

Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf

**Aus dem Institut für Sport- und Bewegungsmedizin der Fakultät für Erziehungswissenschaften,
Psychologie und Bewegungswissenschaften Hamburg**
der Universität Hamburg

Leiter: Prof. Dr. med. K.-M. Braumann

Auswirkungen manueller Therapie im Bereich der thorakalen Wirbelsäule auf die Lungenfunktion

Dissertation

zur Erlangung des Grades eines Doktors der Medizin
an der Medizinischen Fakultät der Universität Hamburg.

vorgelegt von:

Gesine Helene Quentin
aus Göttingen

Hamburg 2015

**Angenommen von der
Medizinischen Fakultät der Universität am: 16.01.2017**

**Veröffentlicht mit Genehmigung der
Medizinischen Fakultät der Universität Hamburg.**

Prüfungsausschuss, der Vorsitzende: Prof. Dr. Klaus-M. Braumann

Prüfungsausschuss: zweiter Gutachter: PD Dr. Andreas Meyer

I.) Inhaltsverzeichnis

I.) INHALTSVERZEICHNIS	4
II.) ARBEITSHYPOTHESE	6
III.) EINLEITUNG	7
III.1) MANUELLE THERAPIE	7
III.2) PATHOPHYSIOLOGISCHE MODELLE DER SUBLUXATION SOWIE THEORIEN ZUM WIRKUNGSMECHANISMUS DER MANIPULATIONS- UND MOBILISATIONSTHERAPIE	8
III.2.1) ÜBERLEGUNGEN ZU STRUKTURELLEN UND NEUROMUSKULÄREN WIRKUNGSMECHANISMEN VON MANUELLER THERAPIE	9
III.2.2) ÜBERLEGUNGEN ZU WIRKUNGSMECHANISMEN VON MANUELLER THERAPIE AUF DAS AUTONOME NERVENSYSTEM	10
III.3) DERZEITIGE FORSCHUNGSSCHWERPUNKTE MANUELLER THERAPIE	11
III.3.1) MUSKULOSKELETALE ERKRANKUNGEN UND LEIDEN	11
III.3.2) EXTRA-MUSKOLOSKELETALE ERKRANKUNGEN	12
III.4) GRUNDÜBERLEGUNGEN ZU COPD ALS FORSCHUNGSGRUNDLAGE FÜR MANUELLE THERAPIE	12
III.5) STUDIENGRUNDLAGE	14
III.6) FRAGESTELLUNG	16
IV.) MATERIAL UND METHODEN	18
IV.1) VERSUCHSAUFBAU	18
IV.2) GRUPPEN-SCHEMATA UND RANDOMISIERUNG	19
IV.3) PROBANDENAUSWAHL	19
IV.3.1) EINSCHLUSSKRITERIEN	20
IV.3.2) AUSSCHLUSSKRITERIEN	21
IV.4) VERSUCHSABLAUF	21
IV.4.1) VORBEREITENDER TEIL	22
IV.4.2) PRAKTISCHER TEIL	22
IV.5) VORGEHEN BEI DER STATISTISCHEN ANALYSE	30
V.) ERGEBNISSE	32
V.1) STICHPROBE	32
V.2) STATISTISCHE GRUPPEN-SCHEMATA	33
V.3) STATISTISCHE ANALYSE	35
V.3.1) UNTERSUCHUNG EINES SOFORTEFFEKTES ZWISCHEN AUSGANGSWERT UND 30MIN NACH EINER BEHANDLUNG: GSOFORT ZWISCHEN T1.1 UND T1.2	35
V.3.2) UNTERSUCHUNG EINES SPÄTEFFEKTES IM ZEITRAUM EINER WOCHEN: ZWISCHEN T1.1 UND T2	37
V.4) ZUSAMMENFASSUNG DER ERGEBNISSE	51
VI.) DISKUSSION	53
VI.1) DISKUSSION DER METHODIK	53
VI.2) DISKUSSION DER ERGEBNISSE	56
VI.2.1) SOFORTEFFEKT 30MIN NACH EINER BEHANDLUNG	56
VI.2.2) SPÄTEFFEKT IM ZEITRAUM EINER WOCHEN	59
VII.) ZUSAMMENFASSUNG	64
VIII.) LITERATURVERZEICHNIS	66
IX.) ANHANG	72

IX.1) ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS:	72
IX.2) ANHANG VON DIAGRAMMEN UND TABELLEN	73
IX.2.1) ANHANG ZU KAPITEL V.3.1)	73
IX.2.2) ANHANG ZU KAPITEL V.3.2)	75
IX.3) VERZEICHNIS DER TABELLEN:	86
IX.4) VERZEICHNIS DER ABBILDUNGEN:	88
IX.5) VERZEICHNIS DER DIAGRAMME:	89
IX.6) DANKSAGUNG	90
IX.7) LEBENSLAUF	91
IX.8) EIDESSTATTLICHE ERKLÄRUNG	92

II.) Arbeitshypothese

Die chronisch obstruktive Lungenerkrankung (COPD) wird zu einer der führenden Todesursachen weltweit gezählt. Die sekundären Kosten, die neben den direkten Kosten allein durch Arbeitsausfall der Patienten entstehen, sind immens. Das Bedürfnis nach Erhaltung der Lebensqualität, nach Verminderung sekundärer Krankheitsfolgen, sowie das Interesse an alternativen Behandlungsansätzen lenken den Fokus der Forschung auf begleitende Maßnahmen wie die manuelle Therapie. Während der Wirkungseffekt manueller Therapie auf die Lungenfunktion von Asthmaerkrankten ausführlich untersucht und soweit eindeutig beantwortet wurde, wurde der Wirkungseffekt im Zusammenhang mit COPD vergleichsweise wenig untersucht und zudem ohne eindeutige wissenschaftliche Übereinstimmung.

Ansatzpunkte der manuellen Therapie zur Beeinflussung der Lungenfunktion bei COPD-Erkrankten könnten zum einen auf der Ebene des autonomen Nervensystem, zum anderen auf struktureller, neuromuskulärer Ebene liegen. Eine Modulation des bei COPD erhöhten Sympathikotonus durch einen Wirkungseffekt manueller Therapie auf das autonome Nervensystem scheint bisher durch Studien nicht eindeutig belegbar. Andererseits könnte die manuelle Therapie auf struktureller Ebene, wie das von Engel und Vemulpad 2011 aufgestellte Theorie-Modell besagt, die spinale Mobilität erhöhen und den Muskeltonus erniedrigen. Thorax-Immobilität und Dyspnoe könnten so bei COPD-Patienten vermindert werden. (R. Engel und Vemulpad 2011)

Da die Art des Wirkungseffektes manueller Therapie aufgrund der derzeitigen Studienlage nicht eindeutig ist und nur im Hinblick auf einen sofort nach Behandlung nachweisbaren Effekt untersucht wurde (R. M. Engel und Vemulpad 2007; Noll u. a. 2008), wird in der vorliegenden Studie der Behandlungseffekt von manueller Therapie sowohl nach der ersten Behandlung direkt als auch nach einer Woche untersucht. Zudem werden unterschiedliche Behandlungsfrequenzen unterschieden. Da eine Studie von Noll u.a. 2008 bei älteren COPD-Patienten eine Verschlechterung des „Airtrappings“ bei COPD-Patienten beschreibt (Noll u. a. 2008), untersucht die vorliegende Studie den Wirkungseffekt manueller Therapie auf die Lungenfunktion gesunder Probanden im Hinblick auf Dauer, Frequenzunterschiede und Nachhaltigkeit.

III.) Einleitung

Die Grundlagenforschung zu manueller Therapie hat in den vergangenen letzten Jahrzehnten viele Ergebnisse erbracht und neue Fragen aufgeworfen. Ein breiter Konsens hinsichtlich der Effektivität und des Wirkungsmechanismus scheint jedoch derzeit noch nicht zu existieren (Ernst 2008). Klare Aussagen zur Effektivität scheinen vielmehr nur für wenige Forschungsschwerpunkte möglich – darunter Rückenschmerz als eines der erforschten muskuloskeletalen Behandlungsgebiete (Rubinstein u. a. 2011; Kuczynski u. a. 2012) und Asthma als eine der erforschten nicht-muskuloskeletalen Erkrankungen (Posadzki und Ernst 2011).

Obwohl die gesundheitliche Beeinträchtigung der Weltpopulation durch die chronisch obstruktive Lungenkrankheit (COPD) unter den maßgeblichen Top 10 rangiert („WHO | World Health Statistics 2008“ 2013; Institute for Health Metrics and Evaluation 2013) und Asthma in seiner Bedeutung nicht nachsteht (Ernst 2008; A R Gross u. a. 2002), konnte durch die bisherige Forschung zu manueller Therapie noch keine eindeutige Aussage zu deren Wirkung auf die COPD getroffen werden (H. H. u. a. Abholz 2010).

Innerhalb der verschiedenen thematischen Fragestellungen lagen die Forschungsschwerpunkte bisher auf der *Manipulation* als Therapieform der *Manuellen Therapie* (Mintken u. a. 2008). Zudem wurde in verschiedenen Studien versucht ein Theoriemodell zum Wirkungsmechanismus manueller Therapie aufzustellen.

III.1) Manuelle Therapie

Der Begriff „Manuelle Therapie“ ist zunächst lediglich beschreibend dafür, dass die angewendete Therapie manuell, also „von Hand“ (Duden 2013), durchgeführt wird. Die manuelle Therapie ist somit ein Oberbegriff für verschiedene „von Hand“ durchgeführte Therapieformen. Zwei bedeutende manuelle Therapieformen mit jeweils weit zurückreichender medizinhistorischer Geschichte stellen die Manipulation und Mobilisation dar (Mintken u. a. 2008). Ein Schwerpunkt der in der Chiropraktik verwendeten manuellen Therapie bezieht sich auf die *spinale Manipulationstherapie* (SMT) (Kaptchuk und Eisenberg 1998). Sie findet unter anderem aber auch Anwendung in der Physiotherapie und Osteopathie (Kuczynski u. a. 2012). Dabei sollte nicht angenommen werden, dass die *Manipulationstherapie* auf die spinale Anwendung begrenzt ist (Mintken u. a. 2008). Ursprünglich verstanden, wurde bei der Manipulation ein *subluxierter* Wirbelkörper (Henderson 2012) aus einer „Fehlstellung“ wieder in seine ursprüngliche Position gebracht

(Ernst 2008). Nach Gross 2010 wird eine „Kraft-Anwendung bei hoher Geschwindigkeit und niedriger Amplitude, die auf ein spezifisches Segment gerichtet ist“, als *Manipulation* bezeichnet (frei übersetzt A. Gross u. a. 2010). In Abgrenzung dazu wird die *Mobilisation* als „die Anwendung von passiven Bewegungstechniken, oder neuromuskulärer Techniken niedriger Geschwindigkeit sowohl kleiner als auch großer Amplitude innerhalb des Bewegungsgrades des Patienten und unter seiner Kontrolle“ bezeichnet (frei übersetzt A. Gross u. a. 2010; Gert Bronfort u. a. 2004). Eine andere Einteilung grenzt *non-thrust* gegen *thrust* Methoden ab. Wobei die *non-thrust* Methoden mit niedriger Geschwindigkeit und geringer Kraftaufwendung keine hörbaren Gelenkgeräusche produzieren, während die *thrust*-Methoden eine hohe Geschwindigkeit bei niedriger Amplitude verwenden und häufig Gelenkgeräusche produzieren (Goss u. a. 2012). Dabei kann der gewohnte physiologische Bewegungsrahmen des Gelenks überschritten werden (Maigne und Vautravers 2003; Gert Bronfort u. a. 2004).

Die Nomenklatur der manuellen Therapieverfahren wie der SMT wurde in der Forschung bisher überwiegend uneinheitlich verwendet (Maigne und Vautravers 2003). In der hier vorliegenden Studie orientiert sich die Nomenklatur an den im Artikel von Mintken u. a. (2008) vorgeschlagenen Kriterien zur Beschreibung von Manipulation (Mintken u. a. 2008).

III.2) Pathophysiologische Modelle der Subluxation sowie Theorien zum Wirkungsmechanismus der Manipulations- und Mobilisationstherapie

Henderson u. a. 2012 hebt drei für die derzeitige Forschung und chiropraktische Arbeit wegweisende pathophysiologische Modelle hervor. Sie basieren auf der Subluxationstheorie von Palmer (beschrieben in: Ernst 2008). Dabei bildet die Subluxation das kausale Element und führt zu den folgenden Beeinträchtigungen: 1.) Druckausübung auf die intervertebralen Foramina oder den Spinalkanal selbst aufgrund von Protrusion der intervertebralen Disci, Hypertrophie der Gelenkkapsel oder Schwellung des intraluminalen Ligamentes 2.) Neuroplastische Änderungen des peripheren und zentralen Nervensystems durch Änderung der afferenten Informationen des spinalen und paraspinalen Gewebes 3.) Direkte Stressausübung auf den Gehirnstamm und die Funktionen des oberen zervikalen Rückenmarks durch „Distorsion“ des Ligamentum Denticulatum. (eng am Text Henderson 2012)

Weiterführend kommt es durch die Subluxation zu nervalen Irritationen und dadurch zu Störungen der jeweiligen Nerv-Qualitäten. Eine Irritation der sensorischen Nervenwurzel

verursacht Symptome wie Schmerz, Taubheit, Kribbeln, Hyper- oder Hyposensibilität. Irritationen der motorischen Nervenwurzel führen zu Symptomen wie Schwäche, Spasmus oder Zuckungen. Unter Beeinträchtigung der autonomen Nervenwurzel kommt es zu Dysfunktionen des Endorgans durch komplexe neurophysiologische Reflexmechanismen (J. W. Balon und Mior 2004 Bezug nehmend auf *Principles and Practice of Chiropractic*. 2nd ed. Norwalk, CT: Appleton & Lange; 1992).

Zum Wirkungsmechanismus von Manipulations- und Mobilisationstherapie existieren bisher verschiedene Modelle. Der eigentliche Wirkungsmechanismus von spinaler Manipulationstherapie gilt jedoch noch als unbekannt (Bialosky u. a. 2012; Puhl und Injeyan 2012; Pickar 2002).

III.2.1) Überlegungen zu strukturellen und neuromuskulären Wirkungsmechanismen von manueller Therapie

Die bisherigen Studien erforschen den Wirkungsmechanismus meist anhand von Schmerzen des unteren Rückens (Bialosky u. a. 2012; Clark u. a. 2009; Goss u. a. 2012).

Eine Übersichtsarbeit von Maigne und Vautravers 2003 diskutiert mögliche Effekte von spinal manipulativer *Thrust*-Therapie auf Wirbelkörper, Facettengelenke, Bandscheiben, paraspinale Muskeln, Schmerz, Durchblutung sowie psychologische Placebo Effekte. (Maigne und Vautravers 2003) Die Grundüberlegungen könnten wie folgt zusammen gefasst werden: Die Wirbelkörper werden durch die angewendete SMT untereinander mobilisiert, auch wenn ein Teil der Stoßwirkung des *Thrust* durch Bindegewebe abgefangen wird. Die Gelenkkapseln der Facettengelenke werden gedehnt, Gelenkfalten geglättet und Gelenksadhäsionen gelöst. Durch die SMT wird eine kurzfristige Unterbrechung der für Rückenschmerzen verantwortlichen anhaltenden Druckbelastung der Bandscheiben erzielt. Die durch die SMT bewirkte Dehnung der paraspinalen Muskeln führt zu einer Modifizierung der Reflexantwort der antagonistischen Muskeln, indem sie durch den Ib-Weg des Reflexes, über die Golgi-Muskelspindeln, gehemmt werden. Zum anderen kommt es via kurzfristige Transmitterdepression oder Auskoppelung der willentlichen Muskelkontraktionen der durch die SMT gedehnten paraspinalen Nerven zu einer Muskelrelaxation. Zudem führt die Kapseldehnung der Facettengelenke zu einer Abschwächung der Aktionspotentiale in paraspinaler Muskulatur. Alle genannten Zielstrukturen führen unter SMT zu einer Beeinflussung der Nozizeption durch unspezifische weitergeleitete Signale und dadurch zur Aktivierung des schmerzhemmenden Systems des Rückenmarks. Die Durchblutung von Organen und der Abtransport von toxischen Stoffen werden erhöht. Auch auf psychologischer und Placebo-Ebene ist die SMT effektiv. Dabei spielen Gedanken wie, dass die Wirbelsäule

wieder ausgerichtet wurde und, dass das „Knack“-Geräusch die Effektivität belegt, eine Rolle. Den genannten Hypothesen fehlen gemäß Autoren überwiegend noch die wissenschaftlichen Belege. (Maigne und Vautravers 2003; Pickar 2002)

In einer Pilotstudie von Clark u. a. 2009 wird nahegelegt, dass osteopathisch manipulative Therapie¹ möglicherweise bei akuten Schmerzen des unteren Rückens eine bestehende Muskelaktivitätsasymmetrie von bestimmten intrinsischen Muskeln des unteren Rückens vermindern könnte (Clark u. a. 2009). Die Wirkungs-Hypothese von Clark u. a. 2012 befasst sich dann mit der Idee, dass der „Pain-Spasm-Pain Cycle“ durch Anwendung manueller Therapie durchbrochen wird (Clark u. a. 2012).

Die Studie von Goss u. a. 2012 deutet darauf hin, dass auch eine Mobilisation der Wirbelsäule ein neurophysiologisch erkennbares Wirkungskorrelat hat, da sich die gemessene Asymmetrie beidseitiger muskulärer Reflexantworten bei Rückenschmerz Patienten nach schon einer Therapieanwendung aneinander angleichen, wobei sich die Amplitude der Seite mit der größeren Reflexantwort verringerte (Goss u. a. 2012).

Eine kontrollierte Studie von Howell u. a. 2006 untersuchte den Dehnungs- und den H-Reflex unter Anwendung von osteopathisch manipulativer Therapie anhand von Patienten mit Achillessehnen-Entzündung und einer gesunden Placebo-Gruppe. Hieraus ergab sich, dass durch die Therapie die Reflexantwort des Dehnungs- nicht aber des H-Reflexes vermindert werden konnte. Die Angabe von subjektiver Schmerzreduktion könnte die Hypothese stützen, dass die Therapie die Nozizeption verändert und dadurch die Reflexantwort vermindert (Howell u. a. 2006).

Ein von Bialosky u. a. 2012 aufgestelltes Modell stellt einen mechanischen Auslöser durch die Manipulation an den Anfang einer Reihe verschiedener neurophysiologischer Effekte auf peripherer, spinaler und supraspinaler Wirkungsebene. Dieses Modell unterscheidet sich von anderen darin, dass es die Überlegung einer neurophysiologischen Wirkungs-Kombination zulässt. (Bialosky u. a. 2012)

III.2.2) Überlegungen zu Wirkungsmechanismen von manueller Therapie auf das autonome Nervensystem

Neben den dargestellten Überlegungen zur überwiegend strukturellen neuromuskulären Wirkungsweise manueller Therapie wird durch andere Studien die Wirkungsweise auf das

¹ Osteopathisch manipulative Therapie (OMT), hier zusammenfassend verwendet für verschiedene manipulative Therapien

² genauer: non-specific high-velocity low-amplitude manipulation

³ Osteopathisch manipulative Techniken, die bei Noll u.a. (2008) verwendet wurden, waren Soft Tissue, Rib Raising, „Redoming“ the Abdominal Diaphragm (Indirect Myofascial Release), Suboccipital Decompression, Thoracic Inlet Myofascial Release, Pectoral Traction, Thoracic Lymphatic Pump With Activation (Noll u. a. 2008)

autonome Nervensystem beleuchtet. Aufgrund der anatomischen Strukturen wären parasympathische Aktivitätsänderungen auf zervikaler Ebene und sympathische Aktivitätsänderungen des autonomen Nervensystems denkbar (Welch und Boone 2008). Auch wenn in einem Review von Schmid u. a. 2008 die Überlegungen unterstützt werden, dass das zentrale Nervensystem durch passive Mobilisation der thorakalen Wirbelsäule beeinflusst werden kann (Schmid u. a. 2008), so scheint die Studienlage bislang weiter uneindeutig. Dabei muss berücksichtigt werden, welche Parameter sich eignen, um Aktivitätsunterschiede des autonomen Nervensystems zu quantifizieren. Eine geeignete Methode scheint dabei die Heart Rate Variability (HRV) zu sein (Eingorn und Muhs 1999). Mittels dieser Methode konnte in einer Kohortenstudie mit 28 gesunden Probanden von Budgell und Polus 2006 eine Beeinflussung der autonomen Herzfunktion nach Anwendung einer high-velocity low-amplitude SMT nachgewiesen werden, wobei das Verhältnis niedriger zu hoher Frequenzen (low-frequency/ high frequency ratio) signifikant zunahm. Dies könnte als Indiz für eine Verschiebung des Kräfteverhältnisses von Parasympathikus zu Sympathikus verstanden werden. (Budgell und Polus 2006) Anhand anderer Studien, in denen eine kurz- bis mittelfristige Änderung kardiovaskulärer Parameter (Ward u. a. 2013), Plasmakonzentrationen von Adrenalin und Noradrenalin (Puhl und Injeyan 2012) oder Pupillendurchmesser (Sillevis und Cleland 2011; Sillevis u. a. 2010) als Indikatoren untersucht wurden, deuten nicht auf eine solche Aktivitätsbeeinflussung des autonomen Nervensystems durch eine manuelle Therapie der thorakalen Wirbelsäule hin.

Insgesamt steht ein ausreichend validiertes Basismodell für den Wirkungsmechanismus von manueller Therapie bislang noch aus.

III.3) Derzeitige Forschungsschwerpunkte manueller Therapie

Die Schwerpunkte der bisherigen Forschung zur Effektivität manueller Therapie können in zwei verschiedene Bereiche eingeteilt werden – in die Forschung bei muskuloskeletalen Erkrankungen und Leiden wie insbesondere der Rückenschmerz sowie extra-muskuloskeletalen Erkrankungen wie beispielsweise Asthma.

III.3.1) Muskuloskeletale Erkrankungen und Leiden

Die muskuloskeletalen (Cross 2011; Posadzki und Ernst 2011; Gert Bronfort u. a. 2010; Bialosky u. a. 2009) und nicht-muskuloskeletalen (Posadzki und Ernst 2011; Gert Bronfort u. a. 2010) Effekte der manuellen Therapie sowie die verwendeten Methoden wurden bisher so

mannigfaltig untersucht, dass die Aussagen zur Effektivität aufgrund oft fehlender Studienvergleichbarkeit meist uneindeutig bleiben (Cross 2011; Airaksinen u. a. 2006) oder kontrovers diskutiert werden (Poelsma 2011). Zudem ist das Forschungsgebiet allein der muskuloskeletalen Effekte von Manualtherapie sehr breit, da zum einen die verschiedenen anatomischen Ebenen des Rückenschmerzes für die zervikale (A. Gross u. a. 2010; Anita R Gross u. a. 2004; A R Gross u. a. 2002), thorakale (Schiller 2001) und lumbale Wirbelsäule (Licciardone, Brimhall, und King 2005; *BMJ: British Medical Journal* 2004) berücksichtigt sowie der akute und subakute vom chronischen Schmerzzustand unterschieden werden muss (Cross 2011; Chou und Huffman 2007). Insgesamt scheint sich jedoch langsam herauszukristallisieren, dass manuelle Therapie einen positiven Effekt auf Rückenschmerzen hat (Kuczynski u. a. 2012; Rubinstein u. a. 2011; Gert Bronfort u. a. 2010; Bialosky u. a. 2009; Ernst 2008; Gert Bronfort u. a. 2004).

III.3.2) Extra-muskuloskeletale Erkrankungen

Für den Therapienutzen vieler extra-muskuloskeletaler Beschwerden existiert bisher keine ausreichend validierte Aussage. Eine Ausnahme dazu bildet die Forschung zum Wirkungsbefit von manueller Therapie auf Patienten mit Asthma: Eine manuelle Behandlung scheint bei erwachsenen an Asthma Erkrankten weder einen Vorteil bezüglich des Erkrankungsgrades noch bezüglich der Lungenfunktionsverbesserung zu erzielen (Posadzki und Ernst 2011; Gert Bronfort u. a. 2010; Hondras, Linde, und Jones 2005).

Im Vergleich zu Asthma ist die COPD weitaus weniger untersucht. Allerdings könnte aber die Erforschung eines möglichen Wirkungseffektes von manueller Therapie auf COPD-Erkrankte aus verschiedenen Gründen sehr ergiebig sein.

Dies soll im Folgenden kurz dargestellt und der Studie zu Grunde gelegt werden.

III.4) Grundüberlegungen zu COPD als Forschungsgrundlage für manuelle Therapie

Die chronisch obstruktive Lungenerkrankung, im Englischen als ‚chronic obstructive pulmonary disease‘ (COPD) bezeichnet, wird gemäß des Berichts der *Global initiative for chronic Obstructive Lung Disease* 2009 als Lungenerkrankung mit pulmonaler und extrapulmonaler Manifestation bezeichnet. Als pulmonales pathophysiologisches Korrelat zeigt sich eine „abnormale Entzündungsreaktion auf Noxen wie Stäube und Gase“. Klinisch macht sich eine nicht vollständig reversible und „gewöhnlich progressive“ Einschränkung des Atemflusses bemerkbar („GOLDReport_April112011.pdf“ 2013). Die derzeit beste Methode um zwischen COPD, Asthma sowie kardiopulmonalen Erkrankungen zu differenzieren ist

wohl die Spirometrie (Yawn 2011). Sie ist zudem eine sehr einfache Methode zur objektiven Quantifizierung der Atemwegsobstruktion. Dazu werden die Lungenfunktionsparameter spirometrisch bestimmt und der Tiffeneau-Index berechnet. Dieser wird aus den Lungenfunktionsparametern forciertes expiratorisches Volumen in einer Sekunde (FEV_1) und forcierte Vitalkapazität (FVC) berechnet: $\text{Tiffeneau-Index} = FEV_1 / FVC \times 100$. Ein Tiffeneau-Index $< 70\%$ und eine nicht vollständig reversible $FEV_1 < 80\%$ des Normwertes nach Anwendung eines Bronchodilatators sprechen für eine COPD (Mathers, Lopez, und Murray 2006). Neben präventiven Maßnahmen gehören, sowohl medikamentöse, apparative und operative Therapieansätze, als auch nicht-medikamentöse und physiotherapeutische zum Behandlungsplan (H. H. Abholz u. a. 2012).

Die Forschungsbemühungen der vergangenen 20 Jahre machen deutlich, dass die COPD zu den führenden Todesursachen der Welt zählt. Beispielsweise nennt die *WHO (2008)* in ihrem zuletzt veröffentlichten Bericht zur weltweiten Krankheitsbelastung 2004 eine Prävalenz von rund 64 Millionen symptomatischer COPD-Erkrankter weltweit, davon rund 11 Millionen in Europa („WHO | The global burden of disease: 2004 update“ 2013). Die COPD Prävalenz innerhalb Deutschlands wird in der 2007 veröffentlichten BOLD Studie nach GOLD Kriterien bei $n=683$ auf etwa 13% geschätzt (Buist u. a. 2007; Atsou, Chouaid, und Hejblum 2011). Bei der Evaluation der Bedeutung von COPD spielt neben der Prävalenz, in der beispielsweise Asthma der COPD weit überlegen ist („WHO | The global burden of disease: 2004 update“ 2013), auch die Mortalität durch die COPD eine bedeutende Rolle: So galt die COPD 2004 nach WHO-Analysen im Rahmen der „Global Burden of Disease Study“ (2008) als die vierthäufigste Todesursache („WHO | The global burden of disease: 2004 update“ 2013, 11; Mathers, Boerma, und Ma Fat 2009). Derzeitige Prognosen schätzen sogar, dass die COPD als Todesursache bis 2030 vom vierten auf den dritten Platz vorrücken wird („WHO | World Health Statistics 2008“ 2013).

Die COPD trägt maßgeblich zu den Kosten des Gesundheitssystems bei. In der Europäischen Union belaufen sich nach Rabe u.a. 2007 die direkten Kosten, die durch Atemwegserkrankungen verursacht werden, auf 6% des Gesamtbudgets. Dabei werden 56% der verursachten Kosten der COPD zugeschrieben. (Rabe u. a. 2007, in Anlehnung an das *European lung white book*, 2003) Nach dem Bericht der *European Respiratory Society and European Lung Foundation* 2003 wird knapp die Hälfte des Gesamtkostenbeitrages aller pulmonaler Erkrankungen, der COPD zugeschrieben. Die Gesamtkosten, die durch COPD verursacht werden, belaufen sich dabei auf 38,7Mrd. Euro. („European Lung Foundation (ELF) - Publications - European Lung Foundation[uk]“ 2013) Abgesehen von den direkten

Kosten, verursacht die COPD zudem hohe Kosten aufgrund fehlender Arbeitskraft bei Erkrankung. Denn die COPD ist unter den pulmonalen Erkrankungen diejenige, die für den größten Anteil des Arbeitsausfalls verantwortlich ist. Die Kosten, die der Europäischen Union allein aufgrund des Arbeitskraftverlusts durch COPD entstehen, werden auf 28,5 Mrd. Euro jährlich geschätzt. („European Lung Foundation (ELF) - Publications - European Lung Foundation[uk]“ 2013)

Eine Kostenanalyse von Nowak u.a. 2004 über COPD Patienten in Deutschland schätzt die volkswirtschaftlich relevanten jährlichen Kosten pro Patient auf 3027 Euro, wobei 64% dieser von der Gesetzlichen Krankenkasse übernommen werden. Dabei fallen die meisten Kosten durch Krankenhausaufenthalte (40%) und Medikamente (30%) an. Ein Anteil von 17% dieser entstehen dadurch, dass die Patienten in Frührente gehen, und 12% durch deren Arbeitsunfähigkeit. Insgesamt steigen die Kosten pro Patient mit dem jeweiligen Schweregrad der Erkrankung. (Nowak u. a. 2004)

Wie oben dargelegt, ist sowohl der Stellenwert in der gesundheitlichen Beeinträchtigung der Weltpopulation als auch der sozio-ökonomische Impact der COPD nicht zu unterschätzen. Im Zusammenhang von Rücken- und Nackenschmerzpatienten gibt es bereits Studienansätze, inwieweit sich die Anwendung manueller Therapie auf die verursachten Gesamtkosten auswirkt und sie bestenfalls reduziert (Ernst 2008; A R Gross u. a. 2002; Kuczynski u. a. 2012). Auch im Falle von COPD-Erkrankten wäre längerfristig die Überlegung interessant durch manuelle Therapie eine Kostenreduktion durch Verminderung von anfallenden direkten oder indirekten Kosten zu erzielen. Zudem scheint unabhängig von sozio-ökonomischen Überlegungen ein Interesse an nebenwirkungsarmen alternativen Behandlungsätzen von Krankheiten zu wachsen (Brygge u. a. 2001). Aus diesen Gründen stellt sich auch im Management der COPD die Frage nach alternativen oder ergänzenden Behandlungsansätzen. Im Kontext der bisherigen Forschung zu manueller Therapie ist jedoch die grundsätzliche Klärung der Frage nach einem möglichen Wirkungseffekt manueller Therapie auf COPD-Erkrankte vorerst vorrangig.

