https://www.who.int/respiratory/copd/definition/en/ abgerufen

Wright, P., Heck, H., Langenkamp, H., Franz, K.-H., & Weber, U. (2002). Einfluss eines Krafttrainings auf Lungenfunktionsparameter und Größen der Leistungsfähigkeit von COPD-Patienten. *Pneumologie*(56), 413-417.

Yilmaz Yelvar, G., Çirak, Y., Parlak Demir, Y., Dalkilinç, M., & Bozkurt, B. (2016). Immediate effect of manual therapy on respiratory functions and inspiratory muscle strength in patients with COPD. *International Journal of COPD, 11*, 1353-1357.

9 Eidesstattliche Erklärung

"Ich versichere, dass ich die Arbeit selbständig verfasst habe und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe. Alle Stellen, die wörtlich oder sinngemäß aus Veröffentlichungen entnommen sind, sind als solche kenntlich gemacht. Ich versichere, dass die schriftliche (gebundene) und elektronische Form übereinstimmen."

Ort: Füssen

Datum: 16.07.2020

Unterschrift:

Alina Schäfer

10 Abbildungs-, Tabellen-, Abkürzungsverzeichnis

10.1 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Bronchien im Krankheitsverlauf COPD im Querschnitt (COPD Aktuell, n.d.) 11
Abbildung 2: Gesunde Lungenbläschen links und im Vergleich ein schweres Emphysem rechts (COPD Aktuell, n.d.) 11
Abbildung 3: „Weltweite Prävalenz der leichten (Stadium 2) und schweren bis sehr schweren (Stadium 3+) COPD in der BOLD-Studie - unterteilt nach Männern und Frauen“ [modifiziert von Teschler (Teschler, 2009)] 15
Abbildung 4: Die häufigsten Todesursachen 2017 in Deutschland (Statistisches Bundesamt, 2019) 16
Abbildung 6: Die Einteilung der COPD Grade nach dem GOLD Standard und die Beurteilung der Symptomatik / des Exazerbationsrisikos (https://www.copd-aktuell.de/sites/default/files/content/copd-schweregrad-symptome.jpg) 20
Abbildung 7: Die modifizierte BORG-Skala und ihre Interpretationshilfen vom 18.01.2020 https://www.atemmuskeltraining.com/de/patienten/stenoseatmung/borg-skala 28
Abbildung 8: Latissimuszug in der Ausgangs- und Endposition am Gerät der Fachklinik Allgäu 37
Abbildung 9: Trizepsstemme in der Ausgangs- und Endposition am Gerät der Fachklinik Allgäu 38
Abbildung 10: Butterfly in der Ausgangs- und Endposition am Gerät der Fachklinik Allgäu 39
Abbildung 11 Die Oddvar-Holten-Kurve (vom 16.01.20: https://www.researchgate.net/figure/The-Holten-curve-Percentage-of-1-repetition-maximum-1-RM-on-the-left-side-of-the-curve_fig2_231215677) 41
Abbildung 12: Formel zur Berechnung der Effektstärke nach Cohen (1988) (Universität Zürich, 2020) ..44
Abbildung 13: Tests auf Normalverteilung. Der Shapiro-Wilk-Test zeigt, dass Normalverteilung nur zu Messzeitpunkt t2 gegeben ist (p>0.05). Für alle anderen Messzeitpunkte ist Normalverteilung nicht gegeben (p<0,05). 45
Abbildung 14: Boxplot-Diagramm der FEV1-Werte. Normalverteilung kann nicht zu jedem Messzeitpunkt angenommen werden. Zu sehen ist ein Ausreißer (Nr. 32), der für die weiteren Berechnungen im Datensatz gelassen wurde. 46
Abbildung 15: Mauchly-Test auf Sphärizität für die FEV1-Werte (n=31) 46
Abbildung 16: Tests der Innersubjekteffekte zeigen nach Greenhouse-Geisser-Korrektur, dass p=0,031<0,05 und somit signifikant ist. 47
Abbildung 17: Paarweise Vergleiche zwischen den einzelnen Messzeitpunkten für die FEV1-Werte 48
Abbildung 18: FEV1-Werte aller Probanden im Zeitverlauf 49
Abbildung 19: Tests auf Normalverteilung. Der Shapiro-Wilk-Test zeigt, dass Normalverteilung zu jedem Messzeitpunkt gegeben ist (p>0.05). 50
Abbildung 20: Boxplot-Diagramm der FEV6-Werte. Die Daten sind zu jedem Messzeitpunkt normalverteilt. Es gibt keine Ausreißer. 50
Abbildung 21: Überprüft mittels Mauchly-Test auf Sphärizität ob Sphärizität gegeben ist. Ist dies nicht der Fall, muss eine Epsilon-Korrektur verwendet werden. 51
Abbildung 22 zeigt die Tests der Innersubjekteffekte. Nach der Greenhouse-Geisser Korrektur ergibt sich ein p-Wert von 0,001<0,05 und ist somit signifikant. 51
Abbildung 23: zeigt die paarweisen Vergleiche zwischen den einzelnen Messzeitpunkten. Rot markiert sind die signifikanten Unterschiede zwischen den Messzeitpunkten zu sehen. 52
Abbildung 24: FEV6-Werte aller Probanden im Zeitverlauf 53
Abbildung 25: Lungenalter aller Probanden im Zeitverlauf 54
Abbildung 27: FEV1-Werte im Zeitverlauf bei Männern und Frauen 56
Abbildung 28: FEV6-Werte im Zeitverlauf bei Männern und Frauen 57
Abbildung 29: FEV1-Werte im Zeitverlauf bei unterschiedlichen COPD Graden 57
Abbildung 30: FEV6-Werte im Zeitverlauf bei unterschiedlichen COPD Graden 59
Abbildung 31: FEV1-Werte im Zeitverlauf bei unterschiedlichen Altersgruppen 60
Abbildung 32: FEV6-Werte im Zeitverlauf bei unterschiedlichen Altersgruppen 61
Abbildung 33: FEV1-Werte im Zeitverlauf bei unterschiedlichem BMI 62
Abbildung 34: FEV6-Werte im Zeitverlauf bei unterschiedlichen BMI 63
Abbildung 35: Tests auf Normalverteilung. Der Shapiro-Wilk-Test zeigt, dass Normalverteilung zu jedem Messzeitpunkt gegeben ist (p>0,05). 87
Abbildung 36: Der Mauchly-Test auf Sphärizität ist signifikant (p=0.000), weshalb die Greenhouse-Geisser Korrektur verwendet wird. 87