III.5) Studiengrundlage

Hinsichtlich eines möglichen Wirkungseffektes manueller Therapie auf COPD-Erkrankte sind sowohl die Überlegungen einer Beeinflussung auf der Ebene des autonomen Nervensystems als auch auf der strukturellen, neuromuskulären Ebene von Bedeutung. Im Hinblick auf ein pathophysiologisches Korrelat der COPD durch Aktivitätsänderung des autonomen Nervensystems zeigen Studien eindeutige Hinweise auf einen erhöhten Sympathikotonus (van Gestel, Kohler, und Clarenbach 2012; van Gestel und Steier 2010). Wie im **Kapitel III.2.2)**

dargestellt, ist aber bei nicht eindeutiger Studienlage eine Modulation des autonomen Nervensystems durch manuelle Therapie und ein damit einhergehender möglicher Benefit für COPD-Erkrankte bisher nur denkbar. Allerdings wird in der Studie von Engel und Vemulpad 2011 ein mögliches Theorie-Modell eines strukturellen Wirkungseffektes manueller Therapie auf COPD-Erkrankte aufgestellt. Dabei könnte durch manuelle Therapie, genauer *SMT* und *Soft Tissue Therapie*, zum einen die spinale Mobilität erhöht, zum anderen der Muskeltonus erniedrigt werden. Dies könnte dann dazu führen, dass bei COPD-Patienten die oftmals einhergehende Thorax-Immobilität und die Dyspnoe vermindert werden. (R. Engel und Vemulpad 2011)

In der Studie von Noll u. a. 2008 wurde unter der Hypothese, dass gerade bei älteren COPD-Patienten die Thorax-Mobilität besonders eingeschränkt sein könnte, untersucht, ob anhand der gemessenen Lungenfunktion nach Anwendung verschiedener osteopathisch manipulativer Therapietechniken ein Soforteffekt erkennbar würde. Dazu wurden die Lungenfunktionswerte von Patienten, die älter als 65 Jahre alt und an COPD erkrankt waren, untersucht. 18 Patienten erhielten einmalig eine Therapie mit osteopathisch manipulativen Techniken, 17 Patienten eine Placebo-Anwendung. Es wurden insgesamt 7 Techniken angewendet: Soft Tissue, Rib Raising, Indirect Myofascial Release, Suboccipital Decompression, Thoracic Inlet Myofascial Release, Pectoral Traction und Thoracic Lymphatic Pump With Activation. Im Ergebnis zeigte sich jedoch beim Vergleich der Gruppen nach 30min eine signifikante Abnahme der expiratorischen Parameter wie *forced expiratory flow* bei 25%, 50% und 25-75% (FEF). Zudem wurde bei den inspiratorischen Parametern deutlich, dass sich zwar die *total lung capacity* (TLC) signifikant erhöhte, davon aber das *residual volume* (RV) den größeren Anteil trug (RV/TLC). Die Autoren selbst kommen deshalb zu dem Schluss, dass die Ergebnisse insgesamt eine Verschlechterung des „Airtrapping“ bei COPD unter den untersuchten manuellen Techniken abbilden. So stellen sich Fragen nach der Wirkung der einzelnen jeweils angewendeten osteopathischen Technik, nach der Wirkung bei gesunden Probanden und nach einer längerfristigen Anwendung (Noll u. a. 2008). In einer 2009 veröffentlichten Folgestudie von Noll u. a. wird die Einzelwirkung einiger der 2008 verwendeten osteopathisch manipulativen Techniken an 25 COPD erkrankten über 50 jährigen Probanden untersucht, wobei jede Technik an jedem Probanden getestet wurde. Zwischen den Testanwendungen wurde eine 4-wöchige Auswaschphase durchgeführt. Die Untersuchungsergebnisse der einzeln untersuchten Techniken (Thoracic lymphatic pump with and without activation; Rib raising und Myofascial release) wiesen ebenfalls auf eine Verschlechterung der Lungenfunktionswerte 30min nach einmaliger Anwendung hin, wobei

sich Unterschiede darin zeigten, welche Lungenfunktionswerte durch die Einzeltechniken beeinflusst wurden. Allerdings zeigte sich schon bei der Minimal-touch Kontrollgruppe eine Abnahme der Inspirationskapazität. Interessanterweise konnte zudem differenziert werden, dass es bei der Gruppe, die durch die Thoracic lymphatic pump Technik mit Aktivationskomponente behandelt wurde, zu einer Erhöhung des RV und RV/TLC kam, während dies in der Gruppe ohne Aktivationskomponente nicht nachgewiesen wurde. (Noll u. a. 2009)

Engel und Vemulpad untersuchten 2007 an jungen gesunden Probanden die Wirkung von SMT², SMT kombiniert mit anschließenden sportlichen Übungen und sportliche Übungen allein im Vergleich zu einer Kontrollgruppe. Dabei wurden die Lungenfunktionsparameter *forced vital capacity* (FVC) und das *forced expiratory volume* in einer Sekunde (FEV1) über einen Zeitraum von vier Wochen und jeweils vor und nach insgesamt 6 Anwendungssessions in den jeweiligen Gruppen untersucht. Die Gruppengrößen variierten zwischen n=4 und n= 5. Messzeitpunkt war eine Minute vor und eine Minute nach der Intervention. Im Ergebnis zeigte sich, dass beide Lungenfunktionsparameter in der Gruppe, die die körperlichen Übungen durchgeführt hatte, signifikant abnahmen. In der Gruppe, die nur die SMT Anwendung erhielt, zeigte sich hingegen eine signifikante Zunahme der FVC und FEV1. Die Kombination beider Anwendungen zeigte keinen signifikanten Unterschied, jedoch tendenziell ebenfalls eine Zunahme beider Parameter. In dieser Studie, die über einen Zeitraum von 4 Wochen konzipiert war, wurde der Zeitfaktor in der Analyse nicht berücksichtigt, da alle Messungen in die Vorher-Nachher-Analyse mit einfließen. Zudem waren die zu analysierenden Daten durch die repetitiven Messungen zwar n >90, die Gruppengrößen selbst waren aber mit n zwischen 4 und 5 sowie einem Alterskollektiv von 18-28 Jahren recht klein. (R. M. Engel und Vemulpad 2007)

III.6) Fragestellung

Ausgehend von den oben dargestellten Überlegungen werden in der vorliegenden Studie gesunde Probanden eines mittleren Alterskollektives mit symptomfreien Blockierungen der thorakalen Wirbelsäule untersucht. Es werden lungengesunde Personen untersucht, um eine Belastung COPD erkrankter Probanden durch eine möglicherweise nachteilige Lungenfunktionsentwicklung, wie in der Studie von Noll u.a. 2008 und 2009 beschrieben, zu vermeiden. Die Probanden werden mit einer kombinierten spinalen Mobilisations- und Manipulationstherapie ein- bis dreimal über den Zeitraum von einer Woche behandelt und

² genauer: non-specific high-velocity low-amplitude manipulation

untersucht, so dass die Wirkung einer singulären Anwendung auf die Lungenfunktion mit der von mehrfachen Anwendungen im Zeitraum einer Woche verglichen werden kann. Damit soll herausgearbeitet werden, ob ein Effekt erst nach Mehrfachanwendung erkennbar wird. Zudem wird untersucht, ob eine unterschiedliche Anwendungsfrequenz einen entscheidenden Einfluss auf die Entwicklung der Lungenfunktionsparameter nimmt.

Folgende Hypothesen werden dazu untersucht:

1. Eine kombinierte spinale Mobilisations- und Manipulationstherapie führt zu einem direkt nach der ersten Behandlungsanwendung nachweisbaren Effekt auf die Lungenfunktion (Soforteffekt)
2. Eine kombinierte spinale Mobilisations- und Manipulationstherapie führt nach einer Woche zu einem nachweisbaren Effekt auf die Lungenfunktion (Späteeffekt):
 - 2.1. Nach einmaliger Behandlung am Eingangstermin
 - 2.2. Nach ein bis drei Therapieanwendungen
 - 2.3. In Abhängigkeit von der Häufigkeit der Therapieanwendungen

IV.) Material und Methoden

IV.1) Versuchsaufbau

Der Versuchsaufbau wurde als randomisierte klinische Studie konzipiert. Per Losverfahren wurden 60 Probanden randomisiert und in zwei Versuchsgruppen (G2, G3) sowie eine Vergleichsgruppe eingeteilt. Die Erhebung der Daten erfolgte von April 2009 bis Februar 2010. Ort der Studiendurchführung war das Institut für Sport- und Bewegungsmedizin der Universität Hamburg (Mollerstraße 10, 20148 Hamburg).

Der Beobachtungszeitraum pro Proband betrug eine Woche. Alle Gruppen erhielten eine Eingangsuntersuchung am Termin T1 (T1.1) sowie eine Abschlussuntersuchung am Termin T2. Die Versuchsgruppen wurden während ihrer Behandlungstermine mit einer kombinierten manualtherapeutischen Manipulations- und Mobilisationstechnik behandelt. Sie erhielten am Termin T1 nach der Erstbehandlung eine Nachuntersuchung nach 30min (T1.2).

Ursprünglich sah der Versuchsaufbau vor, dass auch die Kontrollgruppe am Tag 1 eine Behandlung erhielt (G1). Bei diesem Versuchsaufbau wäre allerdings eine Beeinträchtigung des Kontrollzeitraums durch eine anzunehmende ‚Auswaschphase‘ im Anschluss der Behandlung nicht auszuschließen gewesen. Um ein solches Problem sicher zu umgehen, wurde das Protokoll umgestellt und eine reine Kontrollgruppe berücksichtigt, sodass die Probanden der Gruppe G0 im gesamten Versuchszeitraum T1.1 bis T2 keine einzige Behandlung erhielten. Für die Probanden der Gruppe G1 blieb es bei einer Behandlung am Termin T1. Die Probanden der Gruppe G2 erhielten insgesamt zwei und die Probanden der Gruppe G3 insgesamt 3 Behandlungen zwischen T1.1 und T2.

Tabelle 1 gibt eine Übersicht über den zeitlichen Ablauf der Versuchsreihe.

Tabelle 1: Zeitliche Übersicht der Versuchsreihe

Woche	1.						2.
Tag	1.	2.	3.	4.	5.	6.	1.
G0	MZP T1.1						MZP T2
G1	MZP T1.1		MZP T1.2				MZP T2
G2	MZP T1.1		MZP T1.2				MZP T2
G3	MZP T1.1		MZP T1.2				MZP T2

— Messzeitpunkte (MZP) zur Lungenfunktionstestung:
 - Termin Eingangsuntersuchung (T1.1)
 - Termin Nachuntersuchung nach 30min (T1.2)
 - Termin Abschlussuntersuchung (T2)

— Termin zur manualtherapeutischen Untersuchung und Behandlung

Ein Zeitabstand von 7 Tagen zwischen den Messzeitpunkten (MZP) T1.1 und T2 wurde in allen Gruppen angestrebt, wobei ein Abstand von fünf und maximal neun Tagen toleriert werden konnte, der in der Regel nicht über- bzw. unterschritten werden durfte. Die Abstände zwischen den Behandlungen der Gruppe G3 durften ein bis maximal drei Tage betragen. Der Abstand der letzten Behandlung bis zum MZP T2 durfte einen Tag nicht unter- und vier Tage nicht überschreiten.

IV.2) Gruppen-Schemata und Randomisierung

Die **Tabelle 2** stellt die Gruppen des Studienaufbaus dar. Dieser sah die Bildung von 3 Gruppen vor: die Versuchsgruppen G2 und G3 sowie die Kontrollgruppe. Die Gruppenzuteilung erfolgte randomisiert anhand von 60 äußerlich uniformierten Papierlosen, die für die Versuchs- und Kontrollgruppen jeweils 20 Lose vorsah. Bei Abbruch der Studie durch einen Probanden, wurde das verwendete Los wieder unter die übrigen Lose gemischt. Nach Protokollumstellung wurden die noch zu rekrutierenden Probanden der Gruppe G2, neu, als Gruppe G1 rekrutiert. Die Anzahl der Lose blieb dabei gleich.

Zur Untersuchung eines Soforteffektes wurde eine gruppenübergreifende Gruppe **G_sofort** gebildet. In dieser wurden alle Probanden berücksichtigt, die am Termin der Erstuntersuchung eine manuelle Behandlung und eine sich nach 30 Minuten anschließende Nachuntersuchung erhielten.

Tabelle 2: Überblick: Untersuchungs-Behandlungs-Schemata

	Gruppen-Bezeichnung	Untersuchung-Behandlungs-Schema
Kontrollgruppe	G0	T1.1-/-/-T2
Versuchsgruppe	G1	T1.1-B-T1.2-/-T2
Versuchsgruppe	G2	T1.1-B-T1.2-B-T2
Versuchsgruppe	G3	T1.1-B-T1.2-B-B-T2
Versuchsgruppe	G _s ofort	T1.1-B-T1.2

T = MZP Termine

- Eingangsuntersuchung (T1.1)
- Nachuntersuchung nach 30min (T1.2)
- Abschlussuntersuchung (T2)

B = Behandlung

/ = Keine Behandlung oder Untersuchung

IV.3) Probandenauswahl

Die Probanden wurden aus einem Kreis von Freunden, Bekannten der Untersucher und Mitarbeiter des Institutes für Sport-und Bewegungsmedizin Hamburg rekrutiert.

Der Ethikantrag wurde formgerecht gestellt und von der Ethikkommission der Ärztekammer Hamburg genehmigt.

IV.3.1) Einschlusskriterien

- Alter 20 - 45 Jahre
- Segmentale Dysfunktionen im Bereich der thorakalen Wirbelsäule bei subjektiver Beschwerdefreiheit der Probanden (vgl. Diagramm 1)

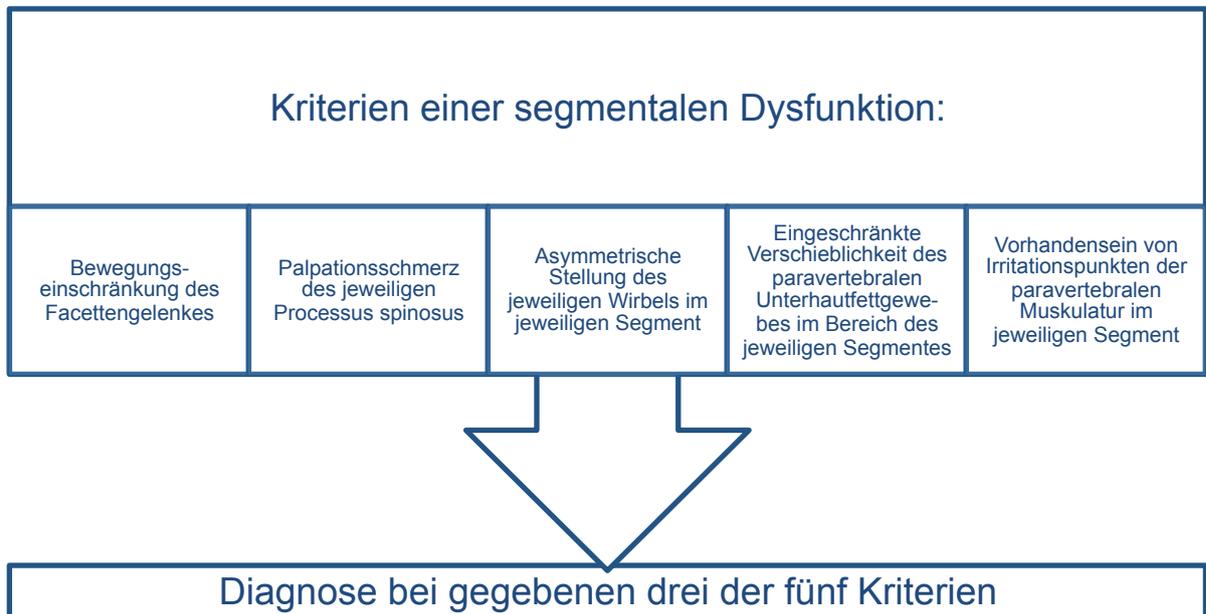


Diagramm 1: Übersicht zu den Kriterien einer segmentalen Dysfunktion

IV.3.2) Ausschlusskriterien

- Alter < 20Jahre; >45Jahre
- Habituelle, internistische oder orthopädische Ausschlusskriterien (s. Tabelle 3)

Tabelle 3: Übersicht: Habituelle, internistische oder orthopädische Ausschlusskriterien

Habituelle Kontraindikationen	Internistische Kontraindikationen	Orthopädische Kontraindikationen
Konsum von >5 Zigaretten/ Tag	Akute/ chronische Atemwegserkrankungen, wie: <ul style="list-style-type: none"> ○ COPD ○ Asthma bronchiale 	Akute/ chronische Rückenschmerzen
Nikotinabusus bis vor <5Jahren	Bekannte Stoffwechselerkrankungen, wie: <ul style="list-style-type: none"> ○ Diabetes mellitus ○ Hyper- und Hypothyreose ○ Hyperurikämie ○ Adipositas 	Frischer Bandscheibenvorfall: <ul style="list-style-type: none"> ○ thorakal ○ lumbal
Leistungssport (>7 Trainingseinheiten/ Woche)		Osteoporose
		Rheumatologische Erkrankungen
		Arthrose
		Skoliose

IV.4) Versuchsablauf

Der jeweils erste Termin der Probanden aller Versuchsgruppen gliederte sich in einen vorbereitenden und einen praktischen Teil. Im vorbereitenden Teil wurden ein Eingangsgespräch zur Aufklärung des Probanden und das Anamnesegespräch geführt. Zudem wurde die Einverständniserklärung des Probanden abgegeben und die Randomisierung per Losverfahren durchgeführt. Im praktischen Teil des ersten Termins wurden in folgender Reihenfolge eine Voruntersuchung zur Erhebung von Basiswerten der Lungenfunktion (T1.1) und die manualtherapeutische Untersuchung durchgeführt. In den Versuchsgruppen wurde

zudem die erste manualtherapeutische Behandlung und nach 30min eine Nachuntersuchung der Lungenfunktion (T1.2) durchgeführt.

IV.4.1) Vorbereitender Teil

Am ersten Termin wurde der Proband zunächst in einem Eingangsgespräch ausführlich und vollständig über den Aufbau, Ablauf und Inhalt der Studie sowie über die Risiken der manualtherapeutischen Behandlung aufgeklärt. Darüber hinaus wurde jedem Probanden ein ausführlicher Aufklärungsbogen ausgehändigt. Jeder Proband hatte eine Einverständniserklärung zu unterschreiben.

Anhand des Anamnesebogens wurde überprüft, ob die Person hinsichtlich der Ein- und Ausschlusskriterien in den Probandenpool aufgenommen werden konnte. Neben dem Alter (J), Geschlecht (m; w), Gewicht (kg) und der Größe (m) wurde auch die sportliche Aktivität in Trainingseinheiten pro Woche erfasst. Das Einschlusskriterium „Blockierungen im Bereich der thorakalen Wirbelsäule“ wurde bei der physiotherapeutischen Erstuntersuchung (s.u., Kapitel IV.4.2.2.a) evaluiert.

IV.4.2) Praktischer Teil

IV. 4.2.1 Lungenfunktionsmessung

Zur Erfassung der Lungenfunktion wurde das **Hand-Spirometer Vitalograph® 2120 (Hamburg)** verwendet (s. Abbildung 1).

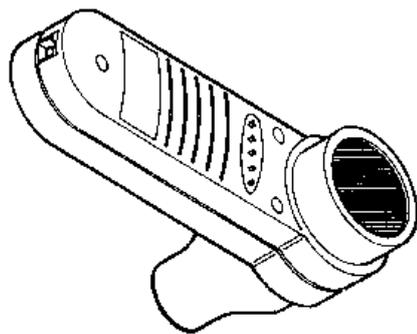


Abbildung 1: Hand-Spirometer Vitalograph® 2120 (aus „Benutzerhandbuch_2120“ 2013)

Das Atemfluss-Messelement war der sogenannte Fleisch-Pneumotachograph Größe 4. Die für das Gerät zu verwendende Betriebstemperatur lag zwischen 15 und 40°C. Messgenauigkeit bei Betriebstemperatur waren mit besser als $\pm 3\%$ oder $\pm 0,05$ Liter Volumen (richtet sich nach dem jeweils größeren Wert) und $\pm 5\%$ Fluss (Einatmung: $\pm 5\%$ Volumen, $\pm 8\%$ Fluss) angegeben. („Benutzerhandbuch_2120“ 2013)

Mit dem Vitalograph® 2120 wurden die sechs Lungenfunktionsparameter (LFP) Vitalkapazität (VC; Liter), Forcierte Vitalkapazität (FVC; Liter), Forciertes Ausatemungsvolumen in einer Sekunde (Einsekundenkapazität, FEV1; Liter), Relative Einsekundenkapazität (FEV1/VC; %), Relative Einsekundenkapazität im Verhältnis zur forcierten Vitalkapazität (FEV1/FVC, FEV1%; %), Peak-Expiratory-Flow (PEF; Liter/Minute) erfasst.

An beiden Untersuchungstagen (T1 und T2) wurde der Proband vorbereitend angeleitet vor der ersten Lungenfunktionsuntersuchung bei 1 Watt/kg Körpergewicht für 3 Minuten mit einer Trittfrequenz von 65-70 pro Minute auf einem Fahrradergometer (Type 911905: Lode B.V. Medical Technology Groningen) zu fahren. Dies wurde mit der Intention durchgeführt eine vergleichbare Ausgangssituation hinsichtlich der körperlichen Aktivität vor den Messungen zu schaffen. Einige Probanden führten zuvor Tätigkeiten in Ruhe aus, während andere beispielsweise zuvor eine sportliche Trainingseinheit hatten, oder mit dem Rad zum Termin fahren.

Die Durchführung der Lungenfunktionsmessung in Ruhe folgte zu jedem Untersuchungszeitpunkt (T1.1; T1.2; T2) dem gleichen Protokoll: Vor jeder Lungenfunktionsmessung wurde der Proband erneut über die Messvorgänge und die Bedeutung seiner Mitarbeit detailliert informiert. Nachdem das Gerät Vitalograph® 2120 bezüglich Alter, Geschlecht, Größe und Ethnizität auf den Probanden eingestellt worden war, wurde die Lungenfunktionsmessung in zwei aufeinander folgenden Versuchszyklen (V1; V2) durchgeführt. Ein Versuchszyklus beinhaltete jeweils einen Messvorgang zur Erfassung der Vitalkapazität (VC) und einen zur Messung der forcierten Vitalkapazität (FVC). Die einzelnen Messschritte wurden angesagt (s. Diagramm 2).

Die Messung der Lungenfunktion erfolgte im Stehen. Vorbereitend wurde der Proband aufgefordert zweimal tief ein- und auszuatmen und danach drei Atemzüge in gewohnter Atemfrequenz und -tiefe durchzuführen. Mit dem folgenden Atemzug begann der erste Versuchszyklus (V1). Hierfür nahm der Proband das jeweilige Gerät in die eigene Hand. Er wurde angewiesen maximal einzuatmen und dann die Nasenklammer aufzusetzen, um somit die Nasenöffnung komplett zu verschließen, so dass das gesamte Lungenvolumen durch den Mund ausgeatmet wurde. Bei der Ausatmung wurde darauf geachtet, dass der Proband das Mundstück so in den Mund nahm, dass es vollständig mit seinen Lippen umschlossen wurde. Beim ersten Messvorgang wurde der Proband aufgefordert das gesamte Lungenvolumen entspannt langsam, beim zweiten maximal schnell über das Mundstück in das Gerät zu entleeren. Zwischen den beiden Messvorgängen wurde darauf geachtet, dass der Proband eine

Erholungs-Periode von 30 Sekunden einhielt, in der er entspannt atmete. Es wurde ebenfalls darauf geachtet, dass der Proband zwischen den beiden Versuchszyklen V1 und V2 eine weitere Erholungsphase von 30 Sekunden einhielt.

Jeder Proband wurde während der einzelnen Messungen verbal zu seiner Bestleistung „angefeuert“. Alle erhobenen Daten wurden tabellarisch dokumentiert.

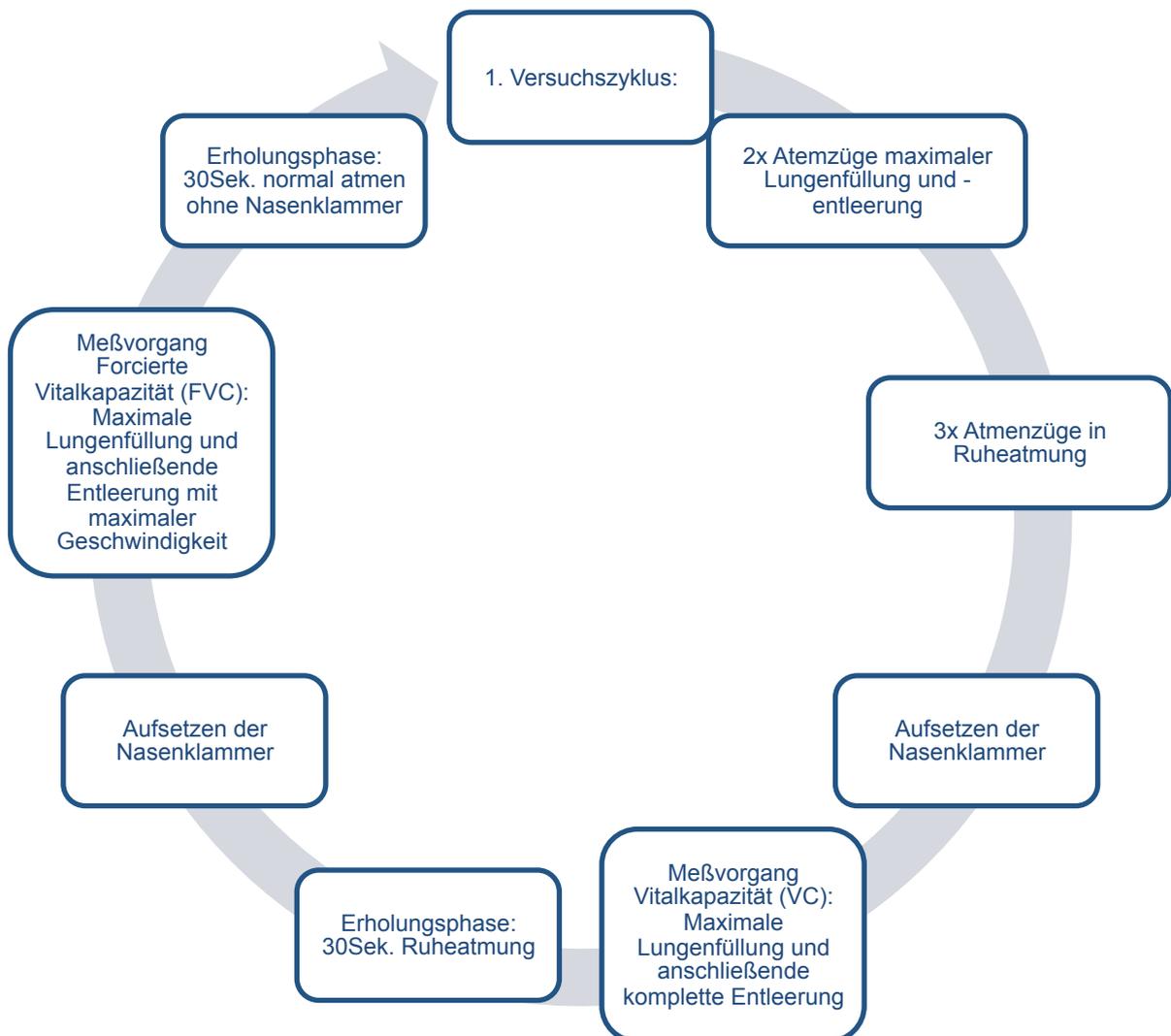


Diagramm 2: Ablauf der Versuchszyklen

IV.4.2.2 Manualtherapeutische Behandlung

Die Behandlungen wurden von vier Physiotherapeuten durchgeführt. Jeder von ihnen hat mehrjährige klinische Erfahrungen in manueller Medizin. Die Behandlungen fanden im Institut für Sport- und Bewegungsmedizin der Universität Hamburg (Mollerstraße 10, 20148 Hamburg) und in der Praxis Bellevue (Bellevue 8, 22301 Hamburg) statt.

Voraussetzung zur Teilnahme an der Studie war das Vorliegen von segmentalen Dysfunktionen im Bereich der Brustwirbelsäule (BWS). Dabei wurde unter Anwendung der Dreischritt-Diagnostik (s.u., Kapitel IV.2.2.a) nach festgelegten Kriterien vorgegangen. Diese wurden bei jedem in die Studie eingeschlossenen Probanden am ersten Termin nach der ersten Lungenfunktionsuntersuchung manualtherapeutisch diagnostiziert. Wer zu diesem Zeitpunkt keine segmentalen Dysfunktionen der BWS aufwies, wurde von der Studie ausgeschlossen.

Der Behandlungsablauf wurde in jeder der Behandlungsgruppen (G1, G2 und G3) identisch durchgeführt. Dabei wurden in genannter Reihenfolge folgende manualtherapeutische Verfahren angewendet: eine Weichteiltechnik in Bauchlage, eine Mobilisationsbehandlung im Sitzen, einer Manipulationsbehandlung in Rückenlage und erneut im Sitzen eine Muscle-Energy-Technik. Die Dauer jeder Behandlung betrug 20 Minuten. Probanden, die im weiteren Verlauf nach dem ersten Termin keine segmentalen Dysfunktionen der BWS mehr aufwiesen, blieben in der Studie mit eingeschlossen, wurden aber weiter ohne Manipulationstechnik behandelt.

Die Manualtherapie wurde bei entkleidetem Oberkörper durchgeführt. Die weiblichen Probanden konnten einen BH anbehalten. Die Raumtemperatur während der Behandlung lag in einem Temperaturbereich zwischen 21°C und 24°C. Es wurde darauf geachtet, dass der Proband nicht fror.

IV.4.2.2.a) Untersuchung nach der Dreischritt-Diagnostik

Mittels der Dreischritt-Diagnostik wurden bei den Probanden die segmentalen Dysfunktionen diagnostiziert. Eine Übersicht der Diagnosekriterien ist in Diagramm 2 (Kapitel IV.3.1) dargestellt. Während des *ersten* Schrittes der manuellen Untersuchung wurde festgestellt, ob bei dem Probanden Irritationspunkte insbesondere im BWS Segment vorlagen (s. Abbildung 2). Diese konnten bei tiefer Palpation im jeweiligen Wirbelsäulensegment eine Querfingerbreite lateral der Processi spinosi als Verhärtungen getastet werden. Im *zweiten* Schritt wurde die Wirbelsäule segmental hinsichtlich ihrer Mobilität untersucht. Dabei wurde auf eine Normomobilität oder eine eventuelle Hyper- bzw. Hypomobilität geachtet. Im *dritten* Schritt wurde dann untersucht wie sich die identifizierten segmentalen Irritationen funktionell verhielten. Das Vorliegen von segmentalen Irritationspunkten und entsprechendem funktionellem Verhalten im Bereich der BWS wurde als diagnostisches Kriterium für das Vorliegen von segmentalen Dysfunktionen der Facettengelenke im Bereich der BWS gewertet. (Heimann u. a. 2005)



Abbildung 2: Aufsuchen von Irritationspunkten

IV.4.2.2.b) Weichteiltechniken

In der Ausgangsstellung lag der Proband in Bauchlage auf der Behandlungsbank. Der Kopf befand sich dabei in einer Mittelstellung in einem Loch des Kopfteils der Behandlungsbank und die Arme ruhten links und rechts neben dem Probanden. Der Therapeut stand seitlich neben ihm. Beide Hände des Therapeuten wurden flach im Bereich der thorakalen Wirbelsäule des Probanden aufgelegt und so positioniert, dass die beiden Daumen rechts und links lateral der Processi spinosi in kranialer Richtung lagen. Mit der Innenseite seines Daumens übte der Therapeut dann einen Schub nach lateral auf die paravertebrale Muskulatur im Bereich der BWS aus. Ziel dabei war eine Querdehnung der paravertebralen Muskulatur (s. [Abbildung 3](#)). Die Hände des Therapeuten wurden regelmäßig versetzt, um so gleichmäßig die gesamte paravertebrale Muskulatur im Bereich der Brustwirbelsäule zwischen den Segmenten Th1 – Th12 mit einzubeziehen. Dies wurde 2,5 Minuten auf jeder Seite ausgeführt. (Greenman 2000)



Abbildung 3: Weichteilmobilisation

IV.3.2.2.c) Mobilisationsbehandlungen

In der Ausgangsstellung saß der Proband in aufrechter Haltung mit verschränkten Armen und herabhängenden Beinen auf der Behandlungsbank. Dabei wurde darauf geachtet, dass die Arme des Probanden derart verschränkt waren, dass die linke Hand auf der rechten Schulter und die rechte Hand auf der linken Schulter lagen. Der Therapeut stand seitlich neben dem

Patienten. Zunächst wurde mit der einen Hand des Therapeuten die weiter entfernte Schulter des Probanden von ventral umfasst. Der Daumen der anderen Hand lag auf dem Processus spinosus des jeweils zu mobilisierenden Wirbels (s. **Abbildung 4**). Der Proband wurde in eine leichte Flexionsposition gebracht, um eine Vordehnung der paravertebralen Muskulatur zu erreichen und dann so weit in Richtung des Therapeuten rotiert bis die Spannung am entsprechenden Processus spinosus zu palpieren war. Am Ende des Bewegungsausmaßes wurde der Proband etwas weiter in die Richtung der Rotation bewegt und gleichzeitig etwas Druck auf den Processus spinosus ausgeübt, um die Dehnung im Bereich des jeweiligen Segmentes zu verstärken. Aus dieser Endposition wurde der Patient etwas zurück bewegt, ohne dabei die Spannung im Bereich der paravertebralen Muskulatur völlig aufzugeben. Es erfolgte eine erneute Bewegung in die Rotation bis an das Ende des Bewegungsausmaßes. Dieses Vorgehen wurde für jeden Wirbel rhythmisch 10-mal wiederholt und für beide Seiten nacheinander durchgeführt. Eine Rotation mit anschließender Rückbewegung dauerte dabei zwei bis drei Sekunden; die Mobilisationsbehandlung insgesamt 6 bis 9 Minuten. (Greenman 2000)

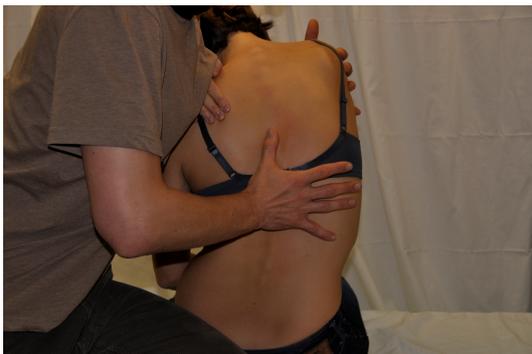


Abbildung 4: Mobilisationsbehandlung

IV.4.2.2.d) Manipulationsbehandlungen

In der Ausgangsstellung lag der Patient, wie bei der Mobilisationsbehandlung, mit auf der Brust verschränkten Armen auf dem Rücken auf der Behandlungsbank. Der Therapeut stand seitlich neben dem Probanden und zwar auf der Seite mit den zuvor diagnostizierten Blockierungen. Zunächst wurde der Proband von dem Therapeuten über die von ihm abgewandte Schulter zu sich hin rotiert. Bei einem rechtsseitigen Stand des Therapeuten neben dem Probanden wurde sodann die rechte Hand mit dem Pistolengriff unter dem unteren Wirbel des jeweilig zu manipulierenden Segmentes platziert. Dazu wurde der kleine Finger, der Ringfinger und Mittelfinger in den Grundgelenken gebeugt während der Zeigefinger und Daumen gestreckt blieben. Die Hand wurde dann so auf den unteren Wirbel des jeweiligen Segmentes gelegt, dass die Processi transversi des Segmentes im Bereich des Grundgelenkes

von Daumen und proximalem Teils der Mittelgelenke von Ring- und Mittelfinger zum Liegen kamen. Dann wurde der Proband mit weiterhin so positionierter Hand des Therapeuten auf den Rücken zurück rotiert. Die andere Hand bzw. der andere Arm des Therapeuten wurde von ventral kommend um den Probanden herumgeführt, so dass die obere Brustwirbelsäule und der Kopf umgriffen werden konnten. Mit dem dadurch entstandenen Hebel wurde der Proband so weit flektiert, bis die Spannung am entsprechenden Segment zu palpieren war (s. **Abbildung 5**). In dieser über den Probanden gebeugten Position, erhielt das Brustbein des Therapeuten Kontakt mit den verschränkten Armen des Probanden, so dass über diesen Kontakt ein Druck in Richtung Bank bzw. in Richtung des zu manipulierenden Segmentes ausgeübt werden konnte (s. **Abbildung 6**). Nach der exakten Einstellung des jeweiligen Segmentes, welche durch eine maximale Spannung an der unten liegenden Hand des Therapeuten zu spüren war, wurde der Proband aufgefordert tief einzusatmen und gegen Ende der Ausatmung seinen Kopf nach vorne zu bewegen. Während der Ausatmung wurde durch eine Schwerpunktverlagerung des Therapeuten ein kleiner, schneller Impuls über das Brustbein in Richtung Segment ausgeführt. Dabei war das Ziel, eine kurzzeitige Überdehnung der Gelenkkapseln der jeweiligen Wirbelgelenke des Segmentes zu erreichen. Dieses Vorgehen wurde für jedes Segment, für welches eine segmentale Dysfunktion diagnostiziert wurde, durchgeführt. (Greenman 2000; Gibbons und Tehan 2009)

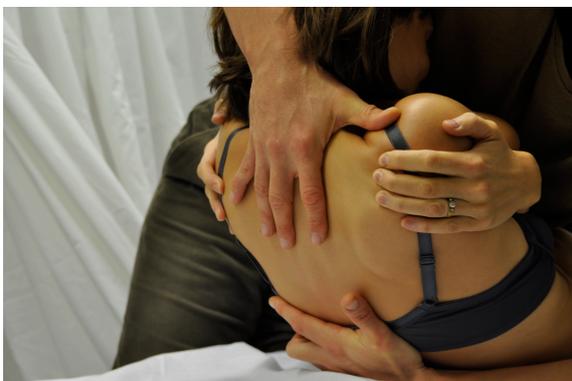


Abbildung 5: Ausgangsstellung der Manipulationsbehandlung



Abbildung 6: Manipulation

IV.4.2.2.e) Muscle-Energy-Behandlungen

Die Ausgangsstellung war mit der der Mobilisationsbehandlung identisch und der sitzende Proband wurde vom Therapeuten genauso wie im Rahmen der Mobilisationsbehandlung beschrieben umfasst. Im Gegensatz zur beschriebenen Mobilisationsbehandlung lag die Hand des Therapeuten aber jetzt nicht auf dem Processus spinosus, sondern palpierete die Spannung der paravertebralen Muskulatur der von ihm weiter entfernten Seite im jeweiligen Segment. Der Proband wurde dann in eine leichte Flexion gebracht bis ein Spannungsaufbau in der paravertebralen Muskulatur zu palpieren war. Danach wurde eine Rotation zum Therapeuten hin durchgeführt bis in der palperten paravertebralen Muskulatur eine deutliche Zunahme der Spannung zu spüren war. Es wurde darauf geachtet, dass die Einstellung des Probanden zu keinem reflektorischen Spannungsaufbau führte. Sobald eine optimale Endstellung mit maximalem Spannungsaufbau ohne Abwehrspannung des Probanden erreicht war, wurde der Proband aufgefordert in die Rotation zur Gegenseite und in Richtung Extension anzuspannen. Der Therapeut gab dabei die Richtung über den Widerstand mit seinem den Brustkorb des Probanden umfassenden Arm vor (s. **Abbildung 7**). Die Intensität der Anspannung sollte so stark sein, dass sie leicht in der paravertebralen Muskulatur zu spüren war. Es wurde darauf geachtet, dass keine Bewegung des Probanden entstand. Die Spannung wurde für 8 sec gehalten. Danach wurde der Proband von dem Therapeuten weiter in die Rotation bewegt. Die Dauer zwischen den Anspannungen betrug 4 sec. Dieses Vorgehen wurde für jedes Segment mit einer segmentalen Dysfunktion auf jeder Seite dreimal durchgeführt. (Greenman 2000)

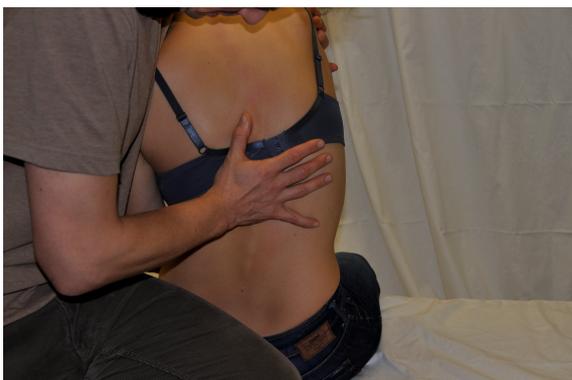


Abbildung 7: Muscle Energy Technique

IV.5) Vorgehen bei der statistischen Analyse

Die folgenden statistischen Analysen werden mit *IBM SPSS Version 15* durchgeführt.

Zunächst werden die Einzelgruppen analysiert, um eine ausgewogene Verteilung der deskriptiven Merkmale aller Gruppen (Alter, Geschlecht, Größe, Gewicht und Trainingseinheiten pro Woche) zu bestätigen bzw. Unterschiede aufzuzeigen.

Ziel der vorliegenden Studie ist es den Einfluss der angewandten manuellen Therapie auf die Lungenfunktion zu untersuchen. Dieser Einfluss soll anhand von Unterschieden im Entwicklungsverlauf der erhobenen LFP zwischen den Behandlungsgruppen mit einfacher (Gs; G1), zweifacher (G2) oder dreifacher Behandlung (G3) und der Kontrollgruppe (G0) einerseits 30min nach der ersten manualtherapeutischen Behandlung (T1), andererseits nach einer Woche (T2) aufgezeigt werden. Von den an jedem Messtermin erfassten zwei Messungen werden jeweils die Maximalwerte der sechs Parameter VC, FVC, FEV1, FEV1/VC, FEV1% und PEF verwendet. Von diesen Werten werden dann die Mittelwerte und Standardabweichungen errechnet. Mithilfe von mehreren Zweistichproben-t-Tests und Varianzanalysen wird geprüft, ob sich diese über den Messzeitraum und in den verschiedenen Gruppen signifikant unterscheiden. Bei allen statistischen Berechnungen wird das in der medizinischen Forschung übliche Signifikanzniveau auf 5% festgelegt (Irrtumswahrscheinlichkeit $p < 0,05$) und die Ergebnisse auf die dritte Stelle nach dem Komma gerundet.

Im Detail werden folgende Untersuchungen durchgeführt:

I. Untersuchung eines Soforteffektes zwischen Ausgangswert und 30min nach einer Behandlung: G_sofort zwischen T1.1 und T1.2

Mehrere Zweistichproben-t-Tests werden eingesetzt, um zu prüfen, ob für die LFP in Gruppe G_sofort statistisch gesicherte Niveauunterschiede zwischen MZP T1.1 und T1.2 auftreten.

II. Untersuchung eines Späteeffekts im Zeitraum einer Woche: Zwischen T1.1 und T2

Zur Untersuchung eines Späteeffekts werden mehrfache multivariate Varianzanalysen (MANOVA, engl. multiple analysis of variance) zwischen Gruppen durchgeführt. Mithilfe der MANOVA können Unterschiede verschiedener abhängiger Variable (LFP) im Zusammenhang mit mehreren unabhängigen Variablen (Gruppe; Zeit) untersucht werden. Dazu werden die Mittelwerte jedes LFP der jeweiligen untersuchten Gruppen auf signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen (Gruppeneffekt), im Zeitraum T1.1 zu T2 (Zeiteffekt) und in ihrer Kombination (Interaktionseffekt= Gruppe x Zeit) untersucht. Somit kann

festgestellt werden, ob sich die Entwicklungsverläufe der Parameter von Untersuchungstermin T1.1 zu T2 statistisch unterscheiden.

II.1) G1 versus G0 zwischen T1.1 und T2:

Dazu werden zunächst die Messdaten der Gruppe G1 analysiert, also von den Probanden, die keine weitere Behandlung zwischen den MZP T1.2 und T2 erhielten (T1.1-B-T1.2-/-T2). Die G1 Gruppe wird der Kontrollgruppe G0 gegenübergestellt (T1.1-/-/-T2).

II.2) G1/2/3 versus G0 zwischen T1.1 und T2:

Daran anschließend werden die Messdaten aller Probanden der Gruppe G1/2/3 untersucht, d.h. auch die der Probanden mit einer und zwei weiteren Behandlungen (T1.1-B-T1.2-/-T2 und T1.1-B-T1.2-B-T2 und T1.1-B-T1.2-B-B-T2). Die Untersuchung der Gruppe G1/2/3 wird mit der Kontrollgruppe G0 verglichen.

II.3) G1 versus G2 versus G3 zwischen T1.1 und T2:

Als nächstes wird die Lungenfunktionsentwicklung der Probanden aus Gruppe G1 mit einer Behandlung, von denen der Gruppe G2 mit zwei und der Gruppe G3 mit drei Behandlungen differenziert geprüft und miteinander verglichen (T1.1-B-T1.2-/-T2 versus T1.1-B-T1.2-B-T2 versus T1.1-B-T1.2-B-B-T2).

II.4) G0/G1 versus G2/G3 zwischen T1.1 und T2:

In einer Folgefrage werden die Lungenfunktionsmessungen der Probanden von Gruppe G0 und G1 denen der Probanden von Gruppe G2 und G3 gegenübergestellt und auf Unterschiede in deren Entwicklungen geprüft (T1.1-/-/-T2 und T1.1-B-T1.2-/-T2 versus T1.1-B-T1.2-B-T2 und T1.1-B-T1.2-B-B-T2).

V.) Ergebnisse

V.1) Stichprobe

In die Studie wurden **60** Probanden eingeschlossen. Davon waren **27 (45%)** weiblich und **33 (55%)** männlich. Es gab **7** Studienabbrecher, die zwar eine Messung zum MZP T1.1 hatten, aber keine zum MZP T2. **Vier** davon hatten nur eine einzige Messung am MZP T1.1. Als Grund für den Studienabbruch wurde „Zeitmangel“ genannt. Das Alter der Probanden lag zwischen **20** und **45** Jahren, wobei das durchschnittliche Alter bei **29.08 (\pm 6.24)** Jahren lag. Die **Tabelle 4** gibt eine Gesamtübersicht der Merkmalsverteilung in den untersuchten Gruppen.

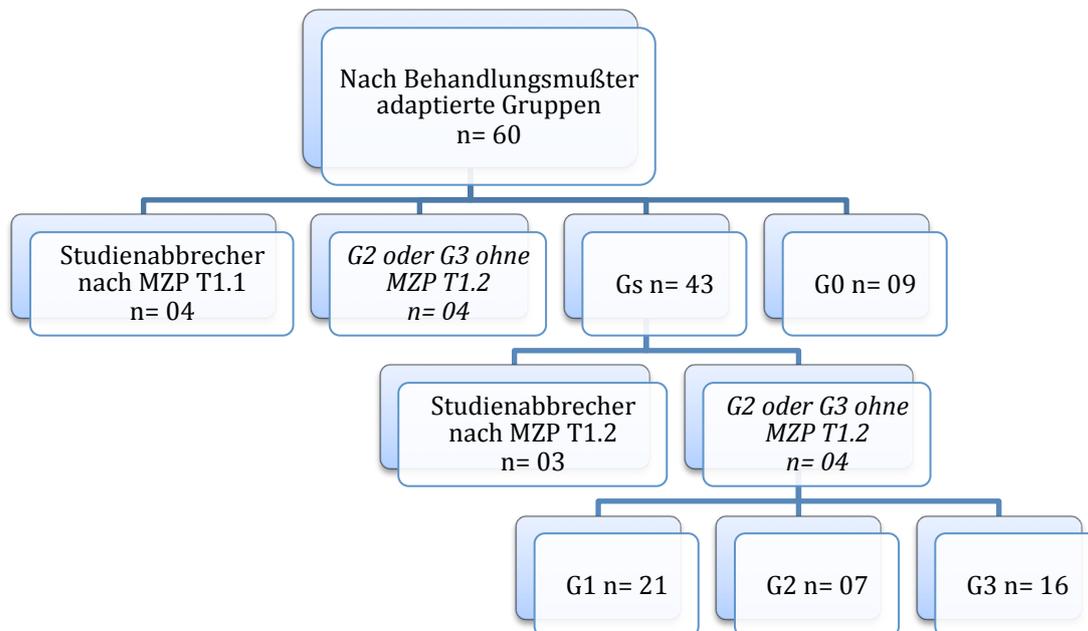


Diagramm 3: Nach Behandlungsmuster adaptierte Gruppeneinteilung

Tabelle 4: Übersicht der Merkmalsverteilung in den Stichproben

Gruppe		N	Min	Max	Mittelwert (AM)	Standardabweichung (S)
Gesamt	Alter	60	20	45	29,08	6,24
	Geschlecht	60	1 (Mann)	2 (Frau)	1,45	,50
	Sport/Woche	59	0	7	2,78	1,91
	Größe (m)	60	1,62	1,90	1,78	,07
	Gewicht (kg)	60	54	97	75,23	12,27
G0	Alter	9	20	40	30,56	7,38
	Geschlecht	9	1 (Mann)	2 (Frau)	1,67	,50
	Sport/Woche	9	0	6	2,89	2,12
	Größe (m)	9	1,68	1,85	1,77	,05
	Gewicht (kg)	9	61	89	74,22	9,44
Gs	Alter	43	20	45	28,93	6,07
	Geschlecht	43	1 (Mann)	2 (Frau)	1,40	,50
	Sport/Woche	42	0	7	2,81	1,98
	Größe (m)	43	1,62	1,90	1,78	,07
	Gewicht (kg)	43	54	97	75,74	13,26
G1	Alter	21	20	39	29,14	5,93
	Geschlecht	21	1 (Mann)	2 (Frau)	1,29	,46
	Sport/Woche	21	1	7	3,55	1,65
	Größe (m)	21	1,67	1,90	1,79	,08
	Gewicht (kg)	21	57	95	75,00	12,21
G2	Alter	7	23	37	29,14	5,08
	Geschlecht	7	1 (Mann)	2 (Frau)	1,57	,54
	Sport/Woche	7	0	4	2,36	1,46
	Größe (m)	7	1,68	1,87	1,78	,064
	Gewicht (kg)	7	56	80	70,14	8,93
G3	Alter	16	21	45	28,75	6,537
	Geschlecht	16	1 (Mann)	2 (Frau)	1,50	,52
	Sport/Woche	15	0	6	2,40	2,17
	Größe (m)	16	1,62	1,89	1,78	,078
	Gewicht (kg)	16	54	97	77,50	14,66
G0/1	Alter	30	20	40	29,57	6,30
	Geschlecht	30	1 (Mann)	2 (Frau)	1,40	,50
	Sport/Woche	30	0	7	3,35	1,79
	Größe (m)	30	1,67	1,90	1,78	,07
	Gewicht (kg)	30	57	95	74,77	11,29
G2/3	Alter	23	21	45	28,87	6,02
	Geschlecht	23	1 (Mann)	2 (Frau)	1,52	,51
	Sport/Woche	22	0	6	2,39	1,94
	Größe (m)	23	1,62	1,89	1,78	,07
	Gewicht (kg)	23	54	97	75,26	13,43

V.2) Statistische Gruppen-Schemata

Der Studienaufbau sah die Bildung von 3 Gruppen vor: die Versuchsgruppen G2 und G3 sowie die Kontrollgruppe. Die Gruppenzuteilung erfolgte randomisiert.

Aufgrund der durchgeführten Untersuchungen und Behandlungen wurden, wie in **Tabelle 5** dargestellt, drei Untersuchungs-Behandlungs-Schemata unterschieden: Die Versuchsgruppen G1, G2 und G3 sowie die Kontrollgruppe G0. In die statistische Analyse wurden damit 4 Gruppen einbezogen.

Zudem wurde zur Untersuchung eines Soforteffektes eine gruppenübergreifende Gruppe **G_s_{ofort}** gebildet. In dieser wurden alle Probanden berücksichtigt, die am Termin der

Erstuntersuchung eine manuelle Behandlung und eine sich nach 30 Minuten anschließende Nachuntersuchung erhielten. Deshalb befinden sich in der Gruppe G_{sofort} sowohl Probanden der Gruppe G1 und G2 als auch der Gruppe G3.

Ein Abstand von 7 Tagen zwischen den MZP T1.1 und T2 konnte in 19 Fällen eingehalten werden, wobei ein Abstand von 5 bis 9 Tagen in 43 Fällen bestand. In fünf Fällen lag der Abstand zwischen den MZP < 5 Tagen und in zwei > 9 Tagen.

Tabelle 5: Überblick: Untersuchungs-Behandlungs-Schemata

	Gruppen-Bezeichnung	Untersuchung-Behandlungs-Schema
Kontrollgruppe	G0	T1.1-/-/-T2
Versuchsgruppe	G1	T1.1-B-T1.2-/-T2 oder T1.1-B-/-/-T2
Versuchsgruppe	G2	T1.1-B-T1.2-B-T2 oder T1.1-/-B-B-T2
Versuchsgruppe	G3	T1.1-B-T1.2-B-B-T2
Versuchsgruppe	G_{sofort}	T1.1-B-T1.2

T = MZP Termine

- Eingangsuntersuchung (T1.1)
- Nachuntersuchung nach 30min (T1.2)
- Abschlussuntersuchung (T2)

B = Behandlung

/ = Keine Behandlung oder Untersuchung

V.3) Statistische Analyse

V.3.1) Untersuchung eines Soforteffektes zwischen Ausgangswert und 30min nach einer Behandlung: G_{sfort} zwischen T1.1 und T1.2

Mittels mehrerer Zweistichproben-t-Tests wurde der kurzfristige Einfluss der manuellen Ersttherapie in der Gruppe G_{sfort} ($n= 43$) untersucht. Dazu wurden die gemittelten LFP-Maximalwerte der Messung vor (T1.1) mit der Messung 30min nach Intervention (T1.2) verglichen und auf signifikante Niveauunterschiede geprüft. Es gab 6 abhängige Variable (LFP VC, FVC, FEV1, FEV1/VC, FEV1% und PEF) und eine unabhängige Variable (MZP; MZP T1.1 und T1.2). Die Tabellen 6-7 und Diagramme 10-12 (s. Anhang) fassen die Ergebnisse dieser Analysen zusammen.

Mittelwertentwicklungen: Im Ergebnis zeigten die Analysen zwar Unterschiede der Entwicklungsverläufe für die verschiedenen LFP, jedoch verhielten sich die drei Parameter **VC, FVC und FEV1** vergleichbar ähnlich mit einer geringen Niveau-Zunahme von jeweils weniger als 100ml. Die prozentualen Parameter **FEV1/VC** und **FEV1%** hatten dagegen eine abnehmende Tendenz; allerdings mit weniger als 1%. **PEF** hatte ebenfalls eine gering abnehmende Tendenz zwischen dem MZP T1.1 und T2. Bei allen Parametern fielen die Niveau-Unterschiede in den Bereich ihrer Standardabweichungen.

t-Test Auswertung: Keine der Parameterniveau-Unterschiede erwiesen sich auf dem 5%-Niveau als signifikant. Die Ergebnisse des t-Tests zeigten, dass die Niveauunterschiede der Mittelwerte zwischen MZP T1.1 und T1.2 nur zufallsbedingt auftraten. Demnach führt die einmalige Anwendung einer manuellen Therapie in dieser Form zu keinem signifikanten Effekt auf die sechs untersuchten LFP nach 30min.

Tabelle 6: Mittelwertentwicklung zwischen MZP T1.1 und T1.2

Parameter	Mittelwert	
	MZP T1.1	MZP T1.2
VC (L)	5,14	5,18
FVC (L)	4,89	4,97
FEV1 (L)	4,26	4,31
FEV1/VC (%)	86,51	85,81
FEV1% (%)	89,02	88,65
PEF (L/min)	579,12	575,37

Tabelle 7: T-Test: Untersuchung auf einen Soforteffekt zwischen MZP T1.1 und T1.2

Parameterpaare T1.1-T1.2	Mittelwert (AM)	Standardabweichung (S)	T	df	Signifikanz (p), 2-seitig	95% Konfidenzintervall der Differenz	
						Untere	Obere
VC	-,04 (L)	,27	-1,01	42	,317	-,13	,04
FVC	-,09 (L)	,32	-1,76	42	,086	-,19	,01
FEV1	-,05 (L)	,26	-1,25	42	,219	-,13	,03
FEV1/VC	,70 (%)	6,85	,67	42	,508	-1,41	2,81
FEV1%	,37 (%)	5,59	,44	42	,664	-1,35	2,09
PEF	3,74 (L/min)	54,11	,45	42	,652	-12,91	20,40

V.3.2) Untersuchung eines Späteffektes im Zeitraum einer Woche: Zwischen T1.1 und T2

Mehrfache multivariate Varianzanalysen (MANOVAs) zwischen den Versuchsgruppen wurden eingesetzt, um einen Einfluss der angewendeten manuellen Therapie auf die Lungenfunktion im Verlauf der Behandlungswoche festzustellen. Dabei bildeten erneut die LFP VC, FVC, FEV1, FEV1/VC, FEV1% und PEF die abhängigen Variablen; der Faktor Zeit (MZP T1.1 und T2) sowie die Versuchsgruppen bildeten die unabhängigen Variablen.

Als Test zur Prüfung der Voraussetzung von Homogenität der Varianzmatrizen wurde der Box-Test verwendet. Der Levene-Test wurde eingesetzt, um die Voraussetzung von Gleichheit der Fehlervarianzen zu prüfen. In allen MANOVA Analysen dieser Studie wurden diese Voraussetzungen erfüllt. In der MANOVA wurden mehrere multivariate Tests durchgeführt. Da die Stichprobengrößen der Einzelgruppen dieser Studie untereinander variierten und insgesamt mit $n \leq 21$ klein war, wurde der Pillai-Spur Test zur Datenanalyse verwendet. Dieser Test gilt als besonders robuster Test (Nimon 2012; Tabachnick und Fidell 2001).

Bei der Beurteilung der Effektstärken wird auf die Einteilung nach Cohen Bezug genommen. Danach werden die Effektstärken bei Varianzanalysen in kleine ($\eta^2 = .01$), mittlere ($\eta^2 = .06$) und große ($\eta^2 = .14$) Effekte eingeteilt (Cohen 1988).

V.3.2.1 Untersuchung eines Späteffektes nach einmaliger Behandlung am Eingangstermin: G1 versus G0 zwischen T1.1 und T2

Es wurde bei den Probanden der Gruppe G1 ($n = 21$), die nur am Eingangstermin (MZP T1) eine manuelle Therapie und keine weitere erhielten, untersucht, ob ein Effekt vorlag, der erst nach einer Woche (MZP T2) in Form eines Späteffektes auftrat und noch nicht direkt 30min nach der Behandlung (Soforteffekt; s. Kapitel V.3.1). Hierzu wurde eine zweifache MANOVA mit 2 Gruppen eingesetzt, um zu prüfen, ob sich die Niveaus der Parametermesswerte von T1.1 zu T2 signifikant unterschieden. Die Probanden mit einer Behandlung am MZP T1 wurden dabei mit einer Kontrollgruppe G0 ($n = 9$) ohne Behandlung verglichen.

Die Tabellen 12-17 und Diagramme 13-15 (s. Anhang) zeigen die Ergebnisse dieser Untersuchung. Tabelle 8 zeigt zusammenfassend die Signifikanzniveaus dieser Analyse.

Mittelwertentwicklungen: Während die Mittelwerte der einzelnen Parameter VC, FVC und FEV1 noch von MZP T1.1 zu T1.2 mit weniger als 100ml leicht angestiegen waren, fielen sie in der Behandlungsgruppe insgesamt zwischen dem MZP T1.1 und T2 um 120-180ml ab. Eine abnehmende Tendenz um 80-250ml fand sich auch in der Kontrollgruppe. Eine

Änderung der Mittelwertentwicklung zwischen MZP T1.1 und T2 wurde für den prozentualen Parameter **FEV1%** deutlich. Im Gegensatz zur Kontrollgruppe, die um 3.33% abfiel, nahm der Mittelwert zu, auch wenn die prozentuale Zunahme um .72% nur geringfügig war. Behandlungs- und Kontrollgruppe entwickelten sich beim Parameter **FEV1/VC** divergent, wobei sich die schon zwischen MZP T1.1 und T1.2 bestehende Mittelwertabnahme um weniger als 1% in der Behandlungsgruppe mit einer etwas stärker abnehmenden Tendenz um 2.33% fortsetzte. Auch für **PEF** wurde die bereits zwischen MZP T1.1 und T1.2 bestehende abnehmende Tendenz von 3.744L/min zu T2 hin insgesamt verstärkt, wobei der Wert um 9.38L/min abnahm. Eine ähnliche PEF Mittelwertänderung zeigte sich allerdings auch in der Kontrollgruppe.

MANOVA Auswertung: Der Niveauunterschied des Parameters FEV1% über den MZP T1.1 und T2 erwies sich als marginal signifikant bei nach Cohen mittlerer Effektstärke ($p = .081$; $\eta^2 = .105$). Ein marginaler Zeiteffekt der Gesamtgruppe bei ebenfalls mittlerer Effektstärke ergab sich für den Parameter VC ($p = .082$; $\eta^2 = .104$). Bei oft starker Differenz der Ausgangswerte an MZP T1.1 in Behandlungs- und Kontrollgruppe zeigten sich allerdings auch signifikante und marginal signifikante Gruppeneffekte. Diese betrafen die Analysen der Parameter FEV1 ($p = .025$) und PEF ($p = .016$) sowie VC ($p = .055$).

Tabelle 8: Übersicht der Signifikanzniveaus G1 vs. G0

	Zeiteffekt (T1.1 zu T2)	Interaktionseffekt (T1.1 zu T2*G1)	Gruppeneffekt G1
VC	.082	.536	.055
FVC	.153	.716	.146
FEV1	.184	.718	.025*
FEV1/VC	.367	.232	.529
FEV1%	.252	.081	.216
PEF	.501	.845	.016*

V.3.2.2 Untersuchung eines Späteffektes bei ein bis drei Therapieanwendungen: G1/2/3 versus G0 zwischen T1.1 und T2

Nachdem die Frage untersucht wurde, ob nach erstmaliger Anwendung einer manuellen Therapie im Verlauf einer Woche eine signifikante Änderung der Lungenfunktionsparameter erkennbar wird, wurde als nächstes untersucht, ob ein Effekt deutlich wird, wenn nach der Erstanwendung bis zu zwei zusätzlichen Therapieanwendungen folgen. Dabei wurden in einer weiteren zweifachen MANOVA die Lungenfunktionsparameter aller Probanden, die sich in der Übergruppe Gruppe G1/2/3 (n=40) befanden, zwischen den MZP T1.1 und T2 analysiert und mit der Kontrollgruppe G0 (n= 9) verglichen.

Die Tabellen 18-23 und Diagramme 16-18 (s. Anhang) zeigen die Ergebnisse dieser Untersuchung. Tabelle 9 zeigt zusammenfassend die Signifikanzniveaus dieser Analyse.

Mittelwertentwicklungen: Im Ergebnis verhielten sich die Mittelwerte der Parameter VC, FVC und FEV1 untereinander ähnlich. Im Gegensatz zur Entwicklung der Mittelwerte für Probanden mit nur einer Behandlung nach MZP T1.1, was im Kapitel V.3.2.1 untersucht wurde, hatten die Variablen FVC und FEV1 in der gesamten Behandlungsgruppe im Zeitintervall T1.1 und T2 eine zwar geringe jedoch zunehmende Tendenz um 30ml. Die Mittelwerte des Parameters VC blieben zwischen MZP T1.1 und T2 bei einer abnehmenden Änderung von weniger als 10ml nahezu unverändert. Die Kontrollgruppen entsprachen den Entwicklungsverläufen der vorangegangenen Fragestellung und hatten eine abnehmende Tendenz bei einer Differenz im Bereich von 100 bis 250ml. Die prozentualen Parameter FEV1/VC und FEV1% verhielten sich bei Probanden mit ein bis drei Behandlungen tendenziell ähnlich wie bei denen mit alleiniger Behandlung nach MZP T1.1 (G1), jedoch abgeschwächt. So fiel der Mittelwert für FEV1/VC in der G1/2/3 Gruppe um .63% ab. Die Werte der Kontrollgruppe stiegen dagegen zwischen MZP T1.1 und T2 mit .33% an. Für FEV1% zeigte sich eine annähernd unveränderte Entwicklung, wobei die zunehmende Mittelwerttendenz von .43% im Vergleich zu der vorangegangenen Analyse mit .72% in Gruppe G1 ebenfalls schwächer ausfiel. Die Kontrollgruppe wies wie zuvor eine abnehmende Tendenz von 3.33% auf. Der Parameter PEF hatte in Gruppe G1/2/3 eine deutlich zunehmende Entwicklungstendenz mit 24.08L/min. Er verhielt sich damit gegensätzlich zur G1-Gruppe der vorangegangenen Analyse, die eine schwach abnehmende Tendenz von 9.38L/min aufwies.

MANOVA Auswertung: Hinsichtlich nicht-zufallsbedingter Unterschiede in den Entwicklungsverläufen der untersuchten LFP deutete sich zwar mit einem knapp unter dem 10%-Signifikanzniveau liegenden Ergebnis des Parameters FEV1% ein Interaktionseffekt an,

jedoch war die Effektstärke mit $\eta^2 < 0.06$ nach Cohen nur klein ($p = .099$; $\eta^2 = .057$). Zudem wurden wie auch in der vorangegangenen Untersuchung bei den Parametern FEV1% ($p = .006$; $\eta^2 = .153$), PEF ($p = .024$; $\eta^2 = .103$) und FEV1 ($p = .084$; $\eta^2 = 0.062$) signifikante und marginal signifikante Unterschiede zwischen den Vergleichsgruppen gefunden.

Tabelle 9: Übersicht der Signifikanzniveaus G1/2/3 vs. G0

	Zeiteffekt (T1.1 zu T2)	Interaktionseffekt (T1.1 zu T2*G1/2/3)	Gruppeneffekt G1/2/3
VC	.167	.190	.178
FVC	.656	.447	.550
FEV1	.740	.494	.084
FEV1/VC	.910	.711	.956
FEV1%	.200	.099	.006*
PEF	.843	.254	.024*

V.3.2.3 Untersuchung eines Späteffektes in Abhängigkeit von der Häufigkeit manueller Therapieanwendungen: G1 versus G2 versus G3 zwischen T1.1 und T2

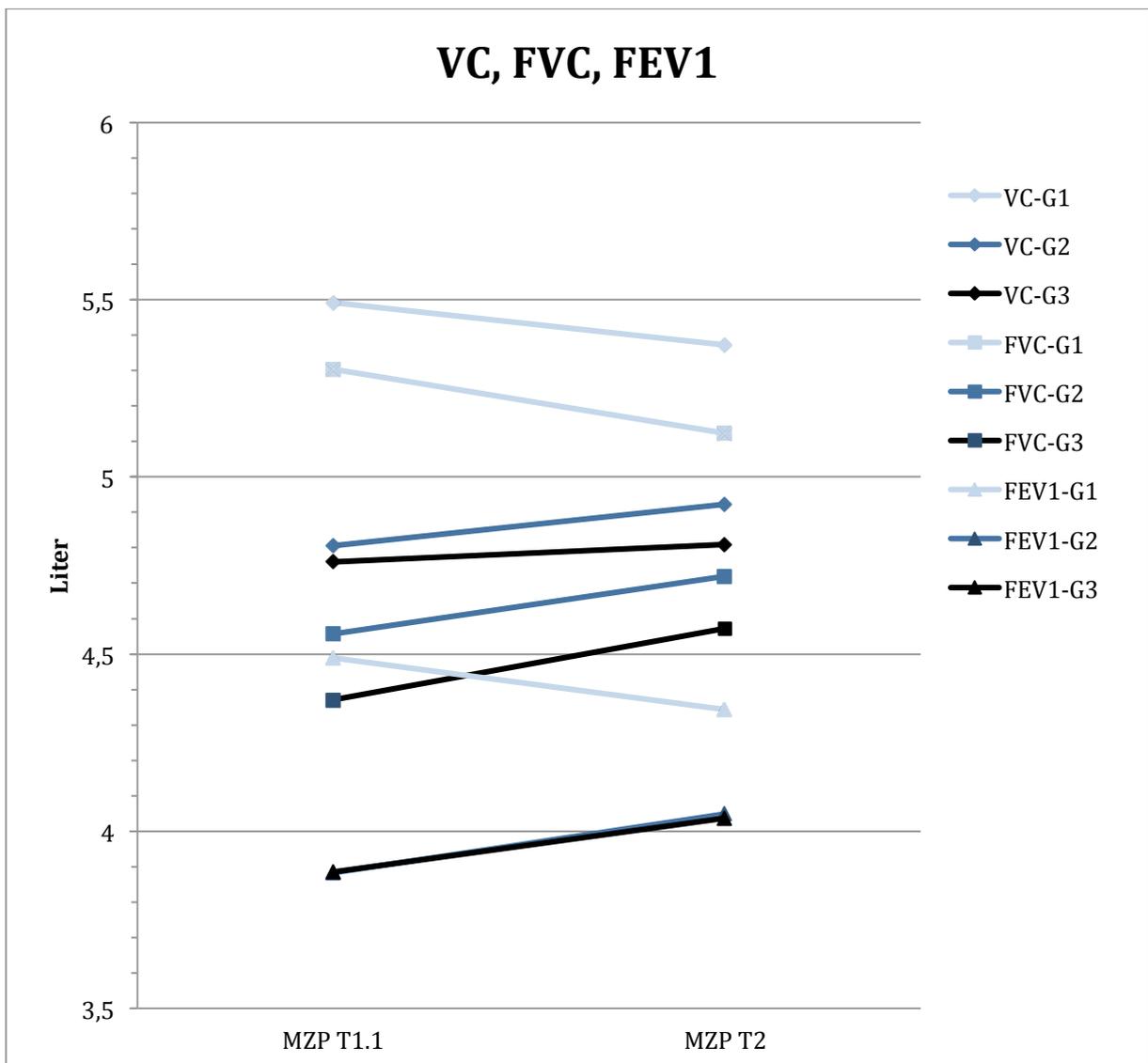
Auf die vorangegangenen Frage aufbauend wurde eine dreifache MANOVA durchgeführt, bei der die Entwicklungsverläufe der Parameter-Mittelwerte in den Gruppen G1 ($n= 21$), G2 ($n= 7$), G3 ($n= 16$) auf statistisch aussagekräftige Unterschiede zwischen den MZP T1.1 und T2 hin untersucht wurden.