Abbildung 37: Die Tests der Innersubjekteffekte zeigen, dass die Messzeitpunkte sich nicht signifikant voneinander unterscheiden (p=0,87>0,05). 87

10.2 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Ein- und Ausschlusskriterien zur Teilnahme an der Studie 34
Tabelle 2: Übersicht und Beschreibung der Messzeitpunkte 35
Tabelle 3: Die jeweiligen Effektstärken d nach Cohen der FEV1- und FEV6-Werte für das unterschiedliche Geschlecht berechnet. Einmal die kurzzeitigen Effekte (t1 zu t2) und einmal die längerfristigen Effekte (t1 zu t4). Rot umkreist sind die kleinen Effekte nach der Interpretation von Cohen (Cohen, 1988). 56
Tabelle 4: Die jeweiligen Effektstärken d nach Cohen der FEV1- und FEV6-Werte für die unterschiedlichen COPD-Grade berechnet. Einmal die kurzzeitigen Effekte (t1 zu t2) und einmal die längerfristigen Effekte (t1 zu t4). Rot umkreist sind die kleinen Effekte nach der Interpretation von Cohen (Cohen, 1988). 58
Tabelle 5: Die jeweiligen Effektstärken d nach Cohen der FEV1- und FEV6-Werte für die unterschiedlichen Altersgruppen berechnet. Einmal die kurzzeitigen Effekte (t1 zu t2) und einmal die längerfristigen Effekte (t1 zu t4). Rot umkreist sind die kleinen Effekte nach der Interpretation von Cohen (Cohen, 1988). 60
Tabelle 6: Die jeweiligen Effektstärken d nach Cohen der FEV1- und FEV6-Werte für die unterschiedlichen BMI berechnet. Einmal die kurzzeitigen Effekte (t1 zu t2) und einmal die längerfristigen Effekte (t1 zu t4). Rot umkreist sind die kleinen Effekte nach der Interpretation von Cohen (Cohen, 1988). 62