Die Tabellen 24-29 (s. Anhang) und Diagramme 5-7 zeigen die Ergebnisse dieser Untersuchung. Tabelle 10 zeigt zusammenfassend die Signifikanzniveaus dieser Analyse.

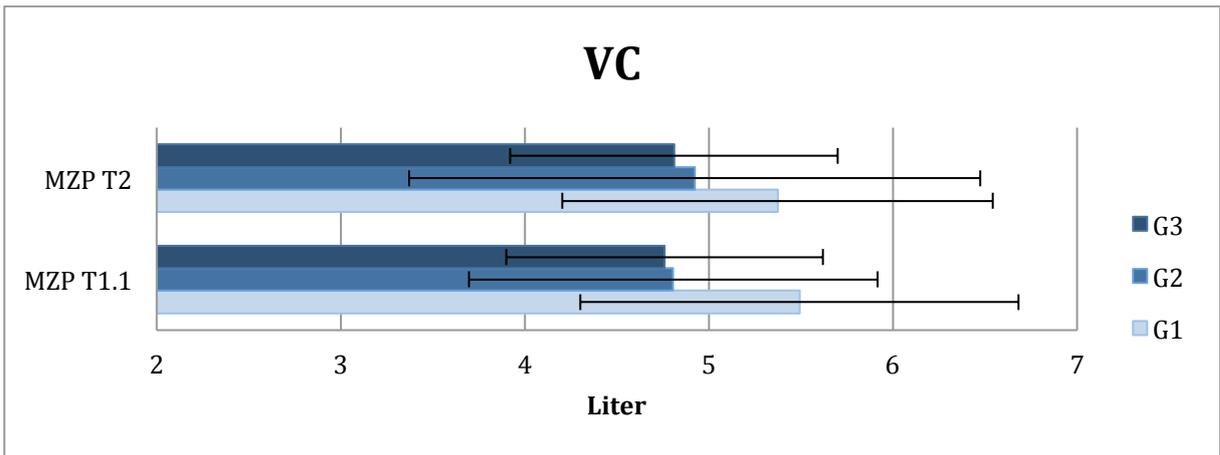
Mittelwertentwicklungen: Differenziert in die jeweilige Behandlungsgruppe stellte sich bei den Variablen VC, FVC und FEV1 ein ähnliches Bild dar: Während sich die Gruppen G2 und G3 tendenziell vergleichbar mit einer positiven Werteentwicklung von 50-200ml darstellten, verhielt sich die Gruppe G1 entgegengesetzt mit einer negativen Werteentwicklung von 120-180ml. Dabei hatten diese Variablen in Gruppe G3 keinesfalls eine stärker ansteigende Mittelwerttendenz als die der Gruppe G2. Im Gegensatz zu den gerade beschriebenen Variablen VC, FVC und FEV1 ähnelten sich die Entwicklungsverläufe der Gruppen G2 und G3 bei der Variablen FEV1/VC nicht. Bei nahezu gleichen Ausgangswerten an MZP T1.1 divergierten sie deutlich zu MZP T2 hin. Hier verliefen vielmehr die Gruppen G1 und G2 vergleichbarer mit einer abnehmenden Mittelwertentwicklung von rund 2% (2.33%, G1; 1.85%, G2), während die Werte der Gruppe G3 um 2.44% deutlich zunahmen. Auch beim Parameter FEV1% verhielten sich die Gruppen G1 und G2 ähnlich und entgegengesetzt zur Gruppe G3. Die Mittelwerte in Gruppe G3 nahmen im Gegensatz zu Gruppe G1 und G2 ab. Für den Parameter PEF zeigten sich wieder ähnliche Entwicklungstendenzen in den Gruppen G2 und G3. Sie hatten eine deutlich zunehmende Tendenz von 40-50L/min während Gruppe G1 eine abnehmende Tendenz von rund 9L/min aufwies.

MANOVA Auswertung: In der statistischen Auswertung konnte mit der Differenzierung in die drei Gruppen für den Parameter FVC ein auf dem 5%-Niveau signifikanter Interaktionseffekt der Gruppen im Zeitintervall T1.1-T2 bei großer Effektstärke aufgedeckt werden ($p= .033$; $\eta^2= .153$). Zudem deuteten sich marginal signifikante Unterschiede im Verlauf der Gruppen für die Parameter FEV1 ($p= .085$; $\eta^2= .113$) und FEV1/VC ($p= .099$; $\eta^2= .107$) an. Ein marginal signifikanter Unterschied der Gesamtgruppe über die Zeit von MZP T1.1 zu T2 zeigte sich auch für PEF (Zeiteffekt: $p= .092$; $\eta^2= .068$).

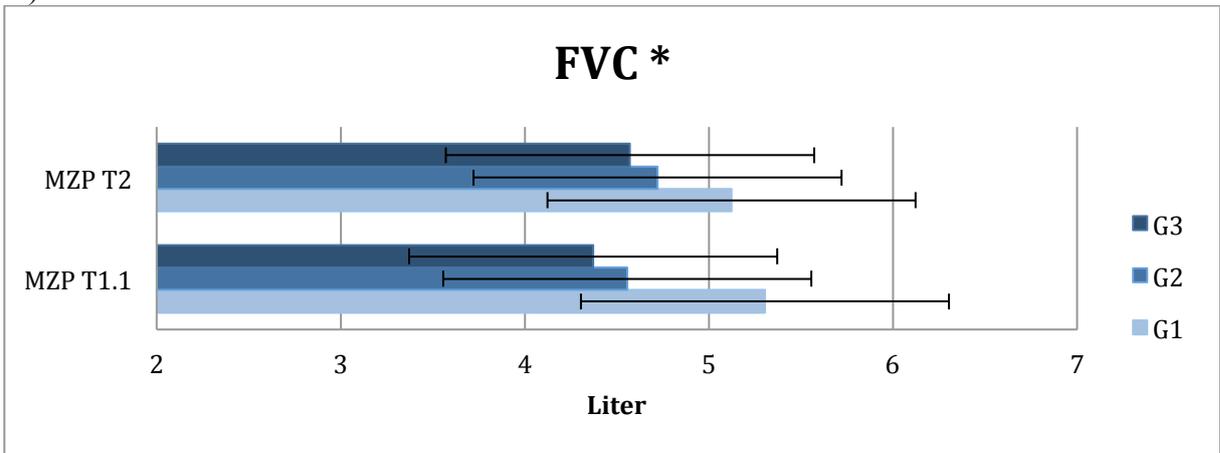
In dieser Untersuchung, bei der die gesamte Behandlungsgruppe der unterschiedlichen Anwendungshäufigkeit entsprechend in die drei Einzelgruppen G1, G2 und G3 differenziert wurde, konnte für die Variable FVC ein signifikanter Unterschied zwischen den drei Behandlungsgruppen im Zeitintervall T1.1 und T2 festgestellt werden. Dies weist darauf hin, dass sich mindestens eine der drei untersuchten Behandlungsgruppen nicht zufallsbedingt, sondern systematisch von den anderen Gruppen unterschied. Das Ergebnis spricht für einen vorliegenden Effekt der Behandlungshäufigkeit auf den LFP FVC. Da in der MANOVA nicht erkennbar wird durch welche der drei Gruppen der signifikante Unterschied über die Zeit bewirkt wurde, lässt sich dies nur anhand der Entwicklungstendenzen vermuten: Die Gruppen G2 und G3 unterschieden sich in ihrer positiven Entwicklungstendenz von der Gruppe G1 mit einer negativen Tendenz deutlich.



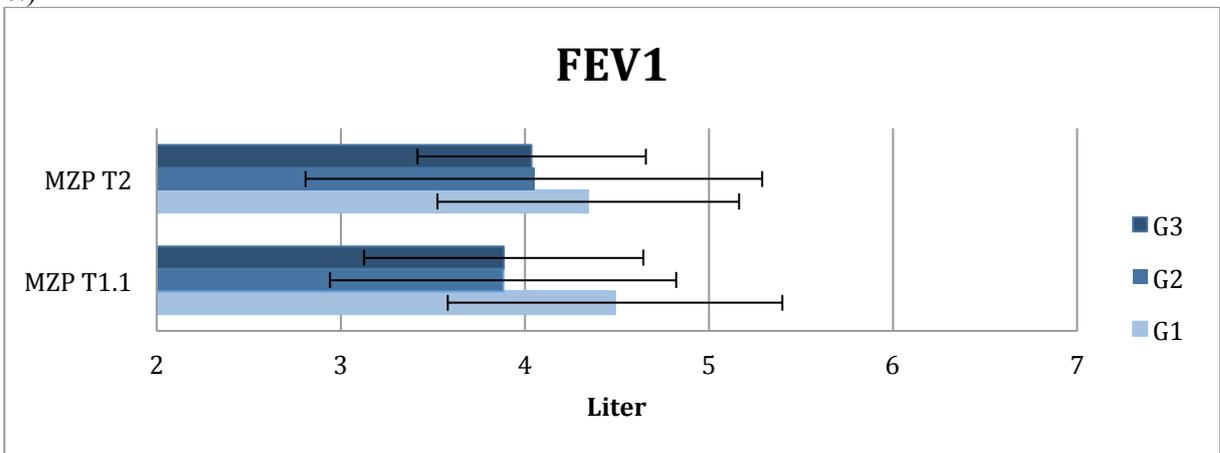
a.)



b.)

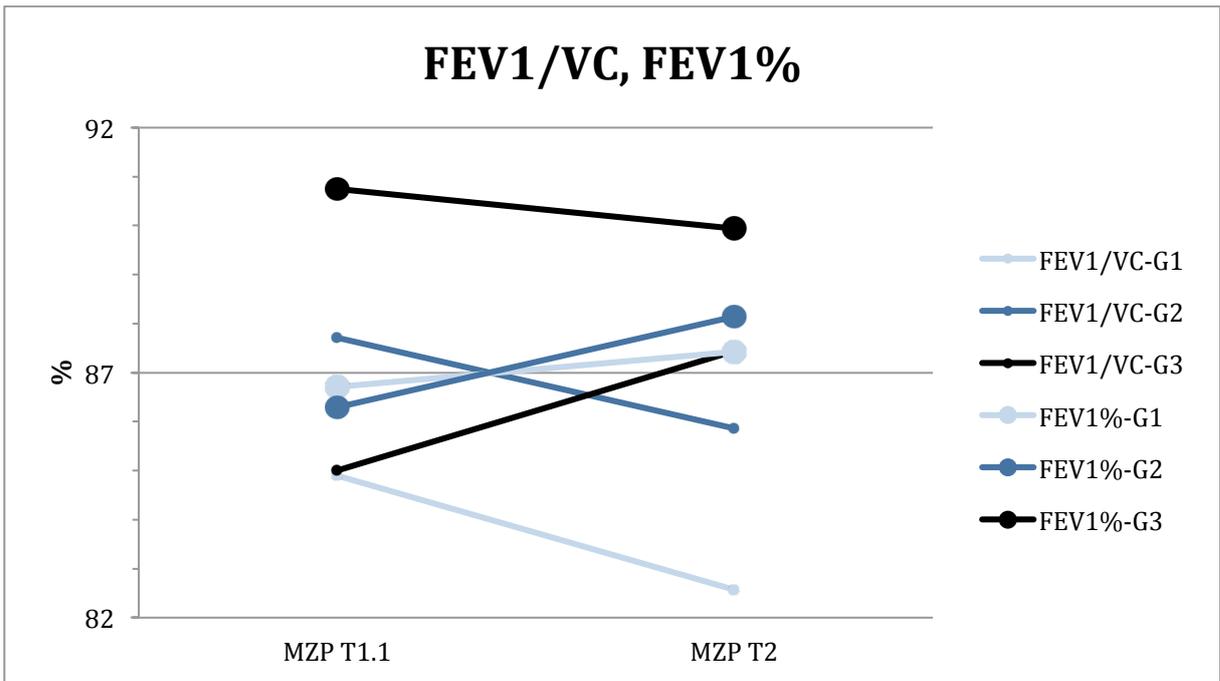


c.)

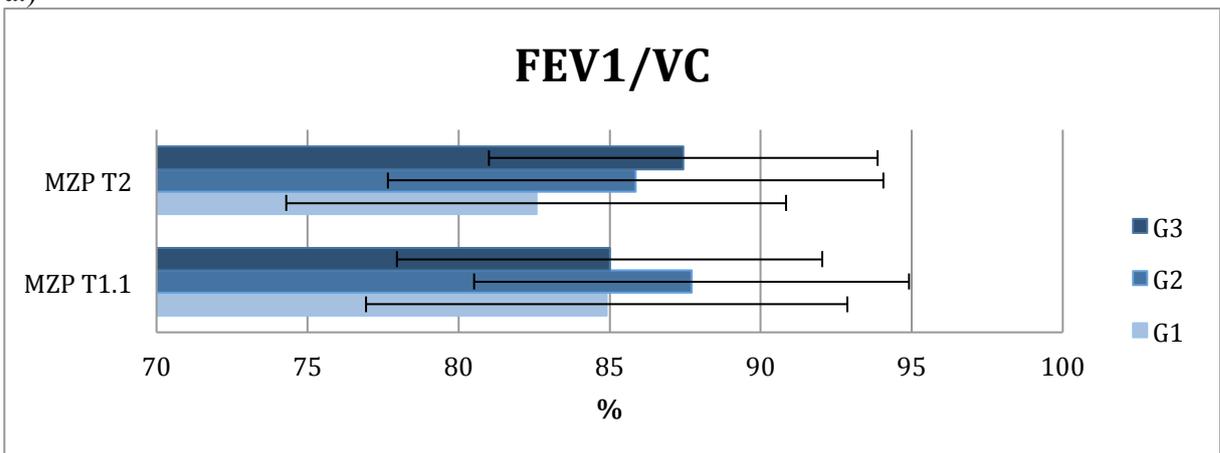


d.)

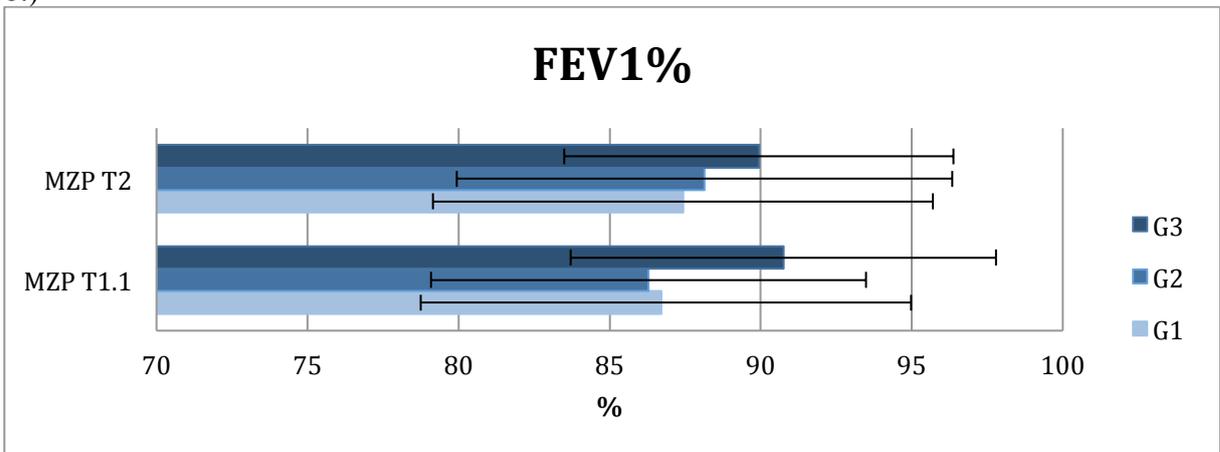
Diagramm 4: a.) Liniendiagramm: Mittelwertentwicklungen der LFP VC, FVC, FEV1 zwischen MZP T1.1 und T2; b.), c.), d.) Säulendiagramme: Mittelwertentwicklungen der LFP VC, FVC, FEV1 mit Standardabweichungen am MZP T1.1 und MZP T2



a.)

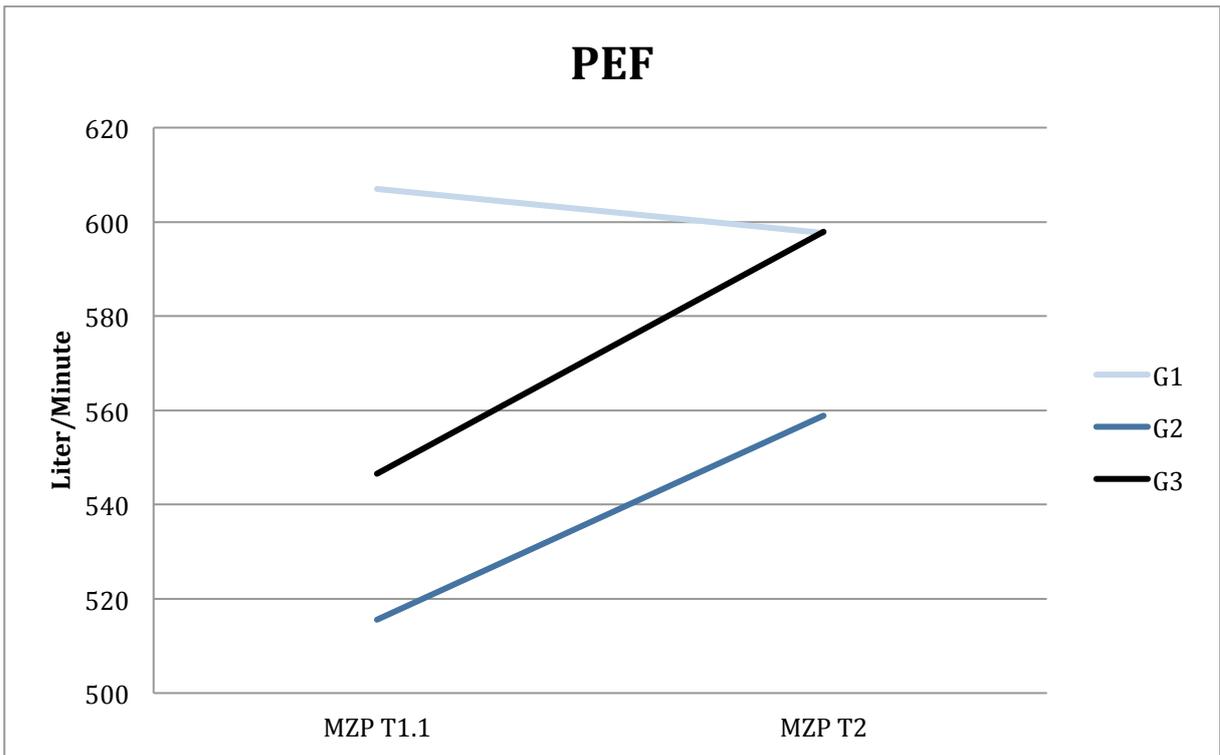


b.)

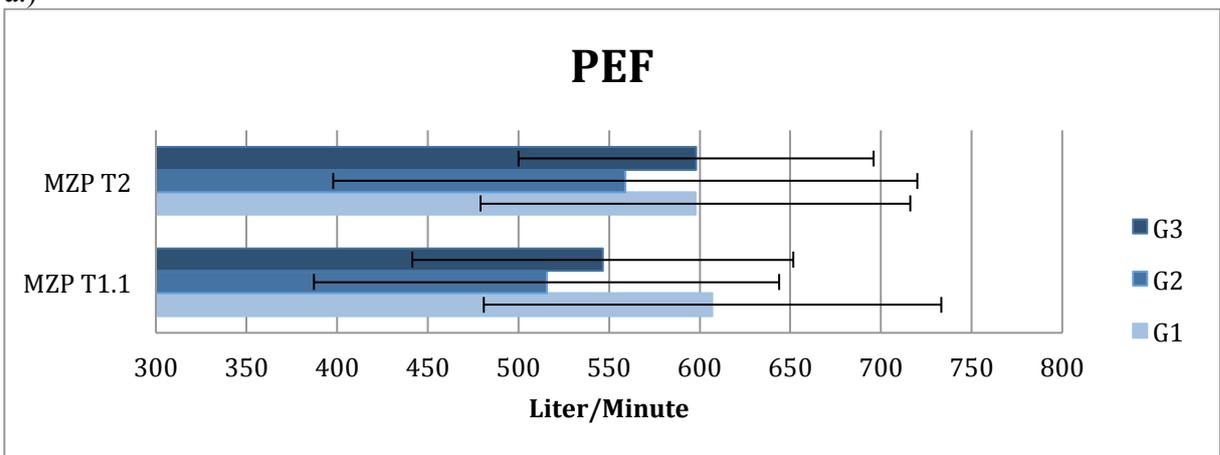


c.)

Diagramm 5: a.) Liniendiagramm: Mittelwertentwicklungen der prozentualen LFP FEV1/VC und FEV1% zwischen MZP T1.1 und T2; b.), c.) Säulendiagramme: Mittelwertentwicklung der prozentualen LFP FEV1/VC und FEV1% mit Standardabweichungen am MZP T1.1 und MZPT2



a.)



b.)

Diagramm 6: a.) Liniendiagramm: Mittelwertentwicklung des LFP PEF zwischen MZP T1.1. und MZP T2; b.) Säulendiagramm: Mittelwertentwicklung des LFP PEF mit Standardabweichungen am MZP T1.1 und MZP T2

Tabelle 10: Übersicht der Signifikanzniveaus G1 vs. G2 vs. G3

	Zeiteffekt (T1.1 zu T2)	Interaktionseffekt (T1.1 zu T2*G1 vs. G2 vs. G3)	Gruppeneffekt (G1 vs. G2 vs. G3)
VC	.845	.405	.172
FVC	.418	.033*	.106
FEV1	.441	.085	.196
FEV1/VC	.607	.099	.508
FEV1%	.547	.550	.348
PEF	.092	.115	.367

V.3.2.4 Erneute Untersuchung eines Späteffektes in Abhängigkeit von der Häufigkeit manueller Therapieanwendung: G0/1 versus G2/3 zwischen T1.1 und T2

In dieser Folgefrage wurde mittels zweifacher MANOVA genauer untersucht, ob sich Unterschiede für die untersuchten LFP zwischen den Gruppen über dem Behandlungszeitraum zeigen, wenn man die Gruppen, die im Hinblick auf die überwiegenden Parameter ähnlich sind, zu jeweils einer Gruppe zusammenfasst. So wurden die Gruppen G0 und G1 mit keiner oder nur einer manueller Therapieanwendung zwischen MZP T1.1 und T2 zu einer Übergruppe G0/1 ($n= 30$). Die Gruppen G2 und G3, mit zwei bis drei Therapieanwendungen während des Untersuchungszeitraums, wurden zu einer Übergruppe G2/3 ($n= 23$).

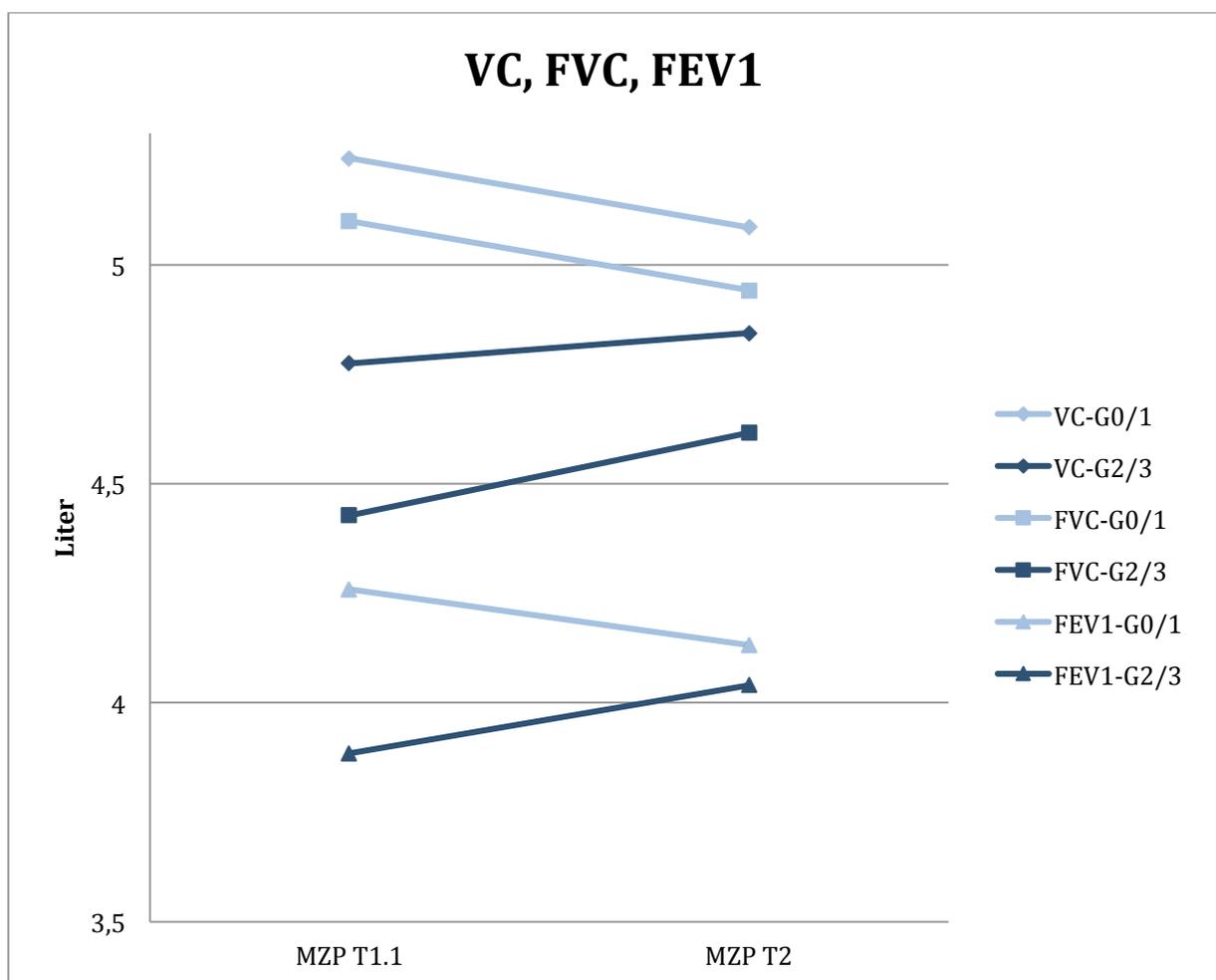
Tabellen 30-35 (s. Anhang) und Diagramme 7-9 zeigen die Ergebnisse dieser Untersuchung. Tabelle 11 zeigt zusammenfassend die Signifikanzniveaus dieser Analyse.

Mittelwertentwicklungen: Die Variablen VC, FVC und FEV1 änderten sich in den Gruppen G0/1 und G2/3 jeweils bei vergleichbaren Entwicklungstendenzen. Es zeigte sich eine deutlich abfallende Tendenz der Mittelwerte in Gruppe G0/1 von rund 130-160 ml. In Gruppe G2/3 hingegen nahmen die Werte in den drei Parametern zu, wobei der Parameter VC mit nur 70ml eine weniger ausgeprägt zunehmende Tendenz hatte als die Parameter FVC mit 190ml und FEV1 mit 160ml. Eine divergente Entwicklung wurde beim Parameter FEV1/VC deutlich. Während die Mittelwerte der Gruppe G0/1 mit 1.53% abnahmen, stiegen sie in Gruppe G2/3 um 1.13% an. Es ergab sich in Gruppe G0/1 hinsichtlich des Parameters FEV1% ein Anstieg der Mittelwerte von .5% im Zeitintervall, wobei sich die Mittelwerte der Gruppe G2/3 nicht veränderten. Eine deutliche Zunahme des Mittelwertes um 48.91L/min konnte für den Parameter PEF in Gruppe G2/3 verzeichnet werden. In Gruppe G0/1 nahm der Mittelwert jedoch mäßig um 11.67L/min ab.

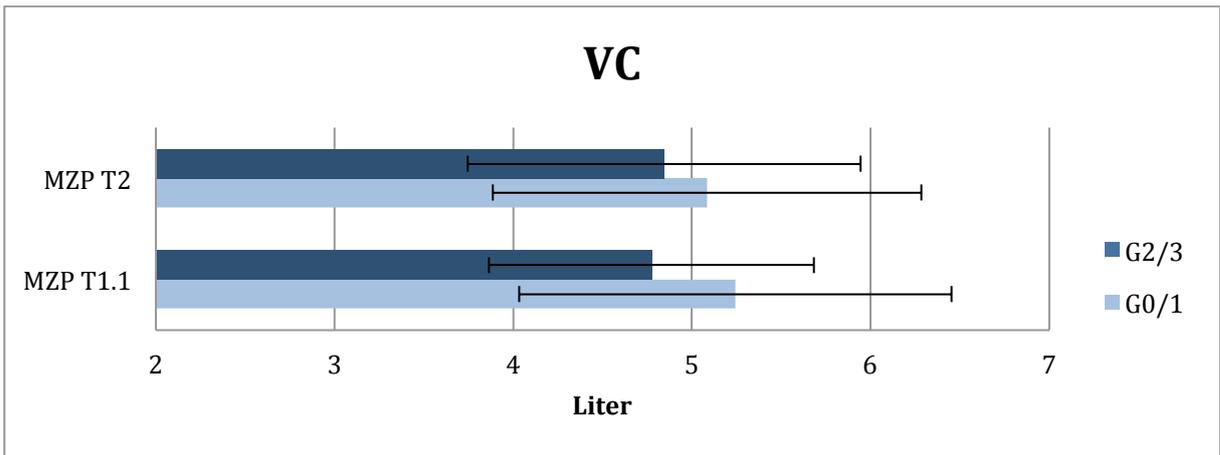
MANOVA Auswertung: Die statistischen Analysen erbrachten in der MANOVA dieser Untersuchung multiple Unterschiede zwischen den Gruppen G0/1 und G2/3, die sich im Zeitverlauf zwischen MZP T1.1 und T2 als signifikant erwiesen. Dies zeigte sich für die Variablen FEV1 ($p= .017$; $\eta^2= .106$) und PEF ($p= .021$; $\eta^2= .1$). Ein sehr signifikantes Ergebnis mit $p< .1\%$ wurde für den Parameter FVC nachgewiesen ($p= .006$; $\eta^2= .14$). Es ist allerdings zu beachten, dass sich für FVC die beiden Gruppen auch unabhängig vom Zeitintervall marginal signifikant (Gruppeneffekt: $p= .091$; $\eta^2= .055$) unterschieden. Ein nur marginaler Interaktionseffekt konnte für VC ($p= .087$; $\eta^2= .056$) aufgezeigt werden.

Unterschiede der Gesamtgruppe zwischen den untersuchten MZP wurden hier nicht deutlich. Ein marginal signifikanter Gruppeneffekt zeigte sich ebenfalls bei FEV1% ($p = .08$, $\eta^2 = .059$).

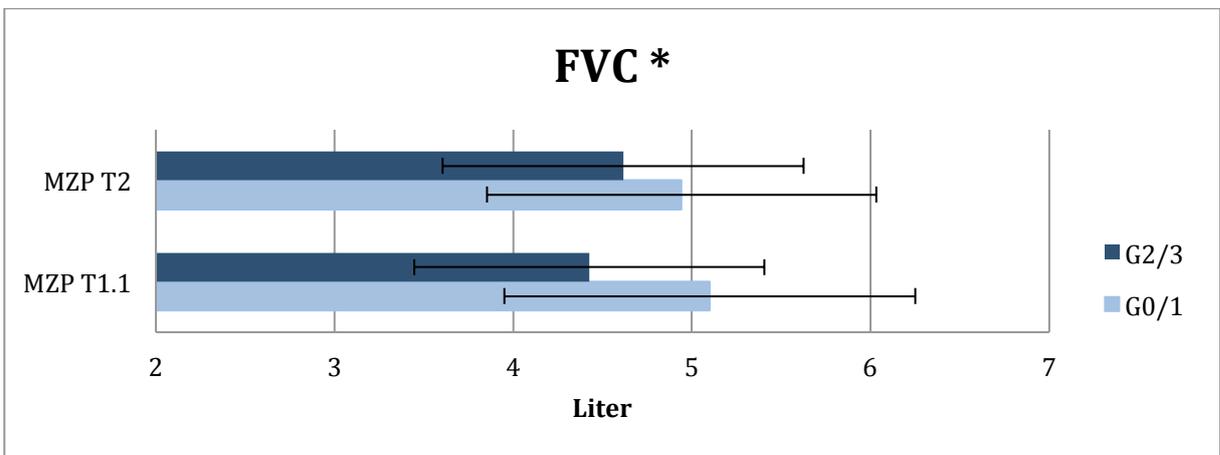
Da sich durch die Übergruppenbildung G0/1 und G2/3 die Zusammensetzung aus den Einzelgruppen G0, G1, G2 und G3 änderte, ergaben sich für die jeweilige Übergruppe andere Mittelwerte an den MZP. Dies führte zu einem veränderten Bild der Mittelwertentwicklung im Profildiagramm und in mehreren Fällen signifikanten Interaktionseffekten. So ergab diese Untersuchung, dass sich die Gruppe G0/1 in ihrer Werteentwicklung der FVC, der FEV1 und dem PEF im Intervall T1.1 zu T2 nicht nur zufallsbedingt von der Gruppe G2/3 unterschied. Die Effektstärken der Signifikanzen nach Cohen erwiesen sich als mittel und groß. Sowohl für FVC als auch für FEV1 und PEF unterschieden sich die beiden Gruppen in der Hinsicht, dass die Probanden mit zwei und drei Behandlungen im Verlauf der Versuchswoche insgesamt systematisch höhere Messwerte für die FVC, FEV1 und den PEF erzielten, während die Probanden mit einer oder weniger als einer Behandlung abnehmende und niedrigere Werte erzielten.



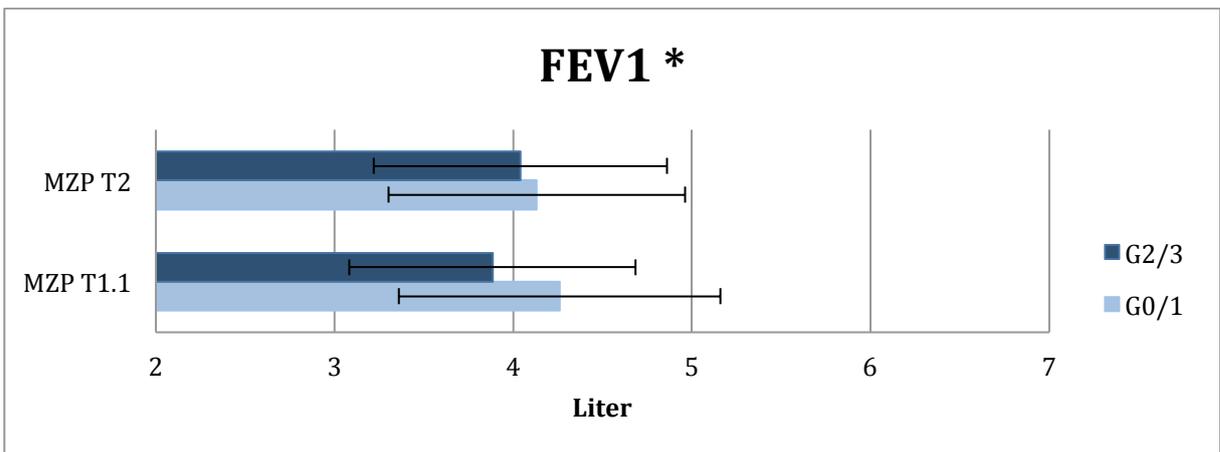
a.)



b.)

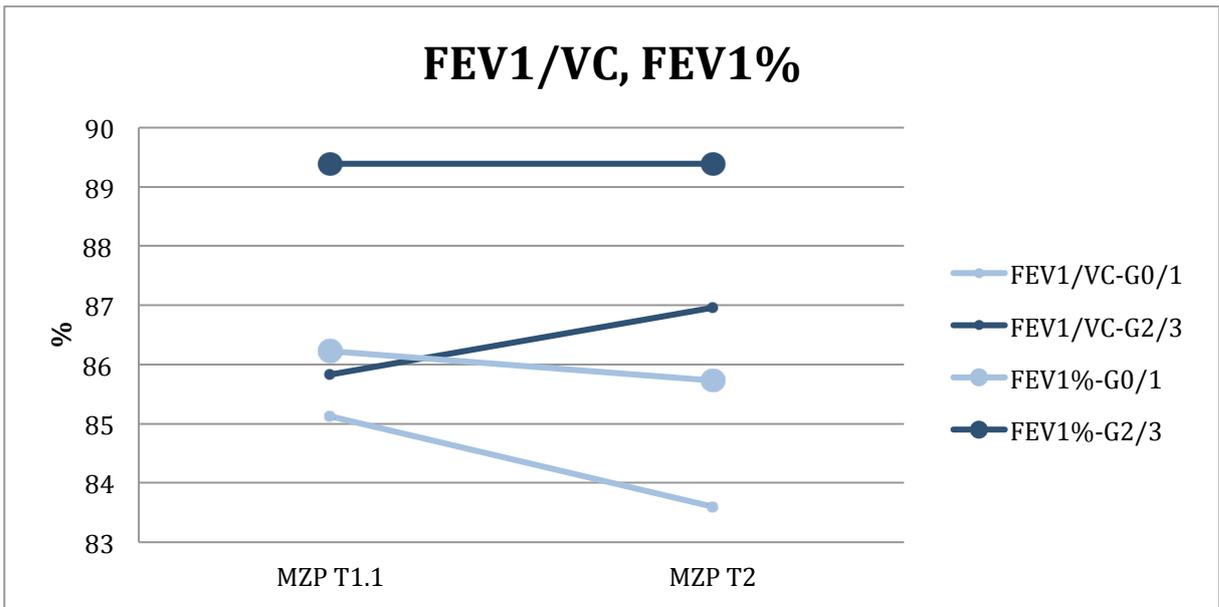


c.)

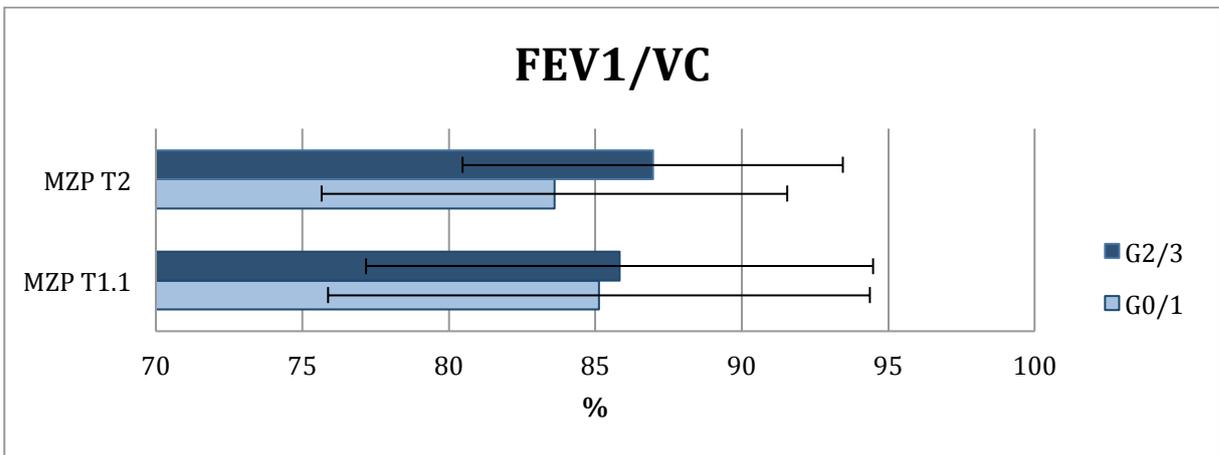


d.)

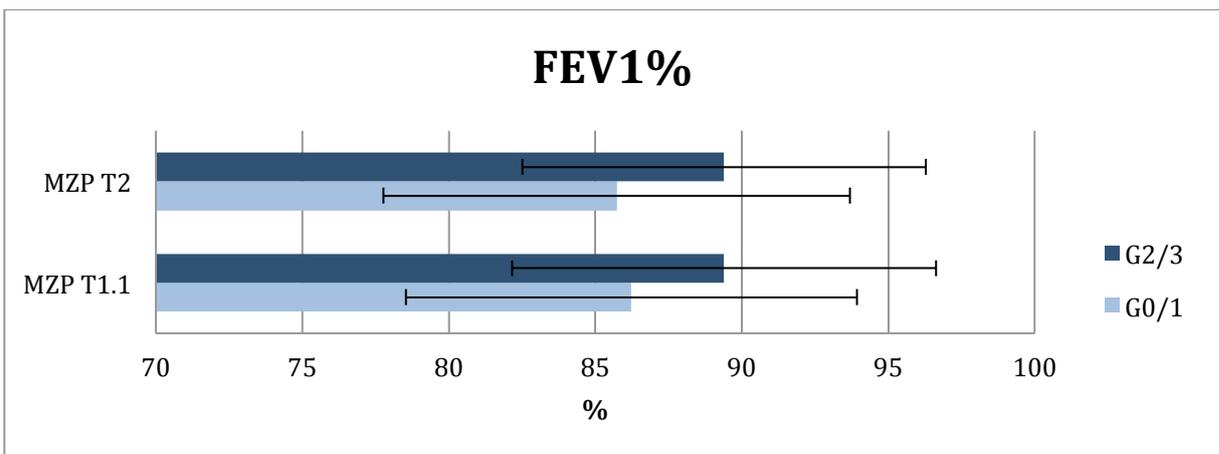
Diagramm 7: a.) Liniendiagramm: Mittelwertentwicklung der LFP VC, FVC, FEV1 zwischen MZP T1.1 und MZP T2; b.), c.), d.) Säulendiagramme: Mittelwertentwicklungen der LFP VC, FVC, FEV1 mit Standardabweichungen am MZP T1.1 und MZP T2



a.)

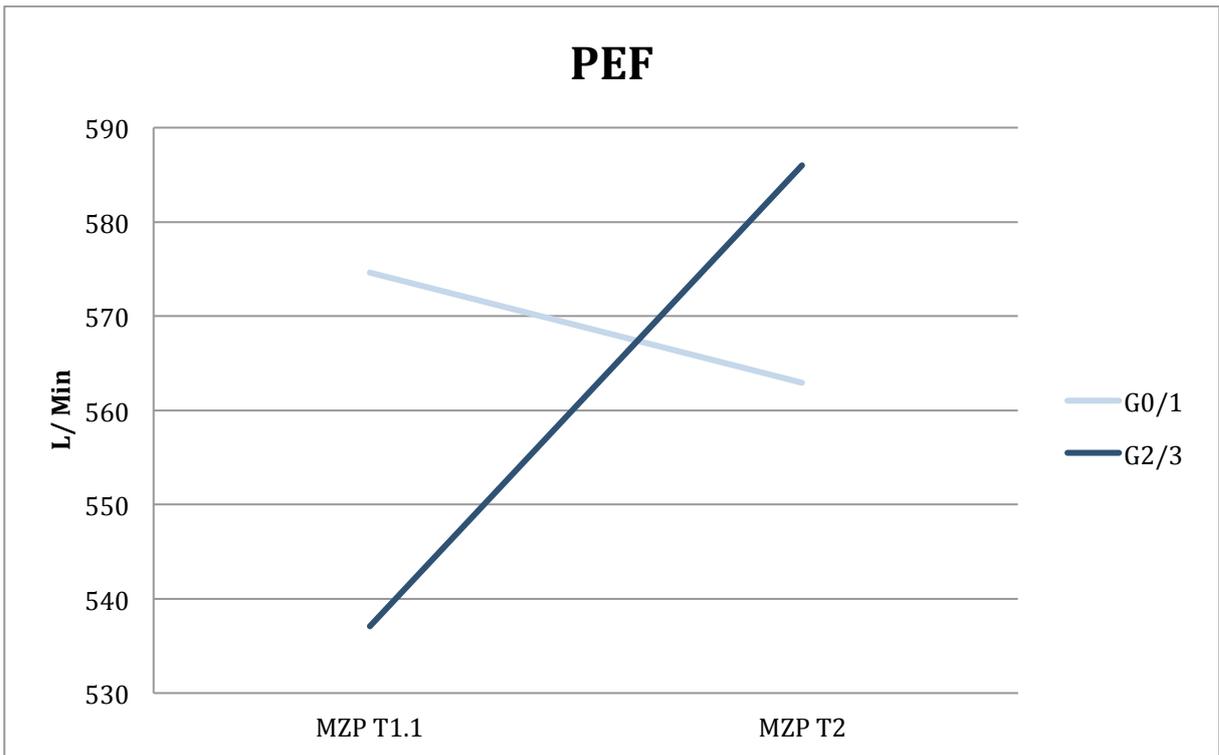


b.)

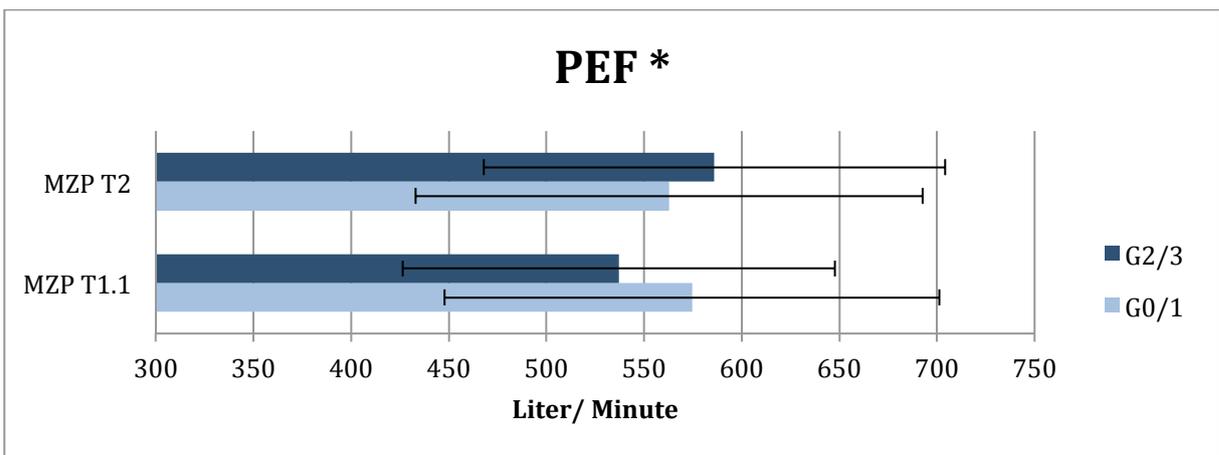


c.)

Diagramm 8: a.) Liniendiagramm: Mittelwertentwicklung der prozentualen LFP FEV1/VC und FEV1% zwischen MZP T1.1 und T2; b.), c.) Säulendiagramme: Mittelwertentwicklung der prozentualen LFP FEV1/VC und FEV1% mit Standardabweichungen an MZP T1.1 und MZP T2



a.)



b.)

Diagramm 9: a.) Liniendiagramm: Mittelwertentwicklung des LFP PEF zwischen MZP T1.1 und MZP T2; b.) Säulendiagramm: Mittelwertentwicklung des LFP PEF mit Standardabweichung am MZP T1.1 und MZP T2

Tabelle 11: Übersicht der Signifikanzniveaus G0/1 vs. G2/3

	Zeiteffekt (T1.1 zu T2)	Interaktionseffekt (T1.1 zu T2*G0/1 vs. G2/3)	Gruppeneffekt G0/1 vs. G2/3
VC	.505	.087	.250
FVC	.749	.006*	.091
FEV1	.806	.017*	.307
FEV1/VC	.829	.157	.335
FEV1%	.765	.765	.080
PEF	.150	.021*	.819

V.4) Zusammenfassung der Ergebnisse

In der vorliegenden Arbeit wurde in einem prospektiven Studiendesign an gesunden Probanden mit nicht symptomatischen Blockierungen der thorakalen WS (Wirbelsäule) untersucht, ob eine manuelle Behandlung in diesem WS Bereich nach einmaliger und nach wiederholter Anwendung zu einer statistisch erfassbaren Veränderung der Lungenfunktionsparameter VC, FVC, FEV1, FEV1/VC, FEV1% und PEF führt. Dies wurde anhand von zwei Hauptfragestellungen untersucht. Dabei waren insbesondere die für die COPD Diagnostik relevanten Lungenfunktionsparameter VC, FEV1 und FEV1/VC (= Tiffeneau Index) von Interesse. Die Ergebnisse der Untersuchung werden im Folgenden zusammengefasst dargestellt:

Untersuchung eines Soforteffektes zwischen Ausgangswert und 30min nach einer Behandlung: G_{Sofort} zwischen T1.1 und T1.2

Die Frage nach einem manualtherapeutischen Soforteffekt auf die Lungenfunktion, der bereits 30min nach der ersten Anwendung erkennbar wird, wurde bei der Gruppe G_s mittels t-Tests zwischen MZP T1.1 und T1.2 untersucht. Es zeigte sich keine signifikante Änderung der LFP vom Ausgangsmesspunkt.

Untersuchung eines Späteffektes im Zeitraum einer Woche: Zwischen T1.1 und T2

In den sich anschließenden Analysen wurde die Frage eines möglicherweise erst nach Abschluss Versuchswoche (MZP T2) erkennbaren Späteffektes untersucht.

Untersuchung eines Späteffektes nach einmaliger Behandlung am Eingangstermin: G_1 versus G_0 zwischen T1.1 und T2

Wurden nur diejenigen Probanden, die am Eingangstermin (MZP T1) eine manuelle Therapie (G_1) erhielten, zusammen mit der Kontrollgruppe G_0 in einer MANOVA untersucht und deren Ausgangswerte mit denen des Abschlusstermins (MZP T2) verglichen, so konnten in dieser Analyse die LFP Änderungen nicht als signifikant erwiesen werden.

Untersuchung eines Späteffektes bei ein bis drei Therapieanwendungen: $G_{1/2/3}$ versus G_0 zwischen T1.1 und T2

In dieser Analyse wurden die LFP der Übergruppe $G_{1/2/3}$, also aller Probanden mit einer bis drei Behandlungen, zwischen MZP T1.1 und T2 untersucht und der Kontrollgruppe gegenübergestellt. Auch hierbei konnten keine signifikanten Interaktionseffekte auf dem 5%-Niveau aufgewiesen werden.

Zusammenfassend lieferten die Ergebnisse der MANOVA Untersuchungen der Gruppe G1 im Zeitintervall T1.2-T2 und die der Übergruppe G1/2/3 im selben Zeitintervall weder signifikante Interaktions- noch Zeiteffekte und damit keine gesicherten Argumente dafür, dass die Änderungen der LFP zwischen MZP T1.1 und T2 in den Behandlungsgruppen nicht nur zufallsbedingt auftraten. Die marginal signifikanten Unterschiede der Versuchsgruppe im Vergleich zur Kontrollgruppe über dem Zeitintervall für Parameter FEV1% lassen einen Behandlungseffekt vermuten, der in dieser Studie nicht erfasst werden konnte.

Untersuchung Späteeffektes in Abhängigkeit von der Häufigkeit manueller Therapieanwendungen: G1 versus G2 versus G3 zwischen T1.1 und T2

Mittels einer erneuten MANOVA wurden die Behandlungsgruppen in Einzelgruppen differenziert untersucht. So wurden die Entwicklungsverläufe der Gruppe G1, G2 und G3 zwischen den MZP T1.1 und T2 einander gegenüber gestellt und auf Unterschiede hin untersucht.

Dabei konnte für die Variable FVC ein signifikanter Unterschied zwischen den drei Behandlungsgruppen im Zeitintervall T1.1 und T2 festgestellt werden ($p = .033$; $\eta^2 = .153$).

Erneute Untersuchung eines Späteeffektes in Abhängigkeit von der Häufigkeit manueller Therapieanwendung: G0/G1 versus G2/G3 zwischen T1.1 und T2

Bei unterschiedlichen Entwicklungsverläufen in den einzelnen Versuchsgruppen und unausgeglichener Stichprobengröße wurde in der Folgefrage untersucht, ob sich systematische Unterschiede zwischen den Gruppen aufdecken ließen, wenn Gruppen, die in den überwiegenden Parametern ähnliche Entwicklungsverläufe zeigten, zu jeweils einer Gruppe zusammengefasst wurden: **G0/G1** und **G2/G3**. Dazu wurde erneut das Zeitintervall zwischen MZP T1.1 und T2 betrachtet.

Signifikante Interaktionseffekte zeigten sich für die Variablen FEV1 ($p = .017$; $\eta^2 = .106$), PEF ($p = .021$; $\eta^2 = .1$) und FVC ($p = .006$; $\eta^2 = .14$).

VI.) Diskussion

VI.1) Diskussion der Methodik

VI.1.1) Studienaufbau

Der Versuchsaufbau sah vier Gruppen vor, die hinsichtlich der Häufigkeit jeweils unterschiedlichen Behandlungsmustern folgten. Für die Untersuchungsabstände zwischen MZP T1.1 und T2 wurde in allen Gruppen ein Abstand von 7 Tagen angesetzt. In sechs Fällen lag dieser zwischen MZP T1 und T2 bei < 5 Tagen und in dreien > 9 Tagen. Die Versuchsprobanden der Übergruppe Gs erhielten 30min nach der ersten Behandlung die Untersuchung MZP T1.2 (Noll u. a. 2008; Noll u. a. 2009). Hier ergab sich dementsprechend keine Variabilität des Messabstandes.

Die Einhaltung der angestrebten Richtlinien von Behandlungsabständen gestaltete sich aufgrund von individueller Probandenverfügbarkeit schwierig. Sie wurden in 11 Fällen überschritten. Dennoch wurde anhand der in [Kap. IV.1](#) beschriebenen Kriterien zur Regulierung des Zeitabstandes versucht die Variabilität der Behandlungs- und Messzeitpunkte zu reduzieren. Allerdings wurde, wie auch im Aufbau anderer Studien (G Bronfort u. a. 2001; J. Balon u. a. 1998; Nielsen u. a. 1995), eine gewisse Variabilität von Behandlungs- und Messzeitpunkten in diesem Versuchsaufbau, abgesehen von dem der Gruppe Gs, toleriert. Möglicherweise könnte dies aber ein Grund für die im Ergebnis vorliegenden teils hohen Standardabweichungen innerhalb der Probandengruppen sein. Dafür spräche, dass die Messwerte der Kontrollgruppe oftmals eine geringere Standardabweichung aufwiesen als die der Versuchsgruppe.

Zudem könnte aufgrund der mehrfachen Spirometrie-Messungen in allen Probandengruppen ein Übungseffekt bei der Versuchsdurchführung hinsichtlich Vertrautheit mit dem Spirometrie-Gerät und dem Messvorgang aufgetreten sein. Außerdem sollte das Vorliegen eines Trainingseffekts der Atemmuskulatur in Betracht gezogen werden (vgl. Moodie, Reeve, und Elkins 2011; McLaughlin, Goldsmith, und Coleman 2011; Ram, Wellington, und Barnes 2003; Sivakumar u. a. 2011; Dekhuijzen, Folgering, und van Herwaarden 1991).

VI.1.2) Randomisierung und Stichprobe

Die Randomisierung wurde per Losverfahren durchgeführt. Dies ermöglichte die Randomisierung einer relativ kleinen Probanden-Stichprobe pro Gruppe.

Insgesamt wurden viele sportlich sehr aktive Probanden rekrutiert. Deshalb könnte vermutet werden, dass die Stichprobe einen Durchschnitt der Normalbevölkerung nur annähernd repräsentiert. Jedoch scheinen die Gruppen hinsichtlich sportlicher Aktivität in

Trainingseinheit pro Woche bei einem Mittelwert von **2.78** der Gesamtstichprobe relativ ausgeglichen, auch wenn die Spannbreite sportlicher Aktivität variierend von **0x** bis **7x** Sporteinheiten/Woche groß war.

Die kleinen Einzelgruppen bei großen Streuungsmaßen der Gesamtgruppe können die oft auseinanderliegenden Ausgangsmittelwerte der Gruppenanalysen mit erklären.

Zudem ist zu bedenken, dass die Power der Studie bei kleinen Stichprobengrößen mit $n < 20$ in einem Maße beeinträchtigt sein könnte, dass ein möglicherweise existierender Effekt der manuellen Therapie mit dem gesetzten 5%-Signifikanzniveau nicht nachgewiesen wurden (Stevens 2002, 6).

VI.1.3) Befunderhebung und Behandlungsanwendung

Ziel war es bei Diagnose und manualtherapeutischer Behandlung der segmentalen Dysfunktionen im BWS Bereich möglichst gleiche Bedingungen zu schaffen. Aus diesem Grund waren nur erfahrene Physiotherapeuten mit ähnlichem Ausbildungshintergrund in die Studie beteiligt (s. Kapitel IV.3.2.2). Zudem wurden bewusst vier Physiotherapeuten gewählt und nach festgelegten Diagnose- und Behandlungs-Kriterien (Kap IV.3.2.2.a) vorgegangen, um einen Subjektivitätsfaktor bei Untersuchung- und Behandlung zu verringern. Es ist ein durchaus übliches Verfahren manualtherapeutische Behandlungen durch mehr als einen Physiotherapeuten durchführen zu lassen (vgl. Noll u. a. 2009; R. M. Engel und Vemulpad 2007; Guiney u. a. 2005; J. Balon u. a. 1998; Nielsen u. a. 1995). Jedoch wird in der Studie von King u.a. 2007 schon eine geringe Spezifität der manualtherapeutischen Diagnose durch einen Therapeuten im Bereich der zervikalen Wirbelsäule belegt (vgl. King u. a. 2007; Jull, Bogduk, und Marsland 1988). Letztlich könnte dies zu einem Unterschied im Treatmenterfolg geführt zu haben, da die Leistungsbereitschaft der Probanden zur Lungenfunktionsmessung beeinträchtigt haben.

Zudem wurde in der vorliegenden Studie nicht berücksichtigt welche der gesunden Probanden zwar am ersten Untersuchungstermin nicht aber im Behandlungsverlauf symptomfreie segmentale Dysfunktionen der BWS aufwiesen und somit keine Anwendung mit Manipulationstechnik mehr erhielten. In Folgestudien könnte möglicherweise ein Indiz für einen kausalen Zusammenhang von Lungenfunktionsänderung und segmentaler Dysfunktion der BWS gefunden werden, wenn die Lungenfunktionsentwicklung von Probanden mit kompletter Aufhebung, von denen, bei denen die segmentalen Dysfunktionen nach manipulativer Therapie weiterbestehen, differenziert werden.

VI.1.4) Datenerhebung

Zu Beginn jedes Untersuchungstermins (T1 und T2) wurde der Proband angehalten 3min auf einem Fahrradergometer zu fahren (s. **Kapitel IV**). Dies geschah um mögliche Unterschiede der pulmonalen Funktion aufgrund von Differenzen der körperlichen Beanspruchung vor der Untersuchung zu mindern. Wie in der Studie von Engel und Vemulpad 2007 nahegelegt wird, kann jedoch physische Aktivität vor der Untersuchung auch zu einer Verminderung bestimmter LFP führen (R. M. Engel und Vemulpad 2007). Der Versuch vergleichbarere Untersuchungsbedingungen zu schaffen, könnte daher durch eine Beeinträchtigung der Lungenfunktion des gesamten Probandenpools erreicht worden sein.

Das verwendete Hand-Spirometer **Vitalograph® 2120** war, wie in **Kap. IV** beschrieben, ein in den Betriebsablauf des Institutes für Sport- und Bewegungsmedizin der Universität Hamburg integriertes Gerät, das regelmäßigen Eichungen und Wartungen durch geschultes Personal unterzogen wurde. Im Verlauf der Studie fielen Messschwankungen auf, die wahrscheinlich durch die stärkere funktionale Beanspruchung des Gerätes im Rahmen der Studie zu erklären waren. Dieses Problem konnte durch eine Anpassung der Eichungsabstände behoben werden. Allerdings sollte beachtet werden, dass schon gemäß Betriebsanleitung mit geringen Unterschieden in den Messgenauigkeiten des Spirometers gerechnet werden muss (vgl. **Kapitel IV.4.21**: (...) besser als $\pm 3\%$ oder $\pm 0,05$ Liter Volumen (richtet sich nach dem jeweils größeren Wert) und $\pm 5\%$ Fluss (Einatmung: $\pm 5\%$ Volumen, $\pm 8\%$ Fluss)).

Obgleich die spirometrische Lungenfunktionsmessung eine objektivierbare Messmethode darstellt, ist das Messergebnis von der Mitarbeit des jeweiligen Probanden abhängig. Die Messergebnisse sind daher abhängig von einer geglückten Motivationsarbeit. Auch wenn bei der Studiendurchführung explizit darauf geachtet wurde, die Probanden gut anzuleiten und zu Höchstleistungen zu motivieren, können motivationale Unterschiede nicht ausgeschlossen werden. (vgl. GOLD - the Global initiative for chronic Obstructive Lung Disease 2009; Miller, Crapo, u. a. 2005; Miller, Hankinson, u. a. 2005).

Insbesondere, um motivationale Schwankungen bei den spirometrischen Messungen gering zu halten, wurden jeweils zwei Versuchszyklen durchgeführt. Zur statistischen Analyse wurden die maximalen Werte der jeweiligen Messung berücksichtigt. Dies beruht auf der Überlegung, dass die Ergebnisse bei maximalem Engagement lungengesunder Probanden die tatsächlichen Lungenvolumina realistischer widerspiegeln. So wird im GOLD Report 2009 empfohlen von drei aussagekräftigen Messungen, diejenigen mit den höchsten Werten von FVC und FEV1

zu wählen (Miller, Hankinson, u. a. 2005; GOLD - the Global initiative for chronic Obstructive Lung Disease 2009). Ein solches Vorgehen wurde beispielsweise in der Studie von Guiney u.a. (2005) berücksichtigt (Guiney u. a. 2005).

VI.1.5) Statistische Auswertung

Bei der statistischen Auswertung ist zu beachten, dass es durch die Prüfung mehrerer abhängiger Variablen innerhalb derselben Stichprobe zu einer Alpha-Fehler Kumulierung kommen kann: Dabei wird angenommen, dass sich die Wirkung der untersuchten manuellen Behandlung in unterschiedlicher Weise auf die untersuchten Merkmale (LFP) der Lungenfunktion auswirkt. Durch mehrfache Tests innerhalb der gleichen Stichprobe würde dann derselbe Wirkungsmechanismus durch Veränderungen der einzelnen abhängigen Variablen festgestellt, d.h. es besteht eine höhere Wahrscheinlichkeit, dass eine zutreffende Nullhypothese abgelehnt wird (Leonhart 2004). Dies birgt die Gefahr denselben Wirkungsmechanismus als verschieden zu interpretieren. Mittels MANOVA wird diesem Phänomen entgegengewirkt, indem die Wirkung der gleichen unabhängigen Variablen auf mehrere abhängige Variablen gleichzeitig untersucht wird. Jedoch muss auch bei Anwendung einer MANOVA die Möglichkeit einer vorliegenden Alpha-Fehler Kumulierung mit bedacht werden. Eine Alpha-Fehleradjustierung wird nicht benötigt, wenn jede einzelne Hypothese einzeln und in diesem Sinne dafür spezifisch begründbar ist (Leonhart 2004).

VI.2) Diskussion der Ergebnisse

In der vorliegenden Studie wurden zwei Teilbetrachtungen manueller Therapie der BWS und möglicher damit in Verbindung stehender Veränderungen der Lungenfunktion bei symptomfreien Probanden vollzogen.

VI.2.1) Soforteffekt 30min nach einer Behandlung

Mittels der vorliegenden Studienergebnisse konnte kein Hinweis auf einen Soforteffekt einer manuellen Therapie nach 30min gefunden werden.