10.3 Abkürzungsverzeichnis

COPD	Chronic Obstructive Pulmonary Disease
WHO	Word Health Organization
GOLD	Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease
FEV1	forcierte exspiratorische Vitalkapazität (1-Sekunden-Wert)
FEV6	forcierte exspiratorische Vitalkapazität (6-Sekunden-Wert)
HF	Herzfrequenz

11 Anhang

Anhang 1: Informationsschreiben an die Patienten

Informationsschreiben

Studie: Krafttraining der oberen Extremitäten

Im Rahmen meines Masterstudiengangs Sportwissenschaften mit den Schwerpunkten Rehabilitation, Prävention und psychosozialer Gesundheit an der Georg-August-Universität Göttingen würde ich gerne folgende Studie in Absprache mit den Ärzten der Fachklinik Allgäu und mit Ihnen durchführen. Gesucht werden Menschen (männlich und weiblich) im Alter von 60 bis 80 Jahren mit COPD Grad 2,3 oder 4.

Bei folgender Studie handelt es sich um ein Hypertrophie-Krafttraining (Muskelaufbautraining) der oberen Extremitäten. Bei der Einführung ins Krafttraining werden gemeinsam mit der Sporttherapeutin die individuellen Gewichte ermittelt (ca. 60-80% Ihrer Maximalkraft). Zudem wird der FEV 1 Wert vor und nach dem Krafttraining mittels digitalem Lungenfunktionstest gemessen. Zwei Stunden nach dem Krafttraining wird die Messung wiederholt. Gegen Ende Ihres Reha-Aufenthalts wird die Messung noch einmal durchgeführt. Zudem wird während des Krafttrainings der Sauerstoffgehalt und die Pulsfrequenz mit Hilfe eines Puls-Oxymeters gemessen.

Das Krafttraining besteht aus 3 Übungen: Dem Latissimuszug, der Trizepsstemme und dem Butterfly. Alle 3 Übungen trainieren und mobilisieren die oberen Extremitäten. Ein Hypertrophie-Krafttraining besteht aus 3 Sätzen mit je 12 Wiederholungen. Die Pausenlänge definiert sich über die Borg-Skala zur Überprüfung der Atemnot. Dafür werden Sie dann nach jedem Satz zu Ihrer Atemnot befragt.

Bei aufkommenden Fragen stehe ich Ihnen gerne zur Verfügung.

Über Ihre Teilnahme würde ich mich freuen,

Alina Schäfer

Anhang 2: Lungenalter-SPSS-Ausgabe

Tests auf Normalverteilung

	Kolmogorov-Smirnov[a]			Shapiro-Wilk		
	Statistik	df	Signifikanz	Statistik	df	Signifikanz
t0 Lungenalter (Jahre)	,087	31	,200*	,975	31	,676
t1 Lungenalter (Jahren)	,096	31	,200*	,978	31	,758
t2 Lungenalter (Jahren)	,082	31	,200*	,978	31	,769
t3 Lungenalter (Jahren)	,085	31	,200*	,977	31	,739
t4 Lungenalter (Jahren)	,091	31	,200*	,977	31	,718

*. Dies ist eine untere Grenze der echten Signifikanz.

a. Signifikanzkorrektur nach Lilliefors

Abbildung 33: Tests auf Normalverteilung. Der Shapiro-Wilk-Test zeigt, dass Normalverteilung zu jedem Messzeitpunkt gegeben ist (p>0,05).

Mauchly-Test auf Sphärizität[a]

Maß: MEASURE_1

Innersubjekteffekt	Mauchly-W	Approx. Chi-Quadrat	df	Sig.	Epsilon[b] Greenhouse-Geisser	Epsilon[b] Huynh-Feldt	Epsilon[b] Untergrenze
Messzeitpunkt	,211	44,183	9	,000	,547	,592	,250

Prüft die Nullhypothese, daß sich die Fehlerkovarianz-Matrix der orthonormalisierten transformierten abhängigen Variablen proportional zur Einheitsmatrix verhält.

a. Design: Konstanter Term
Innersubjektdesign: Messzeitpunkt

b. Kann zum Korrigieren der Freiheitsgrade für die gemittelten Signifikanztests verwendet werden. In der Tabelle mit den Tests der Effekte innerhalb der Subjekte werden korrigierte Tests angezeigt.

Abbildung 34: Der Mauchly-Test auf Sphärizität ist signifikant (p=0.000), weshalb die Greenhouse-Geisser Korrektur verwendet wird.