Änderungen der sechs untersuchten Lungenfunktionswerte traten 30min nach der ersten manuellen Behandlungsanwendung (Gs) verglichen mit deren Ausgangswerten nur zufallsbedingt auf. Zu einem ähnlichen Resultat kam auch die Studie von Noll u.a. 2008, in der Veränderungen der Lungenfunktion bei COPD Erkrankten über 65 Jahren mit einmaliger osteopathisch manipulativer Therapiebehandlung innerhalb von 30min untersucht wurden. Eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse ist jedoch dadurch erschwert, dass in der Noll-Studie einerseits COPD erkrankte Probanden und nicht gesunde untersucht, andererseits mehrere

verschiedene osteopathisch manipulative Techniken angewendet wurden³. Allerdings wurden unter anderem Techniken wie die *Soft Tissue Technique* oder die *Thoracic Inlet Myofascial Release Technique* verwendet, die die Studie für einen Vergleich wiederum interessant machen. Hinsichtlich der entsprechenden Parameter FVC, FEV1 und FEV1% (FEV1/FVC) wurde ebenfalls zwischen Treatment- und Vergleichsgruppe kein signifikanter Niveauunterschied der Messwerte festgestellt. Die Studienergebnisse unterschieden sich jedoch in der LFP Mittelwertentwicklung. Bei Noll u. a. 2008 wurden für FVC und FEV1 abnehmende Lungenfunktionswerte festgestellt und für FEV1% zunehmende, während sich in der hier vorliegenden Studie ein umgekehrtes Bild zeigte. Unter Berücksichtigung der Untersuchungsergebnisse anderer LFP wie beispielsweise des Residualen Volumens (RV) wird insgesamt der Schluss nahe gelegt, dass sich die in der Noll Studie angewandten osteopathisch manipulativen Techniken ungünstig auf den Lufteinschluss COPD Erkrankten auswirken und sich jene Techniken zukünftig als kontraindiziert erweisen könnten (Noll u. a. 2008). Da die Analysen der vorliegenden Studie keinen signifikanten Soforteffekt 30min nach Erstbehandlung nachweisen konnte, konnte das Ergebnis der Noll Studie (2008) weder bestätigt noch widerlegt werden. Jedoch zeigen die Mittelwertentwicklung der Einzelparameter VC, FVC und FEV1 eine erkennbare Volumenzunahme zwischen den MZP (VC: AM= **-.042**, S= **.27**; FVC: AM= **-.086**, S= **.321**; FEV1: AM= **-.05**, S= **.263**). Zwar könnte die Verminderung von FEV1/VC und FEV1% im Vergleich zum Ausgangswert (FEV1/VC: AM= **.698**, S= **6.847**; FEV1%: AM= **.372**, S= **5.585**) auch hier als Zeichen einer Obstruktionsvergrößerung der Atemwege verstanden werden. Jedoch wäre denkbar, dass dies allein darauf zurückzuführen ist, dass die Änderung der Volumenverhältnisse 30min nach der ersten Behandlung durch die tendenziell stärker positive Entwicklung von VC und FVC im Verhältnis zu FEV1 bewirkt wurde. In diesem Sinn hätte die günstige Entwicklung von VC und FVC die Verminderung der Obstruktionsparameter FEV1/VC und FEV1% bewirkt.

Für das Vorliegen einer Obstruktion bei erniedrigter FEV1/VC und FEV1% würde im Gegensatz dazu eher eine stärkere Verminderung von FEV1 im Vergleich zu VC und FVC sprechen. Zwar wird eine Atemwegsobstruktion durch Messungen von FEV1/FVC < .70 (nach Benutzung eines Bronchodilatators) definiert, jedoch nehmen im Fall von COPD üblicherweise sowohl FEV1 als auch FVC ab (vgl. GOLD - the Global initiative for chronic

³ Osteopathisch manipulative Techniken, die bei Noll u.a. (2008) verwendet wurden, waren Soft Tissue, Rib Raising, „Redoming“ the Abdominal Diaphragm (Indirect Myofascial Release), Suboccipital Decompression, Thoracic Inlet Myofascial Release, Pectoral Traction, Thoracic Lymphatic Pump With Activation (Noll u. a. 2008)

Obstructive Lung Disease 2009). Eine neuere Studie von Noll u.a. 2009 untersuchte ebenfalls einen Soforteffekt auf die Lungenfunktion nach 30min, indem bei COPD Patienten nur vier verschiedene osteopathisch manipulative Techniken in getrennten Zyklen angewandt und deren Wirkung differenziert miteinander verglichen wurden. Hierbei zeigte sich hinsichtlich der *Rib Raising Technique* wie in der vorliegenden Studie eine nicht signifikante Erhöhung in den drei vergleichbaren Parametern FVC, FEV1 und zudem FEV1% (FEV1/FVC). Bei der *Myofascial Release Technique* wurde jedoch eine Verminderung aller drei Parameter aufgezeigt, wobei der Unterschied zwischen Ausgangs- und Nachbehandlungswert für FEV1 mit $p = .030$ signifikant war. (Noll u. a. 2009) Eine manualtherapeutische *Weichteiltechnik* wiederum in Kombination mit einer *Manipulation* von Rippen und WS im unteren zervikalen sowie oberen und mittleren thorakalen Bereich führte nach den Ergebnisse der Studie von Engel & S. Vemulpad (2007) zu einer signifikanten Zunahme von FVC und FEV1. Dabei wurde die Lungenfunktion an gesunden Probanden eine Minute vor und eine Minute nach der Behandlung sechsmal im Zeitraum von vier Wochen untersucht. (R. M. Engel und Vemulpad 2007) Unter Anwendung manueller Techniken an gesunden Probanden, vergleichbar mit denen der vorliegenden Studie, scheinen hier ähnlichere Ergebnisse zu resultieren. Insbesondere das marginal signifikante Ergebnis von FVC könnte in diesem Zusammenhang ein Hinweis auf einen zwar vorliegenden, aber mittels dieser Studie nicht nachgewiesenen Behandlungseffekt sein.

Eine Abnahme zeigte sich für den LFP PEF. Auch diese erwies sich zwar als nicht signifikant, steht aber im Widerspruch zur dem signifikanten Ergebnis der Studie von Guiney 2005, in der PEF nach osteopathisch manipulativer Therapie in einer mit Asthma erkrankten Kinderpopulation in der Treatmentgruppe verglichen mit der Placebo-Gruppe anstieg. (Guiney u. a. 2005)

Insgesamt wird zum einen deutlich wie wichtig es sein kann die angewandten manuellen Techniken differenziert auf ihre Wirkung hin zu betrachten und nicht unter dem Überbegriff der manuellen Therapie verschwinden zu lassen. Zum anderen ergibt sich ein Hinweis, dass ein Studienvergleich mit Ergebnissen gesunder Probanden und an Asthma oder COPD erkrankten Probanden irreführend sein könnte. Es wäre nämlich denkbar, dass eine manuelle Therapie bei lungenkranken Probanden auf bestimmte, im Zusammenhang mit der jeweiligen Pathogenese relevante thorakale Funktionsstrukturen einen größeren Einfluss nimmt als bei gesunden Probanden.

VI.2.2) Späteffekt im Zeitraum einer Woche

Die Ergebnisse der vorliegenden Studie sprechen gegen die Vermutung, dass eine alleinige Behandlung am Anfang der Woche (G1) oder eine Behandlungsserie von ein, zwei oder drei Behandlungen (G1/2/3) im Verlauf einer Woche zu einem signifikanten Unterschied der Lungenfunktion führt. Die Zusammenfassung der Einzelgruppen in Übergruppen erbrachte allerdings Hinweise, dass ein Behandlungseffekt erst nach mehr als einer Therapie einsetzen könnte.

Die Erforschung eines Späteffektes von manueller Therapie fand bislang in klinischen Studien vor allem im Zusammenhang mit Asthma Patienten (Dougherty u. a. 2011; G Bronfort u. a. 2001; J. Balon u. a. 1998; Nielsen u. a. 1995), insgesamt aber nur wenig Resonanz. Zudem wurde die Wirkung manueller Therapie mit unterschiedlichen Frequenzmustern bisher wenig untersucht. In einer Studie von Balon u.a. 1998 wurden zwar Behandlungs- und Placebo-Gruppe mit unterschiedlichen manualtherapeutischen Behandlungsfrequenzmustern über den Untersuchungszeitraum von zwei und vier Monaten untersucht und mit dem Ausgangswert verglichen, nicht aber Gruppen mit konstant unterschiedlicher Behandlungsfrequenz über den Gesamtzeitraum (z.B. J. Balon u. a. 1998). Die Ergebnisse der vorliegenden Studie deuten auf Unterschiede der Lungenfunktion zwischen Gruppen verschiedener Behandlungsfrequenzmuster hin. Auffällig ist dabei, dass die Probanden mit nur einer Behandlung (G1) eine ähnlich abnehmende Tendenzentwicklung der Mittelwerte der nicht prozentualen LFP (VC, FVC, FEV1 PEF) aufwiesen wie die Vergleichsgruppe (G0) mit lediglich Spirometrie-Messungen. Bei der Probanden-Differenzierung gemäß ihrer Behandlungsfrequenz (G1,G2,G3) fiel dann auf, dass die Probanden mit zwei Behandlungen (G2) im Verlauf der Woche bei den nicht prozentualen LFP eine insgesamt ähnlich positive Tendenzentwicklung der Mittelwerte zeigte wie die Probanden mit drei Behandlungen (G3). Die Probanden mit mehr als einer Behandlung (G2 und G3) erzielten demnach nach der Beobachtungswoche für die nicht prozentualen LFP im Vergleich zum Ausgangswert höhere Werte, während Probanden, die bis zu einer Behandlung (G0 und G1) erhielten, bei den gleichen LFP im Vergleich zum Ausgangswert niedrigere Werte erreichen. Zur Erörterung, warum sich die prozentualen Parameter FEV1/VC und FEV1% nicht nach diesem Muster verhalten, soll auf das [Kapitel VI.2.1](#) verwiesen werden.

Entsprechend erzielten die Probanden mit zwei und drei Behandlungen (G2/3) im Unterschied zu Probanden mit keiner oder einer Behandlung (G0/1), jeweils zu einer Übergruppe zusammengefasst, in allen untersuchten LFP erhöhte oder gleichbleibende (FEV1%) und in

den drei LFP FVC ($p = .006$), FEV1 ($p = .017$) und PEF ($p = .021$) signifikant erhöhte Messwerte nach dem Wochenzeitraum. Sogar der prozentuale LFP FEV1/FVC zeigte eine vorteilhafte Entwicklung. Die Werte der Probanden mit keiner oder einer Behandlung verminderten sich dagegen in jenen LFP. Dies könnte darauf hinweisen, dass bei nicht symptomatischen Probanden erhöhte Lungenfunktionswerte hinsichtlich der FVC, FEV1 und PEF durch mehr als eine manuelle Behandlung pro Woche bewirkt werden könnten, während nur eine Behandlungsanwendung oder eine mehrfache Spirometrie-Messung allein zu einer Verminderung der Ausgangswerte führte.

Da es sich bei der Spirometrie um ein Messverfahren handelt deren Ergebnisse von Motivation und Einsatz des Probanden abhängen, ist denkbar, dass die höhere Frequenz manueller Behandlungen eine größere Motivation und Leistungsbereitschaft bewirkt, die bei keiner und selbst bei einer Behandlung noch nicht zum Tragen kommt.

Daneben könnte erst eine höhere Behandlungsfrequenz von zwei oder drei Behandlungen zu einer mittels Spirometrie messbaren Änderung der Thoraxphysiologie und Atmungsfunktion führen. Eine Vergrößerung der genannten LFP bei erhöhter Behandlungsfrequenz könnte die Überlegung bestätigen, dass manuelle Techniken in Form von *Weichteiltechnik* und *spinaler Manipulation* einerseits zur Verbesserung des costo-vertebralen Gelenkspiels führt, andererseits dem erhöhten Tonus der Thoraxmuskulatur entgegenwirkt, wodurch die Thoraxmobilität insgesamt verbessert würde (R. Engel und Vemulpad 2011). Erwartungsgemäß würde eine verbesserte Thoraxmobilität so zu einer erhöhten VC, FVC, FEV1 und PEF führen. In diese Richtung weist beispielsweise auch die Studie von Engel & S. Vemulpad 2007, in der aufgezeigt werden konnte, dass bei symptomfreien Probanden eine manualtherapeutische *Weichteiltechnik* und *Rippenmanipulation*, durch die eine erhöhte thorakale Gelenkmobilität angestrebt wurde, zu einer signifikant verbesserten Lungenfunktion (FVC und FEV1) nach einer Minute führt. Dabei wurden die Probanden über eine vierwöchige Periode insgesamt sechs Mal behandelt. (R. M. Engel und Vemulpad 2007; R. Engel und Vemulpad 2011) Die Ergebnisse einer anderen klinischen Studie von Nielsen u.a. 1995 mit cross-over design, bei der über 4-Wochen Patienten mit chronischem Asthma zweimal wöchentlich mit einer aktiv manipulativen Therapie der Wirbel- sowie der pelvikalen Gelenke behandelt wurden, wies zwar keine signifikanten Unterschiede der Lungenfunktionswerte FVC und FEV1 zwischen Behandlungs- und Kontrollgruppe nach. Jedoch zeigten sich für beide Gruppen ebenfalls erhöhte Messwerte im Vergleich zum Ausgangswert bei FVC und FEV1 sowohl in der Treatmentgruppe, als auch in der Placebogruppe. (Nielsen u. a. 1995) Auch die Studie von Bronfort u.a. 2001 bei der für 36

Asthmapatienten trotz insgesamt 20 Interventionen mittels spinaler Manipulation über einen Zeitraum von 12 Wochen keine substantiellen Unterschiede zur Baseline festgestellt werden konnten, weist im Detail dennoch eine Erhöhung der Messwerte für FVC und FEV1 von der Baseline auf (G Bronfort u. a. 2001). In der Fallstudie von Dougherty u.a. 2011 wiesen vier von sechs COPD Patienten über 65 Jahren, die innerhalb von vier Wochen 12 Anwendungen einer manipulativen Behandlung der WS erhielten, nach zwei Wochen einen signifikanten Anstieg der FEV1 auf. Dagegen konnte weder nach zwei noch nach vier Wochen ein Anstieg der FVC festgestellt werden. Nur bei einem der sechs Patienten konnte ein signifikanter Anstieg der FEV1 auch noch nach vier Wochen gemessen werden. (Dougherty u. a. 2011)

Während die LFP VC, FVC und FEV1 direkt nach Erstbehandlung tendenziell noch angestiegen waren, entsteht der Eindruck, dass nur eine Behandlung im Wochenverlauf eine Abnahme dieser LFP bewirken könnte. Dies käme den Annahmen von Noll u.a. 2008 und 2009 nahe. Dabei sollte jedoch überlegt werden, warum auch in der Kontrollgruppe die Messwerte über die Woche tendenziell abnahmen. Eine solche Abnahme wäre mit einer sinkenden Motivation im Verlauf der Untersuchungswoche bei den Probanden der Vergleichsgruppe vereinbar (vgl. GOLD - the Global initiative for chronic Obstructive Lung Disease 2009). Ein Unterschied hinsichtlich der Messwertentwicklung zwischen Probanden mit nur einer Behandlung (G1) und denen der Kontrollgruppe ohne Behandlung (G0) konnte jedoch im Test nicht nachgewiesen werden, so dass manualtherapeutische Effekte offenbar nicht von Effekten, denen auch die Kontrollgruppe ausgesetzt war, differenzierbar sind. Insofern wäre denkbar, dass bei den Probanden, die nur eine Behandlung erhielten (G1), kein Behandlungseffekt vorlag, so dass sie allein motivationalen oder physiologischen Reaktionen unterlagen, denen ebenso die Kontrollgruppe ohne Behandlung aufgrund der wiederholten Spirometrie-Messung ausgesetzt war. Ein weiterer Aspekt, der dazu geführt haben könnte, dass die Probanden mit nur einer Behandlung bezüglich der Messwertentwicklung zwischen MZP T1.1 und T2 der Kontrollgruppe gleicht, könnte der vergrößerte Behandlungs-MZP Abstand im Vergleich den Probanden der Gruppen G2 und G3 gewesen sein.

In Abgrenzung zur dargestellten Überlegung, dass erst eine Behandlungsfrequenz von mehr als einer Behandlung pro Woche zu einer Erhöhung von LFP führen könnte, kann mit den Ergebnissen der vorliegenden Studie kein Nachweis geliefert werden, dass Probanden mit drei Behandlungen im Wochenverlauf signifikant höhere Messwerte erzielen als die Probanden mit nur zwei Behandlungen. Die deskriptive Mittelwertentwicklung (G1,G2,G3) weist vielmehr daraufhin mit dieser Annahme vorsichtig umzugehen, da die Probanden mit zwei

Behandlungen (G2) für die LFP FVC und FEV1 im Verlauf insgesamt höhere Werte erreichen als diejenigen mit drei Behandlungen (G3). Ebenso zeigt sich in der vorliegenden Studie in der Beobachtungswoche kein statistisch bedeutender Unterschied der Messwertänderung zwischen den Probanden mit einer Behandlung (G1) und der Kontrollgruppe (G0), was ebenfalls gegen die Überlegung spricht, dass schon nach einer Behandlung eine anhaltende Erhöhung der LFP vorläge. Allerdings scheint dies zudem gegen die oben geäußerte Annahme (s. Kapitel IV.1) zu sprechen, dass die Versuchsgruppe G1 als gleichzeitige Kontrollgruppe durch eine vermutete Auswaschphase eines Behandlungseffektes nach Behandlung am Anfang der Woche nicht herangezogen werden könnte.

Unter Annahme der Hypothese, dass sich ein signifikanter Unterschied zwischen den Probanden erst bei mehr als einer Behandlung im Verlauf einer Woche zeigt, stellt sich die Frage, warum im Test der Übergruppe (G1,G2,G3) noch kein signifikanter Unterschied erkennbar wurde, sondern erst, als die Probanden mit mehr als einer Behandlung (G2/3) von den Probanden mit bis zu einer Behandlung (G0/1) unterschieden werden. Nahe liegend scheint die Überlegung, dass sich mit Vergrößerung der Gruppen, indem sie zu Übergruppen zusammengefasst wurden, die Power der Studie erhöht und damit den Nachweis von Unterschieden ermöglicht wurde (Pospeschill 2006). Im Umkehrschluss muss dann einerseits danach gefragt werden, warum sich die Probanden mit zwei Behandlungen (G2) eignen die Power der Stichprobe von Probanden mit drei Behandlungen (G3) waren, andererseits, warum die Probanden mit einer Behandlung (G1) dazu eignen die Power der Stichprobe von den Probanden ohne Behandlung (Kontrollgruppe G0) zu vergrößern. Hier stellt sich nun die Frage nach einem Erklärungsmodell.

Zusammenfassend werden die beiden Hypothesen, dass eine kombinierte spinale Mobilisations- und Manipulationstherapie zum einen direkt nach der ersten Behandlungsanwendung, zum anderen im Verlauf einer Woche anhand der untersuchten LFP zu einem nachweisbaren Effekt auf die Lungenfunktion führt, durch die Ergebnisse dieser Studie nicht gestützt.

Es konnten allerdings Hinweise dafür gefunden werden, dass die Behandlungsfrequenz von mehr als einer Behandlung pro Woche verglichen mit nur einer Behandlung einen signifikant erhöhten Unterschied der Lungenfunktionswerte FVC, FEV1 sowie PEF bewirken kann. Probanden mit nur einer Behandlung am Anfang der Versuchswoche verhielten sich im

Gegensatz dazu wie die Kontrollgruppe, so dass die Einflussnahme einer vermuteten Auswaschphase (s. Kapitel IV.1) nach einer Woche vernachlässigbar scheint.

Auch wenn in dieser Studie anhand der prozentualen, zur pulmonalen Obstruktions-Beurteilung bedeutsamen, LFP FEV1/VC und FEV1% keine signifikante Verbesserung erkennbar wurde, so zeigte sich dennoch eine signifikante Zunahme der Einzelparameter FVC, FEV1 und PEF.

Folgestudien sollten zum einen in größeren Versuchsgruppen durchgeführt werden um die Power der Studie zu erhöhen. Zudem sollte jede Behandlungsgruppe mit einer Placebo-Gruppe verglichen werden, um Placebo-Effekte besser differenzieren zu können. Folgestudien könnten ebenfalls im Studienaufbau einzelne manuelle Therapieformen einander gegenüberzustellen und insbesondere eine Differenzierung zwischen manipulativen und mobilisierenden Therapieformen vornehmen, um Interaktionen dieser zu vermeiden bzw. deren Einzelwirkungen zu objektivieren. In jedem Fall scheint aber die Hauptaufgabe zukünftiger Forschung im Bereich der manuellen Therapie in der Präzisierung der verwendeten Begriffe, Behandlungsformen, Wirkungsmodelle und Therapieeffekte zu liegen.

VII.) Zusammenfassung

Ziel: Es wurde die Wirkung manualtherapeutischer Behandlung im Bereich der thorakalen Wirbelsäule auf die Lungenfunktion anhand von zwei Hauptfragestellungen untersucht:

- 1.) Gibt es einen Soforteffekt zwischen Ausgangswert und dem Wert 30min nach einer ersten kombinierten Mobilisations- und Manipulationsbehandlung
- 2.) Gibt es einen Späteeffekt dieser Behandlung im Zeitraum einer Woche:
 - Nach einmaliger Behandlung am Eingangstermin
 - Nach ein bis drei Therapieanwendungen
 - In Abhängigkeit von der Häufigkeit der Therapieanwendungen

Methode: In einem prospektiven Studiendesign wurden 60 gesunde Probanden mit nicht symptomatischen Blockierungen der thorakalen Wirbelsäule mittels Losverfahren randomisiert. Es wurden drei Behandlungsgruppen mit einer (G1), zwei (G2) und drei (G3) kombinierten Mobilisations- und Manipulationsbehandlungen sowie eine Kontrollgruppe (G0) unterschieden. Mittels Hand-Spirometer wurden die Lungenfunktionsparameter (LFP) VC, FVC, FEV1, FEV1/VC, FEV1% (FEV1/FVC) und PEF untersucht. Alle Behandlungsgruppen wurden am Tag 1 der Versuchswoche nach der Basisuntersuchung behandelt und nach 30min erneut untersucht. Nach einer Woche wurde bei allen Probanden die Abschlussuntersuchung durchgeführt. Die Lungenfunktion der Kontrollgruppe wurde am Tag 1 der ersten und der zweiten Woche gemessen, ohne dass sie eine Behandlung erhielt.

Ergebnisse:

- 1.) Es konnten keine signifikanten Niveauunterschiede der LFP 30min nach einer Behandlung im Vergleich zum Ausgangswert festgestellt werden.
- 2.) Ergebnisse der Untersuchung eines Späteeffektes:
 - 2.1) Es zeigten sich keine signifikanten Niveauunterschiede der LFP in der Behandlungsgruppe G1 im Vergleich zur Kontrollgruppe G0 über den Beobachtungszeitraum von einer Woche.
 - 2.2) In der Untersuchung aller Behandlungsgruppen mit ein bis drei Behandlungen (G1/2/3) innerhalb des Beobachtungszeitraumes von einer Woche wurden keine signifikanten Niveauunterschiede der LFP im Vergleich zur Kontrollgruppe nachgewiesen.
 - 2.3) In Abhängigkeit von der Häufigkeit manueller Therapieanwendungen, wobei die Gruppe mit einer, mit zwei und mit drei Behandlungen differenziert voneinander betrachtet wurden, konnte ein signifikanter Interaktionseffekt der Gruppen im

Zeitintervall von einer Woche für den Parameter FVC aufgedeckt werden ($p = .033$; $\eta^2 = .153$). Für die übrigen LFP konnte dies nicht gezeigt werden.

2.4) Beim Vergleich von Übergruppen der Versuchsgruppen mit ähnlichen Entwicklungen der LFP innerhalb der Beobachtungswoche unterschieden sich die Ergebnisse der Probanden mit keiner oder einer Behandlung (G0/1) für die Parameter FVC ($p = .006$; $\eta^2 = .14$), FEV1 ($p = .017$; $\eta^2 = .106$) und PEF ($p = .021$; $\eta^2 = .1$) im Vergleich zu den Probanden mit zwei oder drei Behandlungen (G2/3) signifikant.

Konklusion: Die Ergebnisse dieser Studie können nicht die Vermutung stützen, dass eine einmalige manuelle Therapie in Form einer Weichteiltechnik sowie einer Mobilisierung und Manipulation der thorakalen Wirbelsäule bei gesunden Probanden nach 30min oder im Verlauf einer Woche zu einer bedeutenden Erhöhung der LFP VC, FVC, FEV1, FEV1/VC, FEV1% sowie PEF führt. Es konnten allerdings Hinweise dafür gefunden werden, dass die Behandlungsfrequenz von mehr als einer Behandlung pro Woche verglichen mit nur einer Behandlung einen signifikant erhöhten Unterschied der Lungenfunktionswerte FVC, FEV1 sowie PEF bewirken kann. Zudem scheinen die Probanden, die nur einmalig am Anfang der Woche behandelt wurden, am Ende der Woche nur unwesentlich einem Treatment zu unterliegen, da sie sich wie die Probanden der Kontrollgruppe verhalten.

Auch wenn in dieser Studie anhand der prozentualen, zur Beurteilung einer pulmonalen Obstruktion bedeutsamen, LFP FEV1/VC und FEV1% keine signifikante Verbesserung erkennbar wurde, so spricht doch die signifikante Zunahme der Einzelparameter FVC, FEV1 und PEF dafür. Folgestudien sollten eindeutig zwischen den angewandten manualtherapeutischen Methoden differenzieren und einen Schwerpunkt auf die Präzisierung der verwendeten Begriffe, Wirkungsmodelle und Therapieeffekte legen.

VIII.) Literaturverzeichnis

- Abholz, Heinz H., Adrian Gillissen, Helgo Magnussen, Gisela Schott, Konrad Schultz, Dieter Ukena, und Heinrich Worth. 2012. „Programm für Nationale VersorgungsLeitlinien-Gültigkeit abgelaufen“. Herausgegeben von Bundesärztekammer (BÄK), Kassenärztliche Bundesvereinigung (KBV), & Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaft (AWMF), hrsg. Ärztliches Zentrum für Qualität in der Medizin. http://www.awmf.org/uploads/tx_szleitlinien/nvl-0031_S3_COPD_abgelaufen.pdf.
- Abholz, H.H. u. a. 2010. „Nationale VersorgungsLeitlinie COPD: Langfassung (Version 1.7)“. Herausgegeben von Bundesärztekammer (BÄK), Kassenärztliche Bundesvereinigung (KBV), & Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaft (AWMF), hrsg. <http://www.awmf.org/leitlinien/detail/ll/nvl-003.html> [Zugegriffen März 10, 2011].
- Airaksinen, O., J. I. Brox, C. Cedraschi, J. Hildebrandt, J. Klaber-Moffett, F. Kovacs, A. F. Mannion, u. a. 2006. „Chapter 4 European guidelines for the management of chronic nonspecific low back pain“. *European Spine Journal* 15 (Suppl 2): s192–300. doi:10.1007/s00586-006-1072-1.
- Atsou, Kokuvi, Christos Chouaid, und Gilles Hejblum. 2011. „Variability of the Chronic Obstructive Pulmonary Disease Key Epidemiological Data in Europe: Systematic Review“. *BMC Medicine* 9: 7. doi:10.1186/1741-7015-9-7.
- Balon, J, P D Aker, E R Crowther, C Danielson, P G Cox, D O’Shaughnessy, C Walker, C H Goldsmith, E Duku, und M R Sears. 1998. „A comparison of active and simulated chiropractic manipulation as adjunctive treatment for childhood asthma“. *The New England Journal of Medicine* 339 (15): 1013–20. doi:10.1056/NEJM199810083391501.
- Balon, Jeffrey W, und Silvano A Mior. 2004. „Chiropractic Care in Asthma and Allergy“. *Annals of Allergy, Asthma & Immunology: Official Publication of the American College of Allergy, Asthma, & Immunology* 93 (2 Suppl 1): S55–60.
- „Benutzerhandbuch_2120“. 2013. Zugegriffen August 7. http://www.vitalograph.de/pdf_library/manuals/2120/Benutzerhandbuch_2120.pdf.
- Bialosky, Joel E, Mark D Bishop, Don D Price, Michael E Robinson, und Steven Z George. 2009. „The Mechanisms of Manual Therapy in the Treatment of Musculoskeletal Pain: A Comprehensive Model“. *Manual Therapy* 14 (5): 531–38. doi:10.1016/j.math.2008.09.001.
- Bialosky, Joel E, Corey B Simon, Mark D Bishop, und Steven Z George. 2012. „Basis for Spinal Manipulative Therapy: A Physical Therapist Perspective“. *Journal of Electromyography and Kinesiology: Official Journal of the International Society of Electrophysiological Kinesiology* 22 (5): 643–47. doi:10.1016/j.jelekin.2011.11.014.
- BMJ: British Medical Journal*. 2004. „United Kingdom back pain exercise and manipulation (UK BEAM) randomised trial: effectiveness of physical treatments for back pain in primary care“ 329 (7479): 1377. doi:10.1136/bmj.38282.669225.AE.
- Bronfort, Gert, Mitchell Haas, Roni L Evans, und Lex M Bouter. 2004. „Efficacy of Spinal Manipulation and Mobilization for Low Back Pain and Neck Pain: A Systematic Review and Best Evidence Synthesis“. *The Spine Journal: Official Journal of the North American Spine Society* 4 (3): 335–56. doi:10.1016/j.spinee.2003.06.002.
- Bronfort, Gert, Mitch Haas, Roni Evans, Brent Leininger, und Jay Triano. 2010. „Effectiveness of Manual Therapies: The UK Evidence Report“. *Chiropractic & Osteopathy* 18: 3. doi:10.1186/1746-1340-18-3.
- Bronfort, G, R L Evans, P Kubic, und P Filkin. 2001. „Chronic pediatric asthma and chiropractic spinal manipulation: a prospective clinical series and randomized clinical

- pilot study“. *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics* 24 (6): 369–77. doi:10.1067/mmt.2001.116417.
- Brygge, T, J H Heinig, P Collins, S Ronborg, P M Gehrchen, J Hilden, S Heegaard, und L K Poulsen. 2001. „Reflexology and Bronchial Asthma“. *Respiratory Medicine* 95 (3): 173–79. doi:10.1053/rmed.2000.0975.
- Budgell, Brian, und Barbara Polus. 2006. „The Effects of Thoracic Manipulation on Heart Rate Variability: A Controlled Crossover Trial“. *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics* 29 (8): 603–10. doi:10.1016/j.jmpt.2006.08.011.
- Buist, A Sonia, Mary Ann McBurnie, William M Vollmer, Suzanne Gillespie, Peter Burney, David M Mannino, Ana M B Menezes, u. a. 2007. „International Variation in the Prevalence of COPD (the BOLD Study): A Population-Based Prevalence Study“. *Lancet* 370 (9589): 741–50. doi:10.1016/S0140-6736(07)61377-4.
- Chou, Roger, und Laurie Hoyt Huffman. 2007. „Nonpharmacologic Therapies for Acute and Chronic Low Back Pain: A Review of the Evidence for an American Pain Society/American College of Physicians Clinical Practice Guideline“. *Annals of Internal Medicine* 147 (7): 492–504.
- Clark, Brian C, James S Thomas, Stevan A Walkowski, und John N Howell. 2012. „The Biology of Manual Therapies“. *The Journal of the American Osteopathic Association* 112 (9): 617–29.
- Clark, Brian C, Stevan Walkowski, Robert R Conatser, David C Eland, und John N Howell. 2009. „Muscle Functional Magnetic Resonance Imaging and Acute Low Back Pain: A Pilot Study to Characterize Lumbar Muscle Activity Asymmetries and Examine the Effects of Osteopathic Manipulative Treatment“. *Osteopathic Medicine and Primary Care* 3: 7. doi:10.1186/1750-4732-3-7.
- Cohen, Jacob. 1988. *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*. Routledge.
- Cross, Kevin M. 2011. „Thoracic Spine Thrust Manipulation Improves Pain, Range of Motion, and Self-Reported Function in Patients With Mechanical Neck Pain: A Systematic Review“. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, September. doi:10.2519/jospt.2011.3670.
- Dekhuijzen, P N, H T Folgering, und C L van Herwaarden. 1991. „Target-flow inspiratory muscle training during pulmonary rehabilitation in patients with COPD“. *Chest* 99 (1): 128–33.
- Dougherty, Paul E., Roger M. Engel, Subramanyam Vemulpad, und Jeanmarie Burke. 2011. „Spinal Manipulative Therapy for Elderly Patients With Chronic Obstructive Pulmonary Disease: A Case Series“. *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics* 34 (6): 413–17. doi:10.1016/j.jmpt.2011.05.004.
- Duden. 2013. „manuell“. Zugegriffen April 12. <http://www.duden.de/rechtschreibung/manuell>.
- Eingorn, A M, und G J Muhs. 1999. „Rationale for Assessing the Effects of Manipulative Therapy on Autonomic Tone by Analysis of Heart Rate Variability“. *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics* 22 (3): 161–65. doi:10.1016/S0161-4754(99)70130-2.
- Engel, Roger M, und Subramanyam Vemulpad. 2007. „The Effect of Combining Manual Therapy with Exercise on the Respiratory Function of Normal Individuals: A Randomized Control Trial“. *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics* 30 (7): 509–13. doi:10.1016/j.jmpt.2007.07.006.
- Engel, Roger, und Subramanyam Vemulpad. 2011. „The Role of Spinal Manipulation, Soft-Tissue Therapy, and Exercise in Chronic Obstructive Pulmonary Disease: A Review of the Literature and Proposal of an Anatomical Explanation“. *Journal of Alternative and Complementary Medicine (New York, N.Y.)* 17 (9): 797–801. doi:10.1089/acm.2010.0517.

- Ernst, Edzard. 2008. „Chiropractic: A Critical Evaluation“. *Journal of Pain and Symptom Management* 35 (5): 544–62. doi:10.1016/j.jpainsymman.2007.07.004.
- „European Lung Foundation (ELF) - Publications - European Lung Foundation[uk]“. 2013. Zugegriffen Juni 4. <http://www.european-lung-foundation.org/1037-european-lung-foundation-elf-publications.htm>.
- Gibbons, Peter, und Philip Tehan. 2009. *Manipulation of the Spine, Thorax and Pelvis with DVD: An Osteopathic Perspective, 3e*. 3 edition. Edinburgh ; New York: Churchill Livingstone.
- „GOLDReport_April112011.pdf“. 2013. Zugegriffen Juni 4. http://www.goldcopd.org/uploads/users/files/GOLDReport_April112011.pdf.
- GOLD - the Global initiative for chronic Obstructive Lung Disease. 2009. *Global strategy for the diagnosis, mngement, and prevention of chronic obstructive pulmonary disease*. <http://www.goldcopd.com/guidelineitem.asp?l1=2&l2=1&intID=2003>.
- Goss, David A, Jr, James S Thomas, Stevan Walkowski, Shawn C Clark, John C Licciardone, Guang H Yue, und Brian C Clark. 2012. „Non-Thrust Manual Therapy Reduces Erector Spinae Short-Latency Stretch Reflex Asymmetries in Patients with Chronic Low Back Pain“. *Journal of Electromyography and Kinesiology: Official Journal of the International Society of Electrophysiological Kinesiology* 22 (5): 663–69. doi:10.1016/j.jelekin.2012.01.004.
- Greenman, Philip E. 2000. *Lehrbuch der osteopathischen Medizin. Grundlagen und Konzepte, Techniken und Methoden, klinische Integration und Korrelation*. 2. Auflage. MVS Medizinverlage Stuttgart: Haug.
- Gross, Anita, Jordan Miller, Jonathan D'Sylva, Stephen J Burnie, Charles H Goldsmith, Nadine Graham, Ted Haines, Gert Brønfort, und Jan L Hoving. 2010. „Manipulation or Mobilisation for Neck Pain“. *Cochrane Database of Systematic Reviews (Online)*, Nr. 1: CD004249. doi:10.1002/14651858.CD004249.pub3.
- Gross, Anita R, Jan L Hoving, Ted A Haines, Charles H Goldsmith, T Kay, Peter Aker, und Gert Bronfort. 2004. „A Cochrane Review of Manipulation and Mobilization for Mechanical Neck Disorders“. *Spine* 29 (14): 1541–48.
- Gross, A R, T Kay, M Hondras, C Goldsmith, T Haines, P Peloso, C Kennedy, und J Hoving. 2002. „Manual Therapy for Mechanical Neck Disorders: A Systematic Review“. *Manual Therapy* 7 (3): 131–49.
- Guiney, Peter A, Rick Chou, Andrea Vianna, und Jay Lovenheim. 2005. „Effects of osteopathic manipulative treatment on pediatric patients with asthma: a randomized controlled trial“. *The Journal of the American Osteopathic Association* 105 (1): 7–12.
- Heimann, Dieter, Jürgen Lawall, Maike Friedrichsen, Gerhard Lärm, Jürgen Lawall, Winfrid Coenen, Dieter Heimann, u. a. 2005. „Kapitel 1 - Basiswissen und praktische Tipps“. In *Leitfaden Manuelle Therapie (Third Edition)*, herausgegeben von Dieter Heimann und Jürgen Lawall, 1–150. Munich: Urban & Fischer. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9783437452628500061>.
- Henderson, Charles N R. 2012. „The Basis for Spinal Manipulation: Chiropractic Perspective of Indications and Theory“. *Journal of Electromyography and Kinesiology: Official Journal of the International Society of Electrophysiological Kinesiology* 22 (5): 632–42. doi:10.1016/j.jelekin.2012.03.008.
- Hondras, M A, K Linde, und A P Jones. 2005. „Manual Therapy for Asthma“. *Cochrane Database of Systematic Reviews (Online)*, Nr. 2: CD001002. doi:10.1002/14651858.CD001002.pub2.
- Howell, John N, Karen S Cabell, Anthony G Chila, und David C Eland. 2006. „Stretch Reflex and Hoffmann Reflex Responses to Osteopathic Manipulative Treatment in Subjects with Achilles Tendinitis“. *The Journal of the American Osteopathic Association* 106 (9): 537–45.

- Institute for Health Metrics and Evaluation, Hrsg. 2013. „The Global Burden of Disease: Generating Evidence, Guiding Policy“. Seattle, WA: IHME. www.healthmetricsandevaluation.org.
- Jull, G, N Bogduk, und A Marsland. 1988. „The accuracy of manual diagnosis for cervical zygapophysial joint pain syndromes“. *The Medical Journal of Australia* 148 (5): 233–36.
- Kaptchuk, T J, und D M Eisenberg. 1998. „Chiropractic: Origins, Controversies, and Contributions“. *Archives of Internal Medicine* 158 (20): 2215–24.
- King, Wade, Peter Lau, Richard Lees, und Nikolai Bogduk. 2007. „The validity of manual examination in assessing patients with neck pain“. *The Spine Journal: Official Journal of the North American Spine Society* 7 (1): 22–26. doi:10.1016/j.spinee.2006.07.009.
- Kuczynski, John J, Braun Schwieterman, Kirby Columber, Darren Knupp, Lauren Shaub, und Chad E Cook. 2012. „Effectiveness of Physical Therapist Administered Spinal Manipulation for the Treatment of Low Back Pain: A Systematic Review of the Literature“. *International Journal of Sports Physical Therapy* 7 (6): 647–62.
- Leonhart, R. 2004. *Lehrbuch Statistik: Einstieg und Vertiefung*. Hans Huber.
- Licciardone, John C., Angela K. Brimhall, und Linda N. King. 2005. „Osteopathic Manipulative Treatment for Low Back Pain: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials“. *BMC Musculoskeletal Disorders* 6 (1): 43. doi:10.1186/1471-2474-6-43.
- Maigne, Jean-Yves, und Philippe Vautravers. 2003. „Mechanism of Action of Spinal Manipulative Therapy“. *Joint, Bone, Spine: Revue Du Rhumatisme* 70 (5): 336–41.
- Mathers, Colin D, Ties Boerma, und Doris Ma Fat. 2009. „Global and Regional Causes of Death“. *British Medical Bulletin* 92: 7–32. doi:10.1093/bmb/ldp028.
- Mathers, Colin D., Alan D. Lopez, und Christopher J. L. Murray. 2006. „The Burden of Disease and Mortality by Condition: Data, Methods, and Results for 2001“. In *Global Burden of Disease and Risk Factors*, herausgegeben von Alan D Lopez, Colin D Mathers, Majid Ezzati, Dean T Jamison, und Christopher JL Murray. Washington (DC): World Bank. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK11808/>.
- McLaughlin, Laurie, Charlie H Goldsmith, und Kimberly Coleman. 2011. „Breathing evaluation and retraining as an adjunct to manual therapy“. *Manual Therapy* 16 (1): 51–52. doi:10.1016/j.math.2010.08.006.
- Miller, M R, R Crapo, J Hankinson, V Brusasco, F Burgos, R Casaburi, A Coates, u. a. 2005. „General considerations for lung function testing“. *The European Respiratory Journal: Official Journal of the European Society for Clinical Respiratory Physiology* 26 (1): 153–61. doi:10.1183/09031936.05.00034505.
- Miller, M R, J Hankinson, V Brusasco, F Burgos, R Casaburi, A Coates, R Crapo, u. a. 2005. „Standardisation of spirometry“. *The European Respiratory Journal: Official Journal of the European Society for Clinical Respiratory Physiology* 26 (2): 319–38. doi:10.1183/09031936.05.00034805.
- Mintken, Paul E, Carl Derosa, Tamara Little, und Britt Smith. 2008. „A Model for Standardizing Manipulation Terminology in Physical Therapy Practice“. *The Journal of Manual & Manipulative Therapy* 16 (1): 50–56.
- Moodie, Lisa, Julie Reeve, und Mark Elkins. 2011. „Inspiratory muscle training increases inspiratory muscle strength in patients weaning from mechanical ventilation: a systematic review“. *Journal of Physiotherapy* 57 (4): 213–21. doi:10.1016/S1836-9553(11)70051-0.
- Nielsen, N H, G Bronfort, T Bendix, F Madsen, und B Weeke. 1995. „Chronic asthma and chiropractic spinal manipulation: a randomized clinical trial“. *Clinical and Experimental Allergy: Journal of the British Society for Allergy and Clinical Immunology* 25 (1): 80–88.

- Nimon, Kim F. 2012. „Statistical Assumptions of Substantive Analyses across the General Linear Model: A Mini-Review“. *Frontiers in Psychology* 3: 322. doi:10.3389/fpsyg.2012.00322.
- Noll, Donald R, Brian F Degenhardt, Jane C Johnson, und Selina A Burt. 2008. „Immediate Effects of Osteopathic Manipulative Treatment in Elderly Patients with Chronic Obstructive Pulmonary Disease“. *The Journal of the American Osteopathic Association* 108 (5): 251–59.
- Noll, Donald R, Jane C Johnson, Robert W Baer, und Eric J Snider. 2009. „The immediate effect of individual manipulation techniques on pulmonary function measures in persons with chronic obstructive pulmonary disease“. *Osteopathic Medicine and Primary Care* 3: 9. doi:10.1186/1750-4732-3-9.
- Nowak, D, E S Dietrich, P Oberender, K Uberla, U Reitberger, C Schlegel, F Albers, S Ruckdäschel, und R Welsch. 2004. „[Cost-of-illness Study for the Treatment of COPD in Germany]“. *Pneumologie (Stuttgart, Germany)* 58 (12): 837–44. doi:10.1055/s-2004-830143.
- Pickar, Joel G. 2002. „Neurophysiological Effects of Spinal Manipulation“. *The Spine Journal: Official Journal of the North American Spine Society* 2 (5): 357–71.
- Poelsma, Corrian. 2011. „Response to Review Article by Ernst and Posadzki on Spinal Manipulation“. *The New Zealand Medical Journal* 124 (1343): 94–95.
- Posadzki, Paul, und Edzard Ernst. 2011. „Spinal Manipulation: An Update of a Systematic Review of Systematic Reviews“. *The New Zealand Medical Journal* 124 (1340): 55–71.
- Pospeschill, Markus. 2006. *Statistische Methoden: Strukturen, Grundlagen, Anwendungen in Psychologie und Sozialwissenschaften*. Spektrum, Akad. Verl.
- Puhl, Aaron A, und H Stephen Injeyan. 2012. „Short-Term Effects of Manipulation to the Upper Thoracic Spine of Asymptomatic Subjects on Plasma Concentrations of Epinephrine and Norepinephrine—a Randomized and Controlled Observational Study“. *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics* 35 (3): 209–15. doi:10.1016/j.jmpt.2012.01.012.
- Rabe, Klaus F, Suzanne Hurd, Antonio Anzueto, Peter J Barnes, Sonia A Buist, Peter Calverley, Yoshinosuke Fukuchi, u. a. 2007. „Global Strategy for the Diagnosis, Management, and Prevention of Chronic Obstructive Pulmonary Disease: GOLD Executive Summary“. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine* 176 (6): 532–55. doi:10.1164/rccm.200703-456SO.
- Ram, F S F, S R Wellington, und N C Barnes. 2003. „Inspiratory muscle training for asthma“. *Cochrane Database of Systematic Reviews (Online)*, Nr. 4: CD003792. doi:10.1002/14651858.CD003792.
- Rubinstein, Sidney M, Marienke van Middelkoop, Willem Jj Assendelft, Michiel R de Boer, und Maurits W van Tulder. 2011. „Spinal Manipulative Therapy for Chronic Low-Back Pain“. *Cochrane Database of Systematic Reviews (Online)*, Nr. 2: CD008112. doi:10.1002/14651858.CD008112.pub2.
- Schiller, L. 2001. „Effectiveness of Spinal Manipulative Therapy in the Treatment of Mechanical Thoracic Spine Pain: A Pilot Randomized Clinical Trial“. *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics* 24 (6): 394–401. doi:10.1067/mmt.2001.116420.
- Schmid, Annina, Florian Brunner, Anthony Wright, und Lucas M Bachmann. 2008. „Paradigm Shift in Manual Therapy? Evidence for a Central Nervous System Component in the Response to Passive Cervical Joint Mobilisation“. *Manual Therapy* 13 (5): 387–96. doi:10.1016/j.math.2007.12.007.
- Sillevis, Rob, und Joshua Cleland. 2011. „Immediate Effects of the Audible Pop From a Thoracic Spine Thrust Manipulation on the Autonomic Nervous System and Pain: A

- Secondary Analysis of a Randomized Clinical Trial“. *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics* 34 (1): 37–45. doi:10.1016/j.jmpt.2010.11.007.
- Sillevis, Rob, Joshua Cleland, Madeleine Hellman, und Kristina Beekhuizen. 2010. „Immediate Effects of a Thoracic Spine Thrust Manipulation on the Autonomic Nervous System: A Randomized Clinical Trial“. *The Journal of Manual & Manipulative Therapy* 18 (4): 181–90. doi:10.1179/106698110X12804993427126.
- Sivakumar, G, Krishnamoorthi Prabhu, Rekha Baliga, M Kirtana Pai, und S Manjunatha. 2011. „Acute effects of deep breathing for a short duration (2-10 minutes) on pulmonary functions in healthy young volunteers“. *Indian Journal of Physiology and Pharmacology* 55 (2): 154–59.
- Stevens, James P. 2002. *Applied Multivariate Statistics for the Social Sciences, Fifth Edition*. Psychology Press.
- Tabachnick, Barbara G., und Linda S. Fidell. 2001. *Using Multivariate Statistics*. Allyn and Bacon.
- Van Gestel, Arnoldus J R, Malcolm Kohler, und Christian F Clarenbach. 2012. „Sympathetic Overactivity and Cardiovascular Disease in Patients with Chronic Obstructive Pulmonary Disease (COPD)“. *Discovery Medicine* 14 (79): 359–68.
- Van Gestel, Arnoldus J R, und Joerg Steier. 2010. „Autonomic Dysfunction in Patients with Chronic Obstructive Pulmonary Disease (COPD)“. *Journal of Thoracic Disease* 2 (4): 215–22. doi:10.3978/j.issn.2072-1439.2010.02.04.5.
- Ward, John, Jesse Coats, Ken Tyer, Shauna Weigand, und Gabbrielle Williams. 2013. „Immediate Effects of Anterior Upper Thoracic Spine Manipulation on Cardiovascular Response“. *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics* 36 (2): 101–10. doi:10.1016/j.jmpt.2013.01.003.
- Welch, Arlene, und Ralph Boone. 2008. „Sympathetic and parasympathetic responses to specific diversified adjustments to chiropractic vertebral subluxations of the cervical and thoracic spine“. *Journal of Chiropractic Medicine* 7 (3): 86–93. doi:10.1016/j.jcm.2008.04.001.
- „WHO | The global burden of disease: 2004 update“. 2013. *WHO*. Zugegriffen Juni 4. http://www.who.int/healthinfo/global_burden_disease/2004_report_update/en/.
- „WHO | World Health Statistics 2008“. 2013. *WHO*. Zugegriffen Juni 3. <http://www.who.int/whosis/whostat/2008/en/index.html>.
- Yawn, Barbara P. 2011. „Optimizing Chronic Obstructive Pulmonary Disease Management in Primary Care“. *Southern Medical Journal* 104 (2): 121–27. doi:10.1097/SMJ.0b013e3181fa5d05.

IX.) Anhang

IX.1) Abkürzungsverzeichnis:

AM	Arithmetisches Mittel
B	Behandlung
BWS	Brustwirbelsäule
COPD	Chronic obstructive pulmonary disease; Chronisch obstruktive Lungenkrankheit
FEF 25%, 50%	Forced expiratory flow at 25%, 50%; Forcierte expiratorische Flussrate bei 25%, 50% der Vitalkapazität
FEV1	Forciertes Ausatemungsvolumen in einer Sekunde; Forced expiratory volume in 1 second; Einsekundenkapazität
FEV1/VC	Relative Einsekundenkapazität
FEV1%	Relative Einsekundenkapazität im Verhältnis zur forcierten Vitalkapazität; FEV1/FVC
FVC	Forcierte Vitalkapazität
HRV	Heart rate variability
LFP	Lungenfunktionsparameter
MANOVA	Multivariate analysis of variance; Multivariate Varianzanalysen
MZP	Messzeitpunkt
PEF	Peak-Expiratory-Flow
RV	Residual Volumen
S	Standardabweichung
SMT	Spinal manipulative therapy; Spinale manipulative Therapie
T	Termin
TLC	Total lung capacity; Totalkapazität
VC	Vitalkapazität
WS	Wirbelsäule

IX.2) Anhang von Diagrammen und Tabellen

IX.2.1) Anhang zu Kapitel V.3.1): Untersuchung eines Soforteffektes zwischen Ausgangswert und 30min nach einer Behandlung: G_{sofort} zwischen T1.1 und T1.2

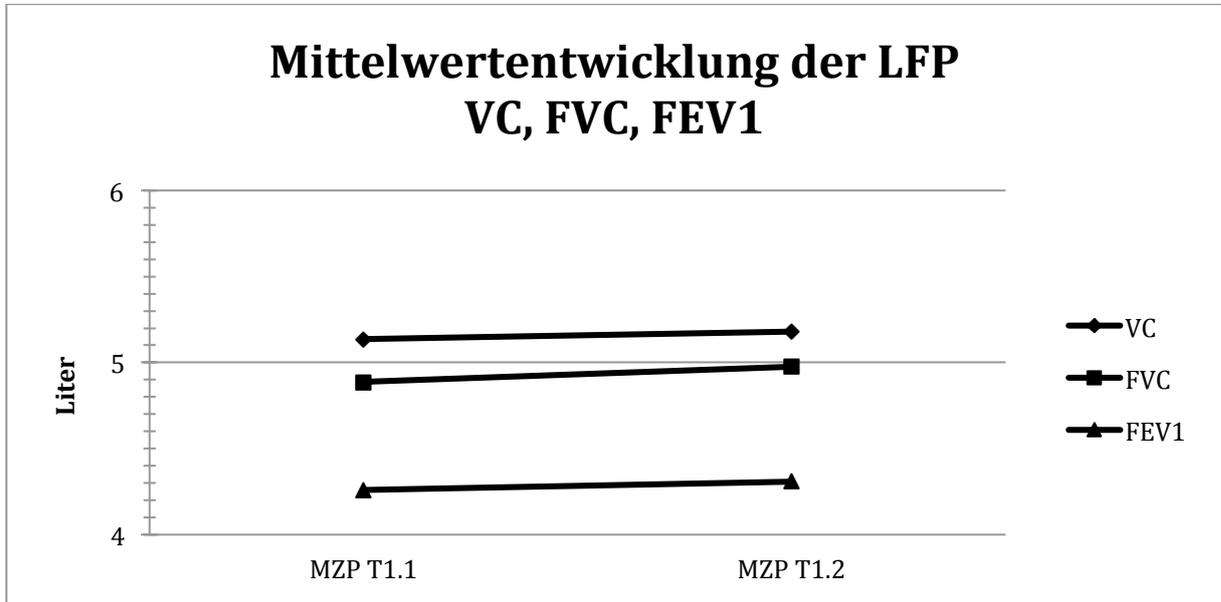


Diagramm 10: Mittelwertentwicklung der LFP VC, FVC, FEV1

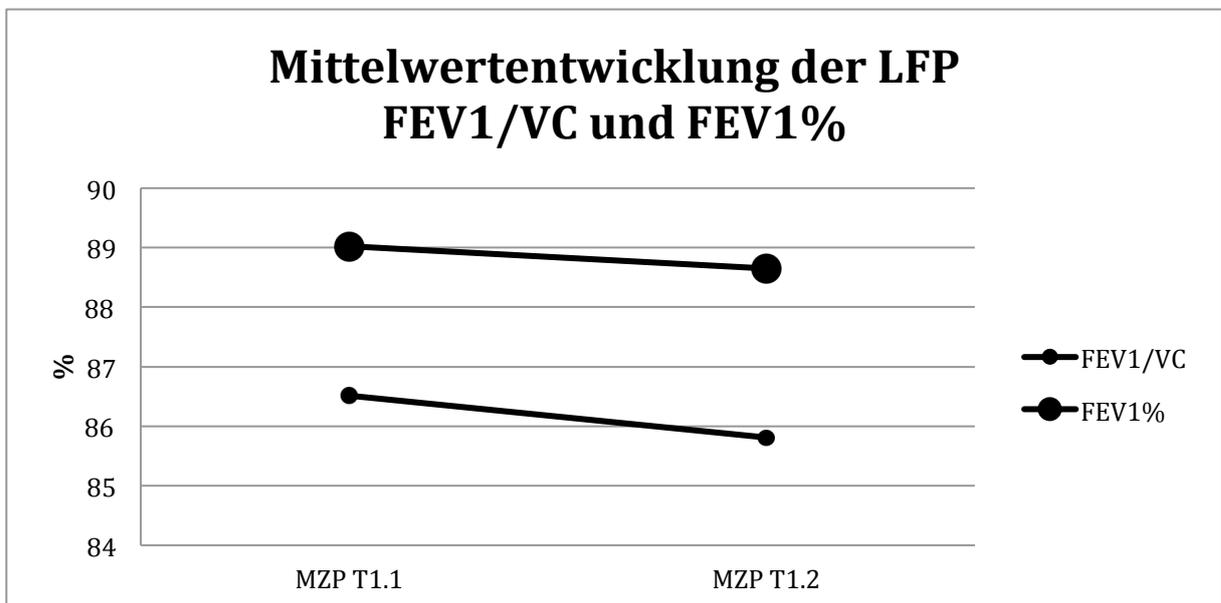


Diagramm 11: Mittelwertentwicklung der LFP FEV1/VC und FEV1%

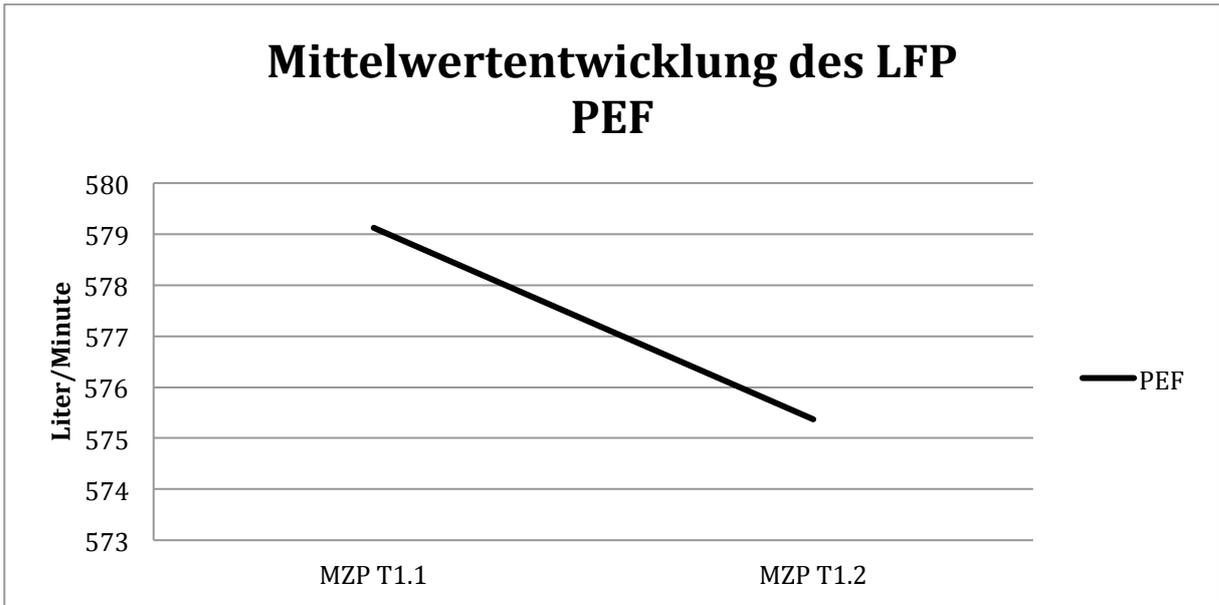


Diagramm 12: Mittelwertentwicklung der LFP PEF

IX.2.2) Anhang zu Kapitel V.3.2): Untersuchung eines Späteeffektes im Zeitraum einer Woche: Zwischen T1.1 und T2

...V.3.2.1) Untersuchung eines Späteeffektes nach einmaliger Behandlung am Eingangstermin: G1 versus G0 zwischen T1.1 und T2

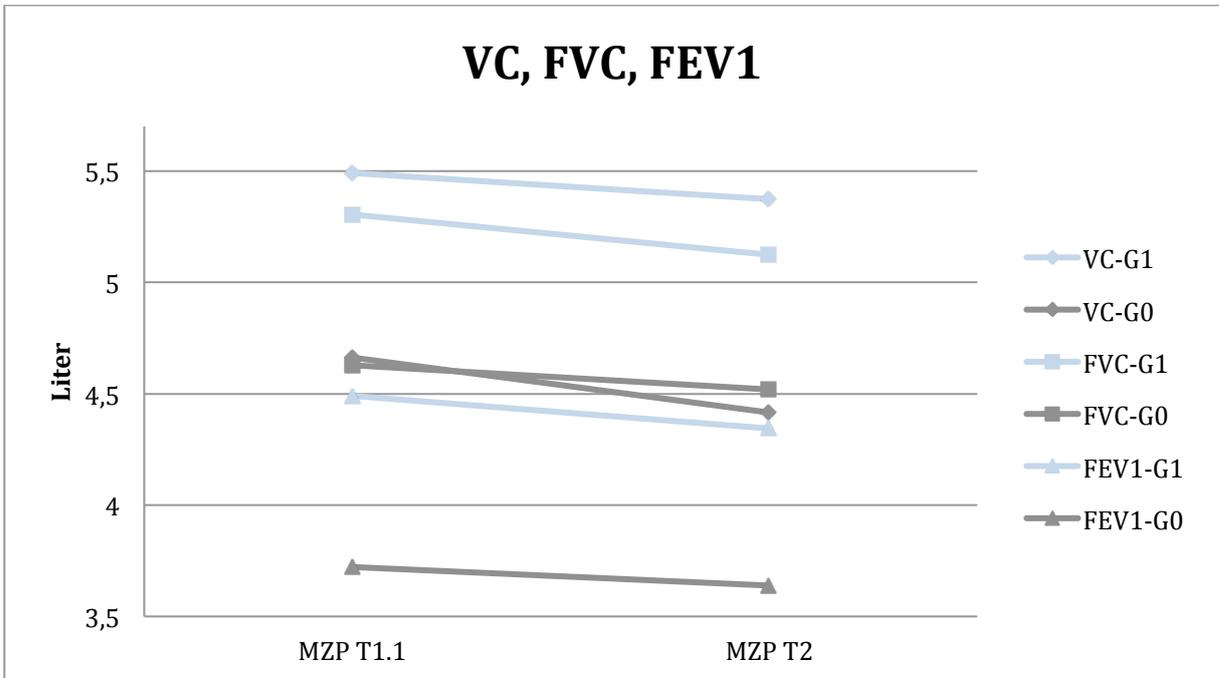


Diagramm 13: Mittelwertentwicklung der LFP VC, FVC, FEV1

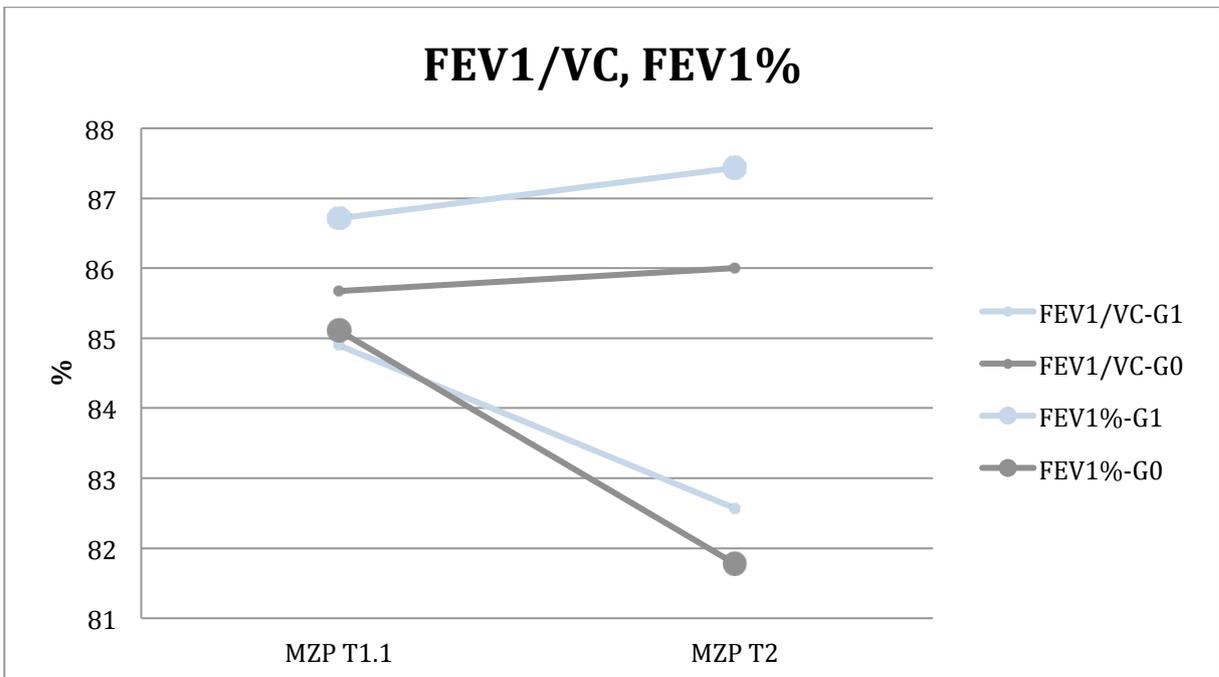


Diagramm 14: Mittelwertentwicklung der LFP FEV1/VC und FEV1%

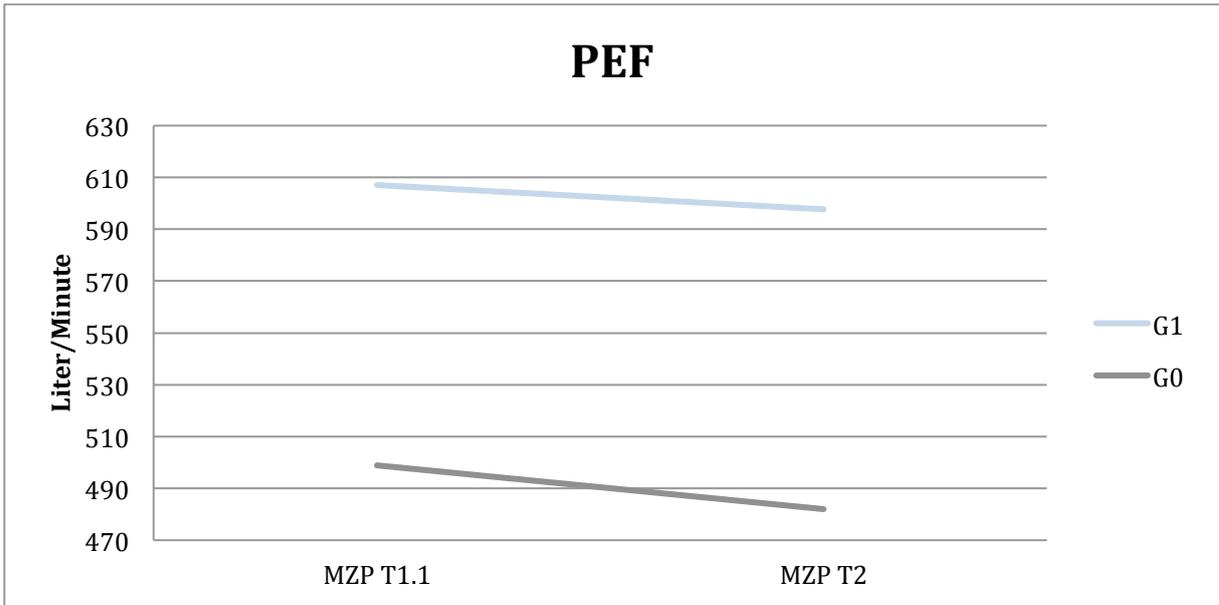


Diagramm 15: Mittelwertentwicklung des LFP PEF

Tabelle 12: Deskriptive Statistik der LFP VC, FVC, FEV1 der Gruppen G1 vs. G0 zwischen MZP T1.1 und T2

Deskriptive Statistik						
	MZP	Gruppenvariable	Mittelwert (AM), L	Standardabweichung	N	
VC	VC_T1.1	0	4,66	1,11	9	
		1	5,49	1,19	21	
	VC_T2	0	4,41	1,04	9	
		1	5,37	1,18	21	
FVC	FVC_T1.1	0	4,63	,95	9	
		1	5,30	1,19	21	
	FVC_T2	0	4,52	,91	9	
		1	5,12	1,14	21	
FEV1	FEV1_T1.1	0	3,72	,64	9	
		1	4,49	,91	21	
	FEV1_T2	0	3,64	,66	9	
		1	4,34	,82	21	

Tabelle 13: MANOVA: Untersuchung von Zeit-, Interaktions- und Gruppeneffekten der LFP VC, FVC, FEV1 der Gruppen G1 vs. G0 zwischen MZP T1.1 und T2

Prüfung von Zeit-, Interaktions- und Gruppeneffekt							
		Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz	Partielles Eta-Quadrat
VC	Zeiteffekt	,422	1	,42	3,26	,082	,10
	Interaktionseffekt	,051	1	,05	,39	,536	,01
	Gruppeneffekt	10,08	1	10,08	,40	,055	,13
FVC	Zeiteffekt	,26	1	,26	2,16	,153	,07
	Interaktionseffekt	,02	1	,02	,14	,716	,01
	Gruppeneffekt	5,17	1	5,17	2,24	,146	,07
FEV1	Zeiteffekt	,17	1	,17	1,86	,184	,06
	Interaktionseffekt	,01	1	,01	,13	,718	,01
	Gruppeneffekt	6,83	1	6,83	5,62	,025*	,17

Tabelle 14: Deskriptive Statistik der LFP FEV1/VC und FEV1% der Gruppen G1 vs. G0 zwischen MZP T1.1 und T2

Deskriptive Statistik					
LFP	MZP	Gruppenvariable	Mittelwert (AM), L	Standardabweichung	N
FEV1/VC	FEV1/VC_T1.1	0	85,67	9,33	9
		1	84,90	9,43	21
	FEV1/VC_T2	0	86,00	7,50	9
		1	82,57	8,09	21
FEV1%	FEV1%_T1.1	0	85,11	7,36	9
		1	86,71	7,97	21
	FEV1%_T2	0	81,78	5,83	9
		1	87,43	8,27	21

Tabelle 15: MANOVA: Untersuchung von Zeit-, Interaktions- und Gruppeneffekten der LFP FEV1/VC und FEV1% der Gruppen G1 vs. G0 zwischen MZP T1.1 und T2

Prüfung von Zeit-, Interaktions- und Gruppeneffekt							
		Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz	Partielles Eta-Quadrat
FEV1/VC	Zeiteffekt	12,60	1	12,60	,84	,367	,03
	Interaktionseffekt	22,40	1	22,40	1,49	,232	,05
	Gruppeneffekt	55,31	1	55,31	,41	,529	,01
FEV1%	Zeiteffekt	21,61	1	21,61	1,37	,252	,05
	Interaktionseffekt	51,61	1	51,61	3,27	,081	,11
	Gruppeneffekt	165,73	1	165,73	1,60	,216	,05

Tabelle 16: Deskriptive Statistik der LFP FEV1/VC und FEV1% der Gruppen G1 vs. G0 zwischen MZP T1.1 und T2

Deskriptive Statistik					
LFP	MZP	Gruppenvariable	Mittelwert (AM), L/min	Standardabweichung	N
PEF	PEF_T1.1	0	499,00	95,31	9
		1	607,00	126,25	21
	PEF_T2	0	482,00	124,52	9
		1	597,62	118,50	21

Tabelle 17: MANOVA: Untersuchung von Zeit-, Interaktions- und Gruppeneffekten des LFP PEF der Gruppen G1 vs. G0 zwischen MZP T1.1 und T2

Prüfung von Zeit-, Interaktions- und Gruppeneffekt							
		Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz	Partielles Eta-Quadrat
PEF	Zeiteffekt	2192,26	1	2192,26	,46	,501	,02
	Interaktionseffekt	182,86	1	182,86	,04	,845	,00
	Gruppeneffekt	157517,26	1	157517,26	6,64	,016*	,19

...V.3.2.2) Untersuchung eines Späteffektes bei ein bis drei Therapieanwendungen: G1/2/3 versus G0 zwischen T1.1 und T2

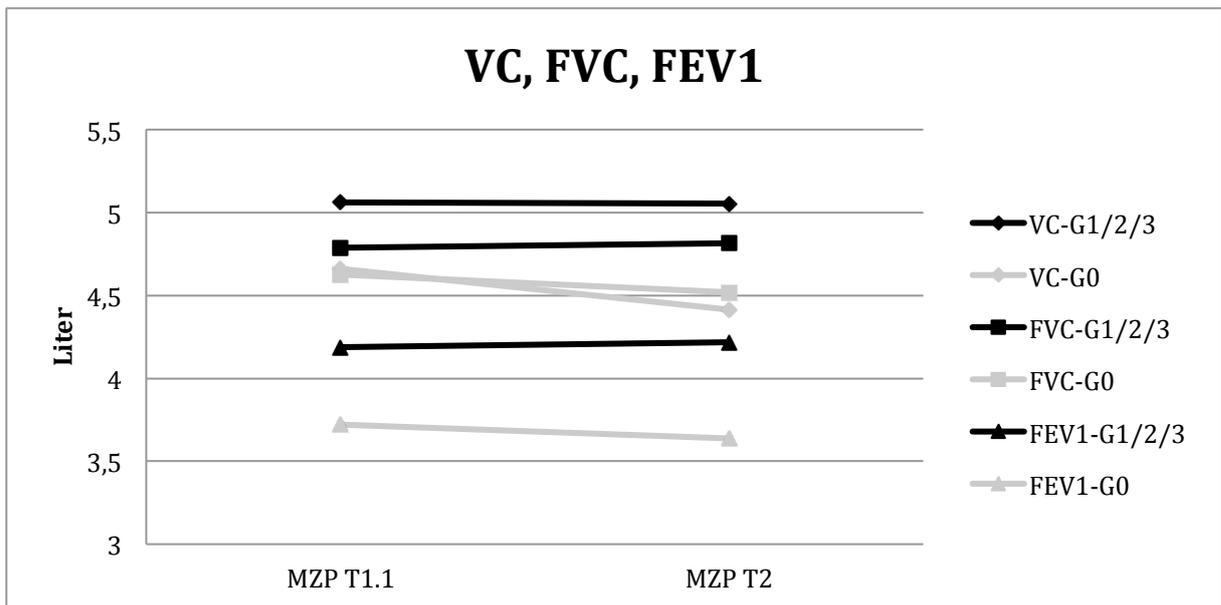


Diagramm 16: Mittelwertentwicklung der LFP VC, FVC, FEV1

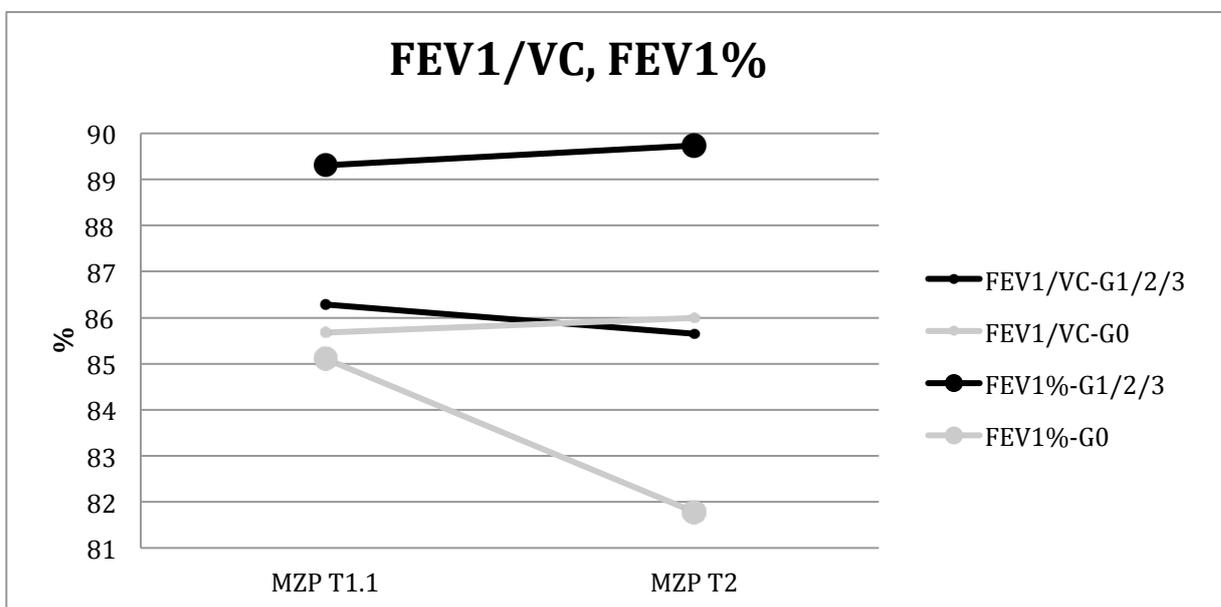


Diagramm 17: Mittelwertentwicklung der LFP FEV1/VC und FEV1%

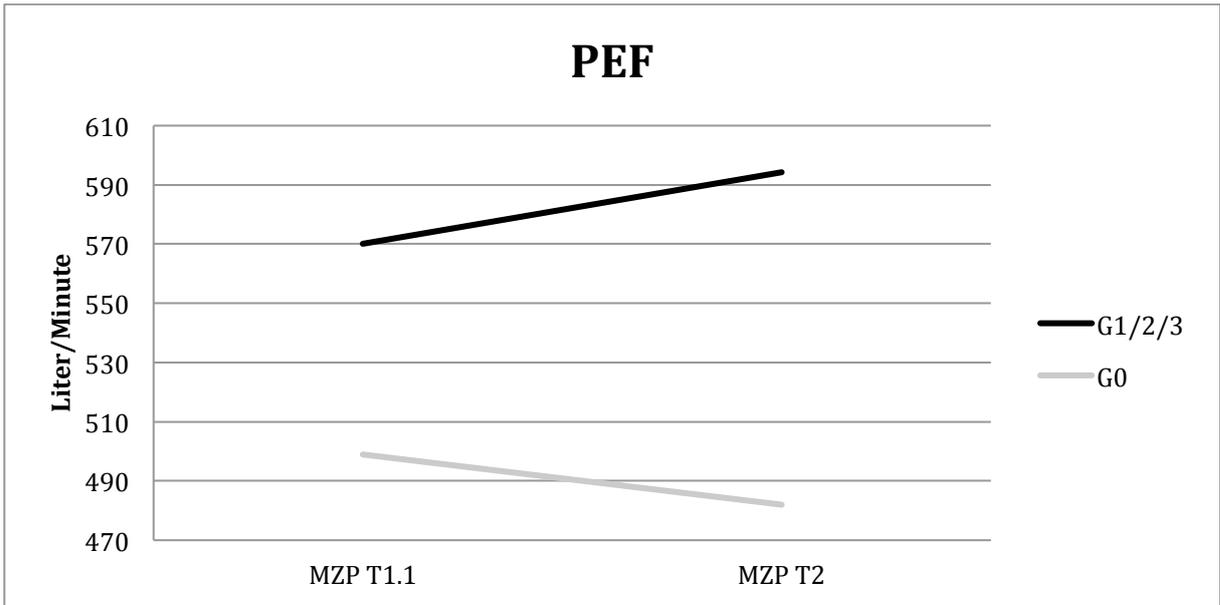


Diagramm 18: Mittelwertentwicklung des LFP PEF

Tabelle 18: Deskriptive Statistik des LFP VC, FVC, FEV1

Deskriptive Statistik					
LFP	MZP	Gruppenvariable	Mittelwert	Standardabweichung	N
VC	VC_T1.1	0	4,66	1,11	9
		1/2/3	5,06	1,04	40
	VC_T2	0	4,41	1,04	9
		1/2/3	5,05	1,08	40
FVC	FVC_T1.1	0	4,63	,96	9
		1/2/3	4,79	1,12	40
	FVC_T2	0	4,52	,91	9
		1/2/3	4,82	1,04	40
FEV1	FEV1_T1.1	0	3,72	,64	9
		1/2/3	4,19	,91	40
	FEV1_T2	0	3,64	,66	9
		1/2/3	4,22	,82	40

Tabelle 19: MANOVA: Untersuchung von Zeit-, Interaktions- und Gruppeneffekten der LFP VC, FVC, FEV1 der Gruppen G1/2/3 vs. G0 zwischen MZP T1.1 und T2

Prüfung von Zeit-, Interaktions- und Gruppeneffekt							
		Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz	Partielles Eta-Quadrat
VC	Zeiteffekt	,24	1	,24	1,97	,167	,04
	Interaktionseffekt	,21	1	,21	1,77	,190	,04
	Gruppeneffekt	3,97	1	3,97	1,87	,178	,04
FVC	Zeiteffekt	,02	1	,02	,20	,656	,00
	Interaktionseffekt	,07	1	,07	,59	,447	,01
	Gruppeneffekt	,77	1	,77	,36	,550	,01
FEV1	Zeiteffekt	,01	1	,01	,11	,740	,00
	Interaktionseffekt	,05	1	,05	,47	,494	,01
	Gruppeneffekt	4,01	1	4,01	3,12	,084	,06

Tabelle 20: Deskriptive Statistik des LFP FEV1/VC und FEV1%

Deskriptive Statistik					
LFP	MZP	Gruppenvariable	Mittelwert	Standardabweichung	N
FEV1/VC	FEV1/VC_T1.1	0	85,67	9,33	9
		1/2/3	86,28	7,92	40
	FEV1/VC_T2	0	86,00	7,50	9
		1/2/3	85,65	5,72	40
FEV1%	FEV1%_T1.1	0	85,11	7,36	9
		1/2/3	89,30	6,43	40
	FEV1%_T2	0	81,78	5,83	9
		1/2/3	89,73	6,30	40

Tabelle 21: MANOVA: Untersuchung von Zeit-, Interaktions- und Gruppeneffekten der LFP FEV1/VC und FEV1% der Gruppen G1/2/3 vs. G0 zwischen MZP T1.1 und T2

Prüfung von Zeit-, Interaktions- und Gruppeneffekt							
		Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz	Partielles Eta-Quadrat
FEV1/VC	Zeiteffekt	,31	1	,31	,01	,910	,00
	Interaktionseffekt	3,37	1	3,37	,14	,711	,00
	Gruppeneffekt	,25	1	,25	,00	,956	,00
FEV1%	Zeiteffekt	31,07	1	31,07	1,69	,200	,04
	Interaktionseffekt	51,89	1	51,89	2,83	,099	,06
	Gruppeneffekt	541,05	1	541,05	8,47	,006*	,15

Tabelle 22: Deskriptive Statistik des LFP PEF

Deskriptive Statistik					
LFP	MZP	Gruppenvariable	Mittelwert	Standardabweichung	N
PEF	PEF_T1.1	0	499,00	95,31	9
		1/2/3	570,10	121,31	40
	PEF_T2	0	482,00	124,52	9
		1/2/3	594,18	115,42	40

Tabelle 23: MANOVA: Untersuchung von Zeit-, Interaktions- und Gruppeneffekten des LFP PEF der Gruppen G1/2/3 vs. G0 zwischen MZP T1.1 und T2

Prüfung von Zeit-, Interaktions- und Gruppeneffekt							
		Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz	Partielles Eta-Quadrat
PEF	Zeiteffekt	183,88	1	183,88	,04	,843	,01
	Interaktionseffekt	6197,72	1	6197,72	1,34	,254	,03
	Gruppeneffekt	123390,83	1	123390,83	5,41	,024*	,10

...V.3.2.3) Untersuchung eines Späteeffektes in Abhängigkeit von der Häufigkeit manueller Therapieanwendungen: G1 versus G2 versus G3 zwischen T1.1 und T2

Tabelle 24: Deskriptive Statistik der LFP VC, FVC, FEV1

Deskriptive Statistik					
LFP	MZP	Gruppenvariable	Mittelwert	Standardabweichung	N
VC	VC_T1.1	1	5,49	1,19	21
		2	4,81	1,11	7
		3	4,76	,86	16
	VC_T2	1	5,37	1,17	21
		2	4,92	1,55	7
		3	4,81	,89	16
FVC	FVC_T1.1	1	5,30	1,19	21
		2	4,56	1,09	7
		3	4,37	,97	16
	FVC_T2	1	5,12	1,14	21
		2	4,72	1,30	7
		3	4,57	,89	16
FEV1	FEV1_T1.1	1	4,49	,91	21
		2	3,88	,94	7
		3	3,89	,76	16
	FEV1_T2	1	4,34	,82	21
		2	4,05	1,24	7
		3	4,04	,62	16

Tabelle 25: MANOVA: Untersuchung von Zeit-, Interaktions- und Gruppeneffekten der LFP VC, FVC, FEV1 der Gruppen G1, G2 und G3 zwischen MZP T1.1 und T2

Prüfung von Zeit-, Interaktions- und Gruppeneffekt							
		Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz	Partielles Eta-Quadrat
VC	Zeiteffekt	,00	1	,00	,04	,845	,00
	Interaktionseffekt	,21	2	,10	,93	,405	,04
	Gruppeneffekt	8,59	2	4,30	1,84	,172	,08
FVC	Zeiteffekt	,07	1	,07	,67	,418	,02
	Interaktionseffekt	,75	2	,38	3,70	,033*	,15
	Gruppeneffekt	10,77	2	5,38	2,37	,106	,10
FEV1	Zeiteffekt	,06	1	,06	,61	,441	,02
	Interaktionseffekt	,50	2	,25	,26	,085	,11
	Gruppeneffekt	4,53	2	2,26	1,70	,196	,08

Tabelle 26: Deskriptive Statistik der LFP FEV1/VC und FEV1%

Deskriptive Statistik					
LFP	MZP	Gruppenvariable	Mittelwert	Standardabweichung	N
FEV1/VC	FEV1/VC_T1.1	1	84,90	9,43	21
		2	87,71	7,46	7
		3	85,00	9,23	16
	FEV1/VC_T2	1	82,57	8,09	21
		2	85,86	8,80	7
		3	87,44	5,48	16
FEV1%	FEV1%_T1.1	1	86,71	7,97	21
		2	86,29	7,20	7
		3	90,75	7,04	16
	FEV1%_T2	1	87,43	8,27	21
		2	88,14	8,21	7
		3	89,94	6,44	16

Tabelle 27: MANOVA: Untersuchung von Zeit-, Interaktions- und Gruppeneffekten der LFP FEV1/VC und FEV1% der Gruppen G1, G2 und G3 zwischen MZP T1.1 und T2

Prüfung von Zeit-, Interaktions- und Gruppeneffekt							
		Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz	Partielles Eta-Quadrat
FEV1/VC	Zeiteffekt	6,07	1	6,07	,27	,607	,01
	Interaktionseffekt	110,76	2	55,38	2,45	,099	,11
	Gruppeneffekt	157,68	2	78,84	,69	,508	,32
FEV1%	Zeiteffekt	6,12	1	6,12	,37	,547	,01
	Interaktionseffekt	20,15	2	10,08	,61	,550	,03
	Gruppeneffekt	213,54	2	106,77	1,08	,348	,05

Tabelle 28: Deskriptive Statistik des LFP PEF

Deskriptive Statistik					
LFP	MZP	Gruppenvariable	Mittelwert	Standardabweichung	N
PEF	PEF_T1.1	1	607,00	126,25	21
		2	515,57	128,28	7
		3	546,50	105,17	16
	PEF_T2	1	597,62	118,50	21
		2	558,86	161,15	7
		3	597,88	98,01	16

Tabelle 29: MANOVA: Untersuchung von Zeit-, Interaktions- und Gruppeneffekten des LFP PEF der Gruppen G1, G2 und G3 zwischen MZP T1.1 und T2

Prüfung von Zeit-, Interaktions- und Gruppeneffekt							
		Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz	Partielles Eta-Quadrat
PEF	Zeiteffekt	14374,16	1	14374,16	2,98	,092	,07
	Interaktionseffekt	18810,75	2	9405,38	1,95	,155	,09
	Gruppeneffekt	48397,79	2	24198,90	1,03	,367	,05

...V.3.2.4 Erneute Untersuchung eines Späteffektes in Abhängigkeit von der Häufigkeit manueller Therapieanwendung: G0/1 versus G2/3 zwischen T1.1 und T2

Tabelle 30: Deskriptive Statistik der LFP VC, FVC, FEV1

Deskriptive Statistik					
LFP	MZP	Gruppenvariable	Mittelwert	Standardabweichung	N
VC	VC_T1.1	0/1	5,24	1,21	30
		2/3	4,77	,91	23
	VC_T2	0/1	5,09	1,20	30
		2/3	4,84	1,10	23
FVC	FVC_T1.1	0/1	5,10	1,15	30
		2/3	4,43	,98	23
	FVC_T2	0/1	4,94	1,09	30
		2/3	4,62	1,01	23
FEV1	FEV1_T1.1	0/1	4,26	,90	30
		2/3	3,88	,80	23
	FEV1_T2	0/1	4,13	,83	30
		2/3	4,04	,82	23

Tabelle 31: MANOVA: Untersuchung von Zeit-, Interaktions- und Gruppeneffekten der LFP VC, FVC, FEV1 der Gruppen G0/1 und G2/3 zwischen MZP T1.1 und T2

Prüfung von Zeit-, Interaktions- und Gruppeneffekt							
		Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz	Partielles Eta-Quadrat
VC	Zeiteffekt	,05	1	,05	,45	,505	,01
	Interaktionseffekt	,34	1	,34	3,04	,087	,06
	Gruppeneffekt	3,28	1	3,28	1,36	,250	,03
FVC	Zeiteffekt	,01	1	,01	,07	,794	,00
	Interaktionseffekt	,79	1	,79	8,34	,006*	,14
	Gruppeneffekt	6,49	1	6,49	2,96	,091	,06
FEV1	Zeiteffekt	,01	1	,01	,06	,806	,00
	Interaktionseffekt	,52	1	,52	6,05	,017*	,11
	Gruppeneffekt	1,42	1	1,42	1,06	,307	,02

Tabelle 32: Deskriptive Statistik der LFP FEV1/VC, FEV1%

Deskriptive Statistik					
LFP	MZP	Gruppenvariable	Mittelwert	Standardabweichung	N
FEV1/VC	FEV1/VC_T1.1	0/1	85,13	9,25	30
		2/3	85,83	8,65	23
	FEV1/VC_T2	0/1	83,60	7,95	30
		2/3	85,06	6,49	23
FEV1%	FEV1%_T1.1	0/1	86,23	7,70	30
		2/3	89,39	7,24	23
	FEV1%_T2	0/1	85,73	7,97	30
		2/3	89,39	6,89	23

Tabelle 33: MANOVA: Untersuchung von Zeit-, Interaktions- und Gruppeneffekten der LFP FEV1/VC und FEV1% der Gruppen G0/1 und G2/3 zwischen MZP T1.1 und T2

Prüfung von Zeit-, Interaktions- und Gruppeneffekt							
		Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz	Partielles Eta-Quadrat
FEV1/VC	Zeiteffekt	1,06	1	1,06	,05	,829	,00
	Interaktionseffekt	46,19	1	46,19	2,06	,157	,04
	Gruppeneffekt	106,73	1	106,73	,95	,335	,02
FEV1%	Zeiteffekt	1,63	1	1,63	,09	,765	,00
	Interaktionseffekt	1,63	1	1,63	,09	,765	,00
	Gruppeneffekt	302,41	1	302,41	3,19	,080	,06

Tabelle 34: Deskriptive Statistik des LFP PEF

Deskriptive Statistik					
LFP	MZP	Gruppenvariable	Mittelwert	Standardabweichung	N
PEF	PEF_T1.1	0/1	574,60	126,62	30
		2/3	537,09	110,64	23
	PEF_T2	0/1	562,93	129,87	30
		2/3	586,00	118,19	23

Tabelle 35: MANOVA: Untersuchung von Zeit-, Interaktions- und Gruppeneffekten der LFP PEF der Gruppen G0/1 und G2/3 zwischen MZP T1.1 und T2

Prüfung von Zeit-, Interaktions- und Gruppeneffekt							
		Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz	Partielles Eta-Quadrat
PEF	Zeiteffekt	9030,49	1	9030,49	2,14	,150	,04
	Interaktionseffekt	23888,98	1	23888,98	5,66	,021*	,10
	Gruppeneffekt	1358,51	1	1358,51	,05	,819	,00

IX.3) Verzeichnis der Tabellen:

Tabelle 1: Zeitliche Übersicht der Versuchsreihe	18
Tabelle 2: Überblick: Untersuchungs-Behandlungs-Schemata	19
Tabelle 3: Übersicht: Habituelle, internistische oder orthopädische Ausschlusskriterien	21
Tabelle 4: Übersicht der Merkmalsverteilung in den Stichproben.....	33
Tabelle 5: Überblick: Untersuchungs-Behandlungs-Schemata	34
Tabelle 6: Mittelwertentwicklung zwischen MZP T1.1 und T1.2	35
Tabelle 7: T-Test: Untersuchung auf einen Soforteffekt zwischen MZP T1.1 und T1.2	36
Tabelle 8: Übersicht der Signifikanzniveaus G1 vs. G0	38
Tabelle 9: Übersicht der Signifikanzniveaus G1/2/3 vs. G0	40
Tabelle 10: Übersicht der Signifikanzniveaus G1 vs. G2 vs. G3	45
Tabelle 11: Übersicht der Signifikanzniveaus G0/1 vs. G2/3	50
Tabelle 12: Deskriptive Statistik der LFP VC, FVC, FEV1 der Gruppen G1 vs. G0 zwischen MZP T1.1 und T2	76
Tabelle 13: MANOVA: Untersuchung von Zeit-, Interaktions- und Gruppeneffekten der LFP VC, FVC, FEV1 der Gruppen G1 vs. G0 zwischen MZP T1.1 und T2	76
Tabelle 14: Deskriptive Statistik der LFP FEV1/VC und FEV1% der Gruppen G1 vs. G0 zwischen MZP T1.1 und T2	77
Tabelle 15: MANOVA: Untersuchung von Zeit-, Interaktions- und Gruppeneffekten der LFP FEV1/VC und FEV1% der Gruppen G1 vs. G0 zwischen MZP T1.1 und T2	77
Tabelle 16: Deskriptive Statistik der LFP FEV1/VC und FEV1% der Gruppen G1 vs. G0 zwischen MZP T1.1 und T2	77
Tabelle 17: MANOVA: Untersuchung von Zeit-, Interaktions- und Gruppeneffekten des LFP PEF der Gruppen G1 vs. G0 zwischen MZP T1.1 und T2	77
Tabelle 18: Deskriptive Statistik des LFP VC, FVC, FEV1	80
Tabelle 19: MANOVA: Untersuchung von Zeit-, Interaktions- und Gruppeneffekten der LFP VC, FVC, FEV1 der Gruppen G1/2/3 vs. G0 zwischen MZP T1.1 und T2	80
Tabelle 20: Deskriptive Statistik des LFP FEV1/VC und FEV1%	80
Tabelle 21: MANOVA: Untersuchung von Zeit-, Interaktions- und Gruppeneffekten der LFP FEV1/VC und FEV1% der Gruppen G1/2/3 vs. G0 zwischen MZP T1.1 und T2	81
Tabelle 22: Deskriptive Statistik des LFP PEF	81
Tabelle 23: MANOVA: Untersuchung von Zeit-, Interaktions- und Gruppeneffekten des LFP PEF der Gruppen G1/2/3 vs. G0 zwischen MZP T1.1 und T2	81
Tabelle 24: Deskriptive Statistik der LFP VC, FVC, FEV1	82
Tabelle 25: MANOVA: Untersuchung von Zeit-, Interaktions- und Gruppeneffekten der LFP VC, FVC, FEV1 der Gruppen G1, G2 und G3 zwischen MZP T1.1 und T2	82
Tabelle 26: Deskriptive Statistik der LFP FEV1/VC und FEV1%	83
Tabelle 27: MANOVA: Untersuchung von Zeit-, Interaktions- und Gruppeneffekten der LFP FEV1/VC und FEV1% der Gruppen G1, G2 und G3 zwischen MZP T1.1 und T2	83
Tabelle 28: Deskriptive Statistik des LFP PEF	83
Tabelle 29: MANOVA: Untersuchung von Zeit-, Interaktions- und Gruppeneffekten des LFP PEF der Gruppen G1, G2 und G3 zwischen MZP T1.1 und T2	83
Tabelle 30: Deskriptive Statistik der LFP VC, FVC, FEV1	84
Tabelle 31: MANOVA: Untersuchung von Zeit-, Interaktions- und Gruppeneffekten der LFP VC, FVC, FEV1 der Gruppen G0/1 und G2/3 zwischen MZP T1.1 und T2	84
Tabelle 32: Deskriptive Statistik der LFP FEV1/VC, FEV1%	84
Tabelle 33: MANOVA: Untersuchung von Zeit-, Interaktions- und Gruppeneffekten der LFP FEV1/VC und FEV1% der Gruppen G0/1 und G2/3 zwischen MZP T1.1 und T2	85
Tabelle 34: Deskriptives Statistik des LFP PEF	85

Tabelle 35: MANOVA: Untersuchung von Zeit-, Interaktions- und Gruppeneffekten der LFP
PEF der Gruppen G0/1 und G2/3 zwischen MZP T1.1 und T2.....85

IX.4) Verzeichnis der Abbildungen:

Abbildung 1: Hand-Spirometer Vitalograph ® 2120 (aus „Benutzerhandbuch_2120“ 2013).	22
Abbildung 2: Aufsuchen von Irritationspunkten	26
Abbildung 3: Weichteilmobilisation	26
Abbildung 4: Mobilisationsbehandlung	27
Abbildung 5: Ausgangsstellung der Manipulationsbehandlung.....	28
Abbildung 6: Manipulation	28
Abbildung 7: Muscle Energy Technique.....	29

IX.5) Verzeichnis der Diagramme:

Diagramm 1: Übersicht zu den Kriterien einer segmentalen Dysfunktion	20
Diagramm 2: Ablauf der Versuchszyklen	24
Diagramm 3: Nach Behandlungsmuster adaptierte Gruppeneinteilung	32
Diagramm 4: a.) Liniendiagramm: Mittelwertentwicklungen der LFP VC, FVC, FEV1 zwischen MZP T1.1 und T2; b.), c.), d.) Säulendiagramme: Mittelwertentwicklungen der LFP VC, FVC, FEV1 mit Standardabweichungen am MZP T1.1 und MZP T2.....	43
Diagramm 5: a.) Liniendiagramm: Mittelwertentwicklungen der prozentualen LFP FEV1/VC und FEV1% zwischen MZP T1.1 und T2; b.), c.) Säulendiagramme: Mittelwertentwicklung der prozentualen LFP FEV1/VC und FEV1% mit Standardabweichungen am MZP T1.1 und MZPT2.....	44
Diagramm 6: a.) Liniendiagramm: Mittelwertentwicklung des LFP PEF zwischen MZP T1.1. und MZP T2; b.) Säulendiagramm: Mittelwertentwicklung des LFP PEF mit Standardabweichungen am MZP T1.1 und MZP T2.....	45
Diagramm 7: a.) Liniendiagramm: Mittelwertentwicklung der LFP VC, FVC, FEV1 zwischen MZP T1.1 und MZP T2; b.), c.), d.) Säulendiagramme: Mittelwertentwicklungen der LFP VC, FVC, FEV1 mit Standardabweichungen am MZP T1.1 und MZP T2.....	48
Diagramm 8: a.) Liniendiagramm: Mittelwertentwicklung der prozentualen LFP FEV1/VC und FEV1% zwischen MZP T1.1 und T2; b.), c.) Säulendiagramme: Mittelwertentwicklung der prozentualen LFP FEV1/VC und FEV1% mit Standardabweichungen an MZP T1.1 und MZP T2.....	49
Diagramm 9: a.) Liniendiagramm: Mittelwertentwicklung des LFP PEF zwischen MZP T1.1 und MZP T2; b.) Säulendiagramm: Mittelwertentwicklung des LFP PEF mit Standardabweichung am MZP T1.1 und MZP T2	50
Diagramm 10: Mittelwertentwicklung der LFP VC, FVC, FEV1	73
Diagramm 11: Mittelwertentwicklung der LFP FEV1/VC und FEV1%	73
Diagramm 12: Mittelwertentwicklung der LFP PEF	74
Diagramm 13: Mittelwertentwicklung der LFP VC, FVC, FEV1	75
Diagramm 14: Mittelwertentwicklung der LFP FEV1/VC und FEV1%	75
Diagramm 15: Mittelwertentwicklung des LFP PEF	76
Diagramm 16: Mittelwertentwicklung der LFP VC, FVC, FEV1	78
Diagramm 17: Mittelwertentwicklung der LFP FEV1/VC und FEV1%	78
Diagramm 18: Mittelwertentwicklung des LFP PEF	79

IX.6) Danksagung

Mein Dank gilt allen Probanden, die so geduldig und zuverlässig zu ihren Terminen erschienen sind und so diese Arbeit erst ermöglicht haben.

Zudem möchte ich Herrn Prof. Braumann danken für die zielgerichtete Unterstützung. Ich danke Dr. Tobias Schmid für die produktive Zusammenarbeit.

Dr. Daniel Wirsching möchte ich danken für die hilfreichen Impulse und Perspektiven im Zusammenhang mit der statistischen Aufarbeitung der Arbeit.

Mein Dank gilt zudem Sebastian Burger.

Patrick Nicholson und meiner Familie möchte ich für ihre Geduld und das Vertrauen in mich danken.

IX.7) Lebenslauf

Entfällt aus datenschutzrechtlichen Gründen

IX.8) Eidesstattliche Erklärung

Ich versichere ausdrücklich, dass ich die Arbeit selbständig und ohne fremde Hilfe verfasst, andere als die von mir angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt und die aus den benutzten Werken wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen einzeln nach Ausgabe (Auflage und Jahr des Erscheinens), Band und Seite des benutzten Werkes kenntlich gemacht habe.

Ferner versichere ich, dass ich die Dissertation bisher nicht einem Fachvertreter an einer anderen Hochschule zur Überprüfung vorgelegt oder mich anderweitig um Zulassung zur Promotion beworben habe.

Ich erkläre mich einverstanden, dass meine Dissertation vom Dekanat der Medizinischen Fakultät mit einer gängigen Software zur Erkennung von Plagiaten überprüft werden kann.

Gesine Quentin