Tests der Innersubjekteffekte

Maß: MEASURE_1

Quelle		Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Sig.	Partielles Eta-Quadrat
Messzeitpunkt	Sphärizität angenommen	205,058	4	51,265	2,470	,048	,076
	Greenhouse-Geisser	205,058	2,190	93,653	2,470	,087	,076
	Huynh-Feldt	205,058	2,369	86,568	2,470	,082	,076
	Untergrenze	205,058	1,000	205,058	2,470	,126	,076
Fehler(Messzeitpunkt)	Sphärizität angenommen	2490,142	120	20,751			
	Greenhouse-Geisser	2490,142	65,687	37,909			
	Huynh-Feldt	2490,142	71,063	35,042			
	Untergrenze	2490,142	30,000	83,005			

Abbildung 35: Die Tests der Innersubjekteffekte zeigen, dass die Messzeitpunkte sich nicht signifikant voneinander unterscheiden (p=0,87>0,05).

Anhang 3: Geschlecht-SPSS-Ausgabe

FEV1-Werte:

Deskriptive Statistiken

	Geschlecht (m/w)	Mittelwert	Std.-Abweichung	N
t0 FEV1 (Wert)	m	1,0739	,53931	18
	w	1,0038	,37444	13
	Gesamt	1,0445	,47132	31
t1 FEV1 (Wert)	m	1,0367	,55268	18
	w	1,0362	,39138	13
	Gesamt	1,0365	,48411	31
t2 FEV1 (Wert)	m	1,0972	,54271	18
	w	1,0792	,37500	13
	Gesamt	1,0897	,47248	31
t3 FEV1	m	1,0100	,54405	18
	w	1,0569	,42268	13
	Gesamt	1,0297	,48964	31
t4 FEV1	m	1,1222	,55336	18
	w	1,1208	,44925	13
	Gesamt	1,1216	,50423	31

FEV6-Werte:

Deskriptive Statistiken

	Geschlecht (m/w)	Mittelwert	Std.-Abweichung	N
t0 FEV6 (Wert)	m	1,9861	,68517	18
	w	1,8277	,58832	13
	Gesamt	1,9197	,64093	31
t1 FEV6 (Wert)	m	1,9883	,75615	18
	w	1,9069	,50359	13
	Gesamt	1,9542	,65354	31
t2 FEV6 (Wert)	m	2,0967	,75979	18
	w	1,9808	,47010	13
	Gesamt	2,0481	,64723	31
t3 FEV6 (Wert)	m	1,9328	,75828	18
	w	1,8908	,57391	13
	Gesamt	1,9152	,67677	31
t4 FEV6 (Wert)	m	2,1439	,73437	18
	w	2,0069	,50773	13
	Gesamt	2,0865	,64299	31

Anhang 4: COPD-Grad-SPSS-Ausgabe

FEV1-Werte:

Deskriptive Statistiken

	Diagnose (COPD n. GOLD) des Arztes	Mittelwert	Std.-Abweichung	N
t0 FEV1 (Wert)	2	1,2992	,49264	13
	3	1,0122	,38242	9
	4	,7089	,29902	9
	Gesamt	1,0445	,47132	31
t1 FEV1 (Wert)	2	1,3015	,49120	13
	3	,9733	,37142	9
	4	,7167	,38115	9
	Gesamt	1,0365	,48411	31
t2 FEV1 (Wert)	2	1,3746	,44923	13
	3	1,0233	,34504	9
	4	,7444	,38000	9
	Gesamt	1,0897	,47248	31
t3 FEV1	2	1,3477	,47227	13
	3	,9289	,38873	9
	4	,6711	,30490	9
	Gesamt	1,0297	,48964	31
t4 FEV1	2	1,4508	,52883	13
	3	1,0400	,30278	9
	4	,7278	,29021	9
	Gesamt	1,1216	,50423	31

FEV6-Werte:

Deskriptive Statistiken

	Diagnose (COPD n. GOLD) des Arztes	Mittelwert	Std.-Abweichung	N
t0 FEV6 (Wert)	2	2,1338	,73580	13
	3	1,8856	,42512	9
	4	1,6444	,62173	9
	Gesamt	1,9197	,64093	31
t1 FEV6 (Wert)	2	2,1785	,64623	13
	3	1,9500	,41593	9
	4	1,6344	,77812	9
	Gesamt	1,9542	,65354	31
t2 FEV6 (Wert)	2	2,2977	,58768	13
	3	2,0056	,44374	9
	4	1,7300	,79927	9
	Gesamt	2,0481	,64723	31
t3 FEV6 (Wert)	2	2,2346	,64421	13
	3	1,8267	,55835	9
	4	1,5422	,67245	9
	Gesamt	1,9152	,67677	31
t4 FEV6 (Wert)	2	2,3662	,67659	13
	3	2,0178	,40289	9
	4	1,7511	,66518	9
	Gesamt	2,0865	,64299	31

Anhang 5: Alter-SPSS-Ausgabe

FEV1-Werte:

Deskriptive Statistiken

	AltGR65	Mittelwert	Std.-Abweichung	N
t0 FEV1 (Wert)	,00	1,1673	,64775	11
	1,00	,9770	,34116	20
	Gesamt	1,0445	,47132	31
t1 FEV1 (Wert)	,00	1,1991	,67493	11
	1,00	,9470	,32643	20
	Gesamt	1,0365	,48411	31
t2 FEV1 (Wert)	,00	1,2436	,62556	11
	1,00	1,0050	,35390	20
	Gesamt	1,0897	,47248	31
t3 FEV1	,00	1,1945	,68829	11
	1,00	,9390	,32374	20
	Gesamt	1,0297	,48964	31
t4 FEV1	,00	1,2555	,69870	11
	1,00	1,0480	,35837	20
	Gesamt	1,1216	,50423	31

FEV6-Werte:

Deskriptive Statistiken

	AltGR65	Mittelwert	Std.-Abweichung	N
t0 FEV6 (Wert)	,00	2,0336	,74867	11
	1,00	1,8570	,58477	20
	Gesamt	1,9197	,64093	31
t1 FEV6 (Wert)	,00	2,0855	,78205	11
	1,00	1,8820	,58054	20
	Gesamt	1,9542	,65354	31
t2 FEV6 (Wert)	,00	2,1918	,75599	11
	1,00	1,9690	,58488	20
	Gesamt	2,0481	,64723	31
t3 FEV6 (Wert)	,00	2,0464	,87814	11
	1,00	1,8430	,54944	20
	Gesamt	1,9152	,67677	31
t4 FEV6 (Wert)	,00	2,2145	,78971	11
	1,00	2,0160	,55663	20
	Gesamt	2,0865	,64299	31

Anhang 6: BMI-SPSS-Ausgabe

FEV1-Werte:

Deskriptive Statistiken

	BMIGR25	Mittelwert	Std.-Abweichung	N
t0 FEV1 (Wert)	,00	,9141	,30913	17
	1,00	1,2029	,58803	14
	Gesamt	1,0445	,47132	31
t1 FEV1 (Wert)	,00	,8988	,34482	17
	1,00	1,2036	,58280	14
	Gesamt	1,0365	,48411	31
t2 FEV1 (Wert)	,00	,9671	,35651	17
	1,00	1,2386	,56142	14
	Gesamt	1,0897	,47248	31
t3 FEV1	,00	,8894	,36758	17
	1,00	1,2000	,57444	14
	Gesamt	1,0297	,48964	31
t4 FEV1	,00	,9400	,35951	17
	1,00	1,3421	,57632	14
	Gesamt	1,1216	,50423	31

FEV6-Werte:

Deskriptive Statistiken

	BMIGR25	Mittelwert	Std.-Abweichung	N
t0 FEV6 (Wert)	,00	1,8771	,43768	17
	1,00	1,9714	,84080	14
	Gesamt	1,9197	,64093	31
t1 FEV6 (Wert)	,00	1,8818	,52231	17
	1,00	2,0421	,79668	14
	Gesamt	1,9542	,65354	31
t2 FEV6 (Wert)	,00	1,9800	,52753	17
	1,00	2,1307	,78152	14
	Gesamt	2,0481	,64723	31
t3 FEV6 (Wert)	,00	1,8176	,56730	17
	1,00	2,0336	,79582	14
	Gesamt	1,9152	,67677	31
t4 FEV6 (Wert)	,00	1,9612	,50084	17
	1,00	2,2386	,77455	14
	Gesamt	2,0865	,64299	